CÉRAMIQUES IMPRIMÉES DE MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE (VI^{E} MILLÉNAIRE AEC) : DONNÉES, APPROCHES ET ENJEUX NOUVEAUX

WESTERN MEDITERRANEAN IMPRESSED WARES (6TH MILLENNIUM BCE): NEW DATA, APPROACHES AND CHALLENGES

Les « Séances de la Société préhistorique française »
sont des publications en ligne disponibles sur :

www.prehistoire.org

Couverture
Conception : Lucile Foucher ; Illustration : Laura Cassard

Responsables des réunions scientifiques de la SPF :
José Gomez de Soto, Claire Manen, Claude Mordant, Nicolas Naudinot
Directeur de la publication : Jean-Denis Vigne
Maquette et mise en page : Lucile Foucher
(UAR 3225, MSH Mondes, Nanterre)
Mise en forme et mise en ligne des données supplémentaires : Antoine Pasqualini
(CEPAM, université Côte d'Azur –CNRS)
Mise en ligne : Cécile Tardif

Société préhistorique française
(reconnue d'utilité publique, décret du 28 juillet 1910). Grand Prix de l'Archéologie 1982.
Siège social : 22, rue Saint-Ambroise, 75011 Paris
Tél. : 01 43 57 16 97 – Fax : 01 43 57 73 95 – Mél. : spf@prehistoire.org
Site internet : www.prehistoire.org

Adresse de gestion et de correspondance

MSH Mondes
Pôle éditorial, boîte 41, 21 allée de l'Université, F-92023 Nanterre cedex
Tél. : 01 46 69 24 44
La Banque Postale Paris 406-44 J

Publié avec le concours du ministère de la Culture (sous-direction de l'Archéologie),
du Centre national de la recherche scientifique, du Centre national du Livre,
de l'Agence nationale pour la Recherche, de l'université Côte d'Azur,
de l'UMR « Cultures et Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen-Âge »
et de l'UMR « Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés »

Impression : CNRS DR1 IFSeM secteur de l'imprimé

© Société préhistorique française, Paris, 2022.
Tous droits réservés, reproduction et diffusion interdite sans autorisation.

Dépôt légal : 4e trimestre 2022

ISSN : 2263-3847 – ISBN : 978-2-913745-89-X (en ligne)

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE
18

CÉRAMIQUES IMPRIMÉES DE MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE (VI^{E} MILLÉNAIRE AEC) : DONNÉES, APPROCHES ET ENJEUX NOUVEAUX

ACTES DE LA SÉANCE DE LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE

NICE

18-20 MARS 2019

Textes publiés sous la direction de
Didier Binder et Claire Manen

Société préhistorique française
Paris
2022

COMITÉ D'ORGANISATION DE LA SÉANCE / *ORGANIZATION BOARD OF THE SEANCE*

Didier Binder, Directeur de recherche émérite au CNRS, Nice (F)
Anne-Marie Gomez, Assistante-ingénieure au CNRS, Nice (F)
Antoine Pasqualini, Ingénieur d'étude au CNRS, Nice (F)
Sabine Sorin, Ingénieure d'étude au CNRS, Nice (F)
Stéphane Azoulay, Professeur à l'université Côte d'Azur, Nice (F)
Claire Manen, Directrice de recherche au CNRS, Toulouse (F)
Martine Regert, Directrice de recherche au CNRS, Nice (F)
Chrystèle Verati, Maître de conférences à l'université Côte d'Azur, Nice (F)

COMITÉ DE LECTURE DES ACTES / *READING COMMITTEE FOR THE PROCEEDINGS*

Stefano Bertola, Chercheur associé à l'université de Ferrare (I)
Laurence Burnez-Lanotte, Professeure émérite à l'université de Namur (B)
André C. Colonese, Directeur de recherche (ERC) à l'université autonome de Barcelone (E)
Giacomo Eramo, Professeur associé à l'université de Bari Aldo-Moro (I)
Michel Fontugne, Ingénieur-chercheur honoraire au CEA, Aix-en-Provence (F)
José Gomez de Soto, Directeur de recherche émérite au CNRS, Rennes (F)
Renata Grifoni, Professeure émérite à l'université de Pise (I)
Philippe Lanos, Directeur de recherche au CNRS, Rennes (F)
François-Xavier Le Bourdonnec, Maître de conférences à l'université Bordeaux Montaigne (F)
Anne Mayor, Maître d'enseignement et recherche à l'université de Genève (CH)
Claude Mordant, Professeur émérite à l'université de Bourgogne, Dijon (F)
Miquel Molist, Professeur à l'université autonome de Barcelone (E)
Catherine Perlès, Professeure émérite à l'université Paris Ouest, Nanterre (F)
Valentine Roux, Directrice de recherche au CNRS, Nanterre (F)
Michela Spataro, Chercheure au British Museum, Londres (UK)
Jean Vaquer, Directeur de recherche émérite au CNRS, Toulouse (F)

SOMMAIRE / *CONTENTS*

Éditorial

Didier Binder et Claire Manen avec la collaboration de Stéphane Azoulay, Martine Regert et Chrystèle Verati

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux 9

Prologue

Isabella Caneva

Avant l'Impresso-Cardial : la céramique imprimée du Levant et d'Afrique du Nord au VII^e millénaire AEC 13

Le Complexe Impresso-Cardial et la Néolithisation du domaine franco-Italien : déconstructions, reconstructions

The Impresso-Cardial Complex and the Neolithisation of the French-Italian domain: deconstructions, reconstructions

Didier Binder, Louise Gomart, Thomas Huet, Sonja Kačar, Roberto Maggi, Claire Manen, Giovanna Radi et Carlo Tozzi, avec la collaboration d'Italo Maria Muntoni, Elena Natali et Chiara Panelli

Le complexe de la Céramique Imprimée en Méditerranée centrale et nord-occidentale : une synthèse chronoculturelle (VII^e et VI^e millénaires AEC) 27

Louise Gomart, Didier Binder, Marzia Gabriele, Jean Guilaine, Claire Manen, Italo Maria Muntoni, Chiara Panelli, with the collaboration of Lucia Angeli, Marta Colombo, Cristina Fabbri and Elena Natali

Technical frontiers and social boundaries in the Impressed Ware complex: ceramic manufacture as a proxy of Neolithisation processes in the Western Mediterranean 125

Claire Manen, Lucia Angeli, Didier Binder, Laura Cassard, Marta Colombo, Léa Drieu, Cristina Fabbri, Elena Natali, Chiara Panelli and Giovanna Radi

Towards a reinterpretation of decorative Impressa *styles and implications for establishing cultural affiliations at the beginning of the 6th millennium in the Western Mediterranean* 147

Marzia Gabriele, Didier Binder, Fabien Convertini, Michel Dubar, Gilles Durrenmath, Louise Gomart, Jean-Marc Lardeaux, Roberto Maggi, Chiara Panelli and Chrystèle Verati

*An assessment of Early Farmers' pottery, pastes and raw materials transfers in the Ligurian-Provençal region (*Impressa*, first half of the 6th millennium BCE)* 177

Didier Binder, Cristina de Stefanis, Paul Fernandes, Bernard Gratuze et Roberto Maggi

Matières premières, réseaux sociaux et diffusion du Néolithique en Méditerranée du nord-ouest : apports des industries lithiques taillées des horizons Impressa *de Finale Ligure – Arene Candide et Castellar – Pendimoun* 213

Le document céramique : nouvelles perspectives de caractérisation

Pottery as a document: new perspectives on characterisation

Jean-Marc Lardeaux, Gilles Durrenmath, Marzia Gabriele, Chrystèle Verati and Didier Binder

From geomaterials to archaeological pastes: the example of "granitic" pottery productions from Neolithic Castellar - Pendimoun (Alpes-Maritimes, France) 277

Damase Mouralis, Chrystèle Verati, Gilles Durrenmath, Jean-Marc Lardeaux and Didier Binder
*Characterization and study of the provenance of ceramics using portable X-ray fluorescence (pXRF): test study on terrae with granitic and metamorphic components from Castellar – Pendimoun (*Impressa *and Cardial, 6th millennium BCE)* *307*

Louise Gomart, Didier Binder, Laure Blanc-Féraud, Laura Cassard, Serge Cohen, Vanna Lisa Coli, Marzia Gabriele, Juliette Leblond, François Orange, Didier F. Pisani and Sabine Sorin
From macrotraces to micro-tomography: a multi-scale approach for detecting and characterising the "Spiralled Patchwork Technology" in Northern Mediterranean Neolithic pottery assemblages *327*

Laura Cassard, Sabine Sorin, Gilles Durrenmath et Didier Binder
Chaines opératoires décoratives des poteries imprimées de Méditerranée occidentale : apports de l'imagerie 3D surfacique *349*

Léa Drieu, Didier Binder and Martine Regert
Studying the use of the pots from the Pendimoun rock shelter: considerations about organic residue analysis of Mediterranean Neolithic pottery *379*

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 9-12
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux

Didier Binder et Claire Manen avec la collaboration de
Stéphane Azoulay, Martine Regert et Chrystèle Verati

Implanté sur les côtes de Dalmatie et d'Italie méridionale il y a 8000 ans, le complexe culturel de l'Impresso-Cardial a porté vers le nord-ouest du bassin méditerranéen, puis décliné de façon singulière, les paradigmes économiques, techniques et sociaux du Néolithique proche-oriental et égéen.

Dans l'arc liguro-provençal, les fouilles conduites, jusqu'en 2006, à Castellar – Pendimoun (Alpes-Maritimes, France) et, jusqu'en 2012, à Finale-Ligure – Arene Candide (Savona, Italie) ont livré d'importants jeux de données provenant de contextes stratifiés, datés de la première moitié du VI^e millénaire AEC, et qui peuvent être actuellement considérés comme des référentiels majeurs pour aborder les problématiques anthropologiques et historiques de la transition néolithique dans cette partie de la Méditerranée.

S'appuyant notamment sur les synergies mises en œuvre au fil du temps entre les équipes italiennes et françaises, les recherches conduites autour de ces deux sites avaient pour ambition de mieux caractériser les pratiques sociales et les interactions culturelles à l'œuvre lors de la diffusion puis de la consolidation de ce phénomène, se fondant pour cela sur une approche transdisciplinaire inédite du document céramique, encadrée par une redéfinition et de nouvelles datations des contextes archéologiques.

Au-delà de sa valeur de signe, la céramique porte en effet l'empreinte de pratiques et d'usages qui permettent de reconstruire les modalités d'exploitation des ressources naturelles et les modes de vie. Elle offre la possibilité d'identifier des procédés, des savoir-faire et des traditions techniques susceptibles de différencier des communautés de pratique au sein de ce complexe culturel d'apparence

Established on the coasts of Dalmatia and southern Italy 8000 years ago, the Impresso-Cardial cultural complex brought the economic, technical and social paradigms of the Near Eastern and Aegean Neolithic to the north-western part of the Mediterranean basin, and then declined them in a singular way.

In the Liguro-Provençal arc, the excavations carried out until 2006 at Castellar - Pendimoun (Alpes-Maritimes, France) and until 2012 at Finale-Ligure - Arene Candide (Savona, Italy) have yielded important datasets from stratified contexts, dated to the first half of the 6th millennium BCE, and which can currently be considered as major reference points for approaching the anthropological and historical issues of the Neolithic Transition in this part of the Mediterranean.

Based on the synergies developed over time between the Italian and French teams, the research carried out on these two sites aimed to better characterise the social practices and cultural interactions at work during the diffusion and consolidation of this phenomenon, relying on a novel transdisciplinary approach to the ceramic document, framed by a redefinition and new dating of the archaeological contexts.

Beyond its symbolic value, pottery bears the imprint of practices and uses that make it possible to reconstruct the modes of exploitation of natural resources and ways of life. It offers the possibility of identifying processes, know-how and technical traditions likely to differentiate communities of practice within this apparently very heterogeneous cultural complex and thus shed light on population dynamics and the possible origins of the first agropastoralists of the Western Mediterranean.

très hétérogène et d'éclairer ainsi les dynamiques populationnelles et les origines possibles des premières et premiers agropasteurs de l'Ouest méditerranéen.

Dans cette perspective, la séance organisée à Nice, Maison des Sciences de l'Homme et de la Société Sud-Est, du 18 au 20 mars 2019, sous les auspices de la Société préhistorique française, avait pour objectif de présenter les résultats acquis dans le cadre du projet CIMO « Céramiques Imprimées de Méditerranée Occidentale » soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche.

Entre janvier 2015 et mars 2019, ce projet a été porté par un consortium d'équipes du CNRS et de l'université Côte d'Azur à Nice et Valbonne (« Cultures et Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge », « Géoazur », « Institut de Chimie de Nice » et « Centre de Mise en Forme des Matériaux ») avec la collaboration de chercheuses et chercheurs provenant d'autres laboratoires français (« Travaux et Recherches Archéologiques sur les Espaces, les Cultures et les Sociétés » à Toulouse, « Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés » à Rouen, « Institut de Recherche sur les Archéomatériaux » à Orléans, « Institut Photonique d'Analyse Non-Destructive Européen des Matériaux Anciens » à Saclay, « Trajectoires. De la Sédentarisation à l'État » à Paris et « Institut de Biologie de Valrose » à Nice) ou d'autres institutions européennes (Surintendances archéologiques de Ligurie, des Pouilles, de Sicile et de Toscane, Départements archéologiques des universités de Genova, Pisa et York).

Les découvertes réalisées dans le domaine de la technologie céramique et les difficultés à interpréter de grandes masses de données ont rapidement engagé les actrices et acteurs du projet à investir le champ des mathématiques appliquées, en partenariat avec l'équipe Inria « Analyse Fonctionnelle pour la Conception et l'Analyse des Systèmes » et l'UMR « Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis ». Ainsi, les premiers développements de ce projet – ToMAT « Tomographie multiscalaire : imagerie et modélisation des archéomatériaux, traditions techniques et transferts » - soutenu par l'université Côte d'Azur ont été également présentés lors de cette séance.

Les deux premières sessions ont été dédiées à des approches transdisciplinaires du document céramique dans les contextes de l'*Impressa*. La première journée a été consacrée aux analyses des ressources, des procédés techniques et des usages ; la seconde a laissé place à des démarches analytiques nouvelles fondées sur le recours à des concepts et données empruntés à la géochimie, la physique, la chimie organique, les mathématiques appliquées, l'imagerie et l'ethnoarchéologie. Ces sessions ont été clôturées par une table ronde « Regards croisés sur le document céramique » introduite par une conférence invitée de Jessie Cauliez (TRACES, Toulouse) portant sur l'approche intégrée des chaînes opératoires céramiques.

La troisième session a permis d'aborder les processus de diffusion de l'*Impressa* entre le sud de la péninsule italienne et les côtes méditerranéennes de la France : traditions, transferts et interactions, nouveaux modèles

In this perspective, the session organised in Nice, Maison des Sciences de l'Homme et de la Société Sud-Est, from 18 to 20 March 2019, under the auspices of the Société préhistorique française, aimed to present the results acquired within the framework of the CIMO project "Céramiques Imprimées de Méditerranée Occidentale" (Western Mediterranean Impressed Wares) supported by the Agence Nationale de la Recherche.

Between January 2015 and March 2019, this project was led by a consortium of teams from the CNRS and the Université Côte d›Azur in Nice and Valbonne ("Cultures et Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen-Âge", "Géoazur", "Institut de Chimie de Nice" and "Centre de Mise en Forme des Matériaux") with the collaboration of researchers from other French laboratories ("Travaux et Recherches Archéologiques sur les Espaces, Cultures et Sociétés" in Toulouse, "Identité et Différenciation de l'Espace, de l'Environnement et des Sociétés" in Rouen, "Institut de Recherche sur les Archéomatériaux" in Orléans, "Institut Photonique d'Analyse Non-Destructive Européen des Matériaux Anciens" in Saclay, "Trajectoires. De la Sédentarisation à l'Etat" in Paris and "Institut de Biologie de Valrose" in Nice) or other European institutions (Archaeological Superintendencies of Liguria, Apulia, Sicily and Tuscany, Archaeological Departments of the Universities of Genoa, Pisa and York).

The discoveries made in the field of pottery technology and the difficulties in interpreting very large datasets quickly led the actors of the project to invest in the field of applied mathematics, in partnership with the Inria team "Analyse Fonctionnelle pour la Conception et l'Analyse des Systèmes" and the UMR "Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis". Thus, the first developments of this project - ToMAT "Tomographie multiscalaire: imagerie et modélisation des archéomatériaux, traditions techniques et transferts" (Multiscalar Tomography: imaging and modelling of archaeomaterials, technical traditions and transfers) - supported by the Université Côte d›Azur were also presented during this session.

The first two sessions were dedicated to transdisciplinary approaches to the ceramic document in the Impressa *contexts. The first day was devoted to the analysis of resources, technical processes and uses; the second day gave way to new analytical approaches based on the use of concepts and data borrowed from geochemistry, physics, organic chemistry, applied mathematics, imaging and ethnoarchaeology. These sessions were closed by a round-table discussion "Regards croisés sur le document céramique" (Crossed views on the ceramic document) introduced by an invited lecture by Jessie Cauliez (TRACES, Toulouse) on the integrated approach to ceramic « chaînes opératoires ».*

The third session dealt with the diffusion processes of the Impressa *between the south of the Italian Peninsula and the Mediterranean coast of France: traditions, transfers and interactions, new chronological models. Guest lectures by Isabella Caneva (University of Salento, Lecce) and Jean-Paul Demoule (Trajectoires, Paris) then preceded a concluding round-table discussion on*

chronologiques. Les conférences invitées d'Isabella Caneva (université du Salento, Lecce) et de Jean-Paul Demoule (Trajectoires, Paris) ont ensuite précédé une table-ronde conclusive « La néolithisation de la Méditerranée occidentale : nouvelles données, nouveaux enjeux ».

Au cours des dernières années, la Société Préhistorique Française a maintes fois apporté son soutien aux réunions scientifiques traitant des premières communautés paysannes méditerranéennes ainsi qu'à la publication de leurs actes (*inter alia*, colloque de Carcassonne des 26-30 septembre 1994, dans le cadre du 24e Congrès préhistorique de France publié en 1999, séance de Valbonne du 13 novembre 2000, publiée dans le Bulletin en 2001, séance de Toulouse des 11-12 mai 2007, publiée dans la série des Mémoires en 2010). Parmi les nouvelles formes éditoriales promues par la SPF, la série « Séances en ligne » offrait un cadre idéal pour la diffusion d'articles de fond, assortis de jeux de données parfois denses, eux-mêmes accessibles en ligne sous la forme de Données Supplémentaires, dans la perspective d'une Science Ouverte.

L'organisation et le contenu de l'ouvrage diffèrent quelque peu de ceux de la séance. Un certain nombre d'interventions ont été refondues, d'autres n'ont pas donné matière à publication écrite ou ont été proposées à d'autres éditeurs.

En guise de prologue à ce volume, Isabella Caneva livre sa vision des tendances qui régissent l'évolution et la transmission des modes décoratifs des premières poteries chez les derniers chasseurs-cueilleurs d'Afrique du Nord ou les premiers fermiers du Levant.

Cinq contributions s'attachent ensuite à une caractérisation générique de l'*Impressa,* en adoptant différents angles d'analyse : réévaluation des données chronologiques et de l'insertion du phénomène dans le mouvement général de diffusion du Néolithique méditerranéen (Didier Binder *et al.*) ; partition de l'*Impressa* en deux composantes distinctes de part et d'autre des Apennins, sur la base de la caractérisation des modes de façonnage des vases (Louise Gomart *et al.*) ; explicitation des parentés culturelles à travers le temps et l'espace par l'élaboration de grilles d'analyse partagées des modes décoratifs de l'*Impressa* et leur analyse statistique (Claire Manen *et al.*) ; mise en évidence de la diversité pétro-archéologique des assemblages céramiques et des différentes échelles de circulation des terres et des pots (Marzia Gabriele *et al*.) ; mise en évidence de vaste réseaux par l'analyse pétro-archéologique des productions lithiques et conséquences sur les dynamiques de diffusion et d'interaction (Didier Binder *et al.*).

Les cinq contributions suivantes sont plus strictement dédiées aux nouvelles perspectives d'étude du document céramique : nouveau protocole de caractérisation des terres et de leur mode de cuisson par une analyse intégrée, pétro-minéralogique et géochimique, à partir du cas des altérites « granitiques » (Jean-Marc Lardeaux *et al.*) ; évaluation des possibilités de mise en œuvre de l'analyseur XRF portable pour la caractérisation des provenances de vases (Damase Mouralis *et al.*) ; combinaison de la lecture des macro-traces et des micro-fabriques, de l'analyse

"The Neolithisation of the Western Mediterranean: new data, new issues".

*In recent years, the Société Préhistorique Française has repeatedly supported scientific meetings dealing with the first Mediterranean farming communities and the publication of their proceedings (*inter alia*, the Carcassonne colloquium of 26-30 September 1994, within the framework of the 24th Prehistoric Congress of France, published in 1999; the Valbonne session of 13 November 2000, published in the Bulletin in 2001; the Toulouse session of 11-12 May 2007, published in the Mémoires series in 2010). Among the new editorial forms promoted by the SPF, the "Online Sessions" series offered an ideal framework for the dissemination of in-depth articles, accompanied by sometimes dense data sets, themselves accessible online in the form of Supplementary Information, in the perspective of an Open Science.*

The organisation and content of the book differs somewhat from that of the session. A number of papers have been recast, others did not lead to written publication or have been offered to other publishers.

As a prologue to this volume, Isabella Caneva presents her vision of the trends that govern the evolution and transmission of the decorative modes of early pottery among the last hunter-gatherers of North Africa or the first farmers of the Levant.

Five contributions then focus on a generic characterisation of the Impressa *by adopting different angles of analysis: reassessment of the chronological data and the insertion of the phenomenon into the general movement of diffusion of the Mediterranean Neolithic (Didier Binder* et al.*); partition of the* Impressa *into two distinct components on either side of the Apennines, on the basis of the characterisation of the modes of building of the vases (Louise Gomart* et al.*); clarification of cultural relationships across time and space through the development of shared analysis grids of* Impressa *decorative modes and their statistical analysis (Claire Manen* et al.*); highlighting the petro-archaeological diversity of ceramic assemblages and the different scales of circulation of pottery pastes or pots (Marzia Gabriele* et al.*); highlighting vast networks through the petro-archaeological analysis of lithic productions and the consequences on the dynamics of diffusion and interaction (Didier Binder* et al.*).*

The next five contributions are more strictly dedicated to new perspectives for the study of the ceramic document: a new protocol for characterising pottery paste and its firing mode by an integrated petro-mineralogical and geochemical analysis, based on the case of 'granitic' alterites (Jean-Marc Lardeaux et al.*); evaluation of the possibilities of implementing the portable XRF analyser for the characterisation of vase provenance (Damase Mouralis* et al.*); combining the reading of macro-traces and micro-fabrics, 3D surface and tomographic analysis and mathematical image processing for the characterisation of bulding methods (Louise Gomart* et al.*); new protocols for the analysis of decorative « chaînes opératoires » through the use of 3D imaging (Laura Cassard* et al.*); inferences on the benefits of an integrated*

3D surfacique et tomographique et du traitement mathématique des images pour la caractérisation des méthodes de montage (Louise Gomart *et al.*) ; nouveaux protocoles d'analyse des chaînes opératoires décoratives par la mise en œuvre de l'imagerie tridimensionnelle (Laura Cassard *et al.*) ; inférences sur les bénéfices d'une approche intégrée des matériaux céramiques pour une évaluation de leur potentiel d'analyse fonctionnelle (Léa Drieu *et al*.).

Les éditrices et éditeurs des actes espèrent que les nouvelles hypothèses formulées dans cet ouvrage nourriront les débats relatifs à la caractérisation du Complexe de la Céramique Imprimée méditerranéenne et que la démarche transdisciplinaire promue dans le cadre de ce projet contribuera à une amélioration du régime de la preuve pour l'étude des cultures matérielles.

Remerciements

Le projet CIMO « Céramiques Imprimées de Méditerranée Occidentale : recherche interdisciplinaire sur la poterie du Néolithique ancien (VI[e] millénaire AEC) : matières premières, productions, usages et transferts », sous la direction de D. Binder, a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-14-CE31-009, programme Sociétés Innovantes, Intégrantes et Adaptatives).

Le projet ToMAT « Tomographie multiscalaire : imagerie et modélisation des archéomatériaux, traditions techniques et transferts », sous la direction de D. Binder, a été financé par l'université Côte d'Azur (ANR-15-IDEX-01, UCA[JEDI], programme Matière Lumière Interactions).

L'organisation de la séance de mars 2019 et sa publication ont également bénéficié des soutiens accordés par l'ANR, l'université Côte d'Azur, la SPF et le CEPAM.

Les organisatrices et organisateurs de la séance adressent leurs vifs remerciements à ces organismes, de même qu'aux collègues qui, au sein des laboratoires de recherche ou du conseil d'administration de la SPF, ont apporté leur concours aux différentes tâches d'organisation et d'édition.

Toutes les contributions publiées ont fait l'objet de relectures critiques par les personnalités scientifiques qui constituent le comité de lecture des actes. Les éditrices et éditeurs les remercient très vivement pour la très grande qualité de leurs analyses et recommandations.

approach to ceramic materials for the evaluation of their functional analysis potential (Léa Drieu et al.*).*

The editors of the proceedings hope that the new hypotheses formulated in this book will feed the debates related to the characterisation of the Mediterranean Impressed Wares Complex and that the transdisciplinary approach promoted in the framework of this project will contribute to an improvement of the evidence regime for the study of material cultures.

Acknowledgements

The CIMO project "Céramiques Imprimées de Méditerranée Occidentale: recherche interdisciplinaire sur la poterie du Néolithique ancien (VI[e] millénaire AEC): matières premières, productions, usages et transferts" (D. Binder dir.) was funded by the Agence Nationale de la Recherche (ANR-14-CE31-009, programme Sociétés Innovantes, Intégrantes et Adaptatives)

The ToMAT project "Tomographie multiscalaire: imagerie et modélisation des archéomatériaux, traditions techniques et transferts" (D. Binder dir.) was funded by the Université Côte d›Azur (ANR-15-IDEX-01, UCAJEDI, programme Matière Lumière Interactions).

The organisation of the March 2019 session and its publication also benefited from the support of the ANR, the Université Côte d›Azur, the SPF and CEPAM.

The organisers of the session would like to express their sincere thanks to these organisations, as well as to the colleagues in the research laboratories or in the SPF board who helped with the various organisational and editorial tasks.

All published contributions have been critically reviewed by the scientific personalities who constitute the Reading Committee of the proceedings. The editors would like to thank them most warmly for the high quality of their analyses and recommendations.

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 13-25
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Avant l'Impresso-Cardial : la céramique imprimée du Levant et d'Afrique du Nord au VII^e millénaire AEC

Isabella Caneva

Résumé : Bien que les données archéobotaniques mettent en évidence la diffusion des premières pratiques agricoles depuis le Proche-Orient vers l'Europe, l'inclusion de la poterie à ce phénomène est moins claire. Selon certains auteurs, le Levant et l'Afrique du nord pourraient constituer les foyers d'origine de la production céramique. Les caractéristiques techniques, stylistiques et fonctionnelles de la poterie à décor imprimé de ces deux contextes géographiques sont analysées ici. Malgré le décalage chronologique, la distance géographique et les différences économiques et sociales entre les communautés agricoles sédentaires proche-orientales et les groupes nomades africains, le décor céramique est un élément diagnostique prédominant de ces deux contextes culturels. La mise en évidence des différences dans le décor de chaque production céramique et de leurs conditions de fabrication, utilisation et circulation, permet, dans les deux cas, d'identifier des étapes, territoires et relations culturelles. Le décor céramique est toujours répétitif au sein des groupes qui l'utilisent, quels que soient le type et la dimension du groupe social, c'est-à-dire dans le cas présent des petites communautés villageoises *vs* des grandes familles tribales : la répartition spatiale du décor est l'expression matérielle de la nature et de l'extension des relations sociales. Ainsi, le décor n'est pas un élément technique ou esthétique anodin, transférable d'un groupe à l'autre, mais un indicateur important d'appartenance sociale, quelle que soit la forme de la société concernée. Il est donc probable qu'à l'exception des dons la vaisselle en céramique n'était pas déplacée en dehors de son contexte signifiant par les groupes d'agriculteurs migrant vers l'ouest, et que le décor, en tant que code intimement lié au groupe qui l'utilise, ne pouvait être adopté tel quel par d'autres groupes.

Mots-clés : transmission, Néolithique, productions céramiques, décor imprimé, Mersin-Yumuktepe, Anatolie orientale, Sahara, Soudan

Abstract: While archaeobotanical data clearly show that the earliest agricultural practices spread from the Near East to Europe, the involvement of pottery within this phenomenon of transmission is less clear. Ceramic vessels are a technical product, an object used in everyday life and a social communication tool. Pottery analyses should therefore be based on technical, functional and stylistic elements when it comes to reconstruct complex intercultural relations that go beyond the simple dichotomic concept of either foreign import or local development.
Based on a former diffusionist perspective or more recent statistical modelling of radiocarbon dates from Africa and Eurasia, several authors have postulated that the Levant and North Africa may be the regions from which pottery production had spread across the Western Mediterranean as early as the 7th millennium BCE. In this article, the characteristics of the earliest pottery from these two geographical contexts are analysed, with a specific focus on the technical and stylistic features of pottery decoration. Indeed, despite the chronological difference, the geographical distance and the economic and social disparity between Near-Eastern sedentary agricultural communities and African nomadic groups, pottery decoration is a predominant and diagnostic cultural element in these two contexts. The types of decoration of the ceramic production as well as their conditions of manufacturing, use and circulation, led to the definition of phases, territories and cultural relations in both regions. Most of the data presented in this article were acquired by the author directly through the excavations conducted at the site of Yumuktepe, in Turkey, and in the Upper Nile Valley, in Sudan, or by studying ceramic collections from excavations in Sudan and Libya. In accordance with the basic distinction between the environmental characteristics and economic strategies of these two main contexts, the respectively associated vessels were found to differ from a morphological, technical and stylistic point of view. The earliest vessels in the Near East exhibit medium to small sizes, whereas those in Africa exhibit medium to large sizes. This indicates that they served different functions: small bowls for consumption in the former case, large containers for cooking or storage in the latter. During the following periods, vessel shapes became larger and much more varied in the Near East, smaller and less varied in the Sahara. This makes it possible to assume that early pottery vessels among the farming communities in the Near East were increasingly perceived as ductile containers that could be used for multiple purposes, whereas the pottery vessels

used by the nomadic pastoral groups in the Saharan regions, characterised by a simplification of domestic activities and a reduction of load, were largely replaced by lighter containers, made of vegetable or animal material. As regards the decoration, an attempt was made to provide a typological framework for the pottery from these regions, particularly for that from the Sahara and the Middle Nile Valley. Emphasis was placed on the technical realisation of the motifs considering the fact that technique is not only easily and objectively identified by every scholar but might also prove useful as a tool to differentiate similar motifs. It should also be borne in mind that techniques were most likely passed on from generation to generation by intentional teaching, as happens in all types of handicraft. The elements analysed were arranged in a hierarchical tree diagram that started from a general definition of techniques and went on to an increasingly detailed description of the instruments used, the impressions obtained, the composition of the impressed elements in complex patterns and the layout of motifs on the body of the pot. The general appearance and frequency of pottery decoration in both areas turned out to be as different as are the shapes of the vessels. Whereas impressed decoration is rare and arranged in fine banded designs on the small cups recovered from the Near Eastern contexts, it is omnipresent and completely covers the large pots that served a practical function in Africa. This observation shows that although pottery decoration represents an important aesthetic element, it is not limited to the embellishment of the containers in an elitist setting but is used on cooking and storage pots for purposes that were clearly not merely aesthetic. The spatial distribution of pottery decoration in the two contexts under study is also noteworthy: the pottery decoration associated with various regions and villages in the Near East was characterised by marked differences whereas it was much more uniform in the vast territories of the Sahara. The available documentation evidences that pottery decoration is invariably repetitive within the groups that use it, regardless of the type and size of the social group, which in the present case are either small village communities or large tribal families. The spatial distribution of pottery decoration is the material expression of the nature and the extension of social relationships. The decoration of the vessels can therefore not be considered an optional technical or aesthetic addition to the practical function of the container, nor an insignificant element that can easily be transferred from one group to another, but rather an inalienable marker of social affiliation, regardless of the type of society. It is therefore likely that, with the exception of gifts, pottery vessels were not brought out of their original context when farmer groups migrated westwards by land or sea routes, and that pottery decoration, as a code that is closely linked to the group that created it, could not be adopted as such by other groups. Despite this marked diversity, common elements that are related to the changes regarding the types of pottery decoration emerge in the course of development of the cultures towards societies with centralised economy both in the Near Eastern and the Nile valley. A striking element is the shared trend to progressively reduce the roughness of the surface of the vessels. This trend is not only present in both contexts, but the same stages can be identified: first, the rough and light surfaces became black, smooth and shiny, and were decorated with incisions filled in with white paste; later, the vessels were covered by a homogeneous slip on which painted drawings stood out clearly. Painted decoration gradually also became a narration tool, and was given up, in both cases, at a time when societies with centralised organisation emerged and when other means of communication such as seals and writing systems were invented.

Keywords: Neolithic transmission, pottery productions, impressed decoration, Mersin-Yumuktepe, Eastern Anatolia, Sahara, Sudan

Fidèle à l'hypothèse diffusionniste, Luigi Bernabò Brea attribuait l'émergence de la céramique à décor imprimé des sites néolithiques des côtes méditerranéennes (Balkans, Italie, France, Espagne et Afrique du Nord), aux premiers groupes d'agriculteurs arrivés par voie maritime du Proche-Orient (Bernabò Brea, 1954). Malgré le débat suscité par ce sujet dans les décennies suivantes, cette hypothèse est toujours avancée par plusieurs auteurs – bien que ceux-ci le fassent avec une certaine prudence – en se fondant sur des modèles mathématiques construits à partir des datations ^{14}C et en postulant trois foyers d'invention de la céramique indépendants, attribués à des contextes de chasseurs-cueilleurs (Jordan *et al.*, 2016). Selon ce modèle, le foyer qui nous intéresse ici serait celui de l'Afrique du Nord, daté vers 10 000 AEC, qui aurait conduit quelques millénaires plus tard à l'émergence de la céramique au Proche-Orient et ensuite à la diffusion de cette dernière à travers le bassin méditerranéen (fig. 1). En effet, la céramique imprimée n'est pas associée aux phases initiales du Néolithique, ni au Proche-Orient – où elle se manifeste quelques millénaires après les débuts de l'agriculture, et après l'apparition des premières céramiques non décorées, vers 7000 AEC –, ni dans les régions saharo-soudanaises – où, en revanche, elle était déjà bien connue et abondante dès 9000 AEC et même plusieurs millénaires avant que l'économie de production ne se propage en Afrique du Nord.

Mis à part ce décalage chronologique important et la distance géographique considérable qui sépare les deux zones, il est peu plausible que l'invention de la céramique – et de ses techniques décoratives – ait eu lieu dans un foyer unique et ait ensuite été diffusée dans des espaces géographiques et des contextes culturels aussi variés. En revanche, il existe une plus grande probabilité pour que les débuts de la fabrication de la céramique correspondent à des foyers multiples, qui, dans chaque cas particulier, répondent à des exigences locales quant au répertoire des formes, même si quelques éléments ont parfois pu être diffusés, mélangés et réélaborés dans d'autres contextes culturels. Il est donc nécessaire d'étudier ce phénomène par rapport aux spécificités de sa première apparition dans les différents contextes en présence : au lieu de repérer les quelques rares correspondances stylistiques entre des tessons de différentes régions, l'objectif de cette contribution est donc de mettre en évidence les différences spécifiques à chaque production céramique et à son contexte de fabrication, d'utilisation et de circulation, dans les régions d'origine de l'économie agropastorale et dans les régions dans lesquelles le premier Néolithique a été diffusée tout comme dans les contextes de chasseurs-cueilleurs en Afrique du Nord.

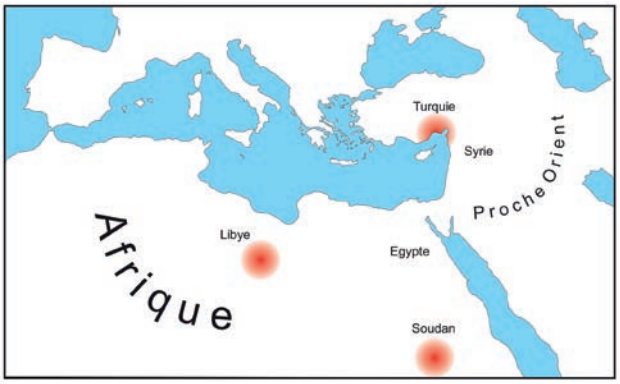


Fig. 1 – Carte des zones mentionnées dans le texte.
***Fig. 1** – Map of the areas mentioned in the text.*

Les ensembles de céramiques à décor imprimé décrits ici comptent parmi les plus anciens du Proche-Orient et d'Afrique du Nord. Il s'agit de contextes économiques et sociaux presqu'antithétiques : d'un côté, celui des agriculteurs néolithiques sédentaires de la Méditerranée orientale, et de l'autre, ceux des chasseurs-cueilleurs mésolithiques semi-nomades et des groupes d'éleveurs-pasteurs nomades occupant les régions arides sahariennes et subsahariennes. Malgré cette différence structurelle, la céramique et son décor semblent dominer la gamme des paramètres culturels de ces différents contextes, avec une variété d'éléments diagnostiques. Sur cette base, il a été possible de proposer, dans les deux cas, la définition de phases, de territoires et de relations culturelles sur de vastes étendues géographiques, ainsi que l'identification d'une tendance évolutive générale de la fonction du décor céramique dans les cultures préhistoriques anciennes des arrière-pays de la Méditerranée orientale et méridionale.

Dans les deux régions, il est principalement fait référence dans cet article à des données récoltées par l'auteure elle-même, soit au cours des fouilles conduites en Turquie, sur le site de Yumuktepe à Mersin, et dans la haute vallée du Nil, au Soudan, à l'occasion de l'étude de collections céramiques provenant de fouilles entreprises au Soudan et en Libye.

LE PROCHE-ORIENT ET LE SITE DE YUMUKTEPE

La céramique fait son apparition au Proche-Orient autour de 7000 AEC. Elle y est précédée, dans la phase finale du PPNB, par une « vaisselle blanche » qui correspond à des récipients très grossiers en chaux ou en pâte calcaire, comportant des formes simples, principalement des bassins et des bols non décorés. La cuisson des récipients façonnés en argile apparaît peu de temps après et la céramique coexiste alors temporairement avec la « vaisselle blanche ». Les différences concernant les matières premières utilisées et les processus de fabrication mis en œuvre ne permettent d'établir aucun lien évolutif entre les deux productions (Nilhamn *et al.*, 2009). Les céramiques présentent alors des formes allongées ovoïdales et elles sont façonnées dans une pâte claire ; leurs parois sont assez épaisses et leurs surfaces sont lisses, polies à la main. Contrairement à la « vaisselle blanche », qui présente une grande variété de formes et surtout de dimensions, la première céramique présente des formes petites et peu variées, limitant ainsi leurs fonctions utilitaires (Nieuwenhuyse et Campbell, 2017).

Le site de Yumuktepe comprend une séquence de niveaux d'occupation qui débute avec un horizon néolithique à céramique non décorée, daté à partir de 7000 AEC (Caneva, 2012). La céramique la plus ancienne a été récoltée en quantités limitées dans le seul petit sondage dans lequel le substrat à la base du tell a été atteint. Cette céramique, modelée dans une pâte claire à dégraissant minéral, est caractérisée par une cuisson bien maîtrisée et par des surfaces lisses non décorées (Balossi Restelli, 2017, fig. 9.2). Le décor n'apparaît que lors d'une phase plus récente, pour laquelle l'existence de plusieurs villagessuccessifs a pu être mise en évidence. Le niveau le plus profond atteint jusqu'ici est daté de 6800 AEC. Les maisons, qui possèdent un plan quadrangulaire avec des murs en briques crues, sont disposées autour d'une aire de travail et de stockage de céréales et de légumineuses.

La céramique associée à ces niveaux est plus abondante (une centaine de fragments par m^3), mais dispersée, sous la forme de petits tessons retrouvés dans les niveaux de destruction des maisons. Un total d'environ 5000 fragments est actuellement en cours d'étude et la répartition quantitative des différentes catégories n'est pas définitivement établie. Le répertoire se compose de petits vases hémisphériques ou globulaires modelés dans une pâte à dégraissant minéral. La présence du décor varie selon les différentes catégories de vases. Toujours réalisé avec la seule technique de l'impression simple distincte, le décor montre l'utilisation répétée d'instruments simples, comme des pointes, des coins, des petits coquillages, et des cordelettes.

Dans ce contexte, deux types de céramiques imprimées peuvent être distingués par leur forme, leur pâte et leurs décors respectifs. Le type le moins fréquent est celui des petits bols à parois très minces (d'une épaisseur d'environ 3 mm) en pâte fine et claire, dont le décor se compose d'impressions profondes, distribuées de manière assez uniforme sur toute la surface. Cette dernière ne montre aucune trace de polissage, à l'exception d'une petite bande lisse autour du bord (fig. 2). Tous les fragments appartenant à ce groupe sont décorés. Ce décor a été défini par le terme d'« impressions couvrantes » (IC), en raison de la distribution des impressions sur la presque totalité de la surface. Il présente un réseau dense et uniforme d'impressions, au sein duquel aucun motif ne peut être isolé. Il s'agit d'impressions profondes, serrées et souvent superposées, appliquées sur une surface plutôt molle, avec un soulèvement perceptible de la pâte. Ni la technique d'application de ce décor ni le type d'outil et le geste utilisés n'ont pu être déterminés avec plus de précision : la régularité des formes, leur profondeur ainsi que la distance qui les sépare indiquent que ces impressions n'ont pas été réalisées avec

Fig. 2 – Décor d'impressions couvrantes.
***Fig. 2** – Covering impressed decoration.*

Fig. 3 – Décor d'impressions structurées : lignes de points.
***Fig. 3** – Structured impressed decoration: lines of dots.*

Fig. 4 – Décor d'impressions structurées : bandes de tirets.
***Fig. 4** – Structured impressed decoration: bands of dashes.*

Fig. 5 – Décor d'impressions structurées : *tail dots.*
***Fig. 5** – Structured impressed decoration: tail dots.*

l'extrémité d'un poinçon ou par l'application d'une natte végétale, qui auraient fourni un résultat moins régulier, mais avec un peigne grossier, souple, ou peut-être une cordelette torsadée, qui épouse le profil arrondi du vase en étant appliquée avec une pression homogène.

Le deuxième type, plus fréquent, regroupe des bols globulaires plus ou moins fermés en pâte beige ou brune, à parois très minces (2-4 mm). Le décor y est imprimé moins profondément sur des surfaces plus sèches, avec un soulèvement très limité de la pâte. Les motifs sont distribués en bandes, selon une syntaxe assez répétitive. Ce décor peut être désigné par le terme d'« impressions structurées » (IS). Il est possible d'observer les impressions de différents types d'outils, le plus commun étant une pointe ou un bord, appliqués de façon répétée sur la pâte. Les impressions sont généralement en forme de points ou de segments (fig. 3 et fig. 4), plus rarement de triangles ; elles peuvent dans certains cas être produites par d'extrémité d'une baguette à section carrée. Les points ou les triangles imprimés peuvent présenter un appendice selon l'inclinaison de l'outil (*tail dots*), comme dans le cas de l'écriture cunéiforme (fig. 5). Les bords des outils non pointus peuvent être lisses ou, plus rarement, dentelés, rectilignes ou arqués. En dehors des motifs de points, de triangles, de petits segments ou de virgules, les éléments imprimés peuvent comprendre des sillons de longueur variables et des petites arches, parfois pointillées (fig. 6). Les impressions en série de ce dernier type sont souvent liées par un mouvement pivotant de l'instrument (fig. 7). A partir des impressions, qui ne sont jamais très proches les unes des autres, il est assez facile de définir la forme et l'inclinaison du bord ou de la pointe de l'outil utilisé, ainsi que le geste effectué. Les éléments liés à l'impression simple tout comme ceux liés à l'impression pivotante sont ordonnés en série, formant des motifs en bandes disposées de différentes manières sur le vase. Souvent, il s'agit d'une seule bande appliquée autour de son ouverture (fig. 3), parfois de plusieurs bandes parallèles ou obliques, formant occasionnellement, comme dans

Fig. 6 – A et B : décor d'impressions structurées (petites arches).
***Fig. 6 –** A and B: structured impressed decoration (small arches).*

Fig. 7 – Décor d'impressions structurées : petites arches pivotantes.
***Fig. 7 –** Structured impressed decoration: small rocking arches.*

Fig. 8 – Décor d'impressions structurées : sillons.
***Fig. 8 –** Structured impressed decoration: grooves.*

le cas des sillons, un dessin plus complexe (fig. 8). Le pourcentage de fragments décorés varie en général entre 3 et 4 %, le décor étant limité à une petite partie de la surface des vases.

Malgré la similitude des formes et de dimensions, et donc, probablement, des fonctions, il est possible de distinguer clairement les deux types de céramiques imprimées selon trois paramètres. Le premier concerne l'aspect : tandis que le premier type présente une surface claire striée et uniforme, le second possède une surface brune, lustrée, portant des bandes décorées. Le deuxième concerne la technique de façonnage et plus particulièrement le moment de l'application du décor dans le cours de la chaîne opératoire : pour le premier type, le décor est appliqué sur la pâte encore assez molle alors qu'il est appliqué sur une pâte plus dure pour le second. Le troisième critère est celui du style déterminé par des outils et des gestes d'impression différents, mis en œuvre sur des pâtes à consistances elles-mêmes différentes : le premier type de décoration est appliqué rapidement après la mise en forme, le second intervient après un temps de séchage plus important, suivi par une application d'un décor plus fin, plus précis et une syntaxe décorative plus complexe et la mise en œuvre d'un traitement de surface par brunissage. Cette bipartition en deux groupes aux caractéristiques presqu'opposées se poursuit lors des phases suivantes avec un développement graduel en plusieurs sous-groupes et pourrait correspondre dans ces niveaux anciens à une séparation précoce des fonctions au sein du répertoire des récipients céramiques.

La différenciation des usages des récipients devient évidente au cours du Néolithique moyen (6100 AEC) et du Néolithique récent (5800 AEC) avec la multiplication des formes et des dimensions des vases (Balossi Restelli, 2017). Le décor semble souligner les différences : les motifs sur la céramique claire sont encore plus couvrants et appliqués sur une pâte molle et non polie ; en revanche, les impressions sur la céramique sombre, qui devient encore plus foncée et brillante, sont encore plus légères, délicates et espacées. Le contraste des couleurs devient

important pour ce second groupe, où les impressions sont incrustées de pâte blanche qui en souligne le dessin sur fond noir. C'est l'exorde d'un chromatisme qui se développera dans la phase suivante, celle du Néolithique récent, au début du VI^e millénaire, avec l'utilisation de l'engobe rouge et des dessins en couleur sur une pâte claire. Cette tendance vers l'expression chromatique trouvera son apogée dans la culture de Halaf au cours des derniers siècles du VI^e millénaire, (5500-5000 AEC).

Les données préliminaires présentées ici concernent le matériel provenant des fouilles de Yumuktepe qui demeure le seul site néolithique fouillé jusqu'à présent en Cilicie. Cependant, un premier examen des céramiques contemporaines de sites localisés plus à l'est révèle des éléments de réflexion intéressants. Des sites fouillés sur la rive gauche du Moyen Euphrate, dans la province d'Urfa, ont livré dans une première phase des céramiques à pâte brune et dégraissant minéral, puis, dans un second temps une céramique à dégraissant végétal. Les vases sont généralement de forme arrondie mais, sur le site d'Akarçay, ils présentent des parois très épaisses, ne sont pas décores et portent des éléments de préhension absents à Yumuktepe (Özbaşaran et Duru, 2011). La même évolution concernant les pâtes est perceptible à Mezraa Teleilat, distant de quelques dizaines de kilomètres (Özdoğan, 2011). La céramique y est également caractérisée par des parois très épaisses ; les surface lustrées y sont plus rares qu'à Yumuktepe, tandis que les décors imprimés, qui y sont plus fréquent (15 %), sont similaires à ceux de Yumuktepe. Toutefois, un examen plus approfondi révèle qu'il a surtout été réalisé à l'aide d'outils à double pointe dont l'utilisation n'a pas pu être détectée à Yumuktepe. Plus au sud, dans la plaine de l'Amuq et dans le nord de la Syrie, plusieurs sites présentent des répertoires ayant une vague ressemblance technique, surtout au cours de la phase initiale caractérisée par une céramique à pâte claire et dégraissant minéral (Balossi Restelli, 2006 ; Odaka, 2013, Nieuwenhuyse et Campbell, 2017).

Bien que très préliminaire, cet aperçu suggère que les caractéristiques communes aux premières productions céramiques des différents sites du Levant nord et de la Turquie sud-orientale ne sont pas nombreuses. Les vases ont été réalisés dans le cadre d'un savoir-faire commun très générique pour ce qui concerne les pâtes, les formes et la cuisson. En revanche, les caractéristiques techniques et stylistiques des répertoires diffèrent selon les sites. Les petites dimensions des vases ainsi que leur présence en petit nombre dans tous ces villages constituent des éléments contrecarrant l'interprétation d'une utilisation systématique de ces récipients à des fins de cuisson et de stockage d'aliments (Nieuwenhuyse et Campbell, 2017). Cela semble indiquer que la céramique des phases les plus anciennes répondait à des fonctions liées plutôt à la sphère symbolique, comme la cuisson rituelle, la libation, ou correspondait à un service réservé à des personnes ou des événements particuliers (Nieuwenhuyse et Campbell, 2017) et jouait donc un rôle représentatif, voire identitaire (Balossi Restelli, 2017). Cette hypothèse a d'ailleurs déjà été avancée par plusieurs auteurs à propos de l'apparition de la céramique dans des contextes préagricoles (Hayden, 1995 ; Barnett, 1990).

Malgré les différences régionales observées entre les premières poteries du Proche-Orient, des tendances communes de leur évolution peuvent être observées : partout, la première étape à céramique décorée, caractérisée par le décor imprimé, fait suite à une étape à céramique non décorée, et dans tous les cas, le décor imprimé est suivi par le décor peint avec une multiplication progressive des motifs et des compositions. L'existence d'expressions régionales spécifiques de cette évolution commune ne va pas dans le sens d'une unité culturelle du Proche-Orient à cette époque, mais pourrait cependant indiquer l'importance grandissante du rôle symbolique de la céramique au sein de ces sociétés.

LE SAHARA

La diffusion du Néolithique et de son économie agro-pastorale depuis le Levant vers le continent africain a principalement emprunté la voie passant par l'étroit isthme de Suez et la vallée septentrionale du Nil. Dès le début de ce processus, les deux composantes de la nouvelle économie s'affirment dans deux niches écologiques différentes : l'agriculture est confinée au nord à la région méditerranéenne humide, surtout dans le delta et l'étroite vallée du Nil, tandis que l'élevage s'étend aux grands espaces semi-désertiques au sud et à l'ouest de la vallée, défavorables à la pratique de l'agriculture (Caneva, 2016).

Un décalage chronologique important peut être observé entre la seconde moitié du VII^e millénaire, lorsque la présence généralisée d'animaux domestiques d'origine levantine est attestée en Égypte, et le milieu du VI^e millénaire, au moment où la poterie fait son apparition (Streit, 2017, p. 403). Cela implique probablement une longue période de pénétration épisodique par de petits groupes semi-nomades, accompagnés de leurs troupeaux, qui n'emportaient pas de céramique avec eux. La poterie la plus ancienne retrouvée sur les sites du Fayoum et du delta du Nil, où la pratique de l'agriculture est attestée, ne présente que peu de similarités avec celle des cultures contemporaines du Levant, région d'origine de ces groupes d'agriculteurs. Les similarités n'apparaissent que quelques millénaires plus tard avec l'amplification des relations entre l'Égypte et le Levant (Streit, 2017, p. 424).

La céramique fabriquée par les groupes d'éleveurs du Sahara, qui, de toute évidence, dérive de celle existant dans la région depuis plusieurs millénaires déjà, en diffère davantage. En effet, la plus ancienne céramique d'Afrique subsaharienne est datée vers 10000-9000 AEC (cf. Jordan *et al.*, 2016 pour une synthèse des données radiométriques). Il s'agit de vases globulaires de grandes dimensions, dont la surface est presque entièrement couverte par un décor imprimé très riche. Au sein des assemblages, la fréquence des tessons non décorés avoisine les 3 %, à l'inverse de la situation constatée au Proche-Orient. Cette céramique subsaharienne, qui dans l'ensemble des régions saharo-soudanaises a été produite par des groupes de chasseurs-cueilleurs, présente des aspects techniques et

Fig. 9 – Décor de bandes ondulées tracées au peigne (*wavy line*) au Soudan.
Fig. 9 – *Wavy line decoration in Sudan.*

stylistiques d'une qualité remarquable, qui ont été étudiés par plusieurs équipes [(1)].

La séquence de la production préhistorique de céramique dans l'immensité du territoire saharo-soudanais présente immanquablement des variations et des décalages chronologiques entre les différentes régions, et principalement entre le Sahara et la vallée du Nil. Malgré la rareté de dépôts stratifiés, plusieurs auteurs ont essayé au cours de ces dernières années de reconstruire des phases et des caractéristiques régionales au sein de ce vaste territoire (cf. David et Salvatori, 2018 pour une revue). En synthétisant à l'extrême, il est possible de distinguer deux époques principales pouvant faire l'objet d'une étude sur la céramique préhistorique africaine : la première se rapporte aux derniers groupes de chasseurs-cueilleurs, à partir du X^e millénaire AEC, la seconde aux communautés néolithiques pastorales au cours du VII^e millénaire AEC.

Au Soudan, et en particulier dans la haute vallée du Nil et ses environs, aux marges orientales du désert du Sahara, la succession de quatre étapes principales peut être mise en évidence (Caneva et Marks, 1990). La première, typique du seul Soudan mésolithique, est caractérisée par une céramique décorée avec des peignes à plusieurs dents, utilisés pour l'incision de bandes de lignes ondulées, librement dessinées, et, plus rarement, pour l'impression pivotante. La céramique à lignes ondulées a été désignée dans les premières études sur la Préhistoire du Soudan (Arkell, 1949) par le terme de « *wavy line pottery* » (fig. 9). La deuxième étape correspond à l'apparition d'une céramique non autochtone, visiblement de tradition saharienne, décorée exclusivement par impression pivotante avec des bandes de lignes ondulées pointillées, et qualifiée de « *dotted wavy line pottery* » (fig. 10). Cette céramique, dont la répartition atteint la vallée du Nil autour de 6200 AEC, a probablement été introduite par les derniers groupes de chasseurs-ceuilleurs sahariens, qui ont été progressivement remplacés sur leur territoire par de nouveaux groupes d'éleveurs au cours de la seconde moitié du VII^e millénaire AEC. La troisième étape est en fait celle des éleveurs qui très rapidement s'approprient le Sahara central et ensuite les périphéries orientales, jusqu'à rejoindre eux aussi la vallée du Nil. Après une période de transition autochtone, correspondant au Néolithique ancien, une quatrième étape se développe au Néolithique récent dans la vallée du Nil, avec des groupes à structure nomade pastorale.

Contrairement à la poterie du Proche-Orient, dont le décor imprimé, en raison de sa rareté, n'a jamais fait l'objet de classifications systématiques, la céramique imprimée saharienne à décor entièrement couvrant, beaucoup plus abondante, a été décrite en détail et classifiée par plusieurs auteurs (*inter alia* Camps-Fabrer, 1966). Les classifications traditionnelles étaient fondées sur aspects immédiatement perceptibles du décor, notamment les éléments imprimés (circulaires, carrés, segmentiformes, en virgules, triangulaires, etc.) ou bien les motifs (lignes ondulées, semis de points, zigzags, triangles opposés, etc.), à partir desquels les types d'outils et les techniques utilisés ont été déduits.

Fig. 10 – Décor de bandes ondulées pointillées (*dotted wavy line*) au Soudan.
Fig. 10 – *Dotted wavy line decoration in Sudan.*

Dans une perspective complètement opposée, une classification fondée avant tout sur l'identification de la technique a été avancée par l'auteure à partir de l'étude des collections céramiques du Soudan central et du Tadrart Acacus en Libye (Caneva, 1987). Cette classification alternative avait deux objectifs principaux : elle visait tout d'abord à remplacer la description subjective des éléments et des motifs par une identification objective de la technique d'exécution, de sorte que la classification puisse toujours être reproductible de manière non équivoque ; ensuite, il s'agissait de substituer à la simple liste des types un diagramme en arbre qui propose une hiérarchisation des types par familles techniques (Caneva, 1987 ; Caneva et Marks, 1990). On admettait ainsi que la technique constituait l'élément le plus important de la classification dans la mesure où celle-ci était maîtrisée par l'artisan ou à l'artisane qui était le seul / la seule à pouvoir la transmettre, tandis que les motifs pouvaient être reproduits et imités sans transmission ou contact directs.

Le processus de classification, représenté sur un schéma simplifié (tabl. 1), est fondé sur l'identification progressive des éléments d'analyse en fonction de leur visibilité sur les fragments, qui pour la plupart sont très petits, mais aussi par rapport à l'ordre logique des décisions et actions à partir desquelles le décor du vase a probablement été réalisé. Ainsi, par rapport au produit fini que l'artisan prévoit de réaliser, il (elle ?) doit penser d'abord à la technique qu'il veut utiliser pour obtenir le dessin prévu (étape 1), aux éléments qu'il veut imprimer ou inciser pour composer son dessin (petits points, tirets, triangles, étape 2), et à l'instrument approprié qu'il doit choisir sur cette base (étape 3) ; la composition globale du décor est enseuite fondée sur la construction d'un motif (étape 4) et sa répétition autant de fois que nécessaire (étape 5). Cette classification « progressive » du décor a ensuite été inscrite dans un concept plus large de chaîne opératoire de production céramique, qui inclut la sélection de la matière première et le façonnage du vase (Garcea, 2006).

La technique adoptée pour réaliser un décor est presque toujours reconnaissable, même sur des tessons très petits. À chaque étape de la classification, un degré plus complet d'information est atteint mais, en même temps, un nombre plus limité de tessons peut être classé : les motifs sont moins souvent reconnaissables, compte tenu de la petite taille des fragments, et la structure du décor sur la surface du vase l'est encore moins, cet élément étant donc le moins utile pour l'analyse, bien qu'il soit le plus simple à identifier à première vue.

Ce système de classification, fondé sur la décomposition des éléments définissant un même type, permet également de mettre en œuvre des statistiques à différentes étapes, par exemple, pour la seule technique, ou pour les instruments, en fonction des objectifs de l'analyse ou des limites de la documentation, comme lorsque les tessons sont petits ou endommagés, par exemple. Il permet ainsi de comparer à divers niveaux des collections de céramiques classées selon des critères différents.

Des reconstructions expérimentales des techniques identifiées ont été conduites en laboratoire, en utilisant des répliques des outils de décoration retrouvés lors des fouilles. Cela a permis d'observer que la même technique pouvait donner une variété de résultats en fonction du geste, de l'inclinaison, de la pression et, évidemment, de la forme du peigne. En revanche, il a pu être observé que des motifs similaires pouvaient être obtenus par des techniques différentes. À cet égard, les productions céramiques très similaires de deux sites du Néolithique récent du Soudan ont pu être différenciées par l'utilisation exclusive d'une technique différente sur chaque site (Caneva et Gautier, 1994).

Le premier mode de décor qui fait son apparition au Soudan est l'incision au peigne relevant de la « *wavy line pottery* » (Arkell, 1953). Cette technique est simple et les motifs sont dessinés sur la surface de façon très libre et très artistique, en bandes de plusieurs lignes, plus ou moins ondulées, horizontales ou verticales, en général très rapprochées. Parfois, le même peigne est également utilisé en impression pivotante sur une partie du vase (fig. 9c).

En revanche, à la même époque, l'impression pivotante au peigne (*rocker technique*) représente le décor le plus typique au Sahara. Par la suite, elle devient également dominante dans la vallée du Nil, lors de l'arrivée des populations sahariennes au Mésolithique moyen (6200 AEC, Caneva, 1992). Le mouvement pivotant fait que ces impressions sont très rapprochées et souvent superposées, de telle sorte que les impressions individuelles du peigne sont difficilement reconnaissables. Il s'agit toujours de peignes à grosses dents. Le dessin est plus régulier et systématique que celui de la *wavy line* ; il forme des bandes horizontales rectilignes ou ondulées (*dotted wavy line*), alternant parfois les unes avec les autres dans

Technique	Elément	Instrument	Motif	Structure
Étape 1	Étape 2	Étape 3	Étape 4	Étape 5
Incision		Stylet, bident, peigne	Dessin libre	Couvrant
Impression simple	Points, tirets, arches	Stylet	Dispersion libre	Couvrant / remplissage
	Paires de points / tirets	Bord bident	Paires de lignes pointillées	Couvrant
	Sillons pointillés	Bord dentelé	Lignes pointillées	Couvrant / remplissage
Impression pivotante	Paires de points / triangles	Bord bident	Paires de lignes point / triangles	Couvrant
	Segments pointillés	Bord dentelé	Zigzag pointillé	Couvrant
	Segments lisses	Bord lisse	Zigzag lisse	Couvrant

Tabl. 1 – Schéma de classification progressive.
***Table 1** – Progressive classification scheme.*

la syntaxe du décor du vase (fig. 10). Le décor incisé disparaît assez soudainement avec l'arrivée de cette poterie, sans qu'aucune coexistence n'ait été observée.

Au Néolithique, l'impression pivotante devient plus raffinée et standardisée, effectuée avec une grande variété de peignes (Garcea, 2006). Le décor le plus typique du Néolithique ancien est réalisé avec des peignes à bord assez fin et court, obtenus en creusant des encoches sur le bord de coquilles bivalves : l'impression pivotante de ces peignes forme des rangées de triangles opposés alternant

Fig. 11 – Impression pivotante « géometrisée » au Néolithique.
***Fig. 11** – "Geometrical" rocker impressions dated to the Neolithic.*

Fig. 12 – A : lignes de points à impressions simples ; B et C : impression pivotante au peigne ; D : impression pivotante au compas.
***Fig. 12** – A: lines of dots made by simple impressions; B and C: lines of dots made with a rocker movement of a toothed comb; D: rocker impressions made with a compas-like tool.*

avec des lignes de points (fig. 11). Les triangles représentent les points de pivot du peigne, en bas et en haut, les lignes pointillées au milieu étant imprimées par les dents centrales du peigne. Au cours du temps, la régularité et l'équidistance des éléments imprimés semblent prendre de plus en plus d'importance. La réduction de la longueur du bord du peigne permet sans doute un meilleur contrôle du mouvement, ainsi qu'un dessin mieux défini dans ses dimensions et plus régulier, formant des lignes pointillées parallèles et horizontales, bien que le mouvement soit vertical (fig. 12b,c). Le même effet est obtenu avec une autre technique, l'impression simple, qui consiste en l'application horizontale du peigne sur la paroi, avec des impressions successives formant des lignes horizontales dont le parallélisme est moins régulier (fig. 12a). Des lignes parallèles pointillées sont également obtenues par impression pivotante d'un outil utilisé à la manière d'un compas (fig. 12d).

Ces deux dernières techniques et motifs – lignes pointillées parallèles à l'impression simple ou pivotante – deviennent exclusives au cours de l'étape la plus récente du Néolithique. Dans le cas de l'impression pivotante, la réduction de la dimension du peigne est maximale, seules ses deux extrémités étant préservées, formant ce qui s'apparente à une fourchette. La régularité y est aussi maximale, l'équidistance entre les paires de lignes de points étant définie par le compas (fig. 13). Dans le Néolithique du Sahara, et plus rarement au Soudan, cette tendance à la régularité et à l'équidistance des points devient obsessive, avec des vases complètement recouverts d'un décor uniforme de points équidistants. Ce procédé a été dénommé « *return technique* », l'équidistance de tous les points étant assurée en replaçant pour chaque nouvelle ligne, une pointe du compas dans les points de la ligne précédente (Caneva, 1987 ; ici : fig. 13).

Dans le même temps, d'autres formes de décor régulier apparaissent, comme les formes géométriques remplies de petits points, typiques du Néolithique récent de la vallée du Nil soudanais dans son ensemble et de ses territoires intérieurs (fig. 14). Une nouvelle tendance ressort en plus de la géométrisation des compositions décoratives : le chromatisme sous la forme de colorations en rouge et noir, plus rarement en jaune (comm. pers. Jacques Reinolds), soit sous la forme d'un contraste noir et blanc, avec des impressions ou incisions incrustées de pâte blanche, ou encore par un polissage extrêmement développé de la surface, auparavant incisée et engobée (*ripple ware*), qui crée un effet d'ondulation de la lumière réfléchie (fig. 15).

Tout ce bagage technique et stylistique est l'apanage de groupes nomades qui occupent les grands espaces semi-désertiques du Sahara et du Soudan, tout le long de

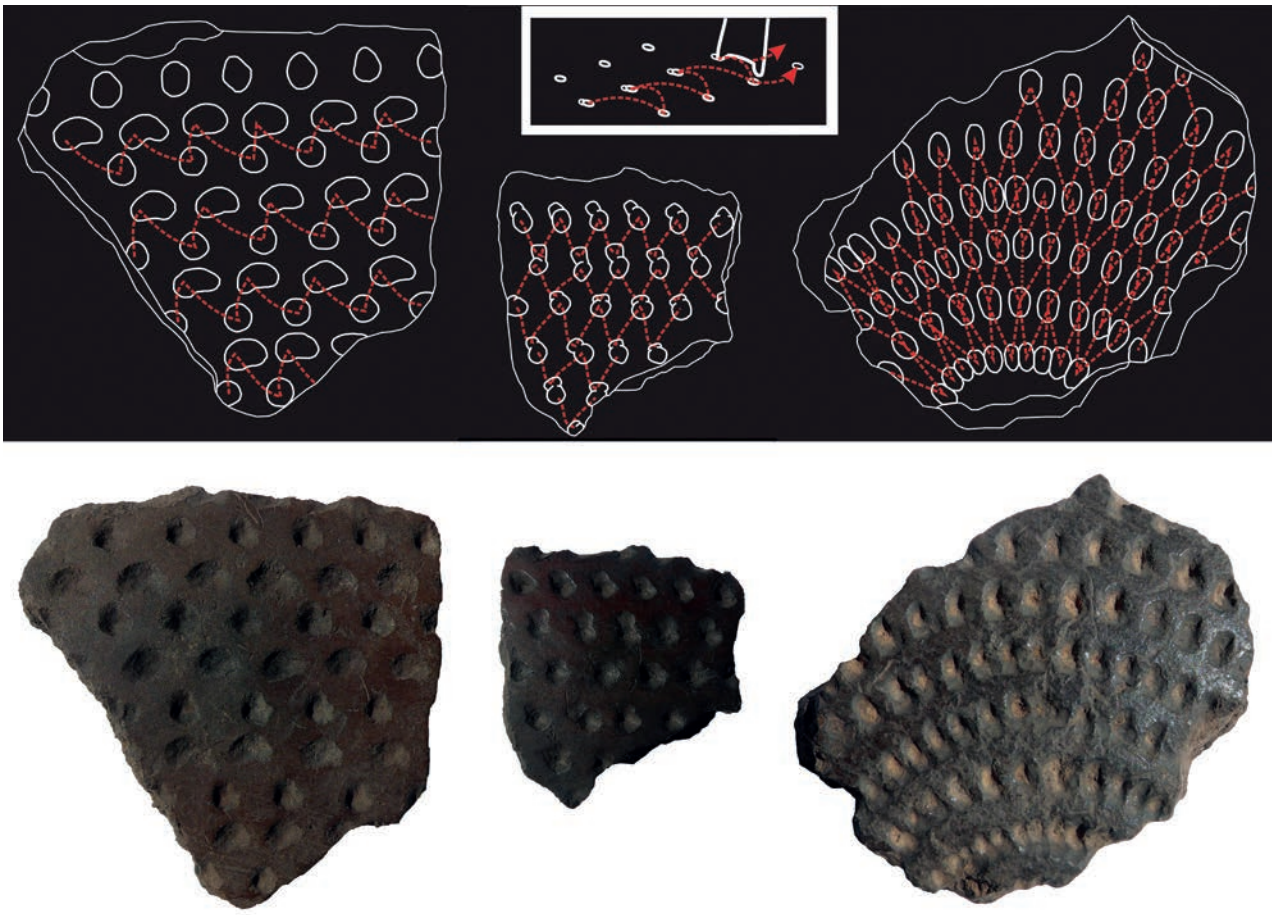


Fig. 13 – Une régularité extrême : la « *return technique* ».
Fig. 13 – *Extreme regularity: the "return technique".*

Fig. 14 – L'impression simple : formes géométriques pointillées et incrustées.
Fig. 14 – *Simple impression: dotted and inlaid geometric designs.*

la haute vallée du Nil en Nubie et en Égypte. À partir du début du IV^e millénaire, la vallée du Nil connaît de gigantesques transformations sociales, qui conduisent à l'urbanisation et à l'émergence de l'État. Pendant la période prédynastique, le décor céramique devient figuratif, souvent porteur d'une riche narration symbolique. Avec l'organisation de l'État, de ses ateliers de production artisanale spécialisée et intensive, le décor céramique décline et sa fonction de communication est transposée à d'autres domaines plus explicites, comme les sceaux et l'écriture.

CONCLUSION

La céramique préhistorique est à la fois un produit technique, un objet de la vie quotidienne et un support de communication sociale. C'est la raison pour laquelle les analyses de la poterie prennent toujours en considération différentes catégories d'éléments techniques, fonctionnels et stylistiques, considérés selon l'importance hiérarchique qui leur est attribuée en fonction des objectifs poursuivis dans l'étude. C'est à travers les similitudes et les correspondances de ces éléments entre sites et cultures différents que des liens peuvent être établis entre eux, et qu'un rôle spécifique peut être assigné à la céramique au sein de chaque contexte.

En reconsidérant la question de la transmission de la poterie depuis le Proche-Orient ou l'Afrique du Nord vers les régions de la Méditerranée occidentale, les caractéristiques principales de ces productions céramiques anciennes ont été passées en revue dans cet article et, sur cette base, quelques observations générales ont pu être formulées.

Les deux contextes sommairement décrits ici se distinguent non seulement par un décalage chronologique et une distance géographique importante, mais, de plus, ils divergent sur le plan économique et social : communautés agricoles sédentaires dans un cas, groupes de chasseurs-collecteurs puis éleveurs nomades dans l'autre.

En conformité avec cette distinction de base, leur vaisselle diffère des points de vue morphologique, technique et stylistique. Les premiers vases du Proche-Orient sont de taille moyenne à petite, ceux d'Afrique de taille moyenne à grande. Il peut en être déduit qu'ils remplissaient des fonctions différentes : petits bols pour la consommation, grands récipients pour la cuisson ou le stockage. Au Proche-Orient, les formes céramiques des époques suivantes deviennent plus grandes et beaucoup plus variées, tandis que celles du Sahara deviennent plus petites et moins variées. On peut donc déduire que dans les villages du Proche-Orient néolithique la céramique s'affirme comme un conteneur à large spectre, impliqué dans des tâches multiples. Au Sahara, en revanche, l'émergence du pastoralisme nomade conduit à une simplification des activités domestiques et à une réduction des équipements à transporter : la vaisselle en céramique perd son rôle de récipient ordinaire, remplacée par d'autres en matériaux plus légers, tels que les œufs d'autruche, les

Fig. 15 – Évolutions parallèles du décor céramique au Proche-Orient (en haut) et dans la vallée du Nil (en bas).
Fig. 15 – *Parallel evolutions of ceramic decoration in the Near East (top) and in the Nile Valley (bottom).*

paniers, les filets, les calebasses et les sacoches en cuir, comme le suggère la documentation ethnographique, tout en conservant une diversité de formes céramiques dans le domaine funéraire.

Quant au décor des céramiques de ces deux zones, il est aussi diversifié que leurs formes, à commencer par son aspect général et sa fréquence : au Proche-Orient, le décor est assez rare et comporte des motifs de petite taille appliqués sur des récipients de dimensions réduites ; en Afrique, il est omniprésent et couvrant sur des grands pots utilitaires. Cette première observation indique que le décor, au-delà son aspect esthétique, répond à d'autres finalités.

Une seconde observation concerne la répartition spatiale du décor céramique, qui diffère entre les deux contextes étudiés : au Proche-Orient, elle est fortement différenciée en fonction des régions et des villages ; au Sahara, elle est homogène au sein de vastes territoires. La documentation qui vient d'être analysée montre bien que le décor est toujours répétitif à l'intérieur des groupes qui l'utilisent, quel que soit le type et la dimension du groupe, dans le cas présent de petites communautés villageoises *vs* de grandes familles tribales : la répartition territoriale du décor rend apparemment compte de la nature et de l'extension des relations sociales visibles et concrètes. Le décor des vases n'est donc pas un élément technique ou esthétique anodin, facilement transférable d'un groupe à l'autre, mais plutôt un indicateur important d'appartenance sociale, quel que soit le groupe social concerné.

Il ressort de ces observations qu'à l'exception des dons, la vaisselle en céramique ne pouvait que rarement être transportée par les petits groupes d'agriculteurs qui se déplaçaient vers l'ouest, et au cas où cela aurait eu lieu, il semble improbable que le décor, en tant que code intimement lié au groupe qui l'utilise, ait été adopté tel quel par d'autres groupes.

Cette situation change pour les époques auxquelles les vases en céramique sont utilisés pour le transport de marchandises. Par ailleurs, dans ces cas, les récipients n'étaient pas décorés, mais portaient plutôt des signes de propriété. En conclusion, la persistance ou les changements des caractéristiques du décor au cours du temps sont toujours à lire dans le contexte des changements d'organisation sociale, à l'exception de phénomènes migratoires comme celui qui a été envisagé pour le Sahara.

Cependant, certains changements dans le rôle du décor céramique peuvent converger dans le développement de cultures différentes, dans la mesure où ces dernières évoluent vers des formes similaires. Dans les cas décrits ici, le Proche-Orient et la vallée du Nil voient l'émergence de sociétés à pouvoir centralisé. En effet, malgré les différences importantes qui viennent d'être observées, certains éléments communs se dégagent dans les étapes d'évolution du décor. Plus particulièrement, la tendance générale à réduire progressivement l'effet de rugosité de la surface des vases est frappante. Cette tendance peut être expliquée de deux manières : d'une part, par une évolution vers des dessins plus réguliers et répétitifs (codification) et, d'autre part, par l'introduction graduelle d'un effet chromatique, aboutissant à une multiplication des codes. Cette multiplication fait écho au développement des interactions et de la complexité au sein du corps social. Une même tendance s'exprime dans les deux contextes : d'abord, les surfaces rugueuses et claires deviennent noires, lisses et brillantes, ornées d'incisions incrustées de pâte blanche ; ensuite elles sont recouvertes d'un engobe homogène, sur lequel les dessins colorés se démarquent nettement. A la fin de ce processus, avec l'invention de l'écriture, on observe la disparition du décor céramique (fig. 15).

Notes

(1) Notre analyse se fonde sur des données issues des fouilles de la mission italienne au Soudan, dans la région située au nord de Khartoum (Caneva, 1983) et en Lybie, dans le Tadrart Acacus (Caneva, 1987), ainsi que que sur les collections constituées par la mission soudano-américaine lors des fouilles de Shaqadud, province de Shendi, Soudan (Caneva et Marks, 1990) et celles de la mission anglaise à Jebel Moya, dans le Soudan méridional (Caneva, 1991).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARKELL A. J. (1949) – *Early Khartoum. An Account of the Excavation of an Early Occupation Site Carried Out by the Sudan Government Antiquities Service in 1944-5*, Londres, Oxford University Press, 145 p.

ARKELL A. J. (1953) – *Shaheinab. An Account of the Excavation of a Neolithic Occupation Site Carried Out for the Sudan Antiquities Service in 1949-50*, Londres, Oxford University Press, 114 p.

BALOSSI RESTELLI F. (2006) – The Development of 'Cultural Regions' in the Neolithic of the Near East: the 'Dark Faced Burnished Ware Horizon', Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1482), 319 p.

BALOSSI RESTELLI F. (2017) – Yumuktepe Early Ceramic Production: Dark versus Light Coloured Wares and the Construction of Social Identity, *in* A. Tsuneki, O. Nieuwenhuyse et S. Campbell (dir.), *The Emergence of Pottery in West Asia*, Oxford, Oxbow, p. 83-96.

BARNETT W. K. (1990) – Small-Scale Transport of Early Neolithic Pottery in the West Mediterranean, *Antiquity*, 64, 245, p. 859-865.

BERNABÒ BREA L. (1954) – La Sicilia prehistórica y sus relaciones con Oriente y con la Península Ibérica, Madrid, Consejo superior de investigaciones científicas, Escuela Española de Historia y Arqueología de Roma (Serie Arqueologica, 1; *Ampurias,* XV-XVI), 235 p.

CAMPS-FABRER H. (1966) – *Matière et art mobilier dans la préhistoire nord-africaine et saharienne*, Paris, Arts et métiers graphiques (Mémoires du Centre de recherches anthropologiques, préhistoriques et ethnographiques, 5), 574 p.

CANEVA I. (1983) – Pottery Using Gatherers and Hunters at Saggai (Sudan): Preconditions for Food Production, *Origini*, XII, p. 7-278.

CANEVA I. (1987) – Pottery Decoration in Prehistoric Sahara and Upper Nile: a New Perspective, *in* B. E. Barich (dir.), *Archaeology and Environment in the Lybian Sahara*, Oxford, Anthony Hands and David Walker (BAR, International Series 368), p. 231-54.

CANEVA I. (1991) – Jebel Moya Revisited: the Settlement of the Fifth Millennium B.C., *Antiquity*, 65, 247, p. 262-268.

CANEVA I. (1992) – Pre-Dynastic Cultures of Lower Egypt: the Desert and the Nile, *in* E. C. Van Den Brink (dir.), *The Nile Delta in Transition*, Tel Aviv, Brink, p. 217-224.

CANEVA I. (2012) – Mersin-Yumuktepe in the Seventh Millennium BC: an Updated view, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey, New Excavations and New Research*, Istanbul, Archaeology & Art Publications, p. 1-29.

CANEVA I. (2016) – Domestic Livestock, Pastoral Nomads and Complex Societies in the Nile Valley, *Origini*, XXXIX, p. 97-114.

CANEVA I., MARKS A. E. (1990) – More on the Shaqadud Pottery: Evidence for Saharo-Nilotic Connections during the 6th-4th Millennium B.C., *Archéologie du Nil Moyen*, 4, p. 11-35.

CANEVA I., GAUTIER A. (1994) – The Desert and The Nile: Sixth Millennium Pastoral Adaptations at Wadi El Kenger (Khartoum), *Archéologie du Nil Moyen*, 6, p. 65-92.

DAVID R., SALVATORI S. (2018) – Ceramic Production in the Middle Nile Valley, Sudan (8000 BC - 1500 AD), *in* C. Smith (dir.), *Encyclopedia of Global Archaeology*, New York, Springer, p. 1-22.

GARCEA E. A. A. (2006) – The Endless Glory of a Site: Esh-Shaheinab in the Sudanese Prehistory, *in* I. Caneva et A. Roccati (dir.), *Acta Nubica, Proceedings of the X International Conference of Nubian Studies, Rome, 9-14 September 2002*, Rome, Libreria dello Stato, p. 95-102.

HAYDEN B. (1995) – Pathways to Power: Principles for Creating Socioeconomic Inequalities, *in* T. D. Price et G. M. Feinman (dir.), *Foundations of Social Inequality*, Boston, Springer (Fundamental Issues in Archaeology), p. 15-86.

JORDAN P., GIBBS K., HOMMEL P., PIEZONKA H., SILVA F., STEELE J. (2016) – Modelling the Diffusion of Pottery Technologies across Afro-Eurasia: Emerging Insights and Future Research, *Antiquity*, 90, 351, p. 590–603.

NIEUWENHUYSE O., CAMPBELL S. (2017) – Synthesis: the Emergence of Pottery in West Asia, *in* A. Tsuneki, O. Nieuwenhuyse et S. Campbell (dir.), *The Emergence of Pottery in West Asia*, Oxford, Oxbow, p. 167-192.

NILHAMN B., ASTRUC L., GAULON A. (2009) – White Ware: Near Eastern Plaster Container, *in* L. Astruc, A. Gaulon et L. Salanova (dir.), *Méthodes d'approche des premières productions céramiques : étude de cas dans les Balkans et au Levant // Methoden zur Untersuchung der ersten Keramikproduktion: Beispiele auf dem Balkan und der Levante*, actes de la table ronde (Nanterre, 28 février 2006), Rahden, Marie Leidorf (Internationale Archäologie, 12), p. 63-72.

ODAKA T. (2013) – Neolithic Pottery in the Northern Levant and its Relations to the East, *in* Y. Nishiaki, K. Kashima et M. Verhoeven (dir.), *Neolithic Archaeology in the Khabur Valley, Upper Mesopotamia and Beyond*, Berlin, ex oriente (Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment, 15), p. 205-217.

ÖZBAŞARAN M., DURU G. (2011) – Akarçay Tepe, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey, New Excavations and New Research*, Istanbul, Archaeology & Art Publications, p. 165-202.

ÖZDOĞAN M. (2011) – Mezraa-Teleilat, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey, New Excavations and New Research*, Istanbul, Archaeology & Art Publications, p. 203-260.

STREIT K. (2017) – Transregional Interaction between Egypt and the Southern Levant in the 6th Millennium cal. BC, Ägypten und Levante // Egypt and the Levant, 27, p. 403-430.

Isabella Caneva
Università del Salento
Piazza Tancredi 7
I-73100 LECCE
isabella.caneva@unisalento.it

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 27-124
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Le complexe de la Céramique Imprimée en Méditerranée centrale et nord-occidentale : une synthèse chronoculturelle (VII^e et VI^e millénaires AEC)

Didier Binder, Louise Gomart, Thomas Huet, Sonja Kačar, Roberto Maggi, Claire Manen, Giovanna Radi et Carlo Tozzi, avec la collaboration d'Italo Maria Muntoni, Elena Natali et Chiara Panelli

Résumé : Les modèles de dissémination des modes de vies néolithiques depuis le Proche-Orient jusqu'aux rivages de l'Atlantique sont fondés sur des chroniques de dates au radiocarbone dont la qualité est extrêmement variable.
Les auteurs proposent ici une sériation du Mésolithique final et des débuts du Néolithique en Méditerranée centrale et occidentale en quatre périodes, regroupant quatorze étapes au total entre 7050 et 4850 AEC. Cette périodisation est fondée sur un corpus de dates enrichi d'une centaine de mesures inédites et qui fait l'objet d'une évaluation resserrée en termes de qualité des contextes, justesse et précision des mesures et dont le traitement s'appuie sur des modèles bayésiens élaborés sous ChronoModel 2.0.
La prise en considération des données radiométriques concernant les contextes les plus fiables du Néolithique égéo-anatolien et balkaniques au VII^e millénaire AEC, conduit à identifier le domaine macédonien comme zone majeure de recomposition du Néolithique proche-oriental vers 6500 AEC, et comme zone d'origine possible du complexe à céramique imprimée de Méditerranée centrale et occidentale.
Les traits communs aux premiers outillages lithiques du Néolithique égéen et du Mésolithique à lames et trapèzes suggèrent une articulation entre ces deux phénomènes, tandis que les nouvelles dates obtenues pour le Mésolithique final de Sicile occidentale ne s'accordent pas avec l'hypothèse de son origine nord-africaine.
Les toutes premières manifestations de l'*Impressa* au cours de l'étape 3A (6050-5900 AEC), sur les côtes orientales de l'Adriatique et dans les Pouilles mais potentiellement aussi en Italie centrale, restent mal documentées. L'étape suivante (3B, 5900-5750 AEC) voit en revanche une diffusion rapide de l'agropastoralisme dans le sud de la péninsule Italienne et sur le littoral ligure, provençal et languedocien, qui s'accompagne d'une forte diversification des assemblages céramiques. Au vu des données actuelles, la survivance de groupes mésolithiques semble établie localement au cours des étapes 3A à 3D (6050-5450 AEC), dans l'Apennin tosco-émilien comme entre les Alpes et le Massif central. Dans ces régions on observe une diversité des formes d'assimilations des composantes néolithiques par les chasseurs cueilleurs. Ces processus, qui font écho aux évidences de métissage biologiques révélées par l'ADN ancien, sont vraisemblablement responsables de l'émergence de syncrétismes et du très fort buissonnement des expressions culturelles observé à partir de l'étape 4A (5450-5300 AEC).
Actuellement perçue comme ultra-rapide et discontinue, la diffusion de l'*Impressa* depuis le sud de la péninsule Italienne vers le nord-ouest au cours de l'étape 3B ne répond probablement pas à des stimuli strictement économiques ou démographiques mais rendrait compte de comportements davantage guidés par des préoccupations d'ordre idéologique et symbolique.

Mots-clés : Méditerranée, Néolithique, Mésolithique final, datation par le radiocarbone, bases de données, contextes, modélisation bayésienne, périodisation

Abstract: The modelling of the Neolithic lifestyle dispersal from the Near East to the Atlantic coast is based on radiocarbon records of extremely variable quality.
The authors here propose a seriation of the Final Mesolithic and the beginning of the Neolithic in the Central and Western Mediterranean into four periods, grouping together fourteen successive stages between 7050 and 4850 BCE. This periodisation is based on a corpus of dates, enriched with about one hundred unpublished measurements, and which was subject to a strict evaluation in terms of context quality, accuracy and precision of the measurements, and whose processing is based on Bayesian models developed under

ChronoModel 2.0.
The consideration of radiocarbon data relating to the most reliable contexts of the Aegean-Anatolian and Balkan Neolithic during the 7th millennium BCE, leads to the identification of the Macedonian domain as a major area of recomposition of the Near Eastern Neolithic around 6500 BCE, and as a possible area of origin of the Central and Western Mediterranean Impressed Ware Complex.
The common features of the earliest lithic toolkits assigned to the Aegean Neolithic and of the Mesolithic blade and trapeze industries suggest a link between these two phenomena, while the new dates obtained for the Final Mesolithic of Western Sicily disprove the hypothesis of its North African origin.
The earliest occurrences of the *Impressa* during stage 3A (6050-5900 BCE), on the Eastern Adriatic coasts and in Apulia but potentially also in Central Italy, remain poorly documented. The next stage (3B, 5900-5750 BCE), on the other hand, witnessed a rapid spread of agropastoralism across the southern part of the Italian peninsula as well as the coastal areas of Liguria, Provence and Languedoc, which was accompanied by a strong diversification of the ceramic assemblages. In view of the present data, the survival of Mesolithic groups seems to be established locally during stages 3A to 3D (6050-5450 BCE), in the Tosco-Emilian Apennines as well as in an area ranging from the Alps to the Massif Central. In these regions a great variety of types of assimilation of Neolithic components by hunter-gatherers can be stated. These processes, which echo the evidence of biological interaction revealed by ancient DNA, are probably responsible for the emergence of syncretisms and the very strong bushiness of cultural expressions observed from stage 4A on (5450-5300 BCE).
Currently perceived as being ultra-fast and discontinuous, the diffusion of the *Impressa* from Southern Italy to the North-Western Mediterranean during stage 3B probably does not respond to strictly economic or demographic stimuli, but rather to behaviours guided by ideological and symbolic concerns.

Keywords: Mediterranean, Neolithic, Late Mesolithic, radiocarbon dating, datasets, contexts, Bayesian modelling, periodisation

INTRODUCTION

Pour rendre compte, sous différents angles, de l'expansion du Néolithique à l'échelle de l'Europe et, en creux, des dynamiques d'interaction avec les populations mésolithiques (ou de leurs postures de refus), de très nombreux modèles, plus ou moins descriptifs ou prédictifs, construits à partir de jeux de données chronoculturelles géoréférencées, ont vu le jour au cours des quinze dernières années (*inter alia* Bocquet-Appel et Bar-Yosef, 2008 ; Rasse, 2008 ; Bocquet-Appel *et al*., 2009 ; Rigaud, 2011 ; Fort, 2012 ; Bernabeu Auban *et al*., 2015 ; Porčić *et al*., 2016 ; Bernabeu Auban *et al*., 2017a et 2017b ; Dubouloz *et al*., 2017 ; Fort *et al*., 2015 ; Isern *et al*., 2017 ; Gaastra et Vander Linden, 2018 ; García-Puchol *et al*., 2018a ; Vander Linden et Silva, 2018 ; Pardo-Gordó *et al*., 2019a, 2019b, 2020 ; Martínez-Grau *et al*., 2020 ; Pardo-Gordó et Barceló, 2020 ; Porčić *et al*., 2020a et 2020b ; Racimo *et al*., 2020 ; Vareilles *et al*., 2020).

Ces travaux réinterrogent les cadres d'interprétation (hypothèses, modèles) initialement énoncés par A. Ammerman et L. Cavalli-Sforza (Ammerman et Cavalli-Sforza, 1971) et reformulés ou discutés à plusieurs reprises depuis lors (par ex. Ammerman et Cavalli-Sforza, 1973, 1979 et 1984 ; Breunig, 1987 ; Zvelebil et Lillie, 2000 ; Guilaine, 2001 ; Zvelebil, 2001 ; Ammerman, 2003, 2013 et 2020 ; Leppard, 2021), sans toutefois en modifier significativement les contenus : comment se décline le processus de diffusion du Néolithique à travers l'Europe depuis sa formation au Proche Orient, à quel rythme, et quels en sont les moteurs ? Les démarches modélisatrices fondées sur la notion de niches éco-culturelles (par ex. Rigaud, 2011 ; Antunes, 2015) s'inscrivent parfaitement dans cette même logique qui considère la recherche de terres cultivables comme moteur princeps de la diffusion.

La contribution des jeux de dates ^{14}C est évidemment centrale dans l'élaboration de ces modèles mais pour toute une série de bonnes (1) ou de mauvaises (2) raisons trop peu de modélisateurs se risquent à en évaluer la pertinence. Et après tout, l'idée sous-jacente, sous le régime des *big data* et de l'intelligence artificielle, est que les données chronométriques erronées ou floues n'auraient qu'un impact marginal si l'on considère par ailleurs l'inertie des données réputées justes et précises, supposées elles-mêmes majoritaires. Or elles ne sont certainement pas majoritaires et, en tous cas, pas partout.

Il en résulte qu'en dépit de leur potentiel heuristique indéniable, les modèles proposés pèchent parfois sévèrement par l'imprécision des données de base (contextes archéologiques, dates), ce qui conduit alors à les rendre peu convaincants et à discréditer, auprès des archéologues, naturalistes et historiens, des perspectives scientifiques non seulement pertinentes mais nécessaires. Et en effet, dans certains cas, heureusement isolés mais malheureusement « bien publiés », des hypothèses fantaisistes, ou *a minima* inutiles, ont pu être énoncées comme, par exemple, celle qui envisage notamment une colonisation de la péninsule Ibérique (Betti *et al*., 2020) *via* des sites d'Aquitaine dont l'inconsistance a pourtant été largement démontrée, et de longue date (par ex. Perrin *et al*., 2018).

L'origine et le mode de développement du Néolithique en Méditerranée centrale et occidentale restent des sujets d'étude particulièrement pertinents, notamment en raison des caractères qui distingueraient *a priori* ces manifestations plus occidentales des Néolithiques égéo-balkanique et danubien dont les paradigmes sont davantage en ligne avec ceux de leurs précurseurs levantins et anatoliens. Ces divergences – qui se résument souvent au constat d'une incomplétude du Néolithique occidental – peuvent être reconnues à travers les formes spécifiques des systèmes techniques et symboliques, de l'économie, ou encore de la démographie, de l'emprise territoriale et des systèmes de mobilité.

Ceci questionne à la fois la diversité des moteurs de la diffusion et celle des transmissions des modes de vie et des idéologies néolithiques. En cela, la question des rythmes de diffusion est cruciale : ils interrogent aussi bien la plasticité des socio-écosystèmes confrontés à de nouvelles réalités environnementales, que les interactions biologiques et culturelles que ces dynamiques génèrent et qui sont susceptibles de conduire à des filtrages ou réinterprétations des paradigmes initiaux.

En regard de ces problématiques, la diversité des aspects de l'Impresso-Cardial (ICC) lui-même est particulièrement nourrissante car elle décline à l'échelle régionale des complexités perceptibles pour le Néolithique dans son ensemble (pour un tour d'horizon historiographique voir notamment Guilaine, 2007).

Cette diversité, marquée entre autres pas celle des styles céramiques, est susceptible de recouvrir différents phénomènes dont l'articulation n'est pas assurée et qui se déclinent sur un pas de temps relativement long, de l'ordre du millénaire : des traditions techniques et stylistiques différentes (Gomart *et al*., 2017 ; Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al*., ce volume ; Manen, 2017 ; Mazzucco *et al*., 2018), des systèmes symboliques différents (Rigaud, 2011 ; Binder *et al*., 2014 ; Rigaud *et al*., 2018), des économies de subsistance différentes (Vigne, 2007 ; Rowley-Conwy *et al*., 2013 ; Drieu *et al*., 2021), voire divers modes d'interaction entre agropasteurs et chasseurs-cueilleurs (Rivollat *et al*., 2020). Ce dernier aspect est d'autant plus fondamental que la visibilité des dernières communautés de chasseurs-collecteurs au cours du VII^e^ et de la première moitié du VI^e^ millénaire AEC est singulièrement plus forte en Méditerranée occidentale que dans bon nombre de régions, notamment en Europe centrale (Binder, 2000 ; Perlès, 2001 ; Binder, 2013 ; Perrin, 2013 ; Marchand et Perrin, 2017 ; Perrin et Manen, 2021).

Débattre des dynamiques à l'œuvre lors de la diffusion du Néolithique dans le bassin centre-occidental de la Méditerranée nécessite tout d'abord un retour sur celles qui traversent le monde égéen au cours des siècles qui précèdent. Avec le développement de la paléogénétique, le vecteur démique de la diffusion du Néolithique depuis l'est vers l'ouest est en effet clairement établi (Hofmanova *et al*., 2016 ; Mathieson *et al*., 2018).

Les premiers aspects de généralisation de la céramique [(3)] et, par extension, l'émergence du Néolithique céramique (PN) dans le corridor levantin, en Mésopotamie et en Anatolie, se placent globalement dans le courant de la première moitié du VII^e^ millénaire AEC (Le Mière et Picon, 1999 ; Campbell, 2017 ; Nieuwenhuyse et Campbell, 2017). En l'état actuel, la question de la diffusion du Néolithique vers l'Égée et plus à l'ouest dans le courant du VII^e^ millénaire AEC, se résume fondamentalement à celle de la diffusion du PN, même si plusieurs contextes très fiables (par ex. Franchthi, Perlès, 2001 ; Perlès *et al*., 2013 ; Ulucak Höyük, Çilingiroğlu *et al*., 2012 ; Knossos, Efstratiou *et al*., 2013b) conduisent à s'interroger sur la variabilité des expressions de ce phénomène et la réalité d'un horizon acéramique. On parlera ici d'époque du PN, même si la poterie fait défaut.

Au cours des quinze dernières années, plusieurs synthèses chronoculturelles ont abordé la temporalité de la diffusion du PN vers l'Égée puis vers les Balkans centraux (Biagi *et al*., 2005 ; Nikolova, 2007 ; Demoule, 2009 ; Krauß, 2011 ; Weninger *et al*., 2014 ; Horejs *et al*., 2015, Shennan, 2018 ; Horejs, 2019 ; Rosenstock, 2019). Cependant les progrès constants réalisés dans le champ de la datation, aussi bien pour ce qui concerne les méthodes que la dimension et le traitement des corpus de mesures, appellent à une mise à jour des données égéo-anatoliennes et balkaniques en préambule à l'exposition des données de Méditerranée centrale et occidentale, car elles sont à même de les éclairer.

De nombreuses modélisations ou simulations du processus de diffusion du Néolithique sont par ailleurs fondées sur la classification des espaces géographiques à raison de leurs caractéristiques physiques ou écologiques. Si cette orientation peut être assumée sans grand risque et avec un certain profit en Europe continentale tempérée (par ex. Dubouloz *et al*., 2017), elle est beaucoup plus problématique en contexte méditerranéen. De fait, l'effet de mosaïque y est beaucoup plus prononcé (Battentier *et al*., 2017 et 2020) et cette grande diversité constitue un facteur limitant pour des reconstructions paléo-environnementales prenant en compte de vastes espaces.

En outre, la submersion progressive des régions littorales au cours de la transgression holocène, a pu représenter une amplitude très significative au cours de la période abordée par cette étude, de l'ordre de 10 à 15 m par exemple pour la transition Greenlandien/Northgrippien vers 6200 AEC (Lambeck, 1996 ; Lambeck *et al*., 2004 ; Vella *et al*., 2005 ; Antonioli *et al*., 2009 ; Fanget *et al*., 2014 ; Benjamin *et al*., 2017 ; Castagnino Berlingheri *et al*., 2020). Il en résulte une invisibilité d'une partie significative des implantations mésolithiques et néolithiques, fortement tournées vers la mer pour différentes raisons. Il en résulte aussi une méconnaissance des conditions dans lesquelles ont pu être organisées les circulations littorales ou les liaisons entre îles et continent.

Ce biais est démultiplié d'une part par les effets du remblaiement des paléo-vallées à différentes échelles à la fin de l'Holocène (par ex. Dubar, 2004 ; Bruno *et al*., 2017), mais aussi par la survenue récurrente, et notamment au cours de la période concernée par cette étude, de crises détritiques susceptibles d'amputer de larges pans des séquences stratigraphiques naturelles et anthropiques antérieures (par ex. vers 5400-5300 AEC : Berger *et al*., 2002 ; Berger, 2005 ; Binder *et al*., 2017a).

Enfin, localement, l'activité volcanique peut être à l'origine du recouvrement d'implantations antérieures et constituer des faux-négatifs lors de l'estimation des aires de peuplement ; c'est notamment le cas en Campanie où les dépôts pyroclastiques des Pomici di Mercato ont été éjectés vers 6060 ± 40 AEC [(4)], période cruciale pour cette étude (Andronico *et al*., 1995).

Si l'on ajoute à cela que l'étude des sites archéologiques procède davantage de tirages aléatoires, souvent déterminés par leur accessibilité, que de stratégies d'échantillonnage maîtrisées, on peut formuler quelques

craintes quant à la consistance des modèles qui embrassent un espace géographique trop vaste.

La prise en considération de ces biais conduit également à relativiser la portée de l'étude qui suit : elle propose avant tout une mise à plat, une évaluation et une (ré) organisation forcément éphémère des données recensées au temps T.

PARTIS PRIS MÉTHODOLOGIQUES ET BASES DE DONNÉES

Principes

Dans une certaine mesure, l'approche développée dans cet article prend le contrepied de la posture modélisatrice *main stream* et met en avant, comme prémices à la modélisation, quelques principes, déjà largement reconnus et partagés, et qui constituent les briques d'une démarche-qualité, visant à améliorer le régime de la preuve en matière de datation archéologique. Les « bonnes pratiques », telles que sont considérées ici (de façon forcément éphémère au vu de la progression constante des méthodes d'analyse), visent à mettre en œuvre des méthodes aussi rigoureuses que possible, à partir de jeux de données certifiées autant qu'il est possible, jusqu'à proposer une quantification de la qualité des contextes et dates associées (voir aussi sur ces mêmes principes Perrin et Manen, 2021).

Dans le cadre du projet CIMO « Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale » un effort particulier a donc été fourni pour produire de nouvelles données bien contextualisées, dans la double perspective d'étoffer les chroniques de radiocarbone et d'en améliorer la pertinence en termes de précision et de justesse.

Au premier ordre, il s'agit de prendre en considération la qualité du contexte daté, l'adéquation des méthodes de datation mises en œuvre et leur impact éventuel sur l'âge obtenu, la nature de l'échantillon et la justesse de la date en regard du phénomène daté et, enfin, la précision de la date. De tels principes, posés *ab initio* (Libby, 1960), ont été maintes fois réaffirmés par la suite (par ex. Waterbolk, 1987 ; Van Strydonck *et al*., 1999 ; Taylor et Bar Yosef, 2014 ; Wood, 2015 ; Méhault, 2017).

Au second ordre, il s'agit (en déclinant une évidence : *one datation, no datation*) de valoriser le traitement statistique des données (par ex. Gascó et Binder, 1983 ; Manen et Sabatier, 2003), mais après que ces dernières aient été clairement discutées et soigneusement sélectionnées (Binder et Guilaine, 1999).

La démarche bayésienne retenue ici consiste à mettre en œuvre des probabilités conditionnelles pour estimer la position chronologique de phénomènes culturels prédéfinis, à raison d'*a priori* stratigraphiques. Cette méthode classique en statistiques (Bayes, 1763) a vu sa pertinence clairement établie dans le champ de l'archéologie en général et de la datation du Néolithique en particulier (Michczynska *et al*., 1989 ; Christen et Litton, 1995 ; Buck *et al*., 1996 ; Bayliss *et al*., 1997 ; Bayliss, 2009 ; Bronk Ramsey, 2009 ; Cassen *et al*., 2009 ; Lanos et Dufresne, 2012) puis développée en routine au cours des dernières années pour le traitement de jeux de données néolithiques anatoliennes et européennes (par ex. Whittle *et al*., 2011 ; Bayliss *et al*., 2015 ; Marciniak *et al*., 2015 ; Binder *et al*., 2017a et 2017b ; Borić *et al*., 2018 ; García-Puchol *et al*., 2018b ; Whittle, 2018).

Le traitement bayésien des chroniques, tel qu'il est mis en œuvre dans les environnements d'OxCal ou plus récemment de ChronoModel (cf. *infra*), n'est toutefois qu'une option parmi d'autres. Parmi les autres choix possibles, il faut plus particulièrement citer la méthode GMCWM (*Gaussian Monte-Carlo Wiggle Matching ;* Weninger, 1986 ; Weninger et Jung, 2009 ; Weninger, 2020). Articulée avec l'application CalPal (Weninger et Jöris, 2004), cette méthode utilise, non pas les données calibrées, mais les données de comptage (*i.e*. les âges ^{14}C BP) qui sont ajustées par la méthode du χ^2 aux données brutes de la courbe de calibration, ce qui a évidemment du sens. Toutefois, sur la base des analyses comparées (par ex. PPNA de Körtik Tepe, Benz *et al*., 2012), les résultats obtenus par les méthodes bayésienne et gaussienne ne divergent guère.

Corpus

Les données relatives au *Pottery Neolithic* (PN) de Méditerranée orientale (mer Levantine, Anatolie, Égée) et des Balkans au cours du VII^{e} millénaire AEC (*DS-1A, DS-2B*) n'ont été mobilisées que dans la perspective de recaler notre zone d'étude par rapport aux foyers d'origine présumée du phénomène analysé, en d'autres termes de définir un « état zéro ».

La zone principale d'étude ne concerne qu'une partie de l'aire culturelle de l'Impresso-Cardial, entre les rives orientales de l'Adriatique à l'est, la Sicile au sud, les Alpes au nord et le Languedoc oriental à l'ouest. Elle ne prend en compte ni la péninsule Ibérique et le piémont des Pyrénées, ni le Massif central, régions où sont actuellement conduits d'importants programmes de recherche partageant des objectifs et des exigences méthodologiques similaires à ceux qui sont exposés ici (EVOLPAST, O. García-Puchol dir. ; PROCOME, C. Manen, dir.).

Pour l'ensemble de cette zone, n'ont été retenus que les sites, mais *a priori* tous les sites, comportant des entités datées par le radiocarbone entre 8200 et 5800 BP afin d'encadrer les phénomènes culturels observés au cours des VII^{e} et VI^{e} millénaires AEC (*DS-1B à 1G, DS-2C*).

Plusieurs bases de données ^{14}C accessibles en ligne ont été mobilisées pour constituer le corpus d'étude, particulièrement pour la zone égéo-anatolienne et les Balkans (Reingruber et Thissen, 2016 ; Katsianis *et al*., 2020 ; Porčić *et al*., 2020a et 2020b) ; cependant la plupart des sources originales ont été consultées et discutées. Pour la Méditerranée centrale et occidentale, le recours à des bases très récemment publiées (*i.e*. Martínez-Grau *et al*., 2020 et 2021) n'a pas été nécessaire ; les données compilées dans cette base, publiée à deux reprises, sont

très incomplètes, avec de nombreuses erreurs liées à une méconnaissance des contextes situés au sud des Alpes.

En arrière-plan des tables de données (*DS-2B* et *DS-2C*) utilisées pour créer les modèles, on trouvera les corpus des sources mobilisées, sous la forme de notices regroupées en deux ensembles : Anatolie, Égée et Balkans (*DS-1A*) et Méditerranée centrale et occidentale (*DS-1B à 1G*). L'ensemble des métadonnées relatives aux bases de données ^{14}C est décrit dans les informations supplémentaires (*DS-2A*).

Les notices sont présentées par grandes zones géographiques d'intérêt puis par régions et départements ou provinces, en suivant des directrices est-ouest et sud-nord, puis par ordre alphabétique des sites. Les contextes et les dates ont ainsi fait l'objet d'une description, éventuellement contradictoire, augmentée des références bibliographiques considérées comme les plus pertinentes. En outre, lorsque cela s'est avéré possible et justifié, les résultats synthétiques des modélisations bayésiennes ont été donnés site par site ; dans ce cas toutes les données statistiques et graphiques utiles pour discuter le ou les modèles produits sont accessibles dans les informations supplémentaires.

Le mode d'étiquetage des entités culturelles est un sujet particulièrement délicat, source de nombreuses controverses. L'étiquetage lui-même est un outil, davantage qu'un objet de recherche, et les termes utilisés sont des termes d'attente, faisant plus ou moins consensus à un moment donné. Pour cette étude, les entités ont été étiquetées en considérant au premier ordre leur appartenance à un complexe culturel, *i.e*. un ensemble polythétique (Clarke, 1968) et en second lieu leur dimension géographique ou temporelle plus restreinte (aspect).

Enfin, les entités datées alimentent une base de données à plus large spectre, CIMO-LEAPFROG, construite sous R avec une interface cartographique ou ®Shinny, incluant les sites de référence, les sites de second ordre et les indices de sites, datés ou pas. L'accès à cette base est donné dans les informations supplémentaires (*DS-3*) où l'on trouvera également les métadonnées et notamment la grille d'appréciation de la qualité des contextes, codée entre 1/3 (fiabilité réduite) et 3/3 (fiabilité forte).

Les références relatives aux contextes et entités mobilisés dans ces annexes sont réunies dans une bibliographie additionnelle (*DS-4*).

Questions de mesure

Pour chaque table de données, on s'est efforcé de retranscrire l'ensemble des dates obtenues par la méthode du radiocarbone dans la zone d'étude, quelle que soit la technique de mesure employée.

De fait les possibilités d'exploitation des corpus de dates doivent tenir compte de la période au cours de laquelle les analyses ont été réalisées, avant ou après les années 1980-1990. Au-delà des progrès accomplis dans le domaine de la justesse (par ex. prise en compte de différents modes de correction des âges ^{14}C BP) et de la précision des mesures, il faut également considérer les capacités des laboratoires à assumer financièrement ces évolutions méthodologiques.

Les techniques de datation par comptage radioactif ou comptage ß (ß-*counting*), parfois dites conventionnelles, regroupent, d'une part, le comptage proportionnel de gaz (GPC), le plus souvent le dioxyde de carbone mais également le méthane ou l'acétylène pour certains laboratoires, et, d'autre part, la scintillation liquide au benzène (LSC). Ces méthodes nécessitent généralement une grande quantité de carbone, ce qui pose *de facto* des questions relatives à la qualité de l'échantillon. En effet la contrainte de récolter du charbon en quantités suffisantes a souvent nécessité le prélèvement d'importants volumes de sédiments, parfois aux dépens d'un contrôle stratigraphique suffisamment précis. C'est notamment un des avantages et une des raisons du succès de l'AMS (*accelerator mass spectrometry*) que de pouvoir dater des micro-prélèvements au sein d'unités stratigraphiques précisément définies. En revanche, le choix d'un micro-prélèvement peut conduire à dater un échantillon intrusif, plus facilement mobilisable au sein d'un dépôt sédimentaire mal colmaté ou bioturbé.

Dans bien des cas, les mesures obtenues anciennement par comptage radioactif n'ont pas été systématiquement corrigées par les valeurs mesurées par IRMS du δ^{13}C résultant du fractionnement isotopique ; elles n'ont parfois fait l'objet que de corrections approximatives, *i.e.* 16 ans ^{14}C BP par ‰ d'écart à la valeur de -25 ‰ correspondant à la valeur moyenne des plantes en C3. Pour la scintillation liquide, en toute rigueur, les valeurs de δ^{13}C du benzène lui-même devraient être prises en considération pour corriger les dates, ce qui ne semble vraiment pas être le cas général (Fontugne *et al*., 2014). Pour autant qu'elles soient explicitées, les stratégies des laboratoires divergent de ce point de vue et il n'est généralement pas à la portée des archéologues de procéder à une évaluation rigoureuse qui permette de discuter la fiabilité des résultats produits à l'aune des corrections apportées.

Dans certains cas, par ex. Rome, les deux méthodes – GPC et LSC – ont été utilisées au cours des mêmes années ; or si le tri a été facilité pendant de nombreuses années par la publication des résultats dans la revue *Radiocarbon*, il est devenu plus difficile à réaliser à partir des années 1990.

Prises dans leur ensemble, les datations par comptage ß sont généralement assorties d'écarts types très larges. Dans ce cas, elles sont très peu informatives en regard des ambitions de la recherche actuelle qui prétend atteindre, une fois les âges calibrés, des résolutions inférieures au siècle. La précision des mesures n'est cependant pas liée intrinsèquement à la technique employée mais dépend largement des conditions dans lesquelles elles ont été réalisées. Par conditions il faut entendre aussi bien le temps de comptage que les possibilités de conduire les analyses à l'abri des radiations cosmiques ; ces paramètres sont cruciaux pour la datation de petits échantillons.

Les mesures GPC à haute-résolution (LLGPC) réalisées dans des conditions expérimentales spécifiques (*i.e.* Heidelberg, Hammer *et al*., 2017 ; Modane, Fontugne

et al., 2022) et les travaux récents ont montré que les décalages avec l'AMS étaient minimes, de l'ordre d'une dizaine d'années ^{14}C par exemple pour des contextes se plaçant au premier ou au deuxième millénaire AEC (Manning *et al*., 2020).

Il en résulte que seules les mesures obtenues par AMS et par LLGPC sont prises en compte ici pour établir les cadres chronologiques. Pour les sites, parfois majeurs, voire les régions pour lesquels on ne dispose malheureusement pas de dates obtenues par ces méthodes, les autres données obtenues par comptage radioactif pourront être mobilisées au cas par cas, mais uniquement dans le but d'apprécier leur adéquation aux modèles proposés.

Désormais la question des écarts entre laboratoires ne se pose qu'aux marges. L'AMS notamment a des vertus normatives et les protocoles d'inter-comparaison sont particulièrement bien rodés. Les principales causes de divergence, s'il y a lieu, résident dans la qualité de la préparation chimique et de la mesure des échantillons qui ressortit en effet aux laboratoires de datation, et dans la qualité de l'échantillon lui-même qui est principalement de la responsabilité des archéologues.

Questions de matériaux

Comme cela a été maintes fois avancé, certains matériaux ne sont pas du tout pertinents pour l'obtention de dates fiables, certains le sont parfois, d'autres le plus souvent. La complexité du cycle biogéochimique du carbone (par ex. chaînes trophiques, échanges avec le milieu, etc.) est telle qu'il n'existe sans doute aucun matériau pour lequel l'exactitude de l'âge obtenu puisse être raisonnablement garantie.

Coquilles

Les dates sur mollusques terrestres ont été évacuées d'emblée car le réseau aragonitique et calcitique qui forme le test est ouvert, de sorte que les échanges avec le milieu et l'héritage de vieux carbone (*limestone effect*) sont hors de contrôle (Keith et Anderson, 1963 ; Évin *et al*., 1980 ; Quarta *et al*., 2007). Seules quelques espèces, et dans des conditions particulières, pourraient livrer des âges voisins de ceux obtenus sur des végétaux à faible longévité, mais les dates obtenues sont entachées de barres d'erreurs beaucoup plus importantes (Pigati *et al*., 2010).

Les dates sur coquilles marines sont parfois évoquées dans ce texte, voire figurent dans la base de données, mais le plus souvent pour des raisons historiographiques. En effet, les âges apparents donnés par les espèces marines sont affectés d'effets réservoir liés à la remobilisation de ^{14}C ancien dans les tissus biologiques et l'ampleur de cet effet dépend de multiples facteurs (biologiques, édaphiques, géomorphologiques, etc.) dont le moins que l'on puisse dire est qu'ils sont difficiles à maîtriser (Alves *et al*., 2018). L'évaluation des effets réservoirs locaux, entre 0 et 750 ans, est particulièrement délicate ; il est en outre avéré qu'ils ont varié au cours du temps à raison des changements environnementaux à l'œuvre à l'échelle locale (par ex. remontées d'eaux douces à proximité du rivage), entraînant des incertitudes sur les âges archéologiques susceptibles d'atteindre les 500 ans (par ex. Fontugne *et al*., 2004 et 2009). C'est particulièrement le cas pour les contextes proches dans le temps des dépôts du Sapropel 1 en Méditerranée (*i.e*. événement climatique dit de 8200 BP; Siani *et al*., 2001) pour lequel l'âge réservoir estimé, de l'ordre de $\Delta R = 149 \pm 30$ ans (Facorellis *et al*., 1998), est considérablement plus élevé que la valeur moyenne généralement retenue, soit $\Delta R = 58 \pm 85$ ans (Reimer et McCormac, 2002).

Il n'y a donc que de bonnes raisons d'éviter l'usage des coquilles pour dater (Évin, 2007).

Os et collagène osseux

La qualité des âges sur os peut être très variable. Les mesures réalisées sur la fraction minérale (apatite) posent des problèmes similaires à ceux observés pour les coquilles en raison des possibilités d'ouverture du système cristallin et d'échanges avec les carbonates (*inter alia* Zazzo, 2010). La datation des os brûlés permet de contourner les difficultés liées aux altérations chimiques au cours de la fossilisation (*ibidem*) ; elle est cependant problématique dès lors que le carbone ainsi daté peut provenir pour partie du combustible ligneux, lui-même potentiellement affecté d'un effet vieux bois. Ainsi les dates sur collagène doivent être privilégiées sous réserve d'un prétraitement adéquat (ultrafiltration) et d'une estimation de la qualité du collagène (rendement d'extraction et rapport C/N) généralement opérés aujourd'hui en routine par les laboratoires de datation (Tisnérat-Laborde *et al*., 2003 ; Talamo *et al*., 2021). Il reste que le collagène est un matériau facilement altérable, sujet à des contaminations par les acides humiques qui circulent dans le milieu d'enfouissement, et que l'avenir est très certainement à l'analyse de composants singuliers dont la pertinence a été particulièrement bien démontrée pour les périodes anciennes (Devièse *et al*., 2017). Un des problèmes aigus de la datation sur os réside par ailleurs dans l'estimation d'un potentiel effet réservoir différé, directement lié au mode d'alimentation des espèces datées ; l'impact de cet héritage peut être apprécié à partir des valeurs de δ^{13}C et de δ^{15}N mesurées directement sur la fraction collagénique. Par parenthèse, en aucun cas la valeur de δ^{13}C donnée par le comptage AMS ne peut être utilisée pour cette appréciation ; en effet – et cela vaut également pour la datation des échantillons végétaux – elle dépend pour partie du fractionnement isotopique propre à la cible et sa valeur peut donc significativement diverger de la valeur obtenue par IRMS sur le matériau daté qui seule a du sens (Fontugne *et al*., 2014), comme cela a été encore récemment souligné (par ex. Peyroteo-Stjerna, 2021). C'est donc délibérément que les valeurs de δ^{13}C obtenues par AMS ne sont pas reportées dans les tableaux de données. Dans le contexte de cette étude, la part de l'alimentation marine ou dulçaquicole des espèces animales datées peut être généralement considérée comme négligeable ; le nourrissage des animaux domestiques par

des algues par exemple (Balasse *et al*., 2005) n'a pas été établi jusqu'ici en contexte méditerranéen et les espèces chassées forestières les plus communément représentées dans les assemblages fauniques (cerf, chevreuil) ne semblent guère concernées. En revanche, d'un point de vue théorique, il convient d'être attentif aux âges obtenus sur des restes de suidés, sauvages ou domestiques, dont le spectre alimentaire peut s'avérer extrêmement large. Il en va de même pour les restes de canidés (par ex. Borić, 2011).

L'estimation d'un âge réservoir différé serait en revanche cruciale pour les restes humains. Pour les débuts du Néolithique en général et l'Impresso-Cardial en particulier, les analyses d'isotopes stables témoignent généralement d'une contribution prépondérante à la diète des protéines animales issues de l'élevage et de la chasse et il n'existe que de rares exceptions (Goude et Fontugne, 2016 ; Goude *et al*., 2020). Pour le Mésolithique en revanche, la part de la consommation des ressources aquatiques est parfois très élevée. Cependant, la pondération des âges, à raison de la contribution des ressources aquatiques et de la prise en compte de l'effet réservoir local (par ex. Schulting, 1999 ; Cook *et al.,* 2002 et 2009 ; Bonsall *et al*., 2015 ; Mannino *et al*., 2015), paraît aléatoire compte tenu de la complexité des mécanismes naturels à l'œuvre et ces tentatives de réajustement sont extrêmement difficiles à défendre.

En suivant certains dateurs et isotopistes (Honch *et al*., 2006 ; Higham *et al*., 2018), et dès lors que les plantes en C_4 (par ex. le millet) ne sont pas attestées dans l'alimentation humaine au cours de la période et dans la région considérée (Goude *et al*., 2020), on rejettera les dates obtenues à partir d'échantillons de collagène osseux humain présentant des valeurs de $\delta^{13}C$ supérieures à 19,0 ‰ et de $\delta^{15}N$ supérieures à 11 ‰. Au-delà de ces seuils, la part de l'alimentation aquatique est probablement significative.

Matière organique amorphe

La datation sur matière organique amorphe, terres cendreuses ou charbonneuses, est également problématique. Les premiers essais effectués par le passé sur la fraction organique piégée dans les céramiques lors de leur usage culinaire n'ont pas toujours été probants (par ex. Delqué-Količ 1995) ; en effet les origines des matières organiques datées peuvent être diverses, qu'il s'agisse de molécules majoritairement lipidiques authentiquement liées à l'usage des vases, de molécules anciennes voire très anciennes résultant de la dissolution des carbonates initialement présents dans l'environnement ou dans les terres utilisées pour la confection des pâtes, ou encore de molécules récentes ayant percolé au sein des sols archéologiques.

Il est cependant possible aujourd'hui d'obtenir des datations justes et précises en isolant des composés singuliers (*i.e*. en C_{16} et C_{18}) au sein des contenus lipidiques des céramiques (et sans doute d'autres contextes), sous réserve de disposer d'une quantité suffisante de lipides absorbés (Casanova *et al*., 2020), ce qui est rarement le cas en contexte méditerranéen (Drieu *et al*., ce volume).

Quelques essais de datation directe de brai de bouleau ont été réalisés avec succès ; en effet ces matériaux qui contiennent un nombre relativement restreint de molécules bien caractérisées par spectrométrie de masse (Rageot *et al*., 2018 et 2021) sont des échantillons à faible longévité qui semblent parfaitement pertinents pour la datation.

Restes végétaux

Les végétaux, généralement carbonisés, constituent une des meilleures sources pour dater sous réserve de pouvoir en apprécier la longévité. Les fruits, les graines et les organes qui leur sont associés (bractées, glumes, etc.) constituent des échantillons privilégiés (par ex. Nowak *et al*., 2017). Pour ce qui concerne les parties ligneuses, la réalité de l'effet vieux bois a été clairement exposée et à différentes reprises (Libby, 1960 ; Waterbolk, 1987 ; Kuniholm et Newton, 2002). L'utilisation des dates sur charbon n'est acceptable que sous deux conditions : considérer avec beaucoup de circonspection, voire rejeter, les espèces dont la longévité est potentiellement très élevée (par ex. *Quercus* sp., *Juniperus* sp.) au profit d'espèces à vie plus courte (par ex. Ericaceae, pins méditerranéens, etc.) et/ou disposer d'une caractérisation anatomique permettant de postuler que l'échantillon daté est aussi proche que possible de l'âge d'abattage (écorce, derniers cernes, rameaux terminaux, etc.).

Traitement des données

Estimation de la qualité des dates

La qualité de la date est dépendante de la précision des âges, elle-même fortement dépendante des méthodes de datation mises en œuvre et de la nature de matériaux datés. Dans les tables de données, la précision et l'adéquation du matériau sont évaluées ; ces scores sont combinés pour distinguer les dates de qualité apparente bonne à excellente avec un score final entre 9 et 15, de celles dont la qualité est moyenne ou médiocre, avec un score final entre 6 et 8, ou très mauvaise avec un score final entre 1 et 5 (*DS-2A*).

Ainsi les mesures obtenues sur matériau à longévité réduite, le plus souvent par AMS, sont celles qui pèsent le plus pour l'établissement des cadres chronologiques. Les données plus floues, car moins précises ou entachées d'un vieillissement potentiel, sont considérées au cas par cas à raison de leur adéquation aux modèles proposés ou dans une perspective comparative, de portée forcément limitée.

Pour le bassin oriental de la Méditerranée (*DS-2B*) 611 dates ont été sélectionnées et 548 d'entre elles s'inscrivent entre 8200 et 7000 BP, période de temps qui voit l'apparition et les premiers développements du Néolithique céramique (*Pottery Neolithic*, abrégé ci-après PN) en mer Levantine, en Anatolie et en Égée. Ce corpus n'est pas à

	Score 15 à 9	Score 8 à 6	Score 5 à 1
AMS	666	250	96
LLGPC	9	5	0
Dendro	4	0	0
LSC	17	94	157
GPC	13	43	194
na	1	4	29
	710	396	476

Tabl. 1 – Estimations de la qualité des dates (scores), en effectifs (à gauche) et en fréquences (à droite), selon les méthodes mises en œuvre : AMS, spectrométrie de masse par accélérateur ; LLGPC, comptage proportionnel de gaz à haute résolution ; Dendro, dendrochronologie ; LSC, scintillation liquide ; GPC, comptage proportionnel de gaz ; na, méthode indéterminée.

***Table 1** – Date quality estimates (scores), in numbers (left) and frequencies (right), according to the methods used: AMS, accelerator mass spectrometry; LLGPC, low-level proportional gas counting; Dendro, dendrochronology; LSC, liquid scintillation; GPC, proportional gas counting; na, undetermined method).*

	Score 15 à 9	Score 8 à 6	Score 5 à 1
ICC	327	134	170
post-ICC	195	173	129
autres-NEO	62	26	34
BTC	43	27	57
autres-MES	27	15	49
na	56	21	37
	710	396	476

Tabl. 2 – Estimations de la qualité des dates (scores), en effectifs (à gauche) et en fréquences (à droite), selon les périodes : ICC, Impresso-Cardial ; post-ICC, horizons postérieurs à l'ICC ; autres-NEO, autres horizons néolithiques ; BTC, horizon mésolithique à lames et trapèzes ; autres-MES, autres horizons mésolithiques ; na, indéterminé.

***Table 2** – Date quality estimates (scores), in numbers (left) and frequencies (right), according to periods: CCI, Impresso-Cardial; post-ICC, post-ICC horizons; autres-NEO, other Neolithic horizons; BTC, Blade and Trapeze Complex; autres-MES, other Mesolithic horizons; na, undetermined.*

proprement parler représentatif dès lors qu'il résulte de la sélection des dates et contextes réputés les plus fiables à raison des critères de qualité énoncés *supra*.

Pour le bassin central et nord-occidental (*DS-2C*) un total de 1852 dates a été considéré parmi lesquelles 1582 s'inscrivent dans la période de temps envisagée pour cette étude, entre 8200 et 5800 BP. Parmi ces 1582 dates, 45 % répondent aux critères de bonne ou excellente qualité, tandis que 25 % sont de qualité moyenne ou médiocre et 30 %, de mauvaise ou très mauvaise qualité (tabl. 1).

L'AMS est la méthode qui a été la plus utilisée avec 64 % et celle qui fournit l'essentiel des dates de bonne et excellente qualité avec 94 %. La scintillation (LSC) contribue à hauteur de 17 % et le comptage proportionnel de gaz conventionnel (GPC) à hauteur de 16 % ; ces deux méthodes réunies ne fournissent que 4 % des meilleures dates mais 74 % des mesures de mauvaise et très mauvaise qualité. La LLGPC et la dendrochronologie contribuent peu (moins de 1 %) mais avec de très bons scores. Enfin, pour un nombre réduit de dates, de l'ordre de 2 %, les méthodes de datation n'ont pas été identifiées et leur qualité ne peut donc pas être évaluée (tabl. 1).

Parmi les dates attribuées à la fin du Mésolithique, 14 %, une assez faible proportion, 32 %, répond aux critères de bonne ou excellente qualité tandis que les dates de mauvaise ou très mauvaise qualité sont majoritaires avec 57 %. Pour le seul Castelnovien, avec 8 % des dates, la situation est comparable avec un nombre réduit, 34 %, de mesures à score élevé (tabl. 2).

Le Néolithique forme l'essentiel du corpus, avec 79 %, et la majorité des dates, 46 %, répond à des critères de bonne ou excellente qualité ; la proportion de dates ayant un score très bas, 27 %, est nettement plus réduite que pour le Mésolithique. Pour les différents aspects de l'Impresso-Cardial, 40 %, les mesures de bonne ou excellente qualité sont également majoritaires avec 52 %.

Enfin les mesures associées à des contextes indéterminés sont en nombre limité, 7 % et en majorité de bonne qualité, soit 49 % (tabl. 2).

Ainsi d'une manière générale, le Mésolithique récent est nettement moins bien daté que le Néolithique. Cette situation est due d'une part à un nombre beaucoup plus réduit de sites datés et au fait que les ressources marines ont été largement sollicitées pour sa datation.

La répartition des dates par zones géographiques d'intérêt fait également apparaitre des disparités significatives (tabl. 3).

La zone A, est-adriatique (des Îles ioniennes aux Alpes italiennes), a produit 26 % des mesures parmi lesquelles une proportion limitée (45 %) présente des scores élevés.

La contribution de la zone B, est-apennine / ouest-adriatique (des Pouilles au Pô), au corpus est du même ordre (23 %) mais avec une proportion nettement moindre (34 %) de dates de bonne ou excellente qualité.

	Score 15 à 9	Score 8 à 6	Score 5 à 1
Zone A	183	121	101
Zone B	123	120	115
Zone C	97	78	72
Zone D	307	77	188
	710	396	476

Tabl. 3 – Estimations de la qualité des dates (scores), en effectifs (à gauche) et en fréquences (à droite), selon les zones géographiques : A, Est-Adriatique ; B, Est-Apennins / Ouest-Adriatique ; C, Ouest-Apennins / Sud-Tyrrhénienne ; D, Arc liguro-provençal *lato sensu*.

***Table 3** – Date quality estimates (scores), in numbers (left) and frequencies (right), according to geographical zones: A, East-Adriatic; B, East-Apennines/West-Adriatic; C, West-Apennines/South Tyrrhenian; D, Ligurian-Provençal Arc lato sensu.*

La zone C, ouest-apennine / sud-tyrrhénienne (Calabre et Sicile, aire médio-tyrrhénienne), est très certainement la moins bien dotée, avec 16 % des dates ; les mesures de très bonne qualité sont en nombre significatif (39 %) mais cette situation est en trompe-l'œil car bon nombre des dates à haute résolution concernent la construction de la courbe dendrochronologique d'Anguillaria – Marmotta.

C'est la zone D, correspondant à l'arc liguro-provençal, à l'est de l'Occitanie et aux Alpes occidentales, qui contribue le plus fortement au corpus avec 36 % des mesures qui sont en nette majorité (54 %) de bonne ou excellente qualité.

Calibrations

La dernière édition de la courbe de calibration, IntCal20, a été utilisée pour cette étude (Reimer *et al*., 2020). En regard de la courbe précédente (Reimer *et al*., 2013), des modifications sensibles peuvent être observées particulièrement à la charnière VII^{e}-VI^{e} millénaire, à la fin du VI^{e} et au début du V^{e} millénaire AEC.

Les recherches récentes soulignent l'existence d'un décalage des âges pour les régions de Méditerranée à basse altitude en regard des régions continentales. Ce décalage est lié à celui de la saison de croissance des arbres, au cours de laquelle l'essentiel du radiocarbone atmosphérique est stocké, saison qui diffère dans les contextes d'Europe centrale et septentrionale sur lesquels les courbes de calibration sont largement fondées (Manning *et al*., 2020). L'ordre de grandeur de ce décalage – quelques décennies ^{14}C, pour certains épisodes associés à des inversions ou à des plateaux importants dans l'enregistrement du radiocarbone atmosphérique, au cours des deuxième et premier millénaire AEC – n'est pas estimé pour l'heure pour les périodes plus anciennes mais doit être certainement envisagé. En outre, compte tenu de la diversité des paysages et des conditions ambiantes entre la Sicile, les reliefs alpins et apenniniques et la vallée du Rhône par exemple, on peut s'attendre à de futurs réajustements, y compris à l'échelle intrarégionale, au sein du bassin centre-occidental de la Méditerranée.

Enfin, l'impact des plateaux de la courbe de calibration sur le seuillage des données et la création de ruptures artificielles au sein d'un continuum temporel ont été évoqués (par ex. Perrin, 2016) sans qu'il soit pour autant possible d'en contrecarrer les effets.

Traitement bayésien

Les données ont été traitées avec le logiciel ChronoModel version 2.0, 2018/12/11 (Lanos et Philippe, 2015, 2017 et 2018 ; Lanos et Dufresne, 2019). L'utilisation de ce logiciel est en constante augmentation depuis sa mise en ligne (Binder *et al*., 2017a, 2017b ; Manen *et al*., 2018, Andreaki *et al*., 2020 ; Banks *et al*., 2019), entre autres en raison de la fluidité de l'interface utilisateur. Le mode de présentation des données et de leurs relations sur la scène des événements, qui s'apparente à une matrice de Harris (Harris, 1979), permet en effet de rendre compte finement des contraintes enregistrées sur le terrain.

En regard des autres logiciels qui proposent un traitement bayésien, et au-delà des distinctions théoriques relatives au modèle d'*event*, les principales divergences portent sur la prise en compte des *outliers*, ChronoModel apparaissant comme plus robuste au sens statistique qu'OxCal. D'une manière générale, il n'y a pas de différence sensible quant aux résultats des modélisations produites par les deux logiciels.

Les dates sont considérées comme des représentations d'événements (*events*) au sens des concepteurs du logiciel. Dans les cas où plusieurs mesures de radiocarbone concernaient le même événement (*i.e*. plusieurs dates pour un même individu ou pour un contexte particulièrement bien circonscrit dans le temps, par ex. une réserve de céréales incendiée), les dates ont fait l'objet d'une combinaison statistique (fonction *combine*). Les représentations des résultats de modélisations se fondent sur les densités de probabilité des dates avec une confiance de 95 %.

Les modèles bayésiens ont été systématiquement construits site par site (*DS-5* et *DS-6*). Parfois, plusieurs modèles ont été créés, répondant à différentes hypothèses de travail. Seuls les *a priori* stratigraphiques ont été utilisés pour bâtir les modèles d'événements. En l'absence d'*a priori* stratigraphiques mais à raison d'autres hypothèses initiales (par ex. hypothèse de chronologie relative entre des clusters d'événements non strictement sériés) des contraintes de succession ont été posées pour construire les modèles de phases intrasites.

Quelques modèles intersites, plus complexes, ont été construits en appui à des discussions relatives aux dynamiques évolutives (*infra* « Chronologie interne de l'Impressa : tests d'hypothèses avec ChronoModel »). En introduisant des contraintes fondées sur des hypothèses archéologiques, principalement des hypothèses de succession ou de contemporanéité de phases ou phénomènes déclinés dans différents sites, ces derniers permettent de proposer des résolutions plus précises ; dans ces conditions les résultats peuvent différer sensiblement de ceux qui ont été obtenus pour chaque site concerné.

Les modes de construction des modèles d'événements et/ou de phases sont illustrés par des schémas au format jpeg [(5)].

Les estimations de densités *a posteriori* sont fondées sur dix-mille itérations (en fait, une itération sur dix sur un total de 100 000 itérations) pour chaque jeu de données (méthode MCMC, Monte-Carlo par chaînes de Markov) sur un pas de temps compris entre 8000 et 4000 AEC. Pour chaque modèle, tous les résultats, consignés dans un dossier « *results* », sont donnés sous la forme de fichiers de données au format csv [(6)] et au format html [(7)].

Les résultats des modélisations sont également illustrés par les courbes de densité de probabilité *a posteriori* des débuts et fins de phase et par les courbes d'activité des événements et/ou phases modélisés, au format jpeg [(8)].

Comme cela a été précédemment proposé (Binder *et al*., 2017b), ce sont les modes *a posteriori* de début (*beginning mode a posteriori,* abrégé ci-après BMAP) et

de fin de phases (*end mode a posteriori*, abrégé ci-après EMAP) qui sont utilisés comme représentation des limites de phases/phénomènes archéologiques et pour replacer les entités au sein de la périodisation générale. Dans le texte, les BMAP ont été arrondis à dix ans par excès et les EMAP à dix ans par défaut. L'observation des courbes d'activité propres aux différentes phases *a posteriori*, permet en outre d'apprécier leur cohérence d'ensemble. D'une façon générale, ces paramètres de distribution statistique constituent des descripteurs reproductibles et cohérents pour des ensembles de dates réunies au sein d'une même phase. Les tests statistiques réalisés sur un jeu de données plus restreint, mais dans le même contexte chronoculturel, ont montré que les modes *a posteriori* donnaient une représentation des âges conforme à une approche probabiliste des successions/antériorités fondées sur les données brutes (*i.e. Monte-Carlo Markov Chains,* MCMC, Binder *et al*., 2017b). Bien que le modèle d'événement diffère fondamentalement du mode de calcul proposé pour la modélisation par OxCal (Lanos et Philippe, 2015), on constate que les intervalles d'âges bornés par les modes *a posteriori* (BMAP et EMAP) diffèrent peu des intervalles à 95 % des mêmes dates combinées sous OxCal.

Esquisse d'une périodisation générale

Une des perspectives de ce travail est de contribuer à la construction d'une périodisation régionale, c'est-à-dire à l'échelle du bassin central et nord-occidental de la Méditerranée, donnant un cadre aux dynamiques culturelles propres à l'Impresso-Cardial et à ses interactions avec les complexes culturels, mésolithiques ou néolithiques, voisins dans le temps et dans l'espace. Élaborer une telle périodisation dans une perspective comparative intra- et interrégionale permet de s'affranchir des étiquetages locaux (par ex. Néolithique ancien, Néolithique moyen, etc.) totalement inopérants dès lors que l'on traite de phénomènes interrégionaux et parfaitement incompréhensibles hors d'un cercle tout compte fait assez restreint d'usagers. Cela nécessite en premier lieu qu'un consensus soit établi quant à la façon de normaliser les données et à la façon de communiquer sur les âges des entités culturelles considérées. Il va de soi que la proposition qui suit à vocation à évoluer.

La tranche de temps qui fait l'objet de cette sériation couvre 2200 ans, entre 7050 et 4850 AEC. D'un point de vue paléoclimatique elle coïncide donc avec la fin du Greenlandien et la plus grande partie du Northgrippien (cf. Boréal et première moitié de l'Atlantique). D'un point de vue culturel, on considérera globalement ce moment comme l'époque du Néolithique céramique méditerranéen (PN), succédant à l'époque du Néolithique précéramique (*Pre-Pottery Neolithic*, abrégé ci-après PPN) du Proche-Orient et d'Anatolie (Kenyon, 1957 ; Aurenche *et al*., 1987) et précédant le Chalcolithique dans son acception pan-européenne (Lichardus *et al*., 1985). Sans céder au déterminisme, la scansion de cette époque du PN en étapes ne peut faire abstraction de changements environnementaux perçus à différentes échelles et avec différentes intensités selon les régions (transition Greenlandien/Northgrippien ; événement dit de 8200 BP, Kobashi *et al*., 2007) ; ces derniers ont donc une place identifiée dans la périodisation proposée.

Une des difficultés inhérentes aux modèles bayésiens tels qu'ils sont conçus et mis en œuvre ici, réside dans l'étalement des queues de distribution des densités de probabilité dès lors que les phases que l'on cherche à définir ne sont pas contraintes par un *terminus post* ou *ante quem*. Il s'agit là d'une difficulté qui sera probablement réduite dans une prochaine version du logiciel ChronoModel mais qui justifie également en elle-même l'usage des modes *a posteriori* (BMAP et EMAP) comme représentation des résultats.

In fine, la périodisation a été bâtie de façon empirique, par alignement des BMAP des horizons possédant le même étiquetage culturel au sein de chacune des grandes zones d'intérêt (AAB, fig. 1 ; CWM-A à CWM-D, fig. 2 à 5). Chaque période a été subdivisée en étapes, au nombre de trois à quatre par période, en suivant les mêmes principes. Lorsque les âges obtenus recouvrent différentes étapes, l'observation de la courbe d'activité, et de la position de son ou de ses modes, apporte des éléments d'interprétation complémentaires. Lorsque des dates isolées ont été prises en compte, c'est l'intervalle de de plus haute densité de probabilité à 95 % (*highest probability density*, HPD) qui a été considéré.

La période PN1 (7050-6500 AEC, fig. 6), subdivisée en trois étapes (1A, 7050-6850 AEC ; 1B, 6850-6650 AEC ; 1C, 6650-6500 AEC), correspond à peu de chose près au dernier tiers du Greenlandien (cf. Boréal). Elle voit les tout-derniers aspects du PPN, la généralisation de la céramique au Levant et en Anatolie centrale, puis la diffusion du Néolithique vers l'Égée. Les dernières étapes de l'Épipaléolithique terminal ou Mésolithique ancien, incluant des industries micro-lamellaires (composant S, Kozłowski, 1976) ou des complexes indifférenciés fondés sur la production d'éclats (par ex. Muescas y Denticulados ; Alday Ruiz, 2006), sont encore bien attestés en début de période.

La période PN2 (6500-6050 AEC, fig. 7) est subdivisée en trois étapes : 2A (6500-6350 AEC) qui correspond à la transition Greenlandien/Northgrippien, puis 2B (6350-6200 AEC) et 2C (6200-6050 AEC) qui encadrent l'événement dit de 8200 BP. Elle voit la consolidation du PN en Égée puis ses premières manifestations dans les Balkans centraux. Parallèlement – ou corrélativement, car c'est bien là une des questions – émergent en Méditerranée occidentale et dans les Balkans différents aspects du Mésolithique final et notamment les premiers aspects du Complexe à lames et trapèzes (*Blade and Trapeze Complex*, abrégé ci-après BTC, Clark, 1958 ; composant K, Kozłowski, 1976).

La période PN3 (6050-5450 AEC), correspond au plein développement du Néolithique d'Europe tempérée (Complexe *Starčevo-Criş-Körös*, puis formation du *Vinča* et de la *Linearbandkeramik*, LBK), du Néolithique à céramique imprimée de Méditerranée centrale et occidentale

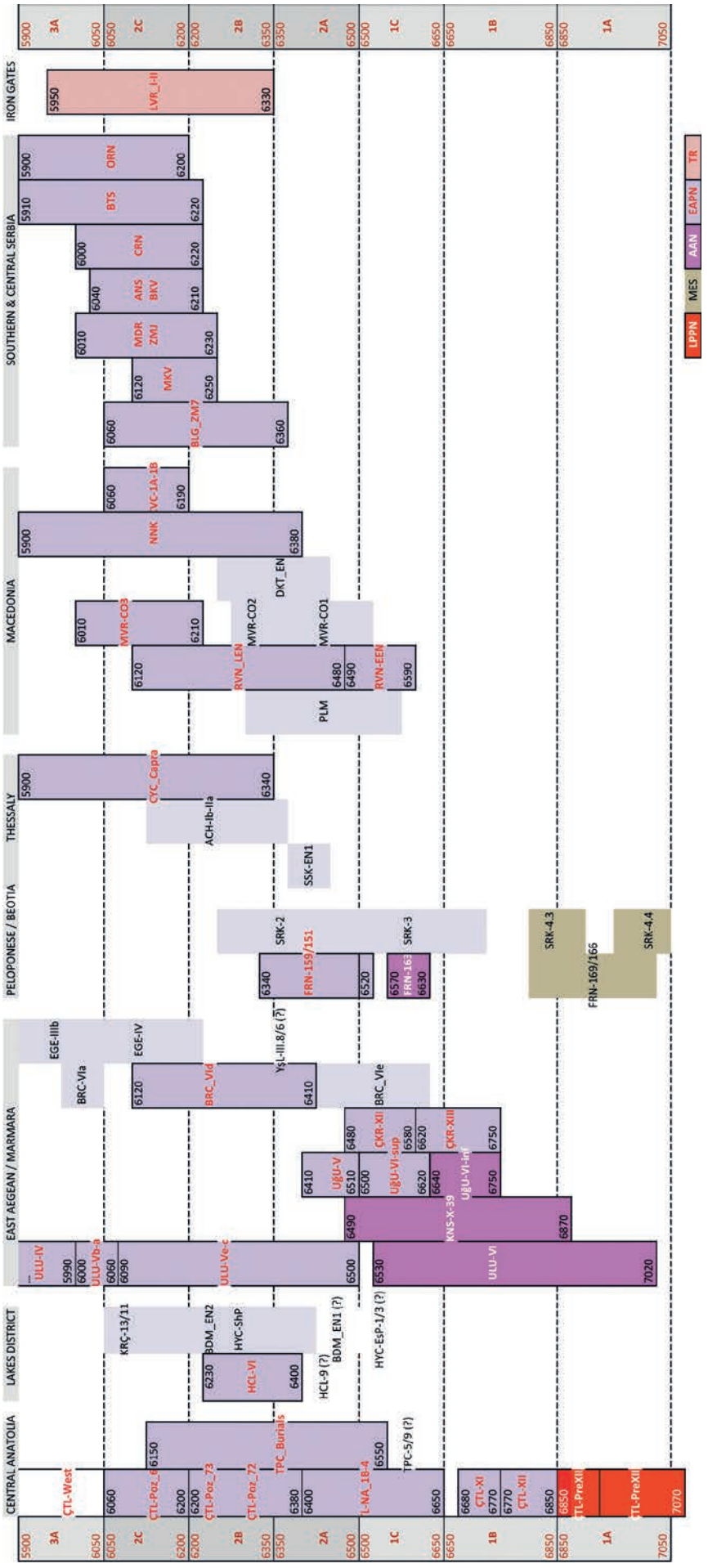


Fig. 1 – Périodisation du Mésolithique et du Néolithique en Anatolie, Égée et Balkans (zone AAB, VII[e] millénaire AEC). LPPN : fin du Néolithique précéramique ; MES : Mésolithique indifférencié ; AAN : Néolithique « acéramique » ; EAPN : Néolithique céramique ; TR : syncrétisme Mésolithique / Néolithique des Portes de Fer.

***Fig. 1** – Mesolithic and Neolithic periodisation in Anatolia, Aegean and Balkans (zone AAB, 7th millennium BCE). LPPN: Late Pre-Pottery Neolithic; MES: Unspecified Mesolithic; AAN: Aegean « Aceramic » Neolithic; EAPN: Early Pottery Neolithic; TR: Mesolithic / Neolithic syncretism of the Iron Gates.*

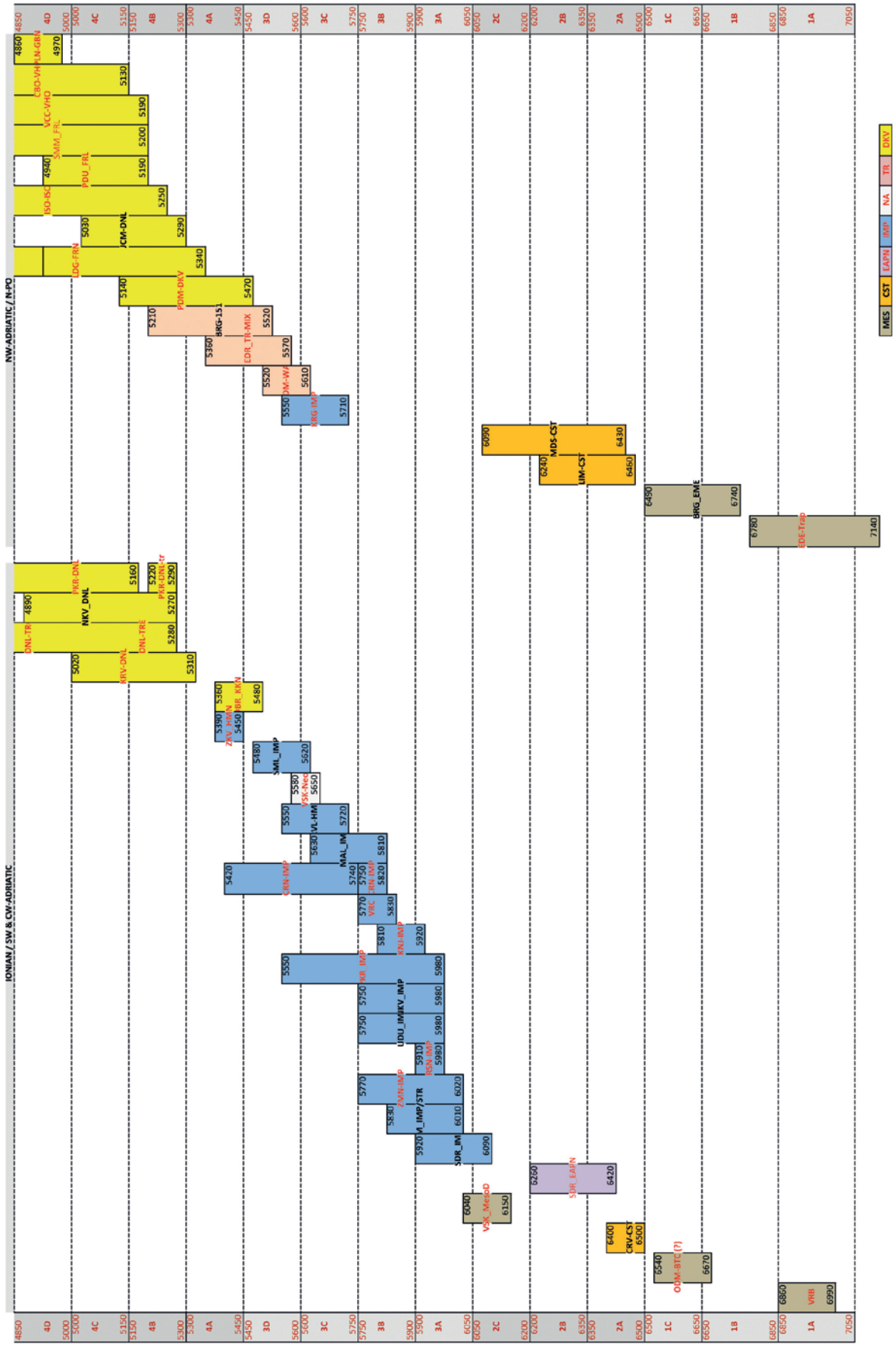


Fig. 2 – Périodisation du Mésolithique et du Néolithique entre le Sud-Est Adriatique et les Alpes italiennes (zone CWM-A, VIe - VIIe millénaire AEC). MES : Mésolithique indifférencié ; CST : Castelnovien ; EAPN : Néolithique céramique égéo-anatolien ; TR : transition ou mixing Mésolithique / Néolithique ; IMP : *Impressa* ; NA : non identifié ; DKV : complexe *Danilo- Kakanj-Vlaška*.

***Fig. 2** – Mesolithic and Neolithic periodisation from the South-Eastern Adriatic to the Italian Alps (zone CWM-A, 6th-7th millennium BCE). MES: Unspecified Mesolithic; CST: Castelnovian; EAPN: Aegeo-Anatolian Pottery Neolithic; TR:, Mesolithic / Neolithic transition or mixing; IMP: Impressa ; NA: unspecified; DKV: Danilo-Kakanj-Vlaška complex.*

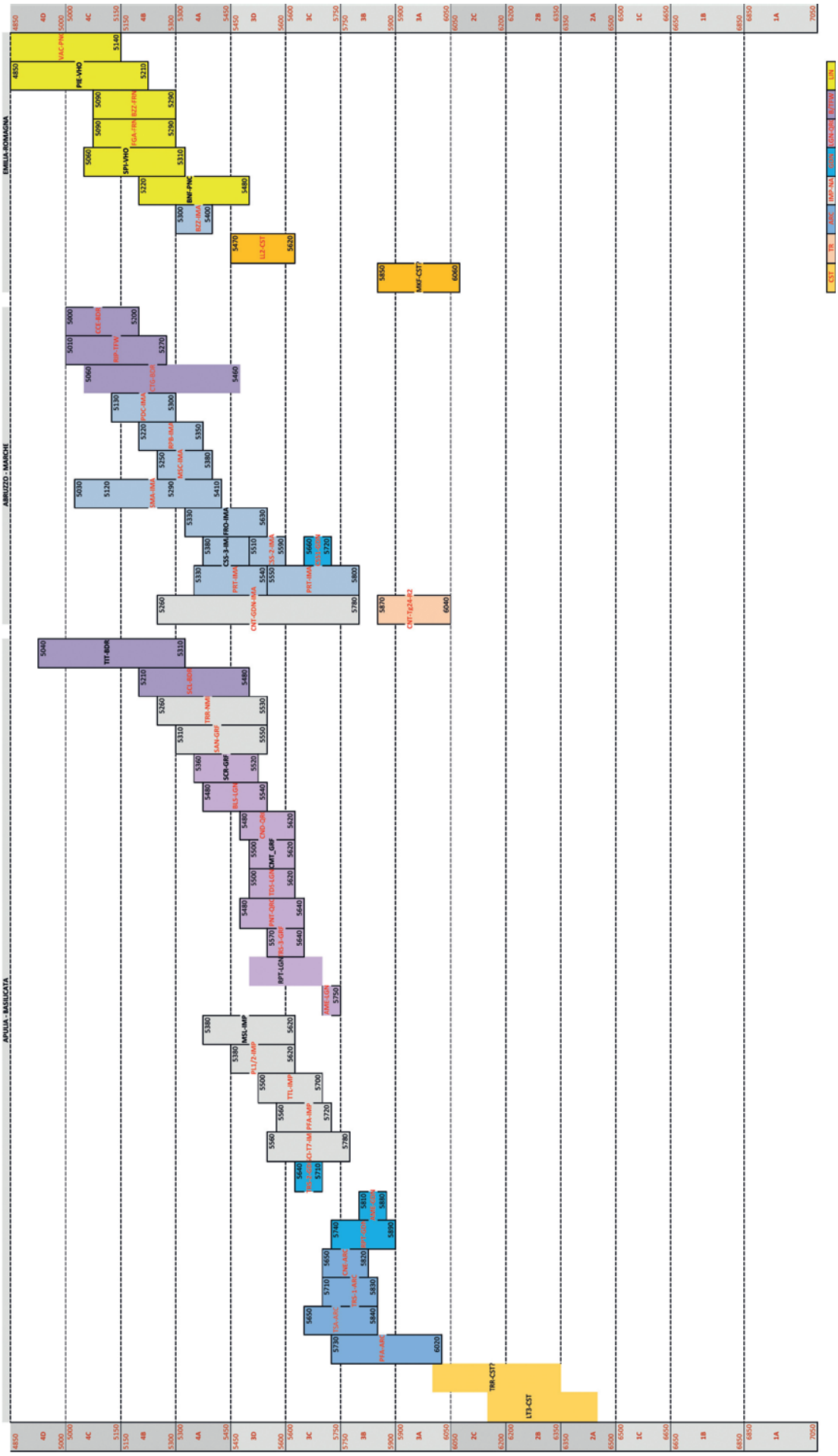


Fig. 3 – Périodisation du Mésolithique et du Néolithique entre le Sud-Ouest Adriatique et le cours du Pô (zone CWM-B, VI^{e} - VII^{e} millénaire AEC). CST : Castelnovien ; TR : transition ou mixing Mésolithique / Néolithique ; ARC : *Impressa arcaica* ; IMP-NA : *Impressa* non spécifiée ; GDN : *Guadone* ; LGN-QRC : *Lagnano*, *Quercia*, *Graffitte* ; B/TWF : *Bande rosse* et trichromique ; LIN : complexe de la céramique linéaire.

***Fig. 3** – Mesolithic and Neolithic periodisation from the South-Western Adriatic to the Po River (zone CWM-B, 6th-7th millennium BCE). CST: Castelnovian; TR: Mesolithic / Neolithic transition or mixing; ARC: Impressa arcaica; IMP-NA: unspecified Impressa; GDN: Guadone; LGN-QRC: Lagnano, Quercia, Graffitte; B/TWF: bichrome and trichrome figulina wares; LIN: Italian Linear pottery complex.*

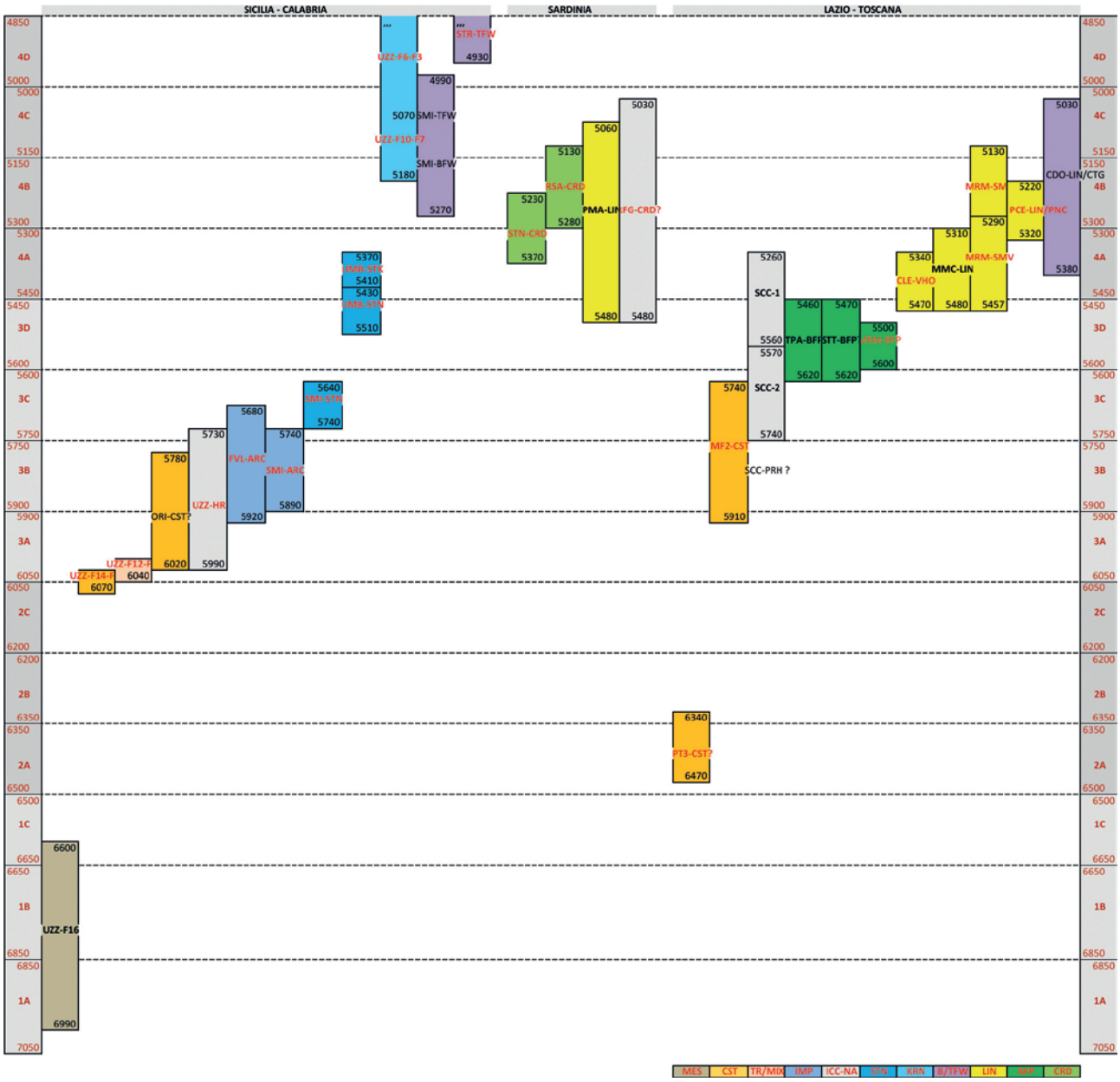


Fig. 4 – Périodisation du Mésolithique et du Néolithique dans la région Sud-Tyrrhénienne (zone CWM-C, VI^e^ - VII^e^ millénaire AEC). MES : Mésolithique indifférencié ; CST : Castelnovien ; TR : transition ou mixing Mésolithique / Néolithique ; IMP : *Impressa* ; ICC-NA : Impresso-Cardial non spécifié ; STN : *Stentinello* ; KRN : *Kronio* ; B/TWF : *Bande rosse* et trichromique ; LIN : complexe de la céramique linéaire ; BFP : Cardial, aspect *Basi-Filiestru-Pienza* ; CRD : Cardial.

***Fig. 4** – Mesolithic and Neolithic periodisation in the South-Tyrrhenian area (zone CWM-C, 6th-7th millennium BCE). MES: Unspecified Mesolithic; CST: Castelnovian; TR: Mesolithic / Neolithic transition or mixing; IMP: Impressa; ICC-NA: unspecified Impresso-cardial; STN: Stentinello; KRN: Kronio; B/TWF: bichrome and trichrome figulina wares; LIN: Italian Linear Pottery complex; BFP: Cardial, Basi-Filiestru-Pienza aspect; CRD: Cardial.*

(Complexe Impresso-Cardial, ICC) et au Chalcolithique ancien du Levant et d'Anatolie. Cette période a été subdivisée en quatre étapes : 3A (6050-5900 AEC, fig. 8), 3B (5900-5750 AEC, fig. 9), 3C (5750-5600 AEC, fig. 10) et 3D (5600-5450 AEC, fig. 11).

La période PN4 (5450-4850 AEC) est également subdivisée en quatre étapes, 4A (5450-5300 AEC, fig. 12), 4B (5300-5150 AEC, fig. 13), 4C (5150-5000 AEC, fig. 14) et 4D (5000-4850 AEC, fig. 15) au cours desquelles ont lieu les expansions maximales de l'Impresso-Cardial et de la LBK et l'émergence d'une très grande diversité de groupes régionaux résultant de différentes formes d'interaction et de syncrétisme culturel par ex. *Bande Rosse*, *Danilo*, *Ceramica lineare* padane et tosco-latiale, etc.).

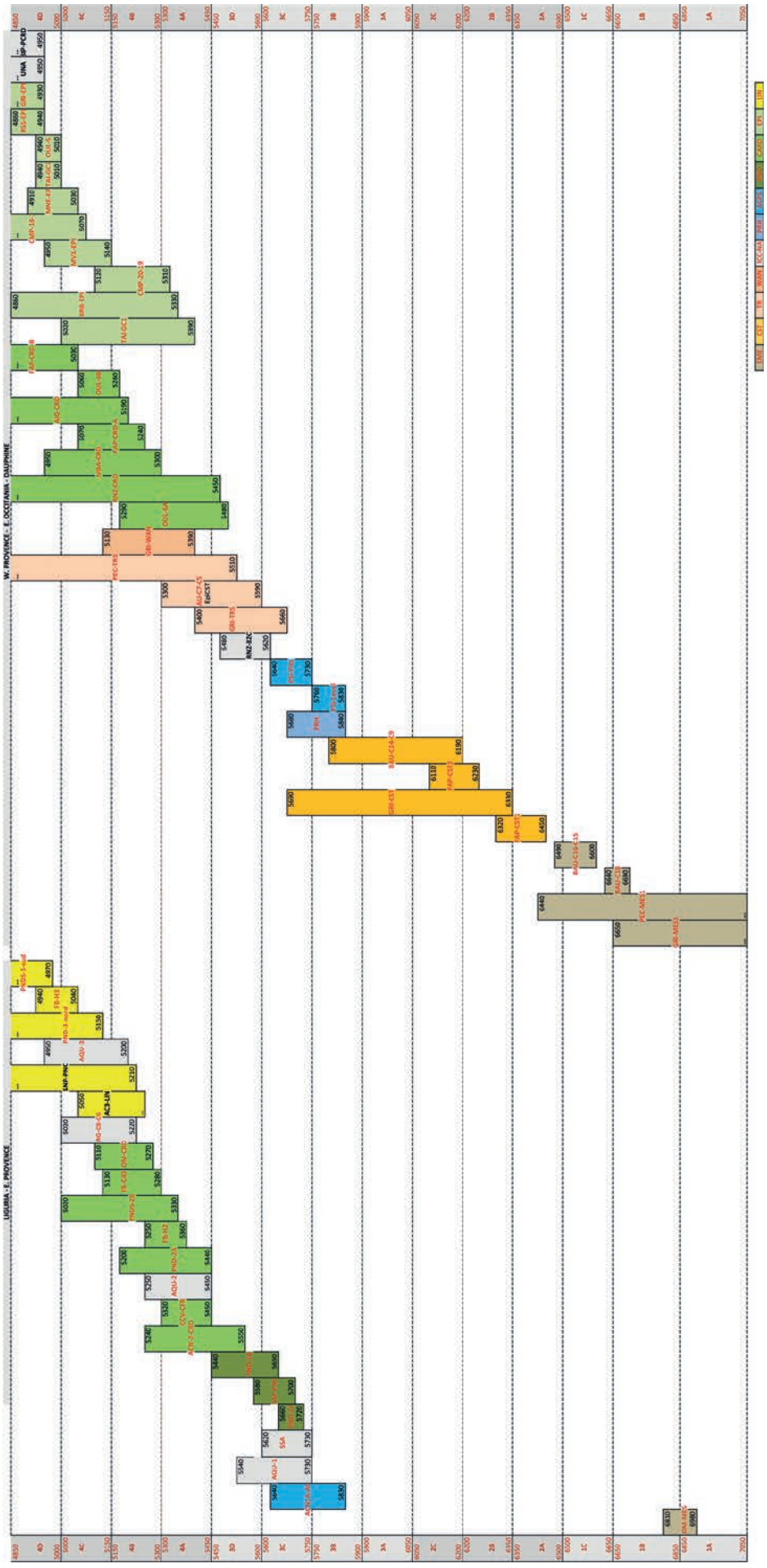


Fig. 5 – Périodisation du Mésolithique et du Néolithique dans la région nord-tyrrhénienne (zone CWM-D, VI[e] - VII[e] millénaire AEC). EME : Mésolithique ancien (Sauveterrien) ; CST : Castelnovien ; TR : transition ou mixing Mésolithique / Néolithique ; WAN : Néolithique « acéramique » occidental ; IMP : *Impressa* ; ICC-NA : Impresso-Cardial non spécifié ; PRH : Impressa, aspect Pont-de-Roque-Haute ; ACPS : *Impressa*, aspect Arene Candide et Peiro-Signado ; PND : *Impressa*, aspect Pendimoun ; CRD : Cardial ; EPI : Épicardial ; LIN : complexe de la céramique linéaire.

***Fig. 5** – Mesolithic and Neolithic periodisation in the North-Tyrrhenian area (zone CWM-D, 6th-7th millennium BCE). EME: Early Mesolithic (Sauveterrian); CST: Castelnovian; TR: Mesolithic / Neolithic transition or mixing: WAN: Western « Aceramic » Neolithic; ICC-NA: unspecified Impresso-Cardial; PRH: Impressa, Pont-de-Roque-Haute aspect; ACPS: Impressa, Arene Candide and Peiro-Signado aspect; PND: Impressa, Pendimoun aspect; CRD: Cardial; EPI: Epicardial; LIN: Italian Linear Pottery complex.*

Fig. 6 – Entités culturelles datées de la période 1 (7050-6500 AEC) dans la zone Anatolie-Égée-Balkans (AAB) et en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3. Fin du Mésolithique ancien à l'ouest et dans les Balkans *vs* derniers aspects du PPN et premiers aspects du Néolithique à l'est.

***Fig. 6** – Cultural entities dated to the period 1 (7050-6500 BCE) in Anatolia, Aegean and Balkans (AAB) and Central and North-Western Mediterranean (CWM); 3/3 and 2/3 reliability sites. End of the Early Mesolithic in the west and the Balkans vs latest PPN aspects and first stages of the Neolithic in the east.*

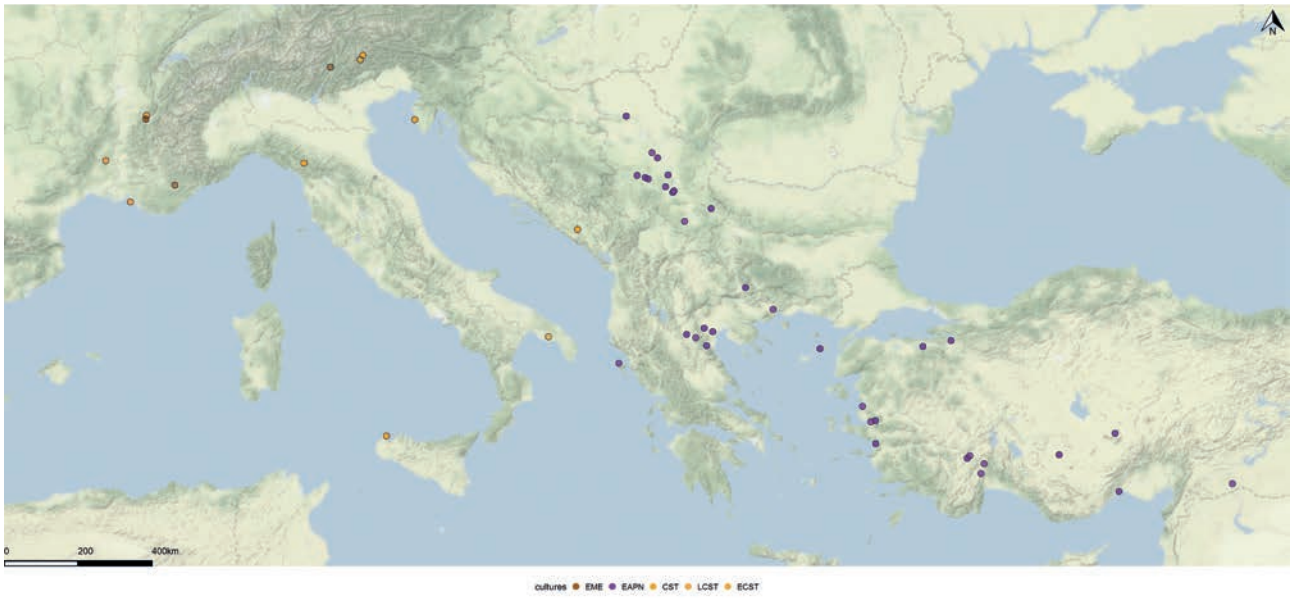


Fig. 7 – Entités culturelles datées de la période 2 (6500-6050 AEC) dans la zone Anatolie-Égée-Balkans (AAB) et en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3. Aspects du Castelnovien à l'ouest *vs* derniers aspects du Mésolithique ancien et développement du PN dans les Balkans.

***Fig. 7** – Cultural entities dated to the period 2 (6500-6050 BCE) in Anatolia, Aegean and Balkans (AAB) and Central and North-Western Mediterranean (CWM); 3/3 and 2/3 reliability sites. Aspects of the Castelnovian in the west vs latest aspects of the Early Mesolithic and PN development in the Balkans.*

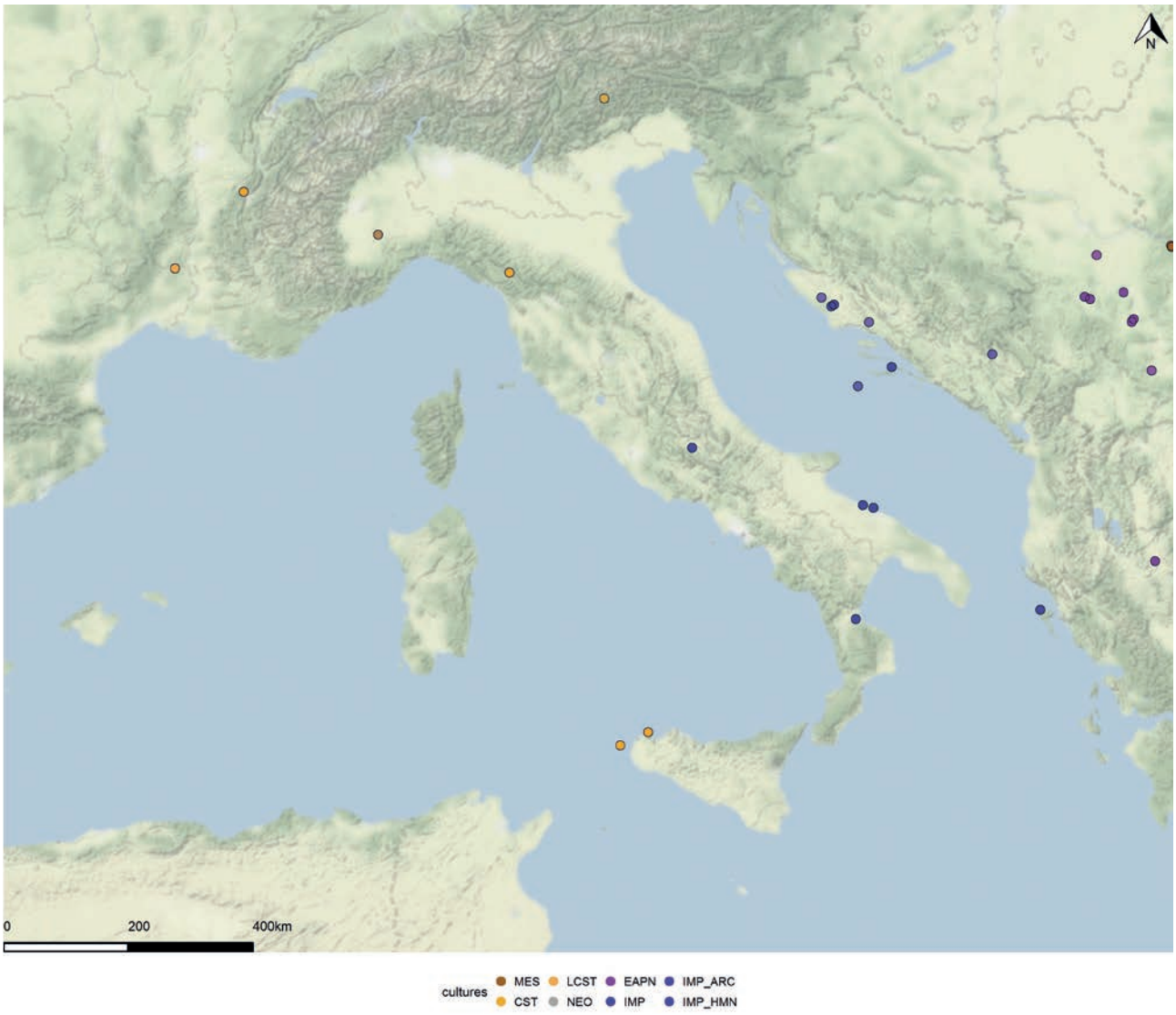


Fig. 8 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 3A (6050-5900 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 8** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 3A (6050-5900 BCE); 3/3 and 2/3 reliability sites.*

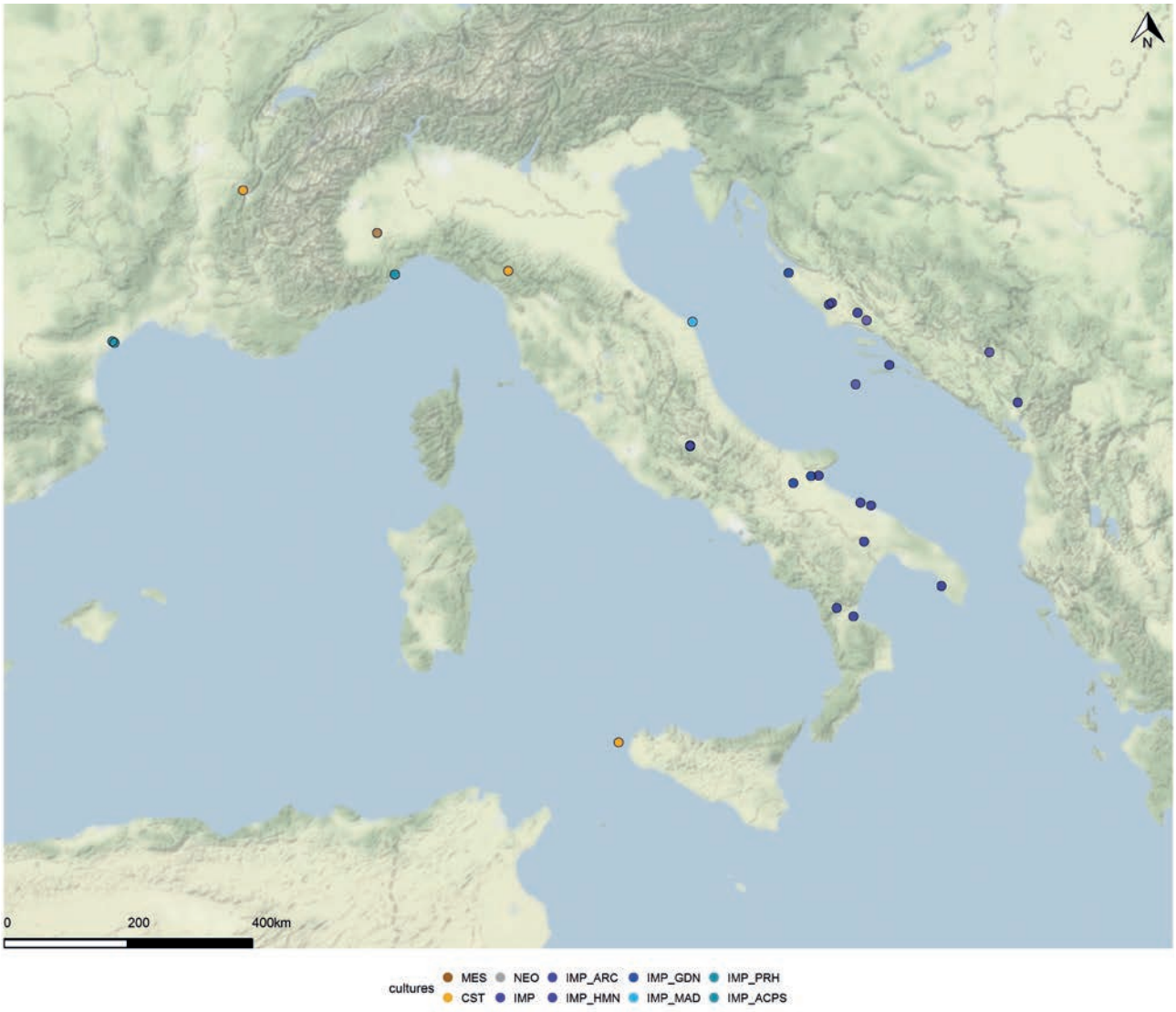


Fig. 9 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 3B (5900-5750 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 9** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 3B (5900-5750 BCE); 3/3 and 2/3 reliability sites.*

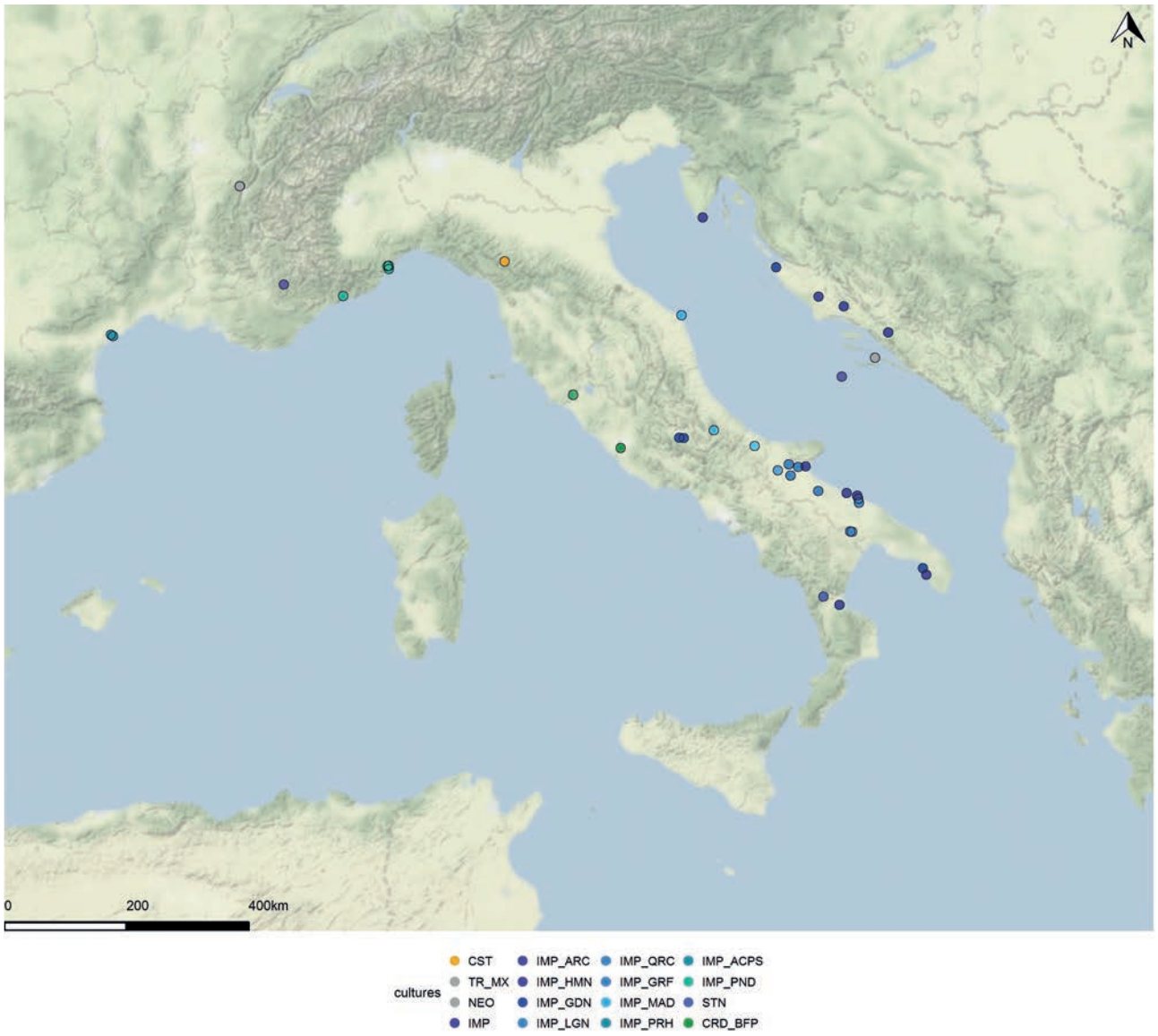


Fig. 10 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 3C (5750-5600 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 10** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 3C (5750-5600 BCE); 3/3 and 2/3 reliability sites.*

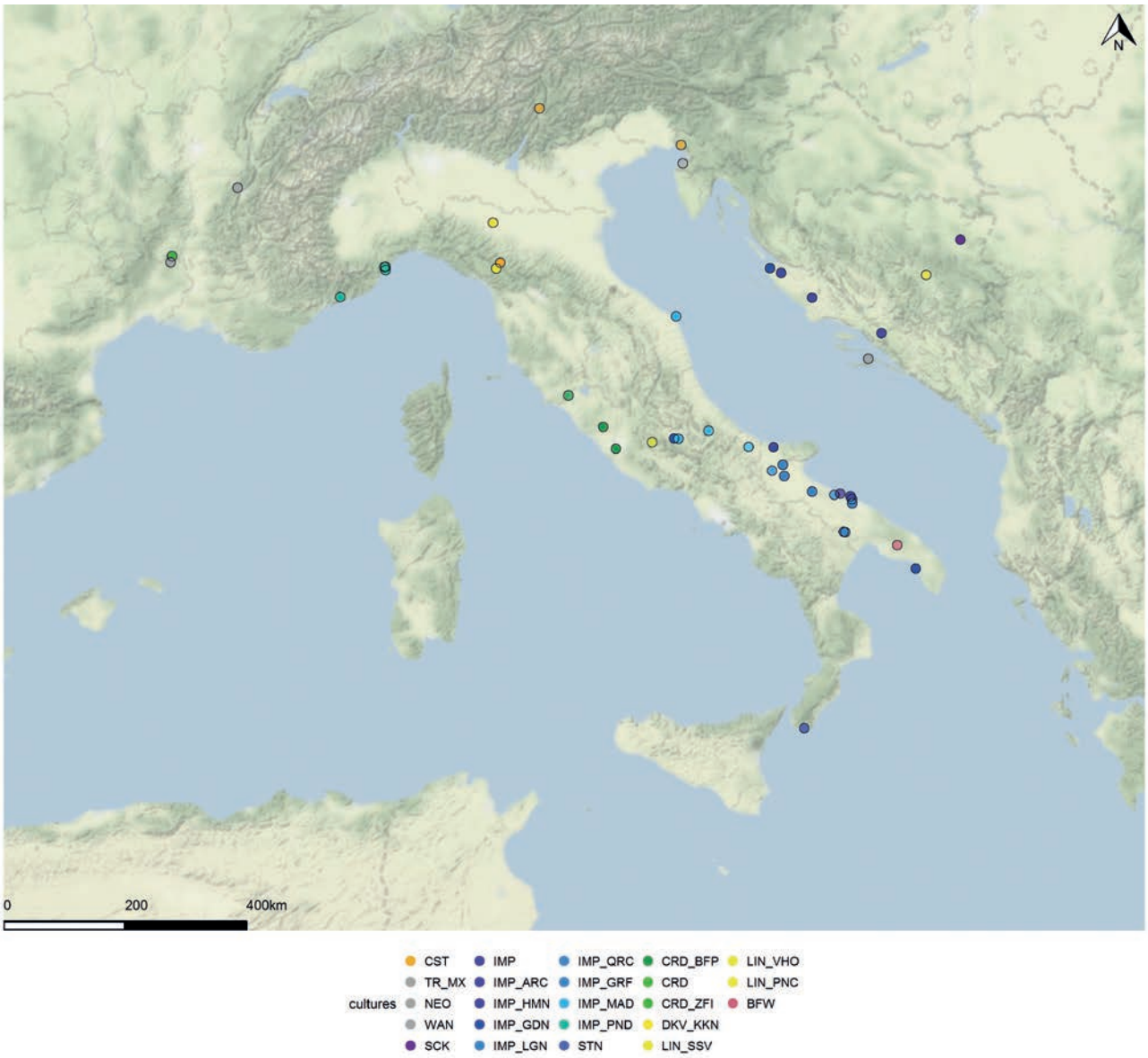


Fig. 11 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 3D (5600-5450 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 11** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 3D (5600-5450 BCE) ; 3/3 and 2/3 reliability sites.*

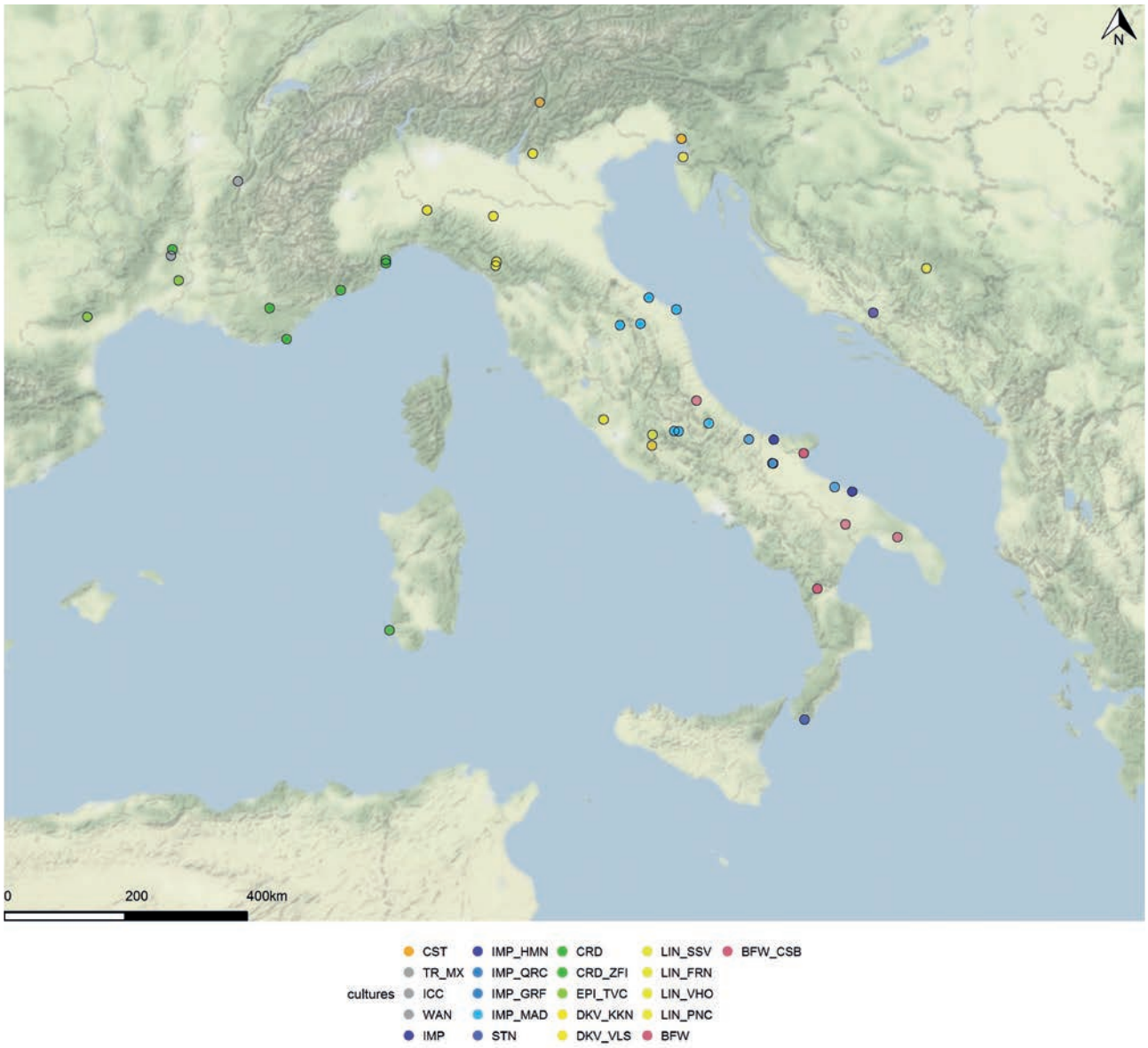


Fig. 12 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 4A (5450-5300 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 12** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 4A (5450-5300 BCE); 3/3 and 2/3 reliability sites.*

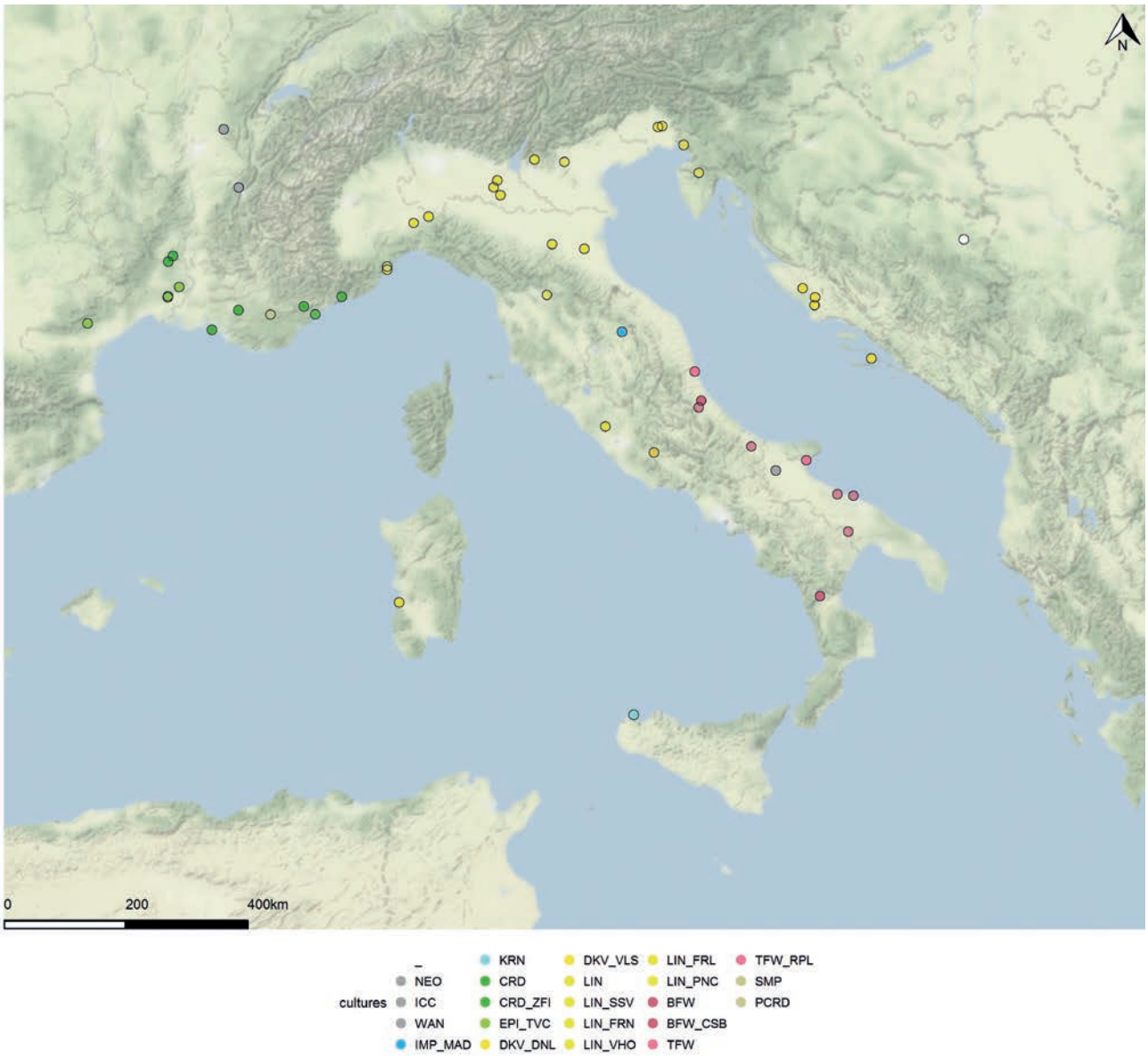


Fig. 13 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 4B (5300-5150 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 13** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 4B (5300-5150 BCE); 3/3 and 2/3 reliability sites.*

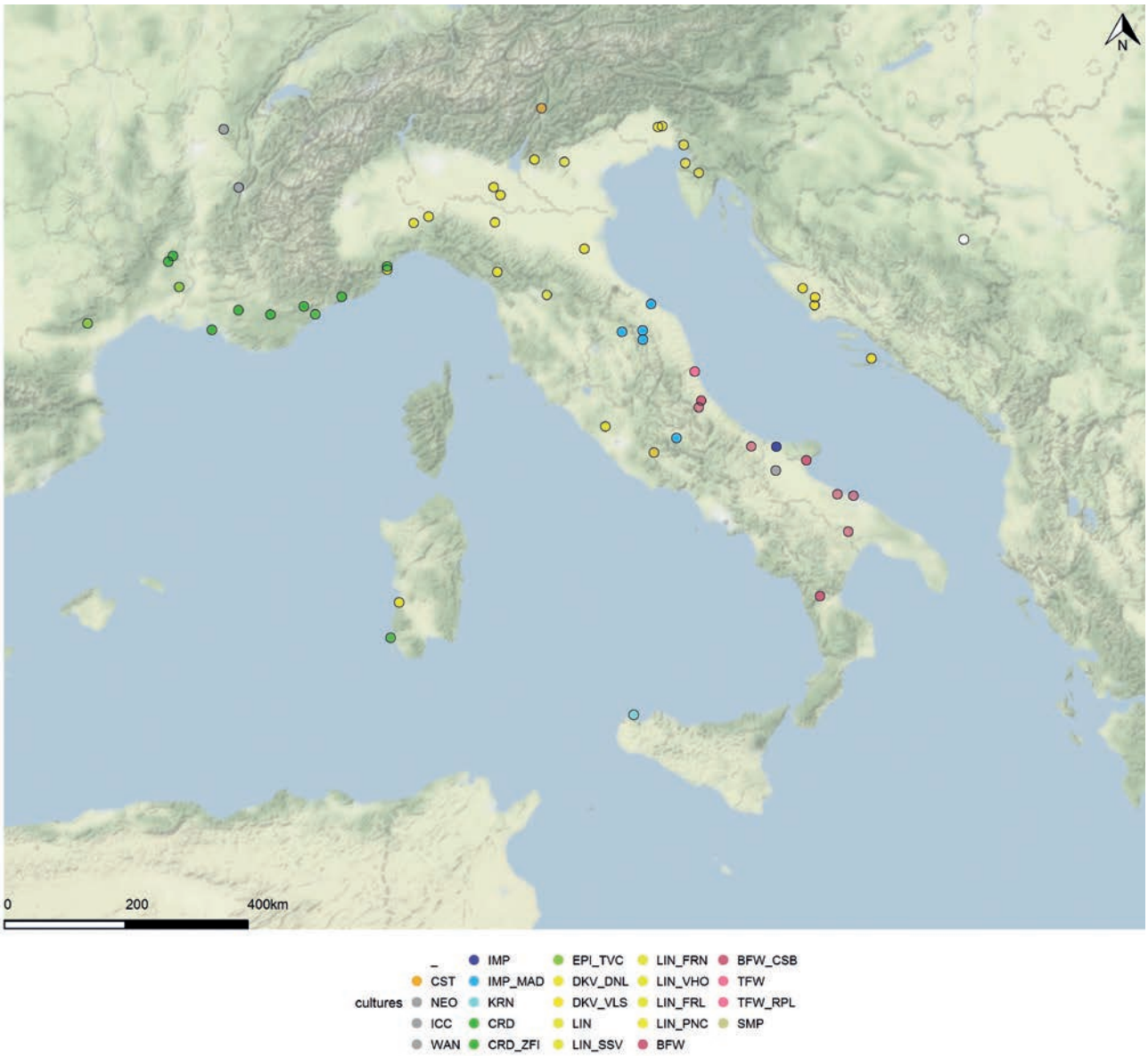


Fig. 14 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 4C (5150-5000 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 14** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 4C (5150-5000 BCE); 3/3 and 2/3 reliability sites.*

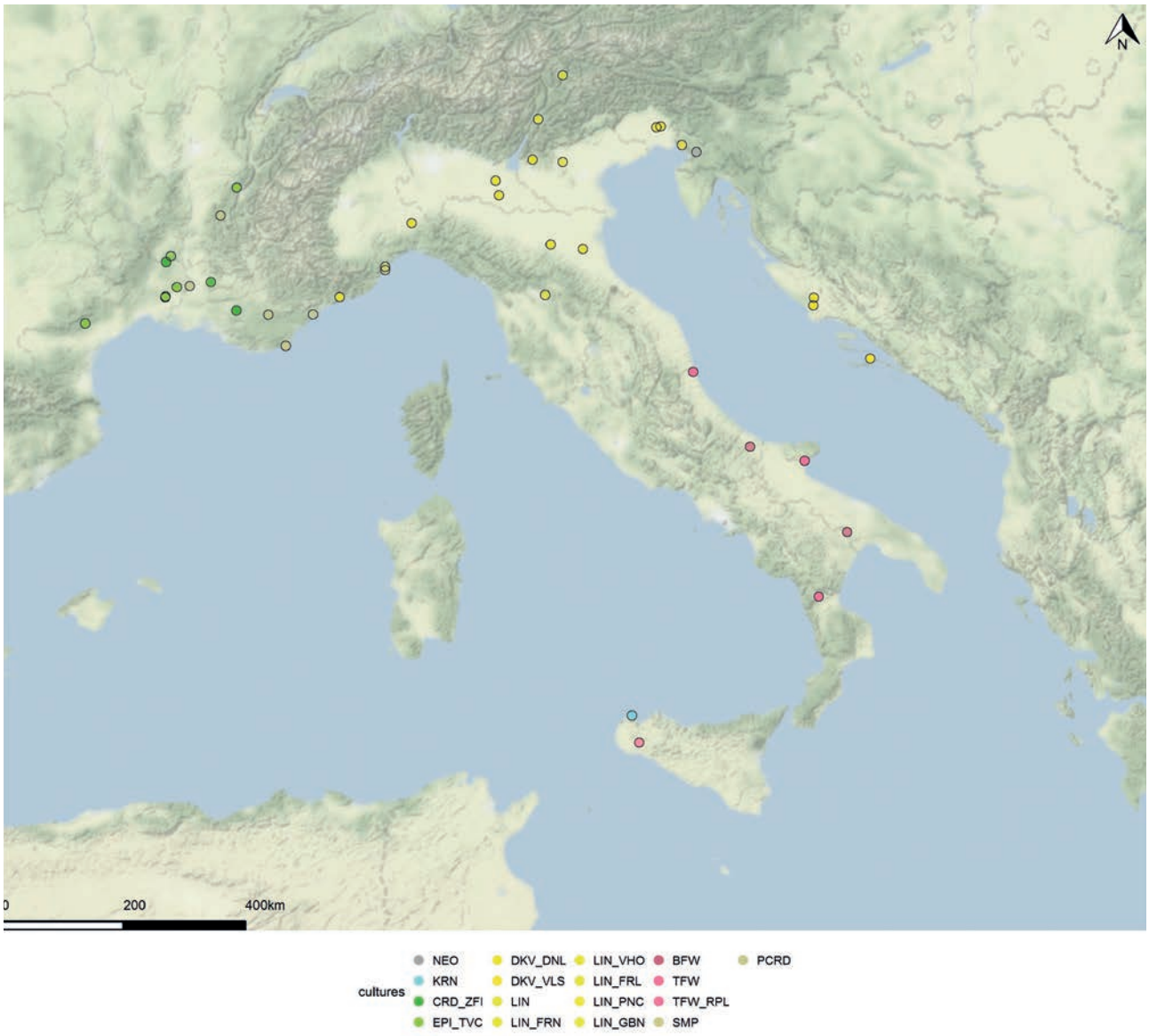


Fig. 15 – Diversité culturelle en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) au cours de l'étape 4D (5000-4850 AEC) ; sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 15** – Cultural diversity in the Central and North-Western Mediterranean (CWM) during sub-period 4D (5000-4850 BCE); 3/3 and 2/3 reliability sites.*

PRÉMICES : LA DIFFUSION DU NÉOLITHIQUE DEPUIS L'ANATOLIE ORIENTALE ET CENTRALE VERS L'ÉGÉE ET LES BALKANS AU COURS DU VII^{E} MILLÉNAIRE AEC

La formation du Néolithique céramique (PN, *Pottery Neolithic*) et la primo-diffusion de la poterie en Méditerranée orientale, période 1, 7050-6500 AEC

Pour l'Anatolie centrale et le Moyen Euphrate turc, le début de ce phénomène est encadré par les stratigraphies des tells de Mersin – Yumuktepe (Caneva, 2004), Konya – Çatalhöyük East (Hodder, 2014), Çiftlik – Tepecik (Bıçakcı *et al*., 2017) et Mezraa – Teleilat (Özdoğan, 2011). Il s'inscrit dans la période 1 (7050-6480 AEC) qui voit, avec l'émergence du PN, la dissémination de productions céramiques « monochromes », avec des acceptions pour le moins diverses, ou, plus rarement, à décor impressionné (Amuq, Cilicie).

L'encadrement chronologique le plus précis des débuts du PN est donné par Çatalhöyük East – chantier sud (*DS-1A*, *A031-ÇTL*) où le PN du niveau XII succède vers 6840 AEC (MAP), et sans aucun hiatus apparent, au dernier horizon du PPN final (*pre-level* XIIa).

À Mezraa, où l'on dispose également de bâtiments PPN et PN en succession stratigraphique, les derniers aspects du PPN (phase IIIB) se placeraient *a posteriori* entre 7050 et 6640 AEC (*DS-1A*, *A011-MZR*). La situation n'est cependant pas totalement claire en raison (i) d'incertitudes relatives aux matériaux datés et (ii) du fait que l'étape de transition qui voit l'apparition des premiers tessons probablement importés (phase IIIA) n'est pas datée, ce qui a pour conséquence de contraindre directement la fin de l'étape dite de transition (IIIA-B) par l'âge donné pour un PN bien caractérisé (*Early PN*, IIC) qui ne se développerait lui-même qu'à partir de 6630 AEC.

À Tepecik (*DS-1A*, *A031-TPC*) les dates du PPN (*levels* 14-10) et des débuts du PN (*levels* 9-6) sont en attente de publication.

À Yumuktepe où aucune installation PPN n'a été identifiée, une mesure par comptage ß à large écart type situe la première étape du PN, à céramique imprimée et « monochrome », quelque part entre 7050 et 6590 AEC (*DS-1A*, *A021-YMK*), ce qui ne permet donc pas de la situer correctement par rapport à la fin du PPN et au début du PN de Çatalhöyük East.

Au vu des données disponibles on peut donc identifier avec une très bonne confiance une première étape 1A, entre 7050 et 6850 AEC qui voit les ultimes aspects du PPN en Anatolie centrale (ÇTL-Pre-XIIB-XIIA). En revanche, s'il est possible et généralement admis, le développement initial du PN en Cilicie (YMK-1) n'est pas formellement établi au cours de cette même étape, faute de dates fiables et en nombre suffisant.

L'émergence du PN est bien caractérisée en Anatolie centrale (*DS-1A*, *A031-ÇTL*-XII-XI) au cours de l'étape 1B, entre 6850 et 6650 AEC. Elle est probable en Cilicie (*DS-1A*, *A021-YMK*-1) et encore hypothétique dans l'Est anatolien (*DS-1A*, *A011-MZR*-IIIA) ou en Cappadoce (*DS-1A*, *A031-TPC*-9-6 ?).

Il faut noter en outre que les productions céramiques imprimées et brunissées à dégraissant minéral de Yumuktepe-1 (Balossi, 2004 ; Balossi Restelli, 2017) se distinguent nettement de celles, beaucoup plus frustres et à dégraissant végétal, de Çatalhöyük East – XII-X. La position chronologique relative et les liaisons potentielles entre ces deux entités, distinguées principalement sur la base du mode de préparation des pâtes céramiques et des traitements de surface, ne sont pas clairement définies. En effet l'âge modélisé des premiers dépôts PN (*Pre-Proto-Hassuna*) de Tell Sheker al-Aheimar (secteur A, *level* 10) en Haute Mésopotamie, où comme à Yumuktepe l'usage de dégraissant minéral apparaît d'emblée (Le Mière, 2009 et 2017 ; Nishiaki et Le Mière, 2005 et 2017), se place *a posteriori* de façon tout aussi imprécise entre 6900 et 6690 AEC, sur la base de mesures sur charbons à très larges écarts types.

Dans le Sud-Ouest anatolien, dans la région des lacs, l'hypothèse d'une installation PN très ancienne a été avancée (Duru, 2012) sur la base des données obtenues pour l'horizon de base de Bademağacı (EN1, *levels* 9-5 ; *DS-1A*, *A041-BDM*). Cette hypothèse a été souvent écartée (Schoop, 2002 ; Brami et Heyd, 2011 ; Rosenstock, 2019), en prenant notamment appui sur le fait que l'on ne dispose que d'une seule date obtenue par GPC, ce qui est en effet insuffisant. Pour autant, les dépôts correspondants sont épais, avec une partition interne, et il n'y a pas d'argument pour invalider définitivement l'hypothèse de R. Duru qui propose d'aligner les premières occupations du site avec les débuts du PN à Çatalhöyük East ou à Yumuktepe (étapes 1A/1B) ; ce point de vue est d'ailleurs soutenu par E. Özdoğan qui argue pour cela des spécificités architecturales de cet horizon (*i.e*. *terrazzo floors* ; Özdoğan, 2015) qu'il serait donc crucial de dater pour lever toute ambigüité. Cette question n'est pas anodine car elle pèse sur les scénarios de diffusion du PN vers l'Égée et la Marmara, en suivant une voie continentale via la région des lacs (Özdoğan, 2019a et 2019b) ou une route maritime (Horejs *et al*., 2015 ; Rosenstock, 2019). Cette dernière hypothèse pâtit du fait qu'entre la Cilicie et Rhodes il n'existe actuellement aucun site qui puisse être considéré comme un jalon de la diffusion maritime du PN vers l'Égée. Il est tout à fait plausible que ces lacunes résultent à la fois de l'insuffisance des recherches de terrain et de la submersion d'un grand nombre de sites côtiers ; cependant l'absence apparente de PN ancien à Chypre, où la recherche sur le Néolithique a connu un essor vertigineux au cours des trente dernières années (Vigne *et al*., 2017), laisse toujours planer un doute quant à la matérialité d'une diffusion ancienne du PN sur le littoral septentrional de la mer levantine.

Pour les côtes orientales égéennes et l'immédiat hinterland, on dispose depuis quelques années de sites très bien conservés documentant les premiers aspects du Néolithique avec de claires attestations d'élevage et d'agriculture : Ulucak (Çilingiroğlu et Çakırlar, 2013 ;

Çevik et Erdoğu, 2020), Çukuriçi (Horejs *et al*., 2015) et Uğurlu (Erdoğu, 2017). Ils sont dotés de jeux de dates remarquables, aussi bien en raison de leur nombre que de la justesse et de la précision des mesures obtenues en quantités significatives sur des matériaux à faible longévité.

Ces sites émergent très précocement, si l'on considère les modes *a posteriori* des modèles bayésiens, particulièrement à Ulucak – VI que les derniers jeux de dates placent dès l'étape 1A, à partir de 7020 AEC (*DS-1A*, *A051-ULU*) puis, dès le milieu de l'étape 1B, à partir de 6750 AEC à Çukuriçi – XIII (*DS-1A*, *A051-ÇKR*) et à Uğurlu – VI-4-2 (*DS-1A*, *A052-UĞU*). La situation à Ulucak reste cependant difficile à interpréter en raison de la longue durée apparente de la phase VI, de l'ordre de cinq siècles ; il serait donc nécessaire d'affiner la contextualisation des dates disponibles pour discuter une éventuelle partition interne.

Deux points doivent être soulignés d'emblée pour ce qui concerne ces horizons. *Primo*, à l'exception de Çukuriçi – XIII qui n'a livré que quatre petits tessons érodés, mais apparemment bien contextualisés, ces dépôts ne comportent pas de céramique. *Secundo*, ces mêmes dépôts livrent des assemblages lithiques avec une claire composante de débitage lamino-lamellaire par pression, notamment sur obsidienne milienne (Milić et Horejs, 2017 ; Guilbeau *et al*., 2019). Ce mode de débitage constituerait un argument pour connecter directement ces horizons au Levant (*i.e*. Yumuktepe – 1, Altınbilek-Algül, 2011 ; Tell Sheker al-Aheimar, Nishiaki et Le Mière, 2005), où ces méthodes de taille sont identifiées dès l'apparition de la céramique, plutôt qu'à l'Anatolie centrale où ils ne réapparaissent, en l'état actuel des connaissances, que dans des contextes nettement postérieurs (période 1C, par ex. à Çatalhöyük East, phases VII-VI, Carter *et al*., 2005).

Dans une zone que l'on peut considérer comme nucléaire pour le PN (en regard de la diffusion vers l'ouest), l'étape 1C, entre 6650 et 6500 AEC, correspond à Çatalhöyük East – chantier nord-Building-1 (*DS-1A*, *A031-ÇTL* phases 1B à 3, soit les phases VII-VI de Mellaart) et hypothétiquement en raison des incertitudes qui pèsent sur les dates sur charbons à Tepecik – 4 en Anatolie centrale (*DS-1A*, *A032-TPC*), et probablement à Yumuktepe 2 (XVII-XXVI ; *DS-1A*, *A021-YMK*) en Cilicie et Mezraa – IIC (*DS-1A*, *A011-MZR*) dans le Moyen-Euphrate.

L'absence de dates correspondant à l'étape 1C dans la région des Lacs résulte très probablement d'un biais, tenant au fait que les phases les plus anciennes de plusieurs sites majeurs ne sont pas ou très mal datées, et plus particulièrement Höyücek – ESP (*DS-1A*, *A042-HYC*), Bademağacı – EN1 (*DS-1A*, *A041-BDM*). Sur les rives orientales de l'Égée cette étape correspond à Çukuriçi XII (*DS-1A*, *A051-ÇKR*), au sommet d'Ulucak – VI (*DS-1A*, *A051-ULU*) et à Uğurlu – VI.1 (*DS-1A*, *A052-UĞU*), déjà établis au cours de l'étape précédente. Ce même moment verrait la diffusion du PN vers la Marmara (Barcın – VIE, à confirmer avec des dates sur matériaux à faible longévité, *DS-1A*, *A061-BRC*).

L'étape 1C encadre entièrement le Néolithique sans céramique de Knossos sur la base des dates sur céréales (*DS-1A*, *B011-KNS*). En Grèce centrale et dans le Péloponnèse, elle correspond à Franchthi – 163-162 (modèle-2 ; *DS-1A*, *B031-FRN*) et plus hypothétiquement, en raison de la nature des matériaux datés, à Sarakinos – 3 (*DS-1A*, *B021- SRK*).

La situation pour la Macédoine occidentale et centrale s'est récemment clarifiée avec la publication d'un important jeu de dates pour Revenia qui confirme sans équivoque l'installation de l'habitat néolithique au cours de l'étape 1C (*DS-1A*, *B062-RVN*). Ce fait conforte l'hypothèse d'une datation de Mavropigi – 1 (modèle 3 ; *DS-1A*, *B071-MVR*) et de Paliambela – 1 (fosse 630 ; *DS-1A*, *B062-PLM*) à la toute fin de l'étape 1C.

Au cours de cette étape 1C, autour de l'Égée, la céramique généralement qualifiée de monochrome est donc présente en faibles quantités en Turquie, à Çukuriçi, Uğurlu et Barcın, et en Macédoine grecque, à Revenia, plus hypothétiquement à Sarakinos, Mavropigi et Paliambela.

Faute d'études technologiques portant notamment sur les étapes d'ébauchage et de mise en forme, il est très difficile d'apprécier en quoi ces premières productions céramiques procèdent ou pas des mêmes traditions. En outre, le flou considérable qui entoure la définition des productions céramiques « monochromes » ou « *plain wares* », avec ou sans pose d'un engobe – compris comme une préparation spécifique, généralement colorée, et non comme une barbotine produite *sui generis* dans la continuité des opérations de finition des pots – limite considérablement les possibilités de discuter l'articulation entre les premières productions céramiques circum-égéennes, anatoliennes et levantines.

La présence significative d'engobes rouges à Uğurlu – V reste un phénomène isolé faute de pouvoir l'articuler avec la région des lacs (par ex. Höyücek – ESP) où des manières de faire similaires, probablement antérieures à la période 2, ne sont pas précisément datées.

La poterie est parfois totalement absente (Ulucak, Knossos, Franchthi) alors que la culture des céréales et/ou l'élevage des caprinés sont parfaitement établis. Selon les auteurs, cette absence peut être considérée comme un phénomène de premier ordre, fondamental, (Perlès, 2001) ou lié à des contingences (Reingruber, 2011 et 2015 ; Horejs *et al*., 2015). S'il est peu crédible – au vu des volumes fouillés par exemple à Ulucak – qu'elle réponde systématiquement à un biais d'échantillonnage, cette disparité peut refléter une structuration complexe des activités de production de la poterie, à l'instar de ce que l'on observe pour les outillages lithiques, et subséquemment des modalités diverses d'insertion des sites dans des réseaux socio-économiques générant des registres de vestiges différenciés.

Dans la plupart des sites pour lesquels on dispose de descriptions suffisantes, et à l'exception notable de Knossos (Conolly, 2008), des débitages de lamelles prismatiques, parfois associés à des trapèzes, sont attestés (Perlès, 2001 ; Miliić et Horejs, 2017 ; Guilbeau *et al*., 2019) et pourraient

donner à cet ensemble une cohérence que n'offre pas la céramique. Dans ce domaine, les informations manquent toutefois pour les horizons les plus anciens de Macédoine grecque (Revenia, Mavropigi, Paliambela).

La question des interactions Mésolithique *vs* PN autour de l'Égée, période 1, 7050-6500 AEC

Parmi les installations mésolithiques identifiées - ou supposées telles - dans l'hinterland du sud-ouest de la Turquie, la mieux préservée est probablement celle de Tlos – Girmeler, datée de la fin du IX^e^ et au début du VIII^e^ millénaire AEC (Takaoğlu *et al*., 2014). Cependant, la fouille de ce site est encore limitée et l'industrie lithique actuellement publiée ne permet pas d'établir de connexion – ou l'absence d'une connexion – avec les aspects du PPN qui se placent dans la même chronologie en Anatolie centrale (par ex. Aşıklı Höyük, Özbaşaran *et al*., 2018 ; Boncuklu, Baird *et al*., 2018) ou à Chypre (*i.e*. Schillourokambos, Guilaine *et al*., 2011).

Dans l'aire égéenne, plusieurs sites ont été étiquetés comme mésolithiques (Sampson, 2014 ; Carter *et al*., 2016 ; Atakuman *et al*., 2020). Cependant la contextualisation des données est souvent problématique, les dates font totalement défaut et la lecture des artefacts eux-mêmes peut être parfois discutée. La présence de microlithes géométriques, et plus particulièrement de segments, récurrente sur plusieurs sites égéens, a souvent été prise comme argument d'une datation mésolithique. Néanmoins, ces armatures peuvent renvoyer à des contextes plus anciens, épipaléolithiques, de la fin du Dryas récent, comme l'indiquent les données et les dates de Limnos – Ouriakos (Efstratiou *et al*., 2013a) et de Franchthi – phase lithique VI (Perlès, 1987).

La plupart des sites datés du Mésolithique égéen se placent au stade ancien, entre le début du X^e^ et la fin du VIII^e^ millénaire AEC (Greenlandien cf. Pré-Boréal et Boréal), soit dans l'intervalle chronologique du PPN : Franchthi (Perlès, 1990 et 2001), Gioura – Cyclops (Sampson, 1998 et 2008), Kythnos – Maroulas (première moitié du IX^e^ millénaire AEC, Facorellis *et al*., 2010 ; Sampson *et al*., 2010 ; Sampson, 2014 ; Katsianis *et al*., 2020), Kalambaka – Theopetra (Kyparissi-Apostolika, 2000 et 2003). La présence d'habitations circulaires semi-enterrées à Kythnos – Maroulas constitue actuellement une des rares pistes permettant de suggérer des interactions ou communautés de pratiques entre l'Égée, l'Anatolie et le Levant au cours du IX^e^ millénaire AEC.

Deux contextes de la fin du Mésolithique, datés sur charbons avec de potentiels effets vieux-bois, couvriraient la période 1A et les débuts de 1B : Franchthi – 169-166 entre 7020 et 6800 AEC (*DS-1A*, *B031-FRN* ; Perlès *et al*., 2013) et Sarakinos – 4, entre 7030 et 6760 AEC (*DS-1A*, *B021-SRK* ; Kaczanowska *et al*., 2016). Il faut ajouter à cela la sépulture de Theopetra – H6, située au sommet de la séquence mésolithique, et qu'une date directe par AMS place dans le courant de l'étape 1A (*DS-1A*, *B043-THP*, Kyparissi-Apostolika, 2000).

À Gioura – Cyclops, où la deuxième phase mésolithique couvrirait la plus grande partie du VIII^e^ millénaire, les dates directes obtenues sur des dents de caprinés attribuées au Mésolithique final (*DS-1A*, *B042-CYC* ; Trantalidou, 2014 ; Katsianis *et al*., 2020) renverraient aux étapes 2B-2C, soit à la fin du « Néolithique ancien » selon la chronologie grecque, et, au-delà, au « Néolithique moyen » (3A) tandis que les unités, attribuées à la « transition » Mésolithique/Néolithique et supposées plus récentes, se placent dans le courant des étapes 1C, en parallèle avec le « Néolithique initial » de Franchthi, puis couvrent la plus grande partie de la période 2. Il faut donc en conclure que le sommet de la stratigraphie de cette grotte est particulièrement perturbé et que ces données ne peuvent donc pas contribuer à éclairer la nature des derniers épisodes du Mésolithique.

Dans le sud-est de l'Albanie, l'hypothèse d'un établissement néolithique très ancien à Sovjan – 13 (*DS-1A*, *C011-SVJ* ; Lera et Touchais, 2002 ; Lera *et al*., 2007) ne peut être retenue en l'état actuel de la documentation ; en effet cet horizon sans céramique, sans mention d'espèces domestiques et dont les assemblages lithiques ne sont pas décrits, se place dans le courant de l'étape 1A.

Symétriquement, en l'état actuel de la documentation, on ne connaît pas de trace fiable d'installation néolithique contemporaine de l'étape 1B, ni *a fortiori* 1A, en Crète, dans le Péloponnèse, en Thessalie, en Macédoine ou dans l'est de l'Albanie, pas plus qu'il n'y a trace dans ces régions, d'installations mésolithiques connues et datées de façon fiable au cours de l'étape 1C.

Tout cela ne donne donc pas beaucoup de matière à débat sur les interactions entre les premiers fermiers du PN et d'introuvables chasseurs-collecteurs de la fin du Mésolithique. Seuls certains aspects de continuité des industries et de la parure, entre le Mésolithique final et le Néolithique initial de Franchthi, permettent aujourd'hui de plaider en faveur de ces interactions (Perlès, 2001 et 2021).

L'émergence des groupes à céramiques à motifs colorés, période 2, 6500-6050 AEC

D'une manière générale, et au-delà des apparences, le développement des décors engobés en rouge, de teinte rouge ou sombre sur engobe blanc ou sur surface claire homogène, ou encore peints en blanc sur engobe rouge, porte la marque d'un changement technique significatif, notamment pour ce qui concerne le contrôle des températures et des atmosphères de cuisson.

La distinction formelle entre poterie engobée (notamment en rouge) et poterie à motifs peints est délicate (par ex. Reingruber, 2017). En effet la visibilité de ces derniers dépend fortement de l'obtention préalable d'une teinte homogène susceptible d'être obtenue notamment (mais pas uniquement) par engobage. En outre il existe, par exemple à Hacılar (obs. pers. D. Binder), des motifs réalisés en négatif ou par grattage de l'engobe postérieurement à sa pose (voire à la cuisson). Il existe donc une très large gamme de procédés de décor coloré,

insuffisamment étudiée (par ex. Dzhanfezova *et al*., 2014 et 2020). La notion de motif peint utilisée ci-après s'entend donc au sens le plus large, incluant les décors en négatif ou sur engobes grattés (généralement non décrits).

Le développement des céramiques portant des motifs colorés se produit aux cours de la période 2 (6500-6050 AEC). Ce phénomène est particulièrement marqué dans le Sud-Ouest anatolien, dans la région des lacs (Duru, 2012), à Hacılar (IX-VI, *DS-1A*, *A042-HCL*), Höyücek (*shrine-phase*, *DS-1A*, *A042-HYC*) et Bademağacı (EN2, *DS-1A*, *A041-BDM*). Les données archéologiques et le radiocarbone ne permettent cependant pas d'opérer une sériation interne suffisamment fine entre les étapes 2A, entre 6500 et 6350 AEC, et 2B, entre 6350 et 6200 AEC. D'une manière générale, en raison d'une configuration défavorable de la courbe de calibration amplifiée par un nombre insuffisant de dates, il faut considérer dans un même ensemble les étapes 2A et 2B.

Les décors peints et engobés sont bien attestés en Cilicie (Yumuktepe – 3, *DS-1A*, *A021-YMK*), au cours de l'étape 2B, voire dès la fin de 2A, et sur le Moyen Euphrate turc (Mezraa – IIB, *DS-1A*, *A011-MZR*) où ils sont également associés à de nombreux décors imprimés, au cours de l'étape 2B.

À Çatalhöyük-East où la chronologie interne est particulièrement détaillée, les engobes rouges apparaissent sporadiquement dans la phase Mellaart VI, susceptible de correspondre à l'étape 2A, puis les motifs peints dans les niveaux sommitaux, Mellaart – IV-I, correspondant probablement à l'étape 2B (*DS-1A*, *A031-ÇTL* ; Özdol, 2012 ; Rosenstock *et al*., 2019).

Sur le littoral égéen de la Turquie, la situation n'est pas très claire à Ulucak – Ve-Vc et à Yeşilova – III.7, car comme c'est souvent le cas une teinte uniformément rouge des poteries n'implique pas nécessairement la pose d'un engobe. À Ulucak en effet, la position stratigraphique des premières poteries peintes en rouge sur blanc n'est pas précisément calée (phase Vd ou postérieure, soit l'ensemble de la période 2 ; Çevik et Vuruskan, 2020). En revanche, à Uğurlu – V, la pratique de l'engobage en rouge, déjà connue au cours de l'étape 1C, se poursuit au cours de l'étape 2A (*DS-1A*, *A052-UĞU*).

À l'est de la Marmara, les styles céramiques divergent nettement de ceux de la zone occidentale avec la formation/consolidation du style de Fıkırtepe, marqué notamment par le développement de la décoration incisée et incrustée (Aktopraklık – C, *DS-1A*, *A061-AKT* ; Barcın – VId, *DS-1A*, *A061-BRC*) ; il n'est pas fait mention explicite d'engobage et encore moins de motifs peints qui apparaîtront beaucoup plus tard. À Hoca Çeşme, phase IV, des engobes rouges sont signalés dans un contexte dominé par les poteries brunissées (Özdoğan, 2013) mais leur position chronologique n'est pas fixée car, au vu des dates assez imprécises actuellement disponibles cette phase IV couvre l'ensemble de la période 2.

Pour la Macédoine orientale, les premières installations néolithiques identifiées uniquement par carottages à Dikili Tash se placent également indistinctement au cours des étapes 2A/2B (*DS-1A*, *B051-DKL*) ; l'aspect des productions céramiques n'y est cependant pas identifié.

En Macédoine occidentale, l'horizon à céramique « monochrome » de Mavropigi – 1 se développerait principalement au cours de l'étape 2A, et il faut attendre Mavropigi – 2 au cours de l'étape 2B (*DS-1A*, *B071-MVR*) pour observer le développement conjoint des céramiques imprimées, engobées et peintes (en blanc sur rouge, rouge sur blanc et polychrome) dans des conditions qui restent à affiner (Bonga, 2017 et 2019). Cette dernière phase est à mettre en parallèle avec les débuts de Nea Nikomedeia.

À Paliambela 2 (fosse 629) les céramiques peintes en rouge seraient présentes dès l'étape 2A, toujours avec une réserve concernant la justesse des dates sur os brûlé, l'étape 2B correspondant à une lacune dans l'occupation de ce site (*DS-1A*, *B062-PLM* ; Urem-Kotsou *et al*., 2017 ; Bonga, 2019 ; Katsianis *et al*., 2020).

À Revenia (*DS-1A*, *B062-RVN*), la seconde phase d'habitat datée principalement des étapes 2A et 2B, présente des ensembles céramiques mixtes, engobés, peints et imprimés ; il faut cependant attendre une sériation plus fine de la céramique pour en percevoir les tendances évolutives.

Une date isolée, par AMS sur charbons (Beta-98971 ; 7360 ± 50 BP) provenant des niveaux de base de Megalo Nisi Galanis place de façon peu précise mais probablement dès l'étape 2B un petit assemblage céramique, associant impressions digito-unguéales et motifs peints en blanc sur rouge et en rouge sur blanc (Fotiadis *et al*., 2019).

Il reste par ailleurs que la sériation chronologique des aspects à céramique monochrome (*Early Ceramic*) puis peinte et imprimée (*Proto-Sesklo* et *Pré-Sesklo-Magulitsa*) n'est pas assurée en Thessalie. Les jeux de dates obtenues pour les sites-clé comme Achilleion (Gimbutas *et al*., 1989), Argissa (Reingruber, 2008) et Sesklo (Wijnen, 1981) manquent de justesse en regard des matériaux datés et/ou de précision en regard des méthodes de comptage radioactif mises en œuvre. Le site d'Argissa n'est pas correctement daté (*DS-1A*, *B041-ARG*) ; en revanche, le début du PN pourrait coïncider avec l'étape 2A à Sesklo (*DS-1A*, *B042-SSK*) et avec 2B à Achilleion (*DS-1A*, *B041-ACH*). En l'état actuel des données, il n'y a pas d'argument pour placer le Néolithique thessalien antérieurement à celui de Macédoine occidentale et centrale. En Argolide (Franchthi FCP1), l'âge des premières installations du PN (*rainbow ware* ; Vitelli, 1993 ; Perlès, 2001) reste peu clair, pour les mêmes raisons. En Grèce centrale, les aspects de céramique monochrome *lato sensu* semblent perdurer par hypothèse à Sarakinos 2 au cours des étapes 2A/2B (*DS-1A*, *B021-SRK*) sans plus de précision, mais le matériel céramique est indigent pour ces niveaux.

Entre le Levant et l'Égée, rares sont les sites précisément datés au sein desquels il est possible d'identifier une phase spécifique correspondant à l'étape 2C, entre 6200 et 6050 AEC. Font exception : Yumuktepe – 4 en Cilicie (*DS-1A*, *A021-YMK*), Kuruçay – 13-11 dans la région des lacs (*DS-1A*, *A042-KRÇ*), Ege Gubre – IV sur la façade

orientale de l'Égée (*DS-1A*, *A051-EGE* ; avec une lacune apparente de l'occupation à Uğurlu) et Mavropigi – 3 en Macédoine occidentale (*DS-1A*, *B071-MVR*). Pour bien des sites, il est difficile, au vu des dates et des données relatives à un phasage interne des occupations, de dissocier cette étape de la précédente ; c'est notamment le cas pour Çatal Höyük - East chantier TP (bâtiments 73-61, *DS-1A*, *A031-ÇTL*), Höyücek (fin de la *shrine phase*, *DS-1A*, *A042-HYC*), Bademağacı (fin de la phase EN2, *DS-1A*, *A041-BDM*), Ulucak (fin de la phase V ; *DS-1A*, *A051-ULU*), Barcın (fin de la phase VId ; *DS-1A*, *A061-BRC*) ou Nea Nikomedeia (fin de la phase EN ; *DS-1A*, *B061-NNK*).

Les premières évidences de la diffusion du PN vers le nord et l'ouest, période 2, 6500-6050 AEC

Dans le sud-ouest de la Bulgarie, aux confins de la Macédoine et au sein-même de cette région historique (Demoule, 2009), c'est à Kovačevo – 1A que les premières manifestations du Néolithique, avec productions céramiques à décors peints en blanc sur rouge, sont les mieux calées par le radiocarbone à partir de 6190 AEC, soit au cours de l'étape 2C (*DS-1A*, *D011-KVČ* ; Lichardus-Itten, 2009).

Pour la Macédoine du nord, on ne dispose pas de jeux de données répondant aux exigences actuelles en termes de longévité des échantillons datés et de résolution des mesures (Whittle *et al*., 2002 et 2005). De potentiels assemblages à céramique « monochrome » (par ex. Pešterica, Zlastrana ; Naumov, 2015) ne sont pas datés. Au sein de l'horizon à céramique peinte en blanc sur rouge, une analyse stylistique fine permet de distinguer les aspects du sud-ouest (en Pélagonie par ex. Veluška Tumba, Mogila), du nord-ouest (région de Polog, par ex. Stenče) et du nord-est (région d'Ovče Pole, par ex. Amzabegovo, Čuka ; Naumov, 2015). Toutefois, la chronologie de ces faciès n'est pas précisément établie, et particulièrement celle d'*Amzabegovo-Vršnik I*, à céramique peinte associée aux décors d'impressions et de barbotine (Gimbutas, 1974c et 1976) ; un âge voisin de celui de Kovačevo – 1A est vraisemblable mais non assuré.

Dans toute la partie orientale de l'Albanie les premières manifestations du Néolithique (par ex. Podgorie, Rajcë, Vashtëmi, Vlushë) s'articuleraient avec celles de Macédoine grecque occidentale et de Macédoine du nord, tandis que les sites les plus occidentaux (par ex. Blaz, Katundas, Konispol, Nezir) sont généralement rapprochés de l'Impressa du littoral adriatique (Korkuti, 2007 ; Bunguri, 2014 ; Andoni, 2018).

Les assemblages à céramique « monochrome », tel Vlushë, aux affinités supposées avec les Balkans centraux et méridionaux (Bunguri, 2014), ne sont cependant pas datés et se rapportent probablement à une étape beaucoup plus avancée du Néolithique (Demoule, 2009).

En revanche, les séries céramiques de Podgorie – 1A (*DS-1A*, *C011-PDG*) et Vashtëmi (*DS-1A*, *C011-VSH*) présentent des assemblages dominés par la céramique engobée en rouge avec une part significative de décors en blanc sur rouge qui coexistent avec deux aspects d'*Impressa* (« *devollite* » et « adriatique ») et accessoirement la barbotine. Toutefois ces deux sites se distinguent en raison de la fréquence plus soutenue de décors en rouge sur blanc et la présence de décors polychromes à Podgorie. Ces assemblages présentent de fortes analogies avec ceux de Macédoine occidentale, notamment Mavropigi – 2-3. D'après la stratigraphie de Podgorie, ces aspects précèdent les assemblages plus classiques, d'affinités *Starčevo*, tel Pogradec, à barbotine dominante (Ruzi, 2012 ; Bonga, 2017 et 2019 ; Andoni, 2017).

Les dates qui placent les débuts de Vashtëmi aux cours des étapes 1C à 2B (Allen et Gjipali, 2013 et 2014 ; Gjipali, 2017) sont d'interprétation difficile faute de détails sur les contextes et les matériaux datés, mais on peut supposer qu'*a minima* cette occupation se situe dans le courant de l'étape 2B (*DS-1A*, *C011-VSH*), en correspondance avec Mavropigi – 2-3 (*DS-1A*, *B071-MVR*).

Pour la Serbie, en complément des données réunies par A. Whittle et ses collègues (Whittle *et al*., 2002 et 2005), un important jeu de dates par AMS, principalement sur collagène osseux d'animaux déterminés a été obtenu à Bristol dans le cadre du programme BIRTH (Porčić *et al*., 2020a et 2020b). Les données contextuelles des sites récemment fouillés et leurs attributions à différents aspects du *Proto-Starčevo/Starčevo/Criș* ne sont pas détaillées dans ces publications et seul un bref aperçu en est donné sur le site web du projet (https://www.ercbirth.com/sites/). Aller dans les détails de la contextualisation nécessiterait des développements qui n'ont pas leur place dans ce chapitre et seuls les résultats des modélisations bayésiennes réalisées avec ChronoModel pour les sites les mieux documentés ont été présentés ci-après.

Ces modèles indiquent très clairement que les premières implantations néolithiques se situent au cours de l'étape 2C au sud du Danube, dans le sud-est (par ex. Crnoklište, *DS-1A*, *F011-CRN*) et le centre de la Serbie (par ex. Poljna Blagotin, *DS-1A*, *F021-BLG* ; Međureč, *DS-1A*, *F022-MĐR* ; Zmajevac, *DS-1A*, *F023-ZMJ* ; Bataševo, *DS-1A*, *F024-BTŠ*). En revanche les premiers sites de Voïvodine, à l'ouest de la Tisza et au nord du Danube, ne s'établiraient qu'au cours de l'étape 3A (*DS-1A*, *F 04*). Ces résultats sont parfaitement en ligne avec le modèle publié par M. Porčić et ses collaborateurs [(9)].

Dans la région des Portes de Fer, l'hypothèse d'une exploitation de la carrière de malachite de Rudna Glava en Serbie (*DS-1A*, *F031-RGL*) au cours du *Proto-Starčevo* (Reingruber et Thyssen, 2016), soit au cours de l'étape 2C, est plus difficile à envisager au vu du contexte : *i.e.* puits de mine 4F avec des dates fortement divergentes et des suspicions de contaminations (Borić, 2009 et *infra*) ; néanmoins cette mesure isolée s'intègrerait bien au jeu de dates récemment publié (Porčić *et al*., 2020a).

Toujours dans les Portes de Fer, plusieurs sites majeurs (par ex. Lepenski-Vir, Padina, Vlasac et Hajdučka vodenica en Serbie et Icoana, Ostrovul Mare, Schela Cladovei en Roumanie) couvrent une grande partie de l'Holocène, entre le Mésolithique ancien à partir de c. 9700 AEC et le

Starčevo-Criş à partir de c. 6000 AEC (Dinu *et al*., 2007 ; Borić, 2011 ; Boroneanţ et Bonsall, 2013). À Icoana, l'attribution au *Criş* – 1 (Reingruber et Thyssen, 2016) d'une date susceptible de s'inscrire dans l'étape 2C du *PN* (AA-65563, 7245±62 BP), résiste difficilement au constat des perturbations profondes de la stratigraphie (Dinu *et al*., 2007). En Pannonie, les sites mésolithiques les plus récemment datés par AMS s'inscrivent tous dans le courant du VIII[e] millénaire, au Mésolithique ancien (Živaljević *et al*., 2021).

C'est à Lepenski-Vir que la chronologie est la plus rigoureusement établie, notamment pour la transition Mésolithique/Néolithique (phase LVR I-II) qui s'étend de la fin de l'étape 2B au début de l'étape 3A (*DS-1A*, *F031-LVR*). En regard du Mésolithique ancien qui précède, cette phase présente un renouvellement des techniques de traitement des matières dures animales, des modes architecturaux et des systèmes symboliques qui sont imputés à l'arrivée de populations néolithiques identifiées par ailleurs par la génétique (Borić *et al*., 2018 ; Mathieson *et al*., 2018). On peut admettre qu'il s'agit là des marques d'un véritable syncrétisme culturel résultant d'un métissage biologique. D'après les modèles bayésiens, le début de la phase architecturale de Lepenski-Vir – I-II se placerait vers 6330 AEC et pourrait précéder la généralisation des implantations néolithiques entre la Macédoine du nord et la rive droite du Danube. L'horizon LVR III, avec davantage d'éléments néolithiques caractérisés (céramique *Starčevo* décorée d'impressions et de cordons spiralés, animaux domestiques) se place à la fin de l'étape 3A.

D'une manière générale, l'essentiel de l'horizon *Starčevo-Criş*-Körös, avec une large extension géographique intégrant la Pannonie dans son ensemble, se place au cours les premiers siècles du VI[e] millénaire (Whittle *et al*., 2002 ; Biagi et Spataro, 2005 ; Karmanski, 2005), soit à partir de l'étape 3A.

Cette chronologie semble également pertinente pour la Croatie continentale (par ex. Slavonski Brod – Galovo ; Minichreiter et Krajcar Bronić, 2006) où les premiers aspects, dits « pré-classiques » du Complexe *Starčevo* sont attestés sur la base de la périodisation établie par S. Dimitrijević (Dimitrijević, 1979 ; Minichreiter, 2007). Une date par comptage ß, très haute et à très large écart type (Z-2924, 7620 ± 140 BP), provenant d'un puits de Zadubravlje-Dužine (Minichreiter, 1998), diverge significativement des autres dates du site et ne peut être considérée en l'état actuel.

Vue d'ensemble des dynamiques dans la zone égéo-anatolienne au cours du VII[e] millénaire

Au vu des données chronométriques récentes, les rythmes de la diffusion du Néolithique proche-oriental vers l'Égée et les Balkans, et la nature des entités culturelles qui en sont responsables, peuvent être réinterrogés.

En premier lieu, la question de la nature et de l'origine des premières implantations néolithiques égéennes reste largement ouverte. Si la présence de quelques tessons à Çukuriçi – XIII a pu conduire plusieurs auteurs (Horejs *et al*., 2015 ; Reingruber, 2011 et 2015) à réfuter l'hypothèse d'une vague « acéramique » du Néolithique initial (*contra* Perlès, 2001), les nouvelles dates obtenues pour Ulucak – VI où la poterie est totalement absente, confortent cette dernière proposition. Qu'elles soient acéramiques ou céramiques à bas-bruit, ces premières manifestations du Néolithique égéen se situeraient au cours de ou définiraient l'étape 1A.

Plusieurs paradoxes peuvent néanmoins être soulignés. La récurrence des productions lamellaires par pression qui caractérisent les premiers assemblages lithiques néolithiques égéens à l'exception de Knossos (Milić et Horejs 2017 ; Guilbeau *et al*., 2019), tout comme l'absence d'armatures bifaciales de projectiles, constituent des arguments pour suggérer un lien avec la Cilicie (Altınbilek-Algül, 2011) ; or, l'insertion de Yumuktepe – 1 au sein de cette même étape 1A n'est pas totalement assurée.

Actuellement, il n'existe guère d'alternative solide à ce schéma dès lors que les interactions avec l'hinterland anatolien sont peu probables. Les débitages par pression bien caractérisés au PPNB ancien entre les hautes vallées mésopotamiennes et la Cappadoce (Binder, 2007) ne sont attestés ni au cours des derniers aspects du PPN centre-anatolien, étape 1A, ni au cours de premiers horizons céramiques qui leur font suite à partir de 1B (Çatal Höyük - East, Carter *et al*., 2005 ; Musular, Kayacan, 2003). Les productions prismatiques standardisées ne réapparaissent probablement pas avant l'étape 1C. De même à Barcın, l'industrie lithique lamellaire semble également débitée par pression, peut-être dès l'étape 1C si l'on accepte les dates sur charbons de la phase VIe (Gerritsen *et al*., 2013b).

Quant aux industries associées à de potentiels horizons plus anciens, étapes 1A/1B, dans la région des lacs (Bademağaci voire Hacılar), on peine à en trouver la description détaillée. De même, les connexions possibles avec la mer Noire, la plaine russe et la mer Caspienne, où la pression est largement mise en œuvre par les derniers chasseurs-collecteurs (par ex. Biagi et Kiosak, 2010), ne sont pas correctement jalonnées ; en effet l'industrie d'Ağaclı, régulièrement convoquée pour illustrer le Mésolithique de la Marmara (Gatsov, 2007) provient de récoltes de surface par ailleurs mélangées (par ex. armatures de flèches de l'âge du Bronze ; obs. pers. D. Binder).

Ces éléments plaideraient en faveur d'une diffusion depuis la mer Levantine vers la mer Égée en contournant le plateau anatolien, mais aussi en faveur d'une diffusion très rapide, au cours des étapes 1A (entre 7050 et 6850 AEC) et 1B (entre 6850 et 6650 AEC). Dans ce contexte la large distribution de l'obsidienne milienne dans la plupart des sites égéens (Perlès, 2001 ; Milić et Horejs, 2017 ; Reingruber, 2018 ; Guilbeau *et al*., 2019) illustre les interactions opérées entre les différents éléments d'un réseau.

Même si sa contribution quantitative est faible, la céramique à décoration imprimée constitue une caractéristique des tous premiers assemblages du Néolithique céramique (PN) du Levant, certainement au cours de l'étape 1B (à partir de c. 6850 AEC), plus hypothétiquement au cours

de la période précédente ; il s'agit cependant d'une composante mineure des productions céramiques brunissées (*Dark Faced Burnished Wares* ou DFBW) à dégraissant minéral (Balossi Restelli, 2017 ; Caneva, 2012 et ce volume). En l'état actuel des données, sa diffusion semble limitée, possiblement sous forme d'importations (par ex. Tepecik en Anatolie centrale, Godon, 2008) et dans ce cas dans le cadre de réseaux d'interaction bien matérialisés par ailleurs par les circulations d'obsidienne. Cependant, il n'existe pour l'heure aucune possibilité de connexion entre l'expression levantine de ce phénomène et ce que l'on observe en contexte égéen.

Les premiers développements de la céramique autour de l'Égée se placent au cours de l'étape 1C (entre 6650 et 6500 AEC) dans la zone littorale orientale (Çukuriçi – XII, Uğurlu – VI-1) ; sur ce dernier site, l'assemblage céramique caractérisé par la présence d'engobes rouges, semble bien daté, sur des matériaux à faible longévité. C'est également le cas en Macédoine grecque à Revenia.

La situation est un peu moins claire dans l'hinterland turc à l'est de la Marmara (Barcın) ou sur les autres sites de Macédoine occidentale et centrale (Mavropigi, Paliambela) en raison du fait que la plupart des dates qui permettraient l'attribution des sites à cette étape sont obtenues sur charbons indéterminés avec un effet vieux-bois potentiel. En outre les sites de la région des lacs potentiellement occupés au cours de cette étape ne sont pas datés.

D'après les données disponibles, la chronologie relative d'apparition des céramiques à motifs peints, entre le sud-ouest de l'Anatolie (région des lacs) et le nord-ouest de l'Égée (Macédoine *lato sensu*) au cours des étapes 2A ou 2B, n'est pas totalement assurée. L'hypothèse de deux centres d'innovation indépendants que la discontinuité géographique des deux phénomènes pourrait suggérer, reste difficile à plaider.

Si l'on accepte les modèles chronologiques proposés ici, on peut faire l'hypothèse que dans le nord-ouest de l'Égée, l'apparition des céramiques imprimées ou décorées à la barbotine est synchrone de celle des céramiques peintes et/ou à engobes colorés dès les étapes 2A et 2B (entre 6500 et 6200 AEC). Ce phénomène n'est observé dans un premier temps qu'en Macédoine occidentale et centrale (par ex. Revenia – 2, Mavropigi – 2, Palliambela – 2, Megalo Nisi Galanis) et, plus hypothétiquement compte tenu de la qualité discutable des dates, dans le sud-est de l'Albanie (Vashtëmi, Podgorie). En revanche, la céramique imprimée reste absente au cours de l'étape 2B, dans la région turque des lacs, où la poterie engobée et peinte est associée à des décors plastiques.

La coprésence de céramiques imprimées et peintes, peut donc être perçue comme une signature occidentale, « macédonienne ».

Au cours de l'étape 2C (entre 6200 et 6050 AEC), les assemblages mixtes, à céramiques peintes, imprimées ou décorées à la barbotine accompagnent la diffusion du Néolithique dans les Balkans centraux : en Bulgarie (Kovačevo – 1A), probablement en Macédoine du nord (par ex. Amzabegovo, en dépit de l'absence de dates fiables) et certainement au-delà, en Serbie, au sud du cours du Danube (par ex. Crnokliště, Blagotin, Bataševo). Les modalités d'insertion dans cette chronologie des aspects successifs du Néolithique le plus ancien de Thessalie restent problématiques faute de dates fiables et précises mais la tendance générale plaiderait pour le cadrage de *Proto-Sesklo/Pré-Sesklo-Magulitsa* au sein des étapes 2B-2C.

Sur le littoral oriental de l'Égée, les ensembles mixtes, imprimés et peints, n'apparaîtraient qu'au cours de l'étape 2C (Ege Gübre-4-3) pour ne se développer significativement qu'à partir de la période 3A (Ulucak-Va puis IV, Uğurlu-IV, probablement Yeşilova-III.2.1). Les occurrences de céramique imprimée dans la région des lacs (par ex. Höyücek) semblent également tardives (Çilingiroğlu, 2010). L'hypothèse d'un effet de *feed back* depuis le nord-ouest vers l'est de la mer Égée au cours d'une étape avancée du Néolithique peut être envisagée. La présence d'une proportion significative de céramique imprimée à Kovačevo-1A (un tesson imprimé pour deux tessons peints, Salanova, 2009) serait de ce point de vue cohérente avec l'inscription de ce site au sein de l'étape 2C, et au-delà le *Karanovo* au sein de la période 3, dans cette dynamique d'origine occidentale et non dans la continuité des implantations de la Marmara et de Thrace, *i.e*. Hoca Çeşme, telle qu'elle a parfois été plaidée (Nikolova, 2007).

Dès la période 2B (6350-6200 AEC), les assemblages céramiques macédoniens présentent une forte complexité apparente, illustrée par diverses combinaisons de décors imprimés ou à la barbotine, d'engobes rouge ou blancs et de motifs peints dans les mêmes tonalités. Dans ce contexte, l'opposition entre deux composantes du Néolithique « ancien » – à céramique imprimée vs à céramique peinte – peut sembler surfaite et les entités chronoculturelles polymorphes qui suivront principalement à partir de l'étape 3A – *Starčevo, Criş, Körös* – semblent décliner cette complexité initiale.

La sériation du Complexe *Proto-Starčevo/Starčevo* en trois étapes (*Monochrome-Linear A* ; *Linear B-Girlandoid* ; *Spiraloid A-B*) telle qu'elle a été initialement définie (Dimitrijević, 1979 ; Srejović, 1988) n'a probablement pas pris suffisamment en compte la diversité des assemblages de l'étape pré-classique (*Monochrome-Linear A*) qui pourrait notamment s'expliquer par sa longue durée. Ainsi, au sein des assemblages les plus anciens, la céramique imprimée est parfois prépondérante, comme à Kovačke Njive dans le sud de la Serbie où elle représente 83 % du corpus décoré, région dans laquelle son déclin au profit de la barbotine semble constituer un marqueur chronologique robuste (Vuković et Svilar, 2016).

Dans la basse vallée de la Struma/Strymon les différences observées entre les composantes décoratives (par ex. Kovačevo *vs* Kraïnici) vont de pair avec des contrastes, sans doute plus fondamentaux, observés entre les méthodes de façonnage des vases (Salanova, 2014 et 2019 ; Gomart, sous presse).

Les écarts apparents entre les connaissances et savoir-faire mobilisés pour la production des céramiques

imprimées et barbotinées d'une part, engobées et à motifs peints d'autre part, suggèrent que les variabilités observées entre les assemblages aient pu être socialement déterminées (répartition différenciée des spécialistes, accès différenciés aux réseaux, etc.).

DERNIERS CHASSEURS-COLLECTEURS ET DIFFUSION DE LA CÉRAMIQUE IMPRIMÉE EN MÉDITERRANÉE CENTRALE ET OCCIDENTALE

Dernières manifestations du Mésolithique micro-laminaire et premières industries à trapèzes, période 1, 7050-6500 AEC

Différents aspects du Mésolithique ancien, *i.e.* des industries à éclats et/ou à composante micro-lamellaire, perdurent entre les Balkans orientaux et le Languedoc méditerranéen au cours de la période 1, avant la mise en place du Complexe à lames et trapèzes et du Néolithique céramique.

À l'est de l'Adriatique, les industries à composante micro-lamellaire de Nikšić – Vrbička au Monténégro (*DS-1B, A030-VRB*) se placent avec une bonne confiance au cours de l'étape 1A dans un contexte où la parure mésolithique (*i.e. Rutilus* sp.) renvoie à celle des Portes de Fer (par ex. Vlasac ; Borić et Cristiani, 2019). Dans l'ensemble de la péninsule italienne, les données radiométriques fiables font en revanche défaut pour ces horizons (Lo Vetro et Martini, 2016), si l'on excepte une date sur reste humain isolé, associé à une industrie à lamelles à dos et géométriques triangulaires, à la grotte de l'Uzzo (F16) en Sicile, qui se place de façon imprécise du fait de son unicité dans le courant de la période 1 (*DS-1D, C024-UZZ*).

Dans les Alpes et la vallée du Rhône, les tout derniers aspects du Sauveterrien (Montclusien) sont bien documentés et très bien calés à la grotte Lombard, étape 1A (*DS-1G, D021-LMB*), à la Grande Rivoire, étapes 1A-1B (*DS-1G, D043-GRI*) et à Montclus – C18, étape 1B (*DS-1G, D031-BAU*). Au Pas de l'Échelle, le Sauveterrien final, encore bien établi au cours des étapes 1A à 1C, semble perdurer jusqu'au début de 2A (*DS-1G, D043-PEC*). Plus à l'est dans le Trentin, l'horizon sauveterrien de Borgonuovo – Mezzocorona (*DS-1B, A091-BRG*) se situerait au cours de l'étape 1C, avec cependant une mesure unique.

L'apparition des armatures trapézoïdales, ou plutôt leur réapparition, si l'on considère notamment l'Épigravettien final (Peresani *et al.*, 2000) ou plus tard le Mésolithique récent et final égéen (Perlès, 1990 et 2001), est envisagée pour trois contextes datés de la période 1.

La plus ancienne occurrence est donnée par la grotte de l'Edera – 3B dans le Karst triestin (*DS-1B, A071-EDE*) avec une date qui centre cet horizon sur l'étape 1A ; deux autres mesures par comptage radioactif sur charbons vont dans le même sens. Cependant, l'industrie lithique de ce niveau, micro-lamellaire, à triangles scalènes allongés et pointes de Sauveterre ne se distingue de celle de l'horizon antérieur 3C que par la disparition des triangles isocèles et la présence de trois trapèzes symétriques sur lamelles (Biagi *et al.*, 2008). Compte tenu de l'importante lacune chronologique, de l'ordre d'un millénaire, enregistrée entre 3B et le Néolithique (ou Castelnovien néolithisé) de 3A (*infra*), il est parfaitement possible d'envisager que 3B puisse correspondre à un palimpseste associant à un Sauveterrien final « classique » de rares témoins d'une occupation castelnovienne postérieure. Dans ce cas, la situation observée à l'Edera – 3B peut être similaire à celle qui a été décrite pour Montclus – C16-C15 (*DS-1G, D031-BAU*) où les trapèzes et les lamelles prismatiques apparaissent en faible nombre au cours de l'étape 1C, et sont considérés comme des éléments intrusifs dans un contexte sauveterrien final en tous points similaire à celui de l'horizon antérieur C18 (Perrin et Defranould, 2016).

Au nord du Monténégro, les industries d'Odmut (unités IA-IB puis XA), placées principalement dans le courant de l'étape 1C grâce à des datations directes sur des têtes de harpons en bois de cervidés (*DS-1B, A030-ODM*), ont été qualifiées de castelnoviennes ou para-castelnoviennes (Kozłowski, 2009) à raison de la présence constante de trapèzes symétriques dans ces niveaux puis, en fin de séquence (XA), de lamelles encochées (cf. Montbani). Il subsiste cependant un doute quant à l'intégrité de cet ensemble dont les termes sommital et moyen (respectivement XA et IB) livrent des éléments clairement néolithiques (*i.e.* céramique, faune domestique ; Kačar, 2019a).

Il ressort de cet examen que si l'émergence d'industries susceptibles de se rapporter au Complexe à lames et trapèzes est plausible au cours de la période 1, entre 7050 et 6500 AEC, elle n'est pas assurée pour autant si l'on considère les incertitudes relatives à l'intégrité des dépôts qui les contiennent. Elle le serait davantage – *a minima* pour l'étape 1C – si l'on considérait les têtes de harpons comme partie intégrante du package castelnovien ; or, cette hypothèse doit être considérée avec beaucoup de réserves si l'on tient compte des morphologies (et probablement des méthodes de façonnage) différentes entre les harpons d'Odmut (Cristiani et Borić, 2016) et ceux du Castelnovien (Mondeval, Fontana *et al.*, 2020) voire du Néolithique (par ex. Gaban, Pedrotti, 1998 ; Dos de la Forca, Bagolini *et al.*, 1987b) dans les Alpes italiennes.

En Espagne, à la Cocina (Pays valencien), le premier horizon à trapèzes, A0, est daté entre 7030 et 6640 AEC, à partir d'une mesure fiable. Cependant cette dernière, isolée et donc peu précise, couvre pratiquement toute la période 1 (García Puchol *et al.*, 2018b).

L'hypothèse d'une diffusion à bas bruit, mais dans une vaste région – des Balkans orientaux à la péninsule Ibérique – du concept ou des concepteurs mésolithiques d'industries lithiques à lames et trapèzes au cours de la première moitié du VII^e^ millénaire rester donc ouverte. En outre, il reste à démontrer que l'apparition des premiers trapèzes accompagne bel et bien celle des techniques de débitage par pression ou percussion indirecte qui

caractérisent les différents aspects du techno-complexe BTC.

Plein-développement du Castelnovien, période 2, 6500-6050 AEC

Dans les Balkans occidentaux et sur les côtes orientales de l'Adriatique (fig. 16), les assemblages à lames et trapèzes, analogues au Castelnovien, bien calés chronologiquement sont exceptionnels (Kačar, 2019a et 2020). Il s'agit pour l'essentiel de Crvena Stijena – L2 (étape 2A ; *DS-1B, A030-CRV*) au sud du Monténégro et de Lim-001 (*DS-1B, A056-LIM*) en Istrie, qui se place au cours des étapes 2A/2B [(10)] sur la base d'une date par AMS fiable mais unique.

En Provence (fig. 16), l'aspect ancien du Castelnovien (à trapèzes à retouches directes) est représenté sur le site éponyme, abri de la Font-aux-Pigeons – C19B-18H (6450-6320 AEC ; *DS-1G, D023-FAP*). Cette chronologie (étape 2A) est absolument superposable à celle de l'horizon A1 de la Cocina, dont les caractéristiques techno-typologiques sont proches, et qui est bien daté par des échantillons à faible longévité entre 6460 et 6320 AEC (García Puchol *et al*., 2018b). Un aspect analogue est également très bien daté dans les Alpes du Sud à la Grande Rivoire à partir de l'étape 2B (*DS-1G, D043-GRI*).

Les aspects plus évolués du Castelnovien provençal et rhodanien, caractérisés par le développement des retouches complémentaires rasantes sur des trapèzes dissymétriques et des triangles, sont datés à partir de l'étape 2C à la Font-aux-Pigeons – C18G3 (6230-6110 AEC ; *DS-1G, D023-FAP*), puis à Montclus – C14-C9 (à partir de 6190 AEC ; *DS-1G, D031-BAU*). Cette tendance suit celle de la Cocina où l'horizon A2, avec de rares géométriques triangulaires, se place entre 6240 et 6110 AEC (García Puchol *et al*., 2018b).

Dans la vallée du Rhône (fig. 16), les sites de Lalo – 1 (*DS-1G, D041-LAL*) et du Mourre de Sève (*DS-1G, D024-MDS*), datés sur charbons avec potentiel effet vieux-bois, s'inscrivent sans plus de précision dans cette chronologie générale.

Plus à l'ouest (fig. 16), le site de Lavérune – Pouget, attribué au Mésolithique final, entre 6200 et 5700 AEC (Guilbert-Berger *et al*., 2014) pourrait occuper une position géographique intéressante sur le littoral occitan, en raison de sa proximité avec les sites gardois et héraultais de l'*Impressa* au cours des étapes 2C à 3B. Cependant les données n'ont pas été publiées à ce jour.

Pour l'essentiel les sites castelnoviens italiens (fig. 16), qui ne sont souvent matérialisés que par quelques récoles de surface plus particulièrement dans le nord-est (Biagi, 2003c ; Franco, 2011 ; Ferrari *et al*., 2016), ne sont pas datés. La plupart des sites castelnoviens du Karst triestin (Benussi, *DS-1B, A071-BNS*), de Vénétie (Pian de la Lora, *DS-1B, A081-PDL* ; Covoloni dei Broion, *DS-1B, A082-CDB*), du Trentin (Le Corone, *DS-1B, A091-CRN* ; Gaban, *GBN* ; Pradestel, *PRD* ; Romagnano-3, *RM3* ; Vatte di Zambana, *VDZ* ; Villandro – Plunacker, *DS-1B, A092-PLN*), et de Lombardie (Crestoso, *DS-1B, A102-LDC* ; Stanga di Bassinale, *SDB* ; Sopra Fienile Rossino, *SFR* ; Pian dei Cavalli, *DS-1B, A103-CA1/CA13*) ont fait l'objet de datations, souvent isolées, par comptage ß et sur des matériaux mal adaptés ; elles sont de ce fait inutilisables. Dans le Piémont, aux confins de la Provence la grotte d'Aisone (*DS-1C, B112-AIS*) a donné au moins deux dates sur os entrant dans la chronologie du Castelnovien mais elles ne sont pas associées à un fait archéologique clairement identifié.

L'évolution stylistique des armatures castelnoviennes, telle qu'elle est clairement constatée au cours de la période 2 dans le domaine franco-ibérique, n'est pas observée en Italie où les rares séquences connues, dans la Basilicate (Latronico-3, *DS-1C, B022-LT3* ; Tuppo dei Sassi ; Borzatti von Löwenstern, 1971 ; Arcà et Bozarelli, 2018) ou dans le Trentin (*DS-1B, A091-RM3,* Romagnano-3), ne sont pas ou pas convenablement datées.

Dans les Pouilles, l'attribution des niveaux les plus anciens du site de Terragne au Castelnovien au cours des l'étapes 2B-2C (*DS-1C, B012-TRR*) est controversée. Toutefois l'hypothèse alternative proposant leur attribution au Néolithique (Fiorentino *et al*., 2013) – et de ce fait en synchronie avec les complexes albano-macédoniens antérieurs à l'*Impressa* – n'est pas argumentée et l'hypothèse mésolithique reste la plus économique.

En Émilie (Bagioletto Alto, *DS-1C, B093-MBA* ; Passo della Comunella, *PDC*), les données fondées sur des mesures par comptage radioactif sont très imprécises et les conditions taphonomiques peu favorables.

En Toscane, c'est également à partir de l'étape 2A que se placent Petriolo-3 (*DS-1E, C062-PT3*) et plus hypothétiquement Piazzana – 4A où les conditions de gisement sont particulièrement difficiles à interpréter (*DS-1E, C065-PZZ*). En Vénétie, la sépulture de Mondeval de Sora, dont l'âge ne repose que sur une mesure, se situe plus vraisemblablement dans le courant de 2B (*DS-1B, A081-MDS*).

En Sicile l'hypothèse d'un aspect ancien, voire très ancien, du Castelnovien se plaçant à la grotta dell'Uzzo F14-F13 dès la première moitié du VII[e] millénaire (par ex. Binder, 2013 ; Marchand et Perrin, 2017) a été mise à mal avec les datations des mêmes niveaux sur échantillons à longévité réduite dans le cadre du projet CIMO (*DS-1D, C024-UZZ*). D'après ces nouvelles données, il s'agit d'un épisode très tardif, se plaçant au mieux dans les dernières décennies de l'étape 2C ou les premières de l'étape 3A, en synchronie partielle avec l'horizon à trapèzes de la grotte d'Oriente (*DS-1D, C024-ORI*) lui-même positionné sur 3A/3B ; en outre, l'aspect de l'industrie à trapèzes qui a été identifiée sur ce dernier site, avec un microlithisme très prononcé (Lo Vetro et Martini, 2016), sans analogue dans la région d'étude, semble traduire un phénomène d'isolat.

Contextes incertains : Castelnovien *vs* PN

La situation observée sur la côte albanaise et à Corfou au cours de la période 2 mérite une attention particulière. L'horizon à trapèzes de la grotte de Konispol (*DS-1B,*

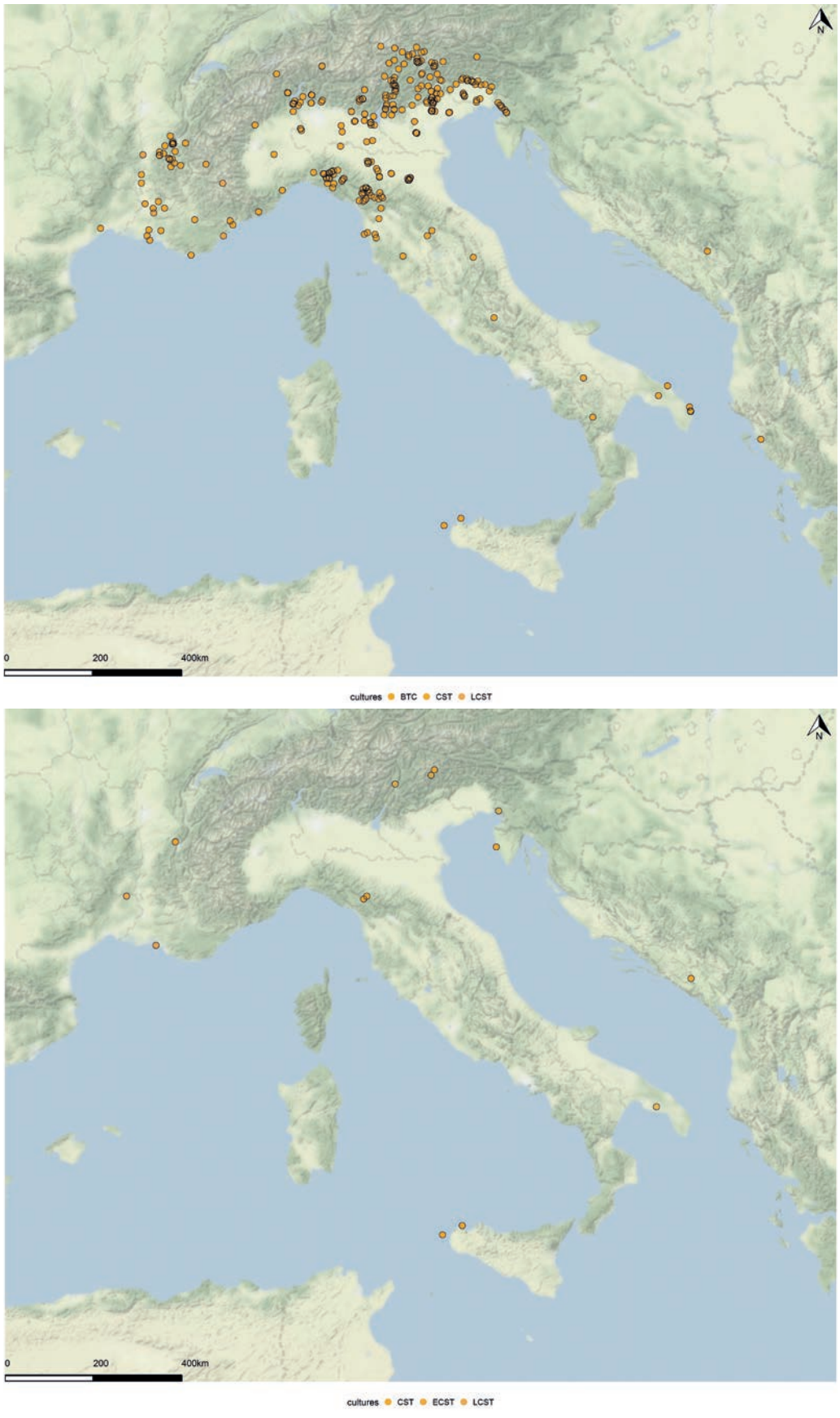


Fig. 16 – Distribution des sites du Castelnovien en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 16** – Distribution of Castelnovian sites in the Central and North-Western Mediterranean (CWM); Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

A021-KNS), daté plus vraisemblablement de l'étape 2B au vu du mode d'activité (vers 6370 AEC) et d'un potentiel effet vieux-bois, reste difficile à interpréter du fait des imprécisions stratigraphiques et de la qualité insatisfaisante des dates associées ; toutefois, l'hypothèse de son attribution au Néolithique (horizon *Devollite* ; Bonga, 2017 et 2019), plutôt qu'au Castelnovien, semble la plus raisonnable en l'état actuel. Une attribution culturelle identique est en effet proposée par L. Bonga pour l'horizon néolithique le plus ancien du site de Corfu – Sidari (*DS-1B, A011-SDR*), très proche géographiquement du précédent, et qui se place également au sein de l'étape 2B (mode d'activité vers 6340-6330 AEC). La présence à Konispol d'une industrie néolithique à lamelles et trapèzes serait ainsi cohérente avec la situation observée au cours de la même période dans le PN de Macédoine occidentale et d'Albanie du sud-est.

En l'état actuel, la présence de céramique dans un des foyers de Petriolo-3 en Toscane (*DS-1E, C062-PT3*), attribué au Castelnovien, peut difficilement conforter l'idée d'une diffusion précoce du Néolithique en Italie centrale ; en effet aucun site néolithique des Balkans orientaux n'est daté aussi haut (étape 2A, mode d'activité vers 6440 AEC). Le matériel céramique étant sommairement décrit et non figuré dans la publication, des analyses complémentaires s'avèrent donc nécessaires.

À Korčula – Vela-Spila (*DS-1B, A051-VSK*), le Mésolithique final (*Meso-D*) est daté de l'étape 2C mais son rapprochement avec le Castelnovien est incertain et le contexte stratigraphique très problématique.

Dans les Abruzzes, les unités 22-24 de Continenza (*DS-1C, B052-CNT*) avaient été attribuées au Castelnovien sur la base de la présence de quelques trapèzes associé à de la faune sauvage. La datation par AMS, sur charbon, de la structure de combustion placée à la base de ce dépôt (Tg.24) conduit à revenir sur cette attribution. En effet l'âge obtenu est très récent et postérieur à celui d'un individu (R2) provenant d'un niveau postérieur (Tg.15) et dont la signature paléogénétique est considérée comme égéo-anatolienne. Il est toujours possible de faire l'hypothèse selon laquelle Continenza donnerait au début de l'étape 3A une photographie instantanée du « premier contact » entre fermiers et chasseurs cueilleurs ; cependant, en l'état actuel il semble plus raisonnable de privilégier l'idée selon laquelle l'horizon préalablement identifié comme castelnovien correspondrait en fait aux débuts de l'*Impressa*, sans que l'on puisse pour autant y associer un assemblage céramique.

Impacts du Néolithique des Balkans méridionaux et centraux et question des interactions *Impressa vs Starčevo* au cours des périodes 2 et 3, 6500-5450 AEC

Les premiers impacts néolithiques attestés sur la côte adriatique, dès l'étape 2B voire 2A, (Sidari, *DS-1B, A011-SDR*), ont été initialement rattachés à un courant de la « céramique monochrome » (Sordinas, 1969 ; Guilaine *et al*., 2016). Un rattachement au complexe albano-macédonien à céramique imprimée et peinte (cf. Mavropigi), fondé sur la présence conjointe de céramique imprimée rapprochée du style *Devollite* (Korkuti, 2007 ; Bonga 2017 et 2019) est sans doute plus pertinent. La présence de très rares décors de sillons d'impressions dans l'horizon ancien de Sidari (Guilaine *et al*., 2016) et à Mavropigi (Bonga, 2019, fig. 4) pourrait renforcer ce point de vue. La très grande diversité des premiers horizons à céramique imprimée distribués le long de la côte orientale de l'Adriatique et dans l'immédiat hinterland a été largement discutée (Müller, 1990, 1991 et 1994) ; cependant les dates fiables et précises font défaut pour classer correctement les différents horizons identifiés (*Impresso A, B et C, Humina, Medulin*). La situation est encore moins claire dans l'ouest de l'Albanie où différents assemblages à céramique imprimée ont été rapprochés de ceux de Dalmatie (Blaz-II, Nezir ; Bunguri, 2014 ; Andoni, 2018) mais où les dates manquent.

L'hypothèse selon laquelle un certain nombre de ces assemblages pourrait faire le lien entre les aspects *Devollite* de la période 2 et l'*Impressa* adriatique dans son acception classique ne doit certainement pas être négligée. La question vaut particulièrement pour Odmut, au Monténégro, image d'un syncrétisme *Impressa i.e. Humina* avec le *Starčevo*, pour lequel on ne dispose que d'une date, fiable mais isolée et donc peu précise, intéressant l'étape 3A (*infra* et *DS-1B, A030-ODM*). Il est nécessaire pour cela de définir et dater les contextes les plus appropriés et développer une méthode analytique adaptée fondée sur des descripteurs partagés (Manen, 2002 ; Manen *et al*., ce volume). Dans le même sens, il faut souligner la présence d'un « ornement d'oreille » (*earplug*), possible labret, à Krković – Vrbica qui renvoie aux Balkans méridionaux où ces parures sont présentes dans des horizons généralement antérieurs à la période 3 (par ex. Revenia-2, Podgorie-1, Argissa, Achilleion, Sesklo ; Müller, 1994 et 2000 ; Maniatis et Adaktylou, 2021).

La question déjà largement débattue des interactions *Impressa/Starčevo* (par ex. Benac, 1975 et 1978 ; Batović, 1978, 1979 ; Müller, 1994 ; Spataro, 2009a) doit prendre en compte l'hypothèse selon laquelle ces deux complexes procèderaient d'évolutions divergentes d'une même entité, *i.e.* les ensembles mixtes macédoniens (*supra* « Les premières évidences de la diffusion du PN vers le nord et l'ouest, période 2, 6500-6050 AEC »).

D'une manière générale le *Starčevo* « classique » et l'*Impressa* semblent évoluer en parallèle au cours de la période 3. Aux confins orientaux de la Dalmatie, les attestations les plus occidentales du *Starčevo* « *stricto sensu* », assorties de dates fiables, restent strictement confinées au bassin versant du Danube, notamment dans le nord-est de la Croatie, en Slavonie, et dans le nord-est de la Bosnie, dans le canton de Tuzla : à Slavonski Brod – Galovo (Slavonie), il s'agit d'un horizon ancien, bien daté de l'étape 3A (Minichreiter et Krajcar Bronić, 2006), tandis qu'à Gornja Tuzla – Safetova Bašča (Tuzla) il s'agit d'un aspect récent, également bien daté, mais de l'étape 3D (*DS-1B, A041-SBA*).

Deux entités identifiées comme des syncrétismes *Impressa/Starčevo* ont été reconnues dans le nord-ouest du Monténégro (région de Plužine) et dans le centre-nord de la Bosnie (région de Zenica-Doboj), régions perçues comme potentielles « zones de contact » (Kozłowski, 1990 ; Müller, 1994) entre les deux complexes. Au Monténégro, la date plaçant Odmut au cours de l'étape 3A ne concerne que le sommet de la séquence (phase XC), postérieur aux niveaux IIA puis IIB à partir desquels le syncrétisme a été défini. Les aspects *Starčevo* du site, prédominants dans la phase IIA, avec des décors à la barbotine et cordons, sans céramique peinte, pourraient renvoyer à une étape ancienne. La composante imprimée, prédominante dans la phase IIB est généralement rapportée au style *Humina* (Müller, 1994), à décor majoritairement instrumental et digito-unguéal (par ex. Zelena pećina, malheureusement non datée ; Benac, 1957b). Comme cela a déjà été indiqué *supra*, la question des parentés de cet horizon, potentiellement antérieur à la période 3, avec les ensembles mixtes albano-macédoniens de la période 2 reste totalement ouverte. En Bosnie, l'horizon *Impressa-Starčevo* d'Obre-1 (*DS-1B, A042-OBR*) n'est pas daté de façon satisfaisante, si ce n'est qu'il précède l'horizon *Early/Proto-Kakanj* daté de la période suivante (étape 4A). La composante *Starčevo*, considérée par les fouilleurs comme récente (Benac, 1973 ; Gimbutas, 1974a, 1974b et 1974c), est caractérisée par des décors peints en noir ou en brun-violet et à la barbotine et par des autels à quatre pieds. L'association de *Ceramica Impressa* d'aspect sud-italique (*rocker* et *micro-rocker*) n'apporte pas d'arguments de cross-dating décisifs si l'on considère la large extension chronologique du *Guadone* auxquels ces éléments renvoient (entre l'étape 3B à Ripatetta et Amendola et l'étape 3C voire 3D à Colle Santo Stefano, *infra*).

La diffusion des caractères typiques du Starčevo (décors à la barbotine, *altars*, etc.) en contexte *Impressa* est assez limitée. Plusieurs de ces entités ne sont pas datées. À Vrbica (région de Zadar), l'apparentement repose – paradoxalement – sur un tesson décoré de sillons d'impressions (*Furchenstich*) dans un contexte assimilé à l'*Impresso-A* mais où la composante instrumentale paraît écrasante (Müller, 1994). À Markova spilja (région de Split) où les assemblages céramiques renvoient à différents aspects de l'*Impressa*, avec des aspects *Guadone* (micro-rocker) et à la grotta Azzurra di Samartoza (Karst triestin) où les différents horizons sont fortement mélangés, les rapprochements sont établis sur la base de la présence de rares tessons décorés à la barbotine (Müller, 1994). À Mala pećina (région de Split), où des décors à la barbotine sont également attestés, l'attribution à l'étape 3B ne repose que sur une date isolée (*DS-1B, A052-MAL*).

La présence de rares éléments d'obsidienne des Carpates associée à de l'obsidienne liparote dans quelques sites de Croatie (Tykot, 2014), *i.e.* Pokrovnik (*DS-1B, A053-PKR*), Danilo Bitinj (*DS-1B, A053-DNL*) et Kargadur (*DS-1B, A056-KRG*) constitue un élément de poids pour arguer de la réalité des interactions entre les mondes *Impressa* et *Starčevo*. Si la position de ces éléments est de fait tardive à Danilo, elle est moins claire pour les deux autres sites dont la stratigraphie couvre une grande partie du VI^e^ millénaire AEC.

À Konjevrate (*DS-1B, A053-KNJ*), dans un contexte de l'*Impressa arcaica* daté l'étape 3B un autel à trois ou quatre pieds est attesté ; la présence au sein de l'assemblage d'une jambe de rhyton traditionnellement attribuée au *Danilo* laisse cependant planer un doute quant à l'homogénéité du dépôt. Ces vases zoomorphes (rhytons et *askoï*) constituent un point de discussion important relatif aux interactions entre les domaines danubien et méditerranéen (Biagi, 2003b). Dans l'aire du *Starčevo* un prototype est connu probablement dès l'étape 3A, dans le contexte *Starčevo* ancien de Donja Branjevina en Voïvodine, très riche en vaisselle dite cultuelle, notamment des autels de formes très diversifiées (Karmanski, 2005). Néanmoins ce récipient ne présente pas les caractéristiques que l'on retrouvera par la suite au *Danilo/Kakanj/Çakran* : grandes anses de panier, réalisme des représentations anatomiques et/ou décoration exubérante. P. Biagi (Biagi, 2003b) a souligné la présence de vaisselles présentant des analogies avec les rythons dalmates dans quelques sites de l'*Impressa* des Pouilles : Le Macchie rapporté à l'aspect *La Quercia* (Radina, 1981) et à la grotta della Madonna Piccola-II dans un contexte également évolué, à céramique gravée (Coppola, 2003). Il convient d'ajouter d'une part les éléments décorés d'impressions du site éponyme de Lagnano da Piede (Mallory, 1987) et d'autre part les exemplaires non décorés de Continenza et Colle Santo Stefano (Grifoni Cremonesi, 2002 ; Radi, 2002). Contrairement aux exemplaires d'Italie centrale dont la morphologie est très éloignée des productions du *Danilo*, les rhytons ou *askoï* apuliens sont très fragmentés. Dans leur ensemble les documents provenant d'Italie centre-méridionale pourraient se placer dans le courant des étapes 3C/3D, antérieurement au développement des rhytons dalmates, et compter ainsi parmi les productions symboliques de l'*Impressa* qui s'ancrent dans la tradition égéenne.

Mise en place de l'*Impressa*, étape 3A, 6050-5900 AEC

En l'état actuel, trois sites rapportés pour partie à l'*Impressa arcaica* ont été occupés selon toute probabilité dès l'étape 3A sur la côte orientale de l'Adriatique (fig. 17) **:** Zemunica (*DS-1B, A052-ZMN*), Rašinovac (*DS-1B, A053-RSN*) et Pokrovnik (*DS-1B, A053-PKR*). Cette chronologie est également possible pour Grapčeva spilja (*DS-1B, A052-GRP*) où le matériel associé est cependant indigent. Ces sites sont distribués dans le sud de la Dalmatie (régions de Dubrovnik, Split et Šibenik) ; dans cette même zone, l'attribution de Gudnja pećina (*DS-1B, A051-GDN*) à l'étape 3A est plausible, mais pas totalement démontrée en raison d'un effet vieux bois potentiel. Par ailleurs, plusieurs sites non datés d'Herzégovine, avec céramique *Impressa* d'aspect « archaïque », *i.e.* dépourvue d'éléments « évolués » (par ex. Zelena pećina, Benac, 1957b ; Rivine, Marijanović, 2018) s'intègrent potentiellement à cet ensemble.

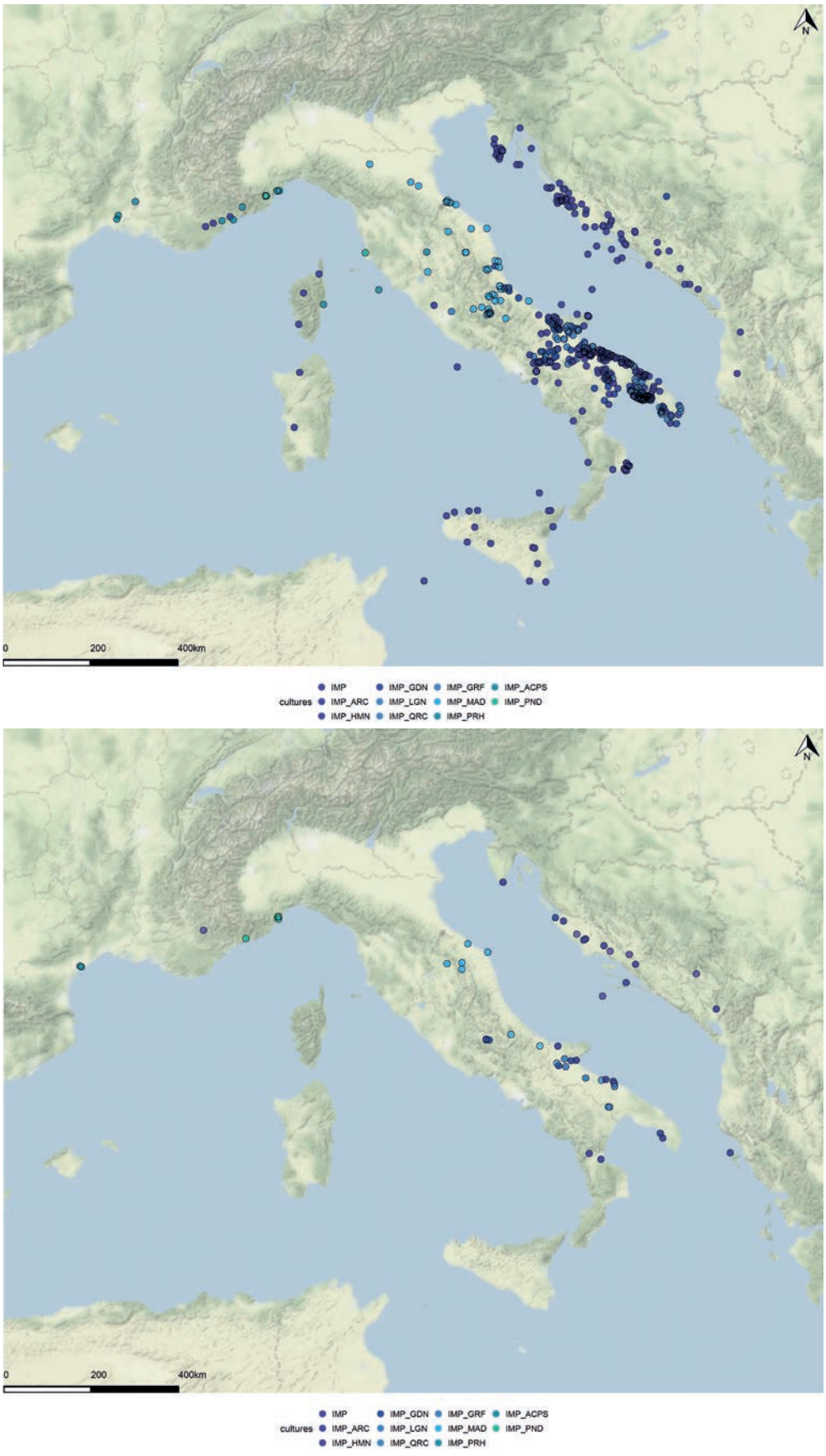


Fig. 17 – Distribution des sites de l'*Impressa* en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 17** – Distribution of Impressa sites in the Central and North-Western Mediterranean (CWM); Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

L'horizon *Impressa* de Sidari (*DS-1B, A011-SDR*), avec une date très fiable mais unique (vers 6080-5920 AEC), se rattache à cette étape. Les données manquent sur la côte albanaise et dans le Monténégro pour discuter de la continuité / discontinuité du peuplement entre les îles ioniennes et le sud de la Dalmatie.

Dans le sud-est de l'Italie (fig. 17), seul le site de Pulo Fondo Azzollini (*DS-1B, B014-PFA*) est bien daté à partir de l'étape 3A. En Basilicate, exception faite de Trasano (*infra*), le principal site stratifié incluant d'importants dépôts datés de l'étape archaïque est celui de Rendina ; cependant, seule la phase moyenne (Rendina 2) est datée, mais avec des méthodes et sur des matériaux qui ne permettent pas d'obtenir un calage juste et précis (*DS-1C, B022-RND*).

En Calabre, le début de l'*Impressa arcaica* de Favella (structures E et G) se place à la fin de 3A, avec un développement majeur au cours de l'étape suivante, 3B (*DS-1D, C011-FVL*). En Sicile, il y a très peu d'arguments en faveur de l'intégrité des niveaux F12-F11 de la grotta dell'Uzzo ; ils sont probablement à rapporter encore au Castelnovien, extrêmement proche chronologiquement, avec quelques tessons intrusifs (*supra* et *DS-1D, C024-UZZ*). L'horizon pré-*Stentinello* de Kronio n'a livré qu'une date sur charbons, imprécise, et en outre le style de la céramique, riche en décors structurés, ne s'accorde pas avec une attribution à l'étape archaïque (*DS-1D, C023-KRN*).

En Italie centrale (versant adriatique, (fig. 17), la grotta Continenza (*DS-1C, B052-CNT*) constitue un troisième site péninsulaire potentiellement daté de 3A, sur la base de la datation à très haute résolution des restes d'une femme (R2) dont le profil génétique renvoie indiscutablement au Néolithique égéo-anatolien (*infra* « Entre les Alpes et le Massif central »). Cette éventualité remet en question les modèles généralement admis qui n'envisageaient la colonisation de l'Italie centrale que dans un deuxième temps, après celle des Pouilles. Toutefois cette situation reste complexe, d'une part en raison des conditions de gisement qui montrent que la stratigraphie a pu être localement perturbée, mais surtout en raison des paradoxes qui résident dans les conditions d'association de restes humains à forte empreinte génétique néolithique et des témoins matériels (restes de faune chassée, industrie lithique) à forte connotation mésolithique, mais néanmoins contemporains au vu des dates.

Au vu des données radiométriques et contextuelles disponibles, les attestations d'*Impressa arcaica* sont plus nombreuses sur la côte orientale que sur la côte occidentale de l'Adriatique ou de la mer Ionienne. Cela va dans le sens d'une diffusion continentale du Néolithique depuis la Macédoine occidentale, le sud de la Serbie/Kosovo et l'Albanie vers l'ouest et non par une voie maritime atteignant d'abord l'Italie du Sud comme cela a été maintes fois proposé (par ex. Müller, 1994).

Dans ce contexte, la confirmation de l'authenticité de l'association de céramique figulina et/ou peinte avec l'*Impressa arcaica*, telle qu'elle semble avérée, d'une part, à Rašinovac (Podrug *et al*., 2018) et Pokrovnik (Horvat et Vujević, 2017) et, d'autre part, à Pulo Fondo Azzollini – 1 (Muntoni, 2003) et Coppa Nevigata (Whitehouse, 2013), constituerait un argument de premier ordre pour atteler l'*Impressa* adriatique aux horizons albano-macédoniens de la période immédiatement précédente.

On se souviendra à ce propos que l'hypothèse, actuellement *main stream*, d'un horizon archaïque caractérisé par l'absence totale de décors peints a été discutée très tôt par R. D. Whitehouse (Whitehouse, 1968) et que dans le même sens J. Müller (Müller, 1994, p. 246) évoquait un horizon ancien à céramique peinte, qualifié d'*Impressa-Protoquercia*, et qu'il plaçait à la base de la séquence néolithique adriatique [(11)].

Diffusions et mutations dans le domaine adriatique, étapes 3B à 3D, 5900-5450 AEC

Au Monténégro, les lacunes observées au cours de l'étape 3A, et par là les possibilités de connexion avec l'Albanie, demeurent. Les installations datées avec fiabilité de l'étape 3B se limitent à Vruća pećina (BMAP 5830 AEC, *DS-1B, A030-VRC*) où l'industrie osseuse est clairement apparentée à celle du Mésolithique d'Odmut. Sur ce dernier site, les aspects *Starčevo/Impressa* semblent perdurer en 3B (*DS-1B, A030-ODM*), ce qui pourrait être également le cas plus au sud-ouest, à Obre-1, où les premières phases d'installation présentent des aspects du *Guadone* nettement affirmés (*infra* et *DS-1B, A042-OBR*). En Herzégovine, la persistance de l'*Impressa* semble avérée, à Ravlića pećina (*DS-1B, A043-RVL*) avec une date isolée s'inscrivant en 3C/3D [(12)], voire plus tard encore (étape 4A), à Žukovička pećina (*DS-1B, A043-ŽKV*) ; il s'agit cependant d'assemblages numériquement limités et parfois sommairement décrits.

En Dalmatie centrale et méridionale, dans les régions de Dubrovnik, Split et Šibenik, l'implantation de l'*Impressa arcaica* est confortée au cours de l'étape 3B avec la poursuite avérée (Pokrovnik) ou potentielle (Zemunica) de sites occupés durant l'étape précédente. S'y ajoutent Konjevrate (*DS-1B, A053-KNJ*) et plusieurs autres sites sur la base plus discutable de dates isolées : Mala pećina (*DS-1B, A052-MAL*), Nakovana (*DS-1B, A051-NKV*) où le matériel associé est cependant indigent, et Sušac – Uvala Duga (*DS-1B, A051-UDU*). L'*Impressa* est dorénavant attestée plus au nord, dans le Zadarska, à Crno Vrilo – 1A-inf (BMAP 5820 AEC, *DS-1B, A054-CRN*).

Dans les régions de Šibenik et Zadar, plusieurs sites des étapes antérieures continuent d'être occupés, avec des assemblages céramiques toujours rattachés à l'*Impressa*, au cours des étapes 3C/3D, comme Pokrovnik (*DS-1B, A053-PKR*) et Crno Vrilo 1A-sup (*DS-1B, A054-CRN*). À Crno Vrilo, à côté des éléments se rattachant à des aspects archaïques ou à du *Guadone*, susceptibles de s'insérer dans l'étape 3B, on observe des éléments évolués, notamment des impressions pivotantes à la coquille lisse, qui, dans cette région pourraient correspondre en effet à des installations plus tardives (Müller, 1994). La date isolée de la sépulture de Smilčić (*DS-1B, A054-SML*) se rattache probablement à cet ensemble. Il en va probablement de

même pour les horizons successifs à céramique « monochrome » puis *Impressa* de Škarin Samograd, datés par comptage ß (*DS-1B, A053-SKR*). Dans la région de Dubrovnik, les faciès céramiques associés à la fin de l'étape 3C et au début de l'étape 3D sont assez mal caractérisés, qu'il s'agisse de Korčula –Vela-Spila-phase *Neo-C* (*DS-1B, A051-VSK*) ou de l'assemblage à poterie non décorée de Nakovana 2 qui n'est représenté que par quelques tessons (*DS-1B, A051-NKV*).

Dans le nord-est de l'Adriatique, en Istrie, les premières installations de l'*Impressa* ne sont attestées qu'à partir de l'étape 3C à Kargadur (*DS-1B, A056-KRG*) ; les quelques tessons céramiques publiés (impressions pivotantes à la coquille lisse, impressions linéaires traînées à la coquille dentée) renvoient aux aspects finaux de l'*Impressa* (*i.e*. Medulin – Vižula, *DS-1B, A056-VZL*, Müller, 1994). Dans cette région les mutations qui semblent s'opérer au cours des étapes 3C/3D restent délicates à interpréter et en particulier l'hypothèse d'une émergence précoce d'un horizon *Danilo/Vlaška* à Pupićina peć au cours de l'étape 3D (*DS-1B, A056-PPC*). En effet cette hypothèse souffre sévèrement des incohérences visibles dans la distribution des dates obtenues pour les différentes unités qui composent les horizons I et H de la cavité et qui font planer un doute sur la bonne conservation des dépôts néolithiques de ce site.

Dans le sud-est de l'Italie, l'approche classique promue par S. Tiné postule que la céramique évoluée (*i.e*. postérieure à l'étape archaïque) du « *Neolitico antico* » se décline en trois étapes successives : *Guadone, Lagnano* et *La Quercia* (Tiné, 1975 et 1987 ; Cipolloni Sampò *et al*., 1999 ; Guilaine *et al*., 2019). Si cette conception s'est largement imposée, elle a néanmoins été régulièrement discutée (Whitehouse, 1968 et 1987). Les nouvelles dates obtenues dans le cadre du projet CIMO indiquent que l'aspect *Guadone* s'ancre très loin dans le temps en contemporanéité avec la plupart des sites datés de la période archaïque. En outre, la signification chronologique de la distinction *Lagnano/La Quercia*, fondée notamment sur la largeur des bandes/lignes peintes, peut être légitimement discutée. Les données du site éponyme de Lagnano da Piede lui-même (Mallory, 1987) vont dans ce sens puisque de nombreuses déclinaisons de céramique peinte y coexistent : bandes brunes seules (style *Lagnano stricto sensu*) ou associées à des impressions type Guadone, engobes rouges associés à des impressions ou à des décors peints en blanc, fines lignes rouges sur fond clair ou engobe blanc (style *La Quercia stricto sensu*), ce à quoi il faut ajouter, si l'on suit le fouilleur, de la *ceramica figulina* sans décor. Les styles de *Lagnano* et *La Quercia* partagent le goût pour des combinaisons de décors imprimés et peints. Faute de référentiel stratigraphique indiscutable et de dates en quantités suffisantes, il est toutefois très difficile de trancher entre l'hypothèse d'une diachronie et celle de différents ateliers ou *a minima* de traditions techniques parallèles, coexistant sur une longue durée.

Dans les Pouilles et en Basilicate, l'étape 3B voit la persistance de sites caractérisés par des assemblages céramiques considérés comme archaïques avec la poursuite de Pulo – 1 (*DS-1C, B014-PFA*) ainsi que les débuts de Trasano – 1 (*DS-1C, B021-TRS*) et Coppa Nevigata (*DS-1C, B016-CNE*). Dans le même temps, deux sites stratifiés, Ripatetta (*DS-1C, B016-RPT*) et Amendola (*DS-1C, B016-AME*), localisés dans la région de Foggia présentent des ensembles céramiques évolués, à décor structurés obtenus par la technique du *micro-rocker*, typiques du *Guadone*. Le cas de Gallipoli – Torre Sabea (*DS-1C, B011-TSA*), dans le Salento, qui trouve bien sa place en 3B sur la base de plusieurs dates convergentes sur graines carbonisées, est plus complexe en raison de la présence de quelques tessons de céramiques « évoluées » (*micro-rocker*, bandes ou aplats peints ou engobés en rouge ou en brun) classiquement considérées comme postérieures à l'étape archaïque mais qui, au vu des résultats obtenus dans le Foggiano, pourraient pour partie coexister avec des céramiques de tradition plus ancienne. En revanche le site éponyme du *Guadone* (Tiné et Bernabò Brea, 1980) n'est pas daté.

En Italie du Sud, sur le versant adriatique, les étapes 3C/3D voient la déclinaison de groupes diversifiés, à céramique imprimée dite « évoluée ». Dans les Pouilles, la plupart des assemblages céramiques datés des étapes 3C et 3D présentent en effet une composante peinte, dans la suite de l'horizon *Guadone* de Ripatetta, avec des analogies *Lagnano* plutôt au cours de l'étape 3C (Amendola – 2, *DS-1C, B016-AME* ; Ripatetta – 2, *DS-1C, B016-RPT* ; Titolo – 1, *DS-1C, B014-TTL*) ou *La Quercia* plutôt au cours de l'étape 3D (Torretta-di-Sezze, *DS-1C, B016-TDS* ; Candelaro – 2, *DS-1C, B016-CND* ; Fragella, *DS-1C, B016-FRG* ; Balsignano-STR2, *DS-1C, B014-BLS*). Plusieurs sépultures de cette région, Serra Cicora (*DS-1C, B011-SCI*), Pantano (*DS-1C, B016-PNT*) ou Palata (*DS-1C, B015-PL1/PL2*) se placent dans ces mêmes contextes stylistiques tandis que celles de Torretta (*DS-1C, B016-TRR*) sont associées à des productions céramiques différentes, à surfaces sombres brunissées et non décorées, qui contrastent de ce fait avec la tradition décorative de l'*Impressa*. Ainsi, la très grande diversité des assemblages céramiques, plus particulièrement dans l'aire de Foggia, va bien dans le sens de l'existence de façons d'ateliers.

En Basilicate, les aspects de Trasano – 2 (cf. *Guadone*/Rendina-2) et Trasano – 3/Trasanello (à céramique gravée associée à quelques vases peints cf. *Lagnano*) s'inscrivent principalement au cours de l'étape 3C. Les corrélations avec la Rendina – 3 (Cipolloni Sampò, 1982) ne sont pas totalement fixées, faute de dates et d'analyses stylistiques portant sur les mêmes marqueurs.

Toutes étapes confondues, les données relatives à la Campanie sont particulièrement lacunaires. Des sites importants dépendant très clairement du domaine adriatique auquel ils sont connectés via la vallée de l'Ofanto, se rapportent selon toute probabilité au *Guadone* (La Starza, *DS-1C, B031-STR*) voire à l'*Impressa arcaica* (Torrente Cervaro, *DS-1C, B032-TCE*) ; cependant, leur datation ne répond pas aux critères de qualité retenus ici.

En Italie centrale, sur le versant adriatique, les recherches récentes (Radi, 2010 ; Conati Barbaro,

2019) ont conduit à reconsidérer l'unité de l'aspect « *abruzzese-marchigiano* » de l'*Impressa* (Radmilli, 1974). Dans les Marches, les premiers fours de potiers de Portonovo peuvent se placer dès l'étape 3B (*DS-1C, B062-PRT*). Cette datation haute est cohérente avec les dates obtenues pour deux individus de Continenza découverts hors-stratigraphie mais dont l'empreinte génétique est clairement néolithique (RMPR3 et 8 ; *DS-1C, B052-CNT*). En revanche, il est difficile d'identifier le style céramique potentiellement associé aux dates les plus anciennes. À Colle Santo Stefano (*DS-1C, B052-CSS*), les étapes 3C (5750-5600 AEC) et 3D (5600-5450 AEC) correspondent respectivement aux phases 1 et 2 du site, marquées par une tradition décorative *Guadone* (décors séquentiels, *micro-rocker*, etc.) et, à la fin de la phase CSS-2, de rares exemplaires de décors peints en négatif évoquant le Latium. Outre Colle Santo Stefano, l'impact du *Guadone* vers le nord, au-delà du Tavoliere, semble limité au Molise à Monte Maulo, avec une date unique et imprécise (*DS-1C, B041-MMA*), et au sud des Abruzzes, à Continenza, où deux individus directement datés (RMPR9 et 10) s'inscrivent dans les contextes 3C/3D (*DS-1C, B052-CNT*) ou encore à Marcianese/Villagio Rossi, avec des dates inutilisables (*DS-1C, B051-MVR*). L'activité de production céramique est également active au cours de ces étapes sur le littoral adriatique à Portonovo (*DS-1C, B062-PRT*). D'autres sites des Abruzzes pour lesquels des influences *Guadone* ont été détectées, ne sont pas datés, comme Paterno (Pessina, 1991), Tricalle et Fontanelle (Ducci et Perazzi, 1987) ou Obleter (Copat et Amoroso, 2003).

Premières implantations néolithiques dans les domaines tyrrhénien et nord-occidental, étapes 3B à 3D, 5900-5450 AEC

En Calabre, l'étape 3B correspond aux installations de Favella (secteurs EG et AD, *DS-1D, C011-FVL*) et de Saracena – San Michele (*DS-1D, C011-SMI*). Les assemblages céramiques correspondants, qualifiés d'archaïques au même titre que ceux des Pouilles, contrastent fortement avec ces derniers sur la base des techniques décoratives élémentaires (impressions digito-unguéales et instrumentales dominantes ; Manen *et al*., ce volume). L'étape 3C correspond aux premiers aspects du Stentinello (fig. 18) à Saracena (*DS-1D, C011-SMI*). Les horizons similaires de Sicile ne sont pas datés. La présence à Trasanello Cementificio en Basilicate (*DS-1C, B021-CMN,* Angeli, 2017) d'un vase évoquant fortement le *Stentinello* ancien, par les techniques de décoration et la structure complexe du décor, est parfaitement cohérente avec cette chronologie. Des aspects plus évolués du Stentinello (Umbro – 4, *DS-1D, C014-UMB*) se développent au cours de l'étape 3D.

En l'état actuel, les étapes chronologiques 3B à 3D sont totalement lacunaires en Sicile, particulièrement à l'Uzzo (*DS-1D, C024-UZZ*), et les très nombreux sites qui pourraient éventuellement s'y rapporter en Sicile orientale ne sont pas datés (par ex. Stentinello, Matrensa, Megara Hyblaea, Lipari – Castellaro Vecchio ; Tiné et Tusa, 2012). Une date ancienne, centrée sur 3B, obtenue pour la phase la plus ancienne de Kronio (*DS-1D, C023-KRN*) reste difficile à interpréter car elle correspond à un horizon céramique comportant des décors à la coquille dentée dont la composition géométrique présente des similitudes avec ceux du style *Basi-Filiestru-Pienza* ; en outre la date en question a été obtenue sur charbons non identifiés.

Dans les grandes îles tyrrhéniennes il n'y a actuellement aucune installation de l'*Impressa* correctement datée antérieurement à l'étape 3D. En Sardaigne, la date ancienne (étapes 3B/3C) de Su Coloru (unité F) n'est pas associée à un assemblage précisément défini et a été obtenue par comptage radioactif sur un lot de charbons indéterminés (*DS-1E, C044-CLR*). En Corse les assemblages céramiques présentant des parentés assurées avec l'*Impressa* du nord-ouest (Albertini, Binder *et al*., 2019 ; hameau de la Gare, Peche-Quilichini *et al*., 2017 ; Campu Stefanu, Cesari *et al*., 2012 et 2014) ne sont pas datés. En revanche, la présence d'obsidienne sarde dans l'horizon ancien des Arene Candide (Binder, De Stefanis *et al*., ce volume) et à Peiro-Signado (*DS-1F, D032-PSI* **;** Briois *et al*., 2009) démontre la fréquentation de cette île et l'exploitation de ses ressources, même si aucun habitat n'a été découvert pour cette étape 3B.

Une même lecture en creux peut être faite pour l'aire tosco-latiale, où aucune installation n'a été datée de l'étape 3B, mais d'où proviennent à ce moment-là des vases façonnés dans des terres d'altérations du volcanisme ayant circulé sur de longues distances vers le littoral languedocien (*i.e*. Pont-de-Roque-Haute, Gabriele *et al*., 2019), de même que les obsidiennes de Palmarola (Briois *et al*., 2009 ; Binder *et al*., 2012b, Binder, De Stefanis *et al*., ce volume). L'hypothèse d'une installation très ancienne (étapes 3B/3C) à La Marmotta (*DS-1E, C032-MRM*) associant céramiques imprimées et peintes (Delpino, 2020) est donc soutenable ; en revanche les contextes qui pourraient s'y rapporter sont encore mal définis et les âges associés sont affectés d'effets vieux-bois potentiels.

Dans le nord-ouest – de la Ligurie et la Provence orientale jusqu'à la vallée du Rhône et au Languedoc méditerranéen – les premières implantations de l'*Impressa* présentent des assemblages céramiques très diversifiés (Manen *et al*., ce volume).

Les toutes premières implantations identifiées et datées se placent à partir de l'étape 3B en Ligurie (Arene Candide – 1A, *DS-1F, D011-ACN*) et sur le littoral languedocien (Peiro-Signado – nappe, *DS-1G, D032-PSI* **;** Pont de Roque Haute – F1, *DS-1G, D032-PRH*). Comme cela a déjà été signalé (Binder et Guilaine, 1999 ; Binder *et al*., 2017b), cette diffusion vers le nord-ouest est rapide, mais elle est plus surprenante encore si l'on considère la rareté des sites assurément datés de l'étape antérieure (3A) dans la zone source supposée. L'identité entre les modes décoratifs des Arene Candide – 1A et de Peiro-Signado, caractérisés par des décors de sillons d'impressions couvrants, à structure complexe, métopale ou oblique-miroir (style Arene Candide/Peiro Signado, abrégé ci-après ACPS) est parfaitement établie. Plusieurs sites provençaux

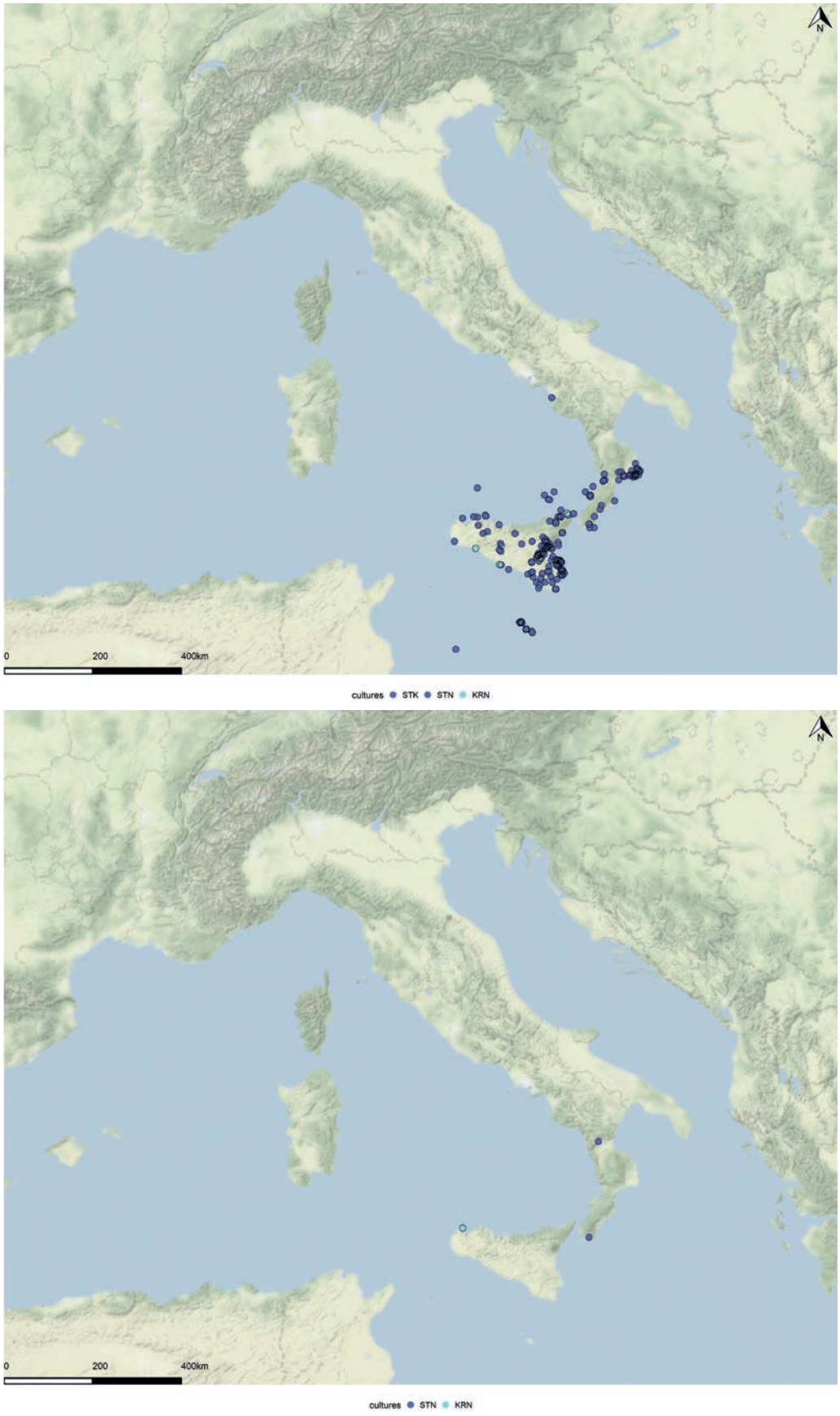


Fig. 18 – Distribution des sites du *Stentinello* / *Kronio* en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 18** – Distribution of Stentinello / Kronio sites in the Central and North-Western Mediterranean (CWM); Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

(Nice – Caucade, *DS-1G, D021-CCD*) ou languedociens (Farigoule, Condamine, Manen *et al*., 2019) présentent des assemblages céramiques renvoyant indubitablement à cet aspect. En dehors de la zone liguro-provençale et languedocienne plusieurs séries ou vases isolés évoquent fortement ce faciès : en Ombrie (Panicarola – Lucciola, De Angelis, 2003 ; Moroni Lanfredini, 2003) ou à un moindre degré en Corse (Albertini, Binder *et al*., 2019).

Ce style ne peut pas être rattaché à un des assemblages contemporains d'Italie du Sud-Est (Manen *et al*., ce volume). En revanche, sur la base des techniques élémentaires mais aussi des thèmes décoratifs – comme des méthodes de façonnage (Gomart, Binder, Gabriele *et al*., ce volume) – des similitudes peuvent être établies avec le *Stentinello* ancien de Calabre, *i.e*. Saracena – San Michele (*DS-1D, C011-SMI*) ; ce dernier semble cependant correspondre *a priori* à la chronologie la plus récente envisagée pour l'horizon ACPS (3C).

La fin de l'horizon à sillons d'impressions n'est pas clairement fixée ; aux Arene Candide la phase ACN-1A occupe tout l'intervalle 3B/3C ; la présence d'un unique vase de style *Basi-Filiestru-Pienza* (abrégé ci-après BFP) au sommet des dépôts de ACN-1A (cluster 5A, Panelli, 2019) va dans le sens d'une longue durée du style ACPS. À Peiro Signado (*DS-1G, D032-PSI*), les études en cours permettront de préciser en quoi l'assemblage provenant des fosses (étape 3C) diffère de celui du niveau d'occupation (étape 3B) et en quoi il peut ou non se rapprocher des autres horizons identifiés par ailleurs au cours des premières étapes du Néolithique sur le littoral du nord-ouest.

Par ailleurs, l'analyse des modes décoratifs des deux sites héraultais de Peiro-Signado (ACPS) et Pont-de-Roque-Haute (PRH) qui entrent dans la même chronologie (3B/3C), indique que ce dernier se distingue nettement du style ACPS, montrant une plus grande proximité avec les assemblages archaïques des Pouilles et du Basilicate (Manen *et al*., ce volume). Dans l'archipel toscan, à Giglio – Le Secche (*DS-1E, C061-SCC*), différents aspects de l'*Impressa*, notamment PRH, côtoient des éléments renvoyant au Cardial tyrrhénien (BFP) ou plus récents dans un contexte remanié ; les dates obtenues (par AMS sur végétaux à faible longévité) se placent entre les étapes 3C et 4A.

En Provence-orientale, à Castellar – Pendimoun (*DS-1G, D021-PND*), l'*Impressa* se décline en deux aspects successifs, PND-1A (début 3C) et PND-1B (fin 3C et 3D), tous deux dominés par les décors digito-unguéaux et sans le moindre usage de la technique du sillon d'impressions. Le premier aspect (PND-1A) montre des parentés avec l'*Impressa arcaica* de Calabre (*i.e*. Favella ; Manen *et al*., ce volume) tandis que le second (PND-1B) s'enrichit de quelques récipients à décor typique du Cardial BFP. En Ligurie ces différents aspects sont également présents à Finale Ligure – San Sebastiano di Perti (étape 3C) (*DS-1F, D011-SSP*) et aux Arene Candide, phase 1B (étape 3D) où les sillons d'impressions de l'étape ACN-1A restent fortement représentés (Panelli, 2019 ; *DS-1F, D011-ACN*) ; à Orco Feglino – Aquila (*DS-1F, D011-AQU*) où les matériaux caractéristiques de l'horizon *Impressa* de Pendimoun sont également présents, le plus ancien cluster d'individus datés se concentre sur 3C ; dans tous les cas cependant les contextes sont d'interprétation difficile : conditions de gisement peu claires à San Sebastiano di Perti, perturbations possibles au sein de la phase ACN-1B et datations en quantité insuffisante de ACN-2A aux Arene Candide, déconnexion entre les sujets datés et les matériaux céramiques à l'Aquila.

Les données fiables disponibles pour les aspects du Cardial de style BFP, caractérisé par des motifs géométriques couvrants obtenus par impressions de coquilles à front denté (*Cardiidae* et *Glycimeris*) sont rares. Les sites majeurs, car stratifiés ou d'apparence très homogène, de Corse (Serra di Ferro – Basi, *DS-1E, C051-BAS*), de Toscane (Pienza – Cava Barbieri ; Calvi Rezia, 1987 ; Calvi Rezzia et Sarti, 2002 ; Pianosa – La Scola, Ducci *et al*., 2000) et du Latium (San Petrino ; Fugazzola-Delpino et Pessina, 2002) ne sont pas datés (ou en cours de datation). En Corse, à Renaghju – 1A (*DS-1E, C051-RNG*), comme en Sardaigne, à Filiestru – 12/10 (*DS-1E, C044-FLS*), l'horizon BFP est bien encadré par l'étape 3D, cependant les âges sont affectés d'un effet vieux-bois potentiel. Dans le Latium, à La Marmotta, deux mesures obtenues par AMS sur capsules et graines de pavots se placeraient dans le courant de l'étape 3D (*DS-1E, C032-MRM*, modèle M1) et leur association au style BFP est bien spécifiée (Salavert *et al*., 2020) ; cette chronologie est parfaitement en ligne avec la présence de céramiques analogues, en Ligurie et en Provence orientale (*infra*) et avec les dates obtenues à Tor Pagnotta (*DS-1E, C032-TPA*) pour un contexte évoquant le BFP. De façon plus hypothétique, d'une part parce qu'il s'agit ici d'une mesure isolée et d'autre part parce qu'elle n'est pas directement associée à un assemblage du Cardial BFP, la date obtenue à Settecannelle (*DS-1E, C033-STT*) cadrerait bien avec l'étape 3D.

En Ligurie et en Provence orientale, quelques récipients BFP ont été identifiés à la fin de l'étape 3C et au cours de l'étape 3D (Pendimoun – 1B, *DS-1G, D021-PND* ; San-Sebastiano-di-Perti, *DS-1F, D011-SSP* ; Arene Candide 1B, *DS-1F, D011-ACN*) ; cette composante est davantage présente aux Arene Candide 2A (avec une date très divergente des autres qui s'inscrit bien en 3D).

Les données sardes (Su Stangioni –Pit-1, *DS-1E, C041-STN*) suggèrent une perduration de ce style, mais sous une forme dérivée au cours de l'étape 4A (cf. SAP, *infra*).

Il est parfaitement concevable que les impacts de la diffusion de l'*Impressa* sur le littoral au cours de l'étape 3B s'expriment également dans la moyenne vallée du Rhône et dans les Alpes. L'exploitation de la source salée de Moriez se place en effet au cours de l'étape 3C (*DS-1G, D025-SSA*) dans un contexte où la fréquentation de la haute montagne est attestée (*i.e*. collecte des terres granitiques de Pendimoun ; Gabriele *et al*., ce volume ; Lardeaux *et al*., ce volume). Aux confins de la Ligurie et du Piémont, une datation entrant dans l'intervalle chronologique de l'*Impressa* finale (étape 3D) a été obtenue

pour un os (humain ?) de Garb dell'Omo inferior (*DS-1C, B112-GOI*) dont le contexte n'est pas publié.

Des traces d'installations néolithiques, qui restent cependant à caractériser compte tenu de l'indigence des assemblages céramiques associés, ont été également enregistrées en moyenne vallée du Rhône à Ronze 82C (*DS-1G, D042-RNZ*), dès l'étape 3D, voire 3C mais avec une date unique, donc peu précise, de même qu'à Lalo N2 (*DS-1G, D041-LAL*) au cours de l'étape 3D, avec cependant des réserves liées à la nature des matériaux datés.

Chronologie interne de l'*Impressa* : tests d'hypothèses avec ChronoModel

*Chronologie interne de l'*Impressa *méridionale*

En Italie méridionale, on dispose de plusieurs séquences décrites et datées de façon fiable (*supra*), à partir desquelles on peut envisager de préciser la sériation, région par région, des différents styles.

Dans les Pouilles la succession suivante a été considérée : *Impressa arcaica* (Pulo Fondo Azzollini – phases 1 et 2, *DS-1C, B014-PFA*) puis *Guadone* (Ripatetta zone-B, *DS-1C, B016-RPT* et Amendola phase-1, *DS-1C, B016-AME*) suivi par *Lagnano - La Quercia* (Balsignano – bâtiment-2/sépulture-3, *DS-1C, B014-BLS* ; Candelaro – phase 2, *DS-1C, B016-CND* ; Torretta di Sezze, *DS-1C, B016-TDS* ; Amendola phase-2, *DS-1C, B016-AME*) et enfin, pour fixer un *terminus ante quem* à l'*Impressa*, les *Bande rosse* (Scaloria Bassa, *DS-1C, B016-SCL* ; Candelaro – phase 3, *DS-1C, B016-CND* ; Fragella, *DS-1C, B016-FRG*).

En Basilicate, la séquence est partielle, uniquement donnée par le modèle de Trasano (*DS-1C, B021-TRS*) faute de dates disponibles pour Rendina.

En Calabre, ont été réunis dans un premier temps, sous l'étiquette « *Impressa arcaica* », les aspects de Favella AD/EGC (*DS-1D, C011-FVL*) et de Saracena – San Michele – phase-1 (*DS-1D, C011-SMI*), en dépit des différences importantes observées entre ces deux sites pour ce qui concerne les méthodes de montage (Gomart, Binder, Gabriele *et al*., ce volume). Ont été ensuite considérés successivement le *Stentinello* ancien (Saracena 6 phase 2, *DS-1D, C011-SMI*) et récent (Umbro, *DS-1D, C014-UMB*) et enfin une date isolée pour les *Bande rosse* de Saracena (*DS-1D, C014-UMB*) permettant de fixer un *terminus ante quem*.

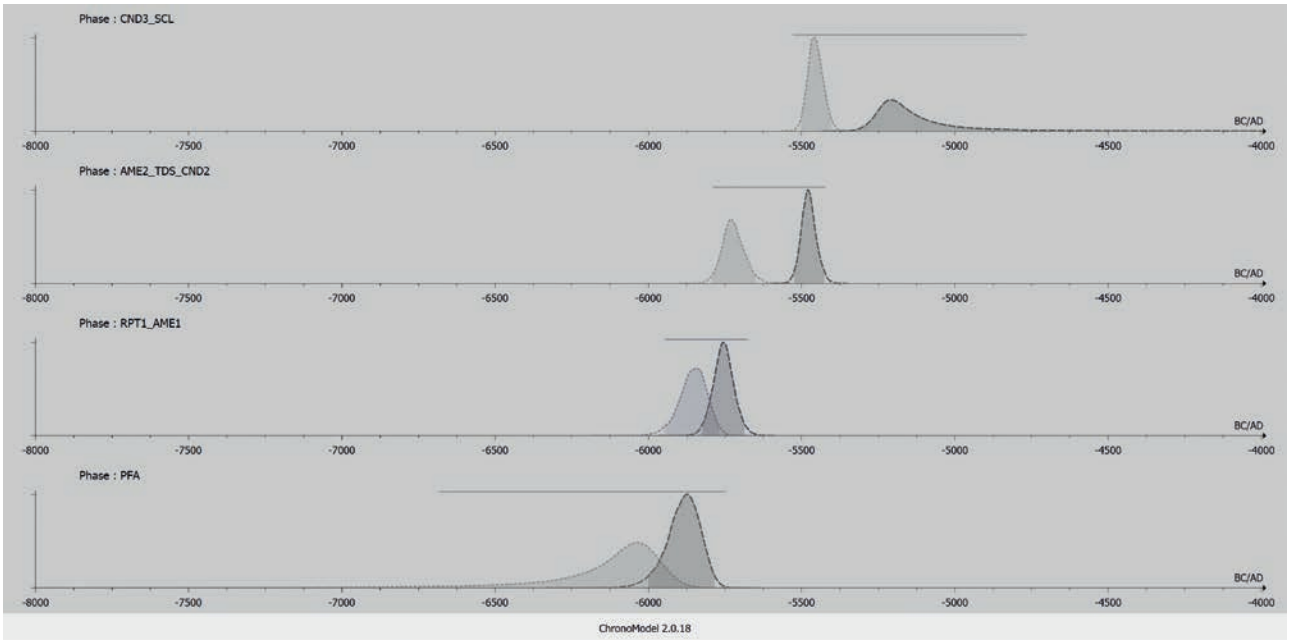
Un premier modèle bayésien (*DS-6*, *MG-SE1*) a été construit en reprenant les modèles intrasites sur la scène des événements et en considérant les successions régionales ci-dessus comme contraintes sur la scène des phases. La sériation qui en résulte se fonde principalement sur les modes *a posteriori* de début et de fin de phases (respectivement abrégés BMAP et EMAP) et secondairement sur les modes des courbes d'activité.

Selon MSE1, les premiers aspects d'*Impressa arcaica* démarrent dans le courant de l'étape 3A. Ils se placent entre 6040 et 5870 AEC dans les Pouilles (Pulo Fondo Azzollini), avec un mode d'activité vers 5920 AEC (fig. 19), et entre 5970 et 5710 AEC en Calabre (Favella et Saracena) avec un mode de la courbe d'activité vers 5760 AEC (fig. 20).

En revanche, en Basilicate, les premières occurrences de l'*Impressa* sont datées de l'étape 3B (fig. 21). Selon ce modèle, Trasano – 1 se place en effet entre 5830 et 5710 AEC avec un mode d'activité vers 5790 AEC. Ce décalage peut être lié, d'une part, au fait que la séquence de Rendina n'est pas datée, mais surtout au fait que la présence significative (5 %) des décors séquentiels (*sequenza*) distingue le style de Trasano – 1 de celui des horizons plus anciens de Pulo – 1 et Favella/Saracena – 1 où ils sont absents (Natali *in* Tiné, 2009), le rapprochant ainsi du *Guadone*. Le début de ce dernier phénomène est parfaitement calé en 3B à Ripatetta – zone B et à Amendola, entre 5850 et 5750 AEC avec un mode d'activité identique, vers 5790 AEC ; à tous points de vue ces âges sont identiques à ceux de Trasano – 1. La position de ce site, à proximité de Ripatetta, dans l'analyse multivariée des techniques élémentaires du décor (Manen *et al*., ce volume) confirme bien ce dernier point et l'étaye sur des bases analytiques et statistiques indépendantes. D'une manière plus générale, cette proximité relance une vieille discussion sur la pertinence d'une différenciation trop rigoureuse des modes de décor séquentiels (*sequenza*, *micro-rocker*, *grafitta dentellata*, sillon d'impressions), parfois simplement considérés comme des variantes (Binder *et al*., 1993).

Selon ce modèle MG-SE1, il est plausible que, dans les Pouilles, les différents aspects les plus évolués, à céramique peinte et gravée (Amendola – phase 2, Torretta di Sezze, Candelaro – 2), couvrent l'ensemble de l'étape 3C, entre 5730 et 5470 AEC, avec un mode d'activité vers 5520 AEC (fig. 19A-B) ; si cette sériation manque de précision, c'est principalement en raison du manque d'études statistiques comparées des assemblages céramiques. En revanche, en Basilicate (fig. 20), cette étape montre la succession de l'aspect Trasano – 2 entre 5710 et 5630 AEC (mode d'activité vers 5670 AEC) et Trasano – 3 entre 5640 et 5570 AEC (mode d'activité vers 5630 AEC) ; il est probable que la fin de l'étape corresponde à l'horizon de Trasanello Cementificio pour lequel on ne dispose cependant pas de dates sur matériaux à faible longévité (*DS-1C, B021-CMT*). Enfin, en Calabre, l'étape 3C est occupée par le *Stentinello* ancien de Saracena – San Michele, entre 5700 et 5630 AEC (mode d'activité vers 5680 AEC) ; le *Stentinello* récent (Umbro) correspond essentiellement à l'étape suivante (4A), en parallèle avec les *Bande rosse* du sud-est (fig. 21).

À titre exploratoire, un modèle partiel (*DS-6*, *MG-SE2*) fait l'hypothèse d'une organisation interne de l'*Impressa arcaica* de Calabre. Il se fonde en premier lieu sur la distinction des structures EG *vs* AD de Favella (*DS-1D, C011-FVL*), à raison des différences observées dans les assemblages céramiques, aussi bien pour ce qui concerne les pâtes que la structuration du décor : l'usage plus appuyé des dégraissants végétaux placerait ainsi AC avant EG, caractérisé par un dégraissant minéral plus grossier et, par ailleurs, une décoration plus structurée. En outre, on propose l'alignement de Favella EG sur la phase 1 de



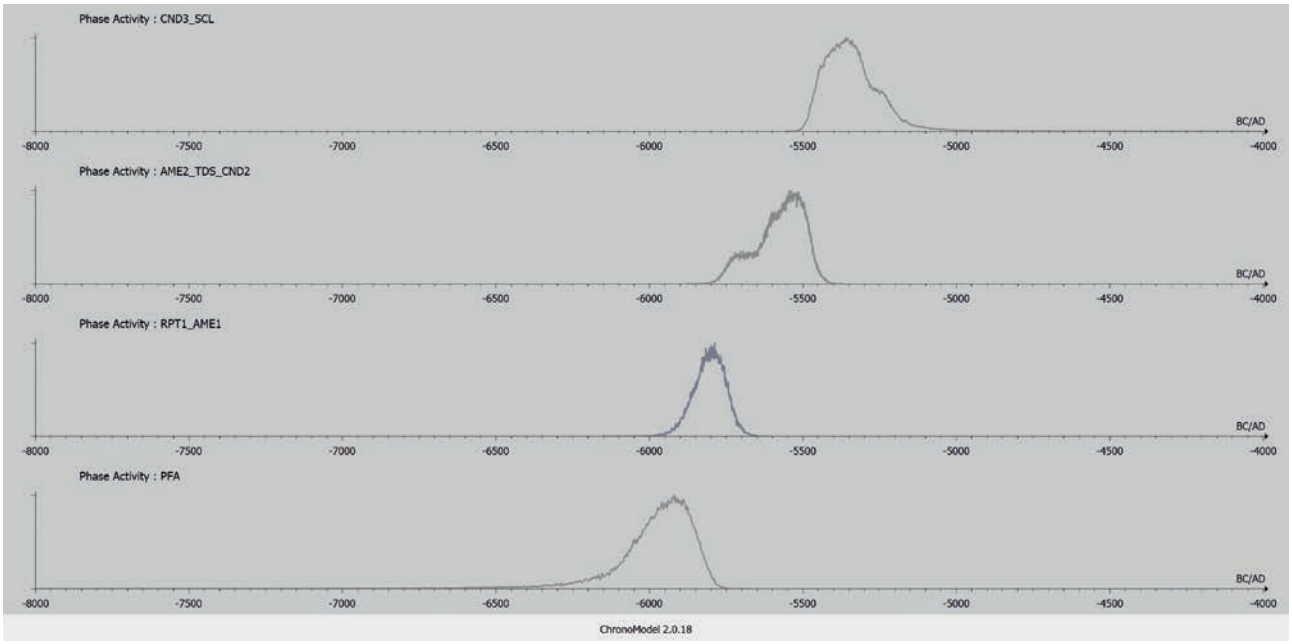
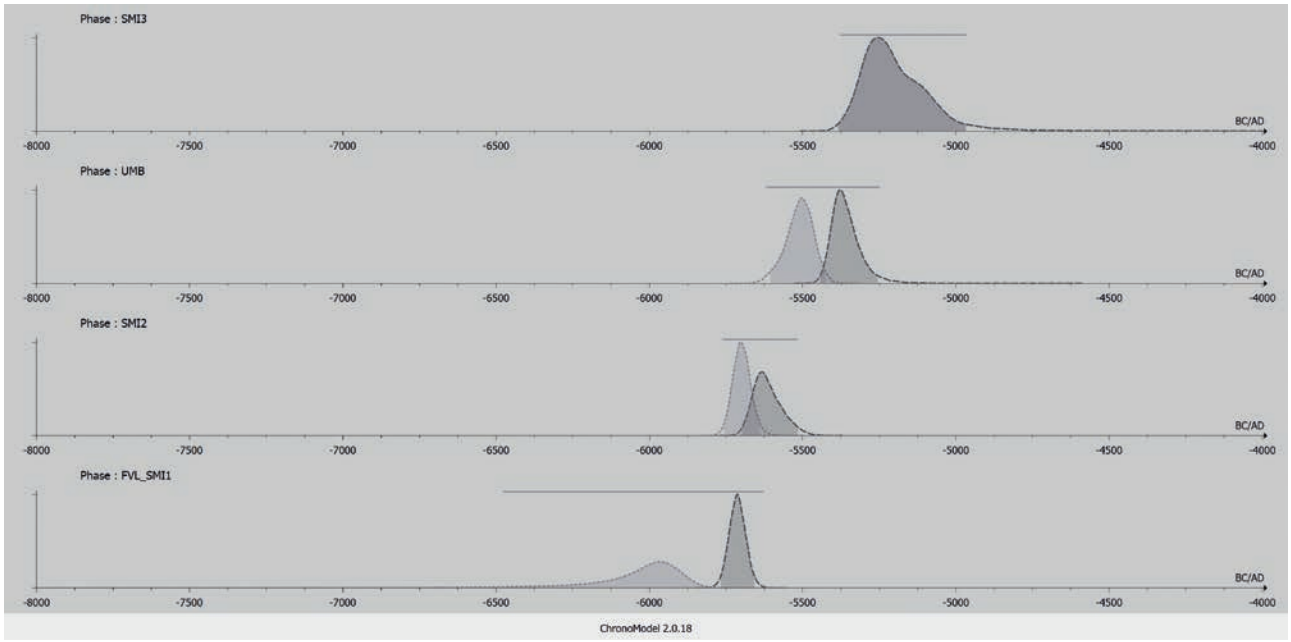


Fig. 19 – Hypothèse de sériation de l'*Impressa* méridionale, dans les Pouilles, modèle MSE1 (PFA : Pulo Fondo Azzollini ; RPT : Ripatetta ; AME : Amendola ; TDS : Torretta di Sezze ; CND : Candelaro) ; Haut : succession des phases ; Bas : courbes d'activité des phases.

***Fig. 19** – Southern Impressa sequencing hypothesis in Apulia, model MSE1 (PFA: Pulo Fondo Azzollini; RPT: Ripatetta; AME: Amendola; TDS: Torretta di Sezze; CND: Candelaro); Top: succession of the phases; Bottom: activity curves of the phases.*



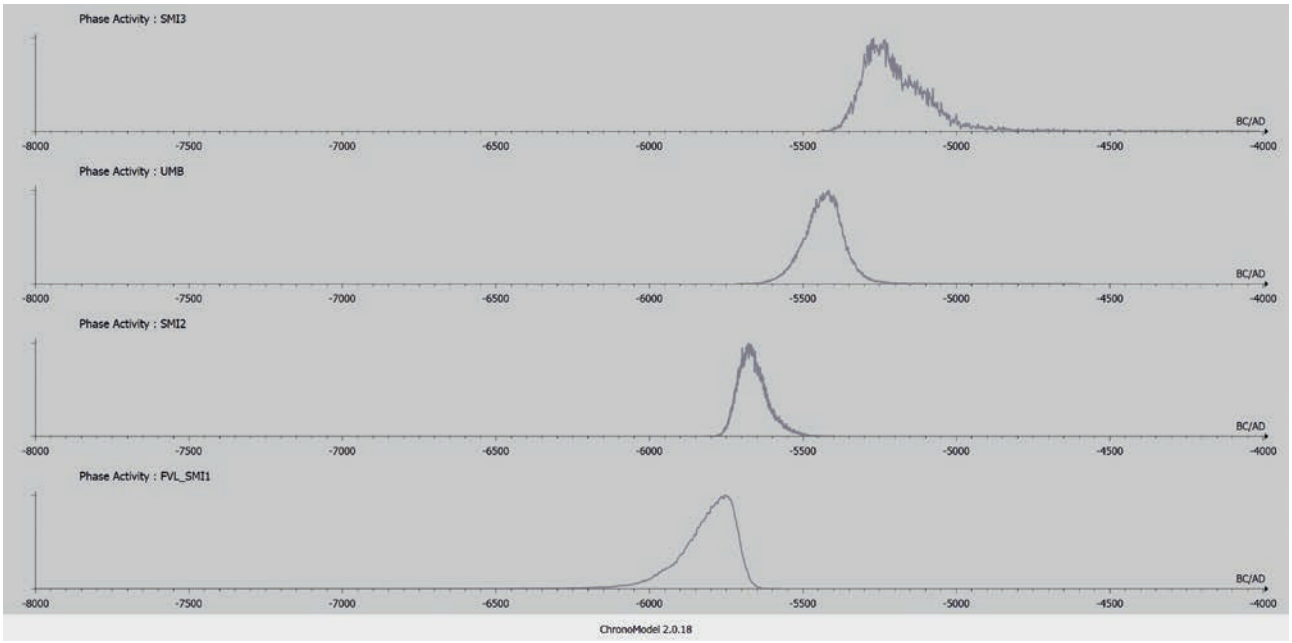


Fig. 20 – Hypothèse de sériation l'*Impressa* méridionale en Calabre, modèle MSE1 (FVL : Favella ; SMI : San Michele Saracena ; UMB : Umbro) ; Haut : succession des phases ; Bas : courbes d'activité des phases.

***Fig. 20** – Southern Impressa sequencing hypothesis in Calabria, model MSE1 (FVL: Favella; SMI: San Michele Saracena; UMB: Umbro); Top: succession of the phases; Bottom: activity curves of the phases.*

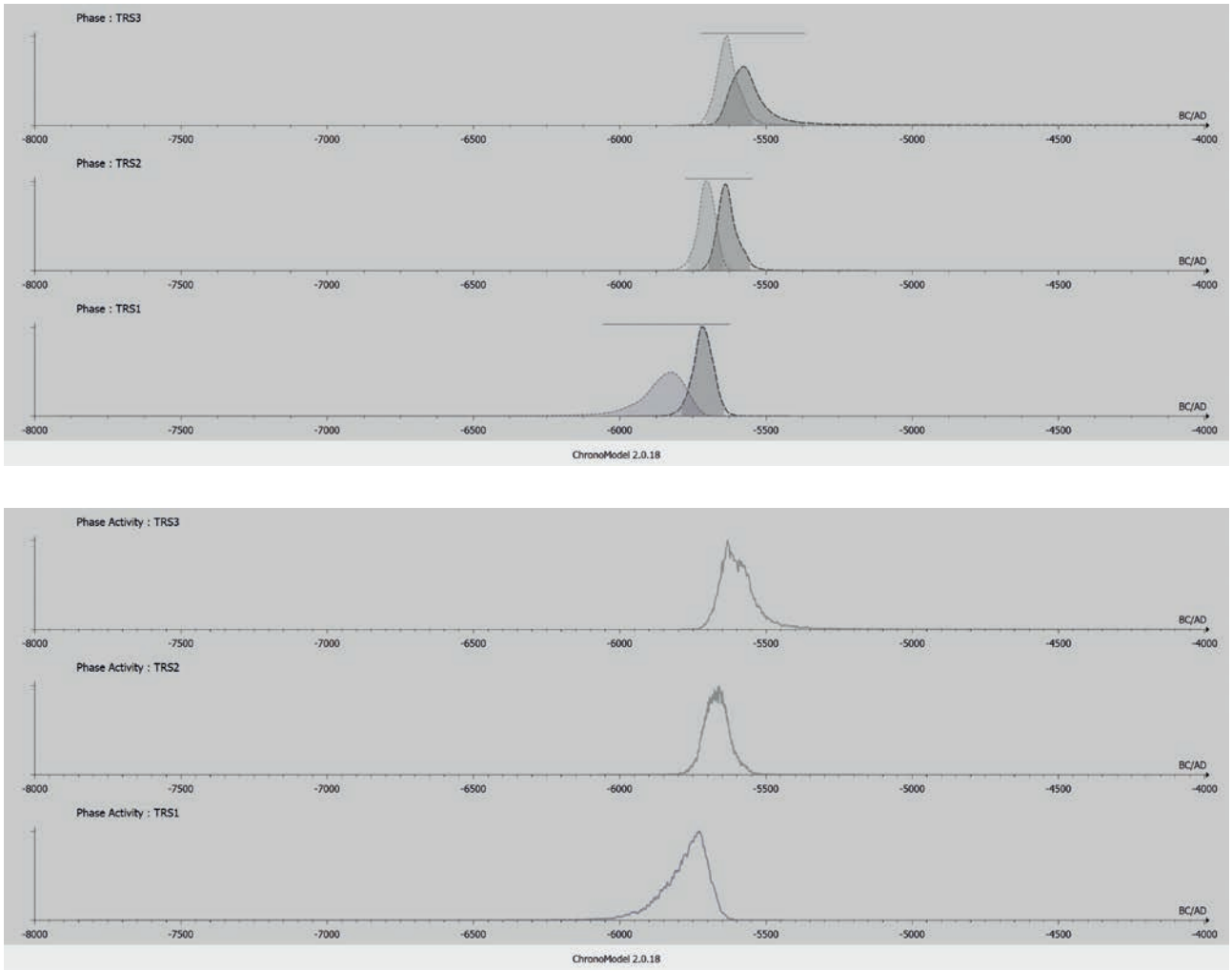


Fig. 21 – Hypothèse de sériation l'*Impressa* méridionale dans le Basilicate, modèle MSE1 (TRS, Trasano) ; Haut : succession des phases ; Bas : courbes d'activité des phases.

***Fig. 21** – Southern Impressa sequencing hypothesis in Basilicata, model MSE1 (TRS, Trasano) ; Top: succession of the phases; Bottom: activity curves of the phases.*

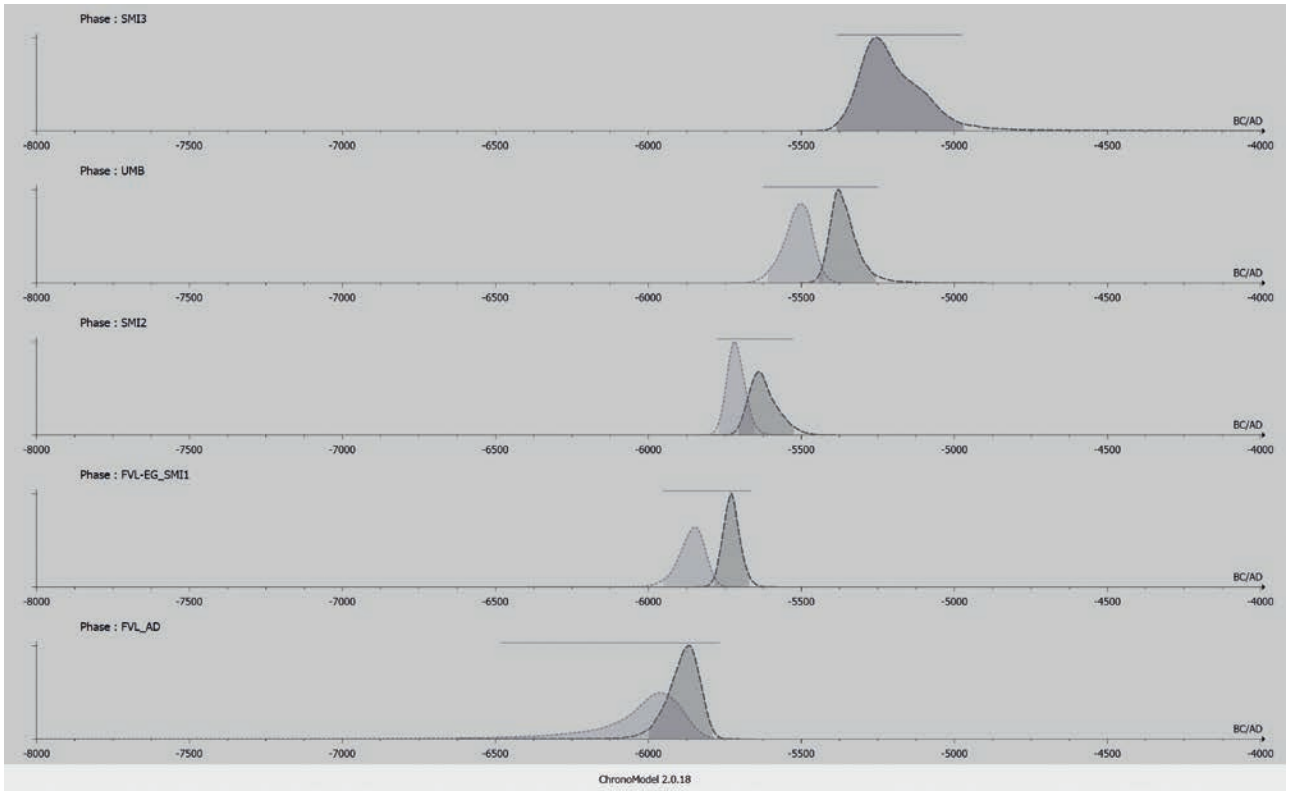
Saracena (*DS-1D, C011-SMI*) à raison (i) de l'usage partagé de dégraissant minéral grossier et (ii) de la présence à Favella (structure E) d'au moins un vase monté par patches spiralés (SPT), technique presque exclusive à Saracena (Gomart, Binder, Gabriele *et al*., ce volume).

Ce modèle place l'*Impressa arcaica* de Favella-AD entre 5960 et 5860 AEC (mode d'activité vers 5890 AEC) soit aux débuts de l'étape 3B, puis Favella EG/Saracena 1 entre 5850 et 5760/5720 AEC (mode d'activité vers 5790/5770 AEC) soit à la fin de l'étape 3B, puis le Stentinello ancien entre 5720 et 5630 AEC (mode d'activité vers 5700 AEC) soit au cours de 3C (fig. 22).

Si l'on opère, en se fondant sur ce dernier modèle, une sériation des grandes entités culturelles pertinentes pour le sud de l'Italie au VI^{e} millénaire AEC, on observe, sur la base des diagrammes de phase, que les entités réputées successives *(Arcaica*, *Guadone*, *Lagnano-Quercia-Graffitta*) se recouvrent significativement deux à deux, le *Stentinello* s'alignant sur les aspects les plus récents des Pouilles et de la Basilicate (fig. 23, top). En revanche, la traduction des mêmes données sous la forme de diagrammes d'activité (fig. 23, bottom) suggère des dynamiques beaucoup plus complexes illustrées par les bimodalités marquées du *Guadone* et du *Stentinello* et va dans le sens de la remise en question du modèle classique évoquée *supra*.

*Chronologie interne de l'*Impressa *du Nord-Ouest*

Globalement, les modèles construits pour les sites majeurs du Nord-Ouest, placent le début de l'implantation néolithique dès l'étape 3B. Une des difficultés actuelles pour reconstruire le processus de diffusion réside cependant dans l'existence de trois aspects nettement différents de l'*Impressa* au cours de la période 3 : l'aspect identifié aux Arene Candide – phase 1A, (*DS-1F, D011-ACN)* et à Peiro-Signado (*DS-1G, D032-PRH*), noté ci-après ACPS ; l'aspect de Pont-de-Roque-Haute (*DS-1G, D032-PRH*), noté PRH ; l'aspect de Pendimoun, (*DS-1F, D021-PSI*), noté PND. Ces assemblages sont très clairement distingués grâce à l'analyse multivariée



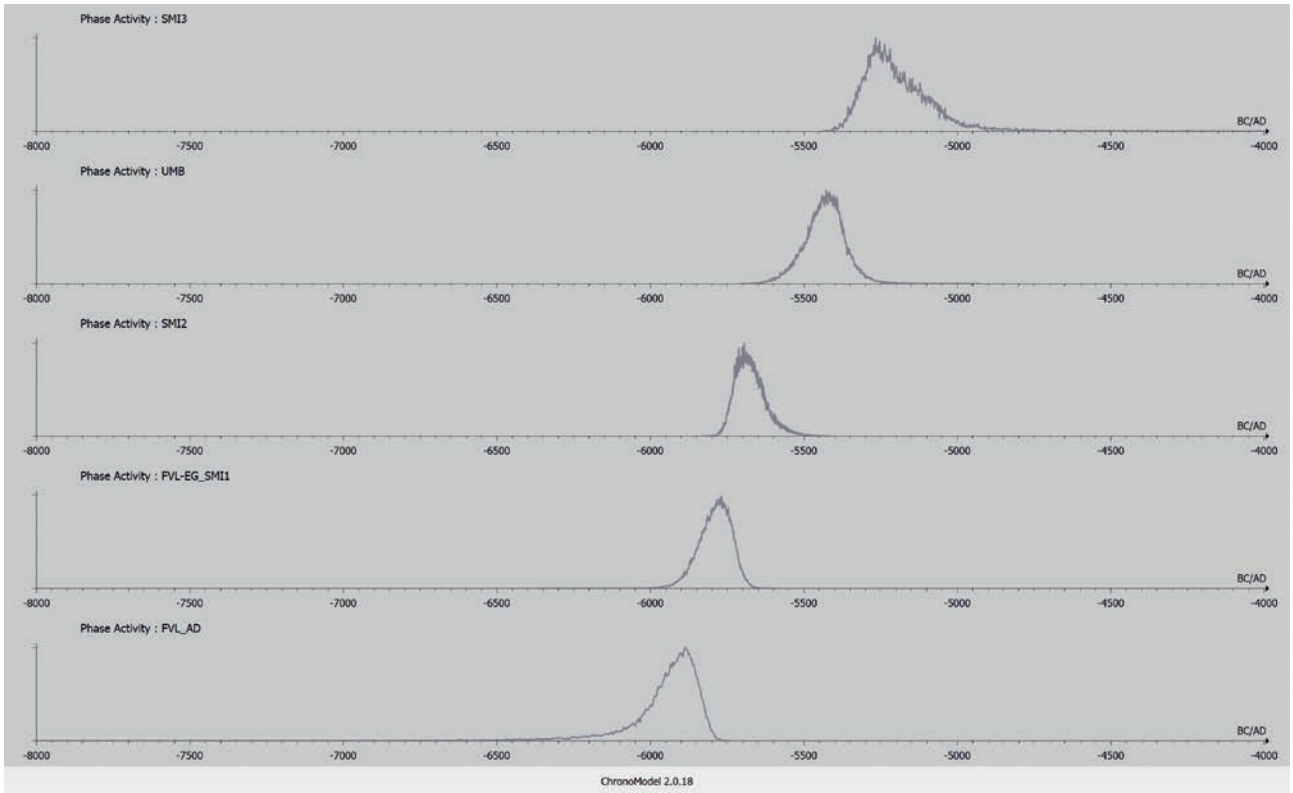


Fig. 22 – Hypothèse d'une sériation interne de l'*Impressa* et du *Stentinello* en Calabre, modèle MSE21 (FVL : Favella ; SMI : San Michele di Saracena ; UMB : Umbro) ; Haut : succession des phases ; Bas : courbes d'activité des phases.

***Fig. 22** – Hypothesis of an internal seriation of the Impressa and Stentinello horizons in Calabria, model MSE2 (FVL: Favella; SMI: San Michele di Saracena; UMB: Umbro); Top: succession of the phases; Bottom: activity curves of the phases.*

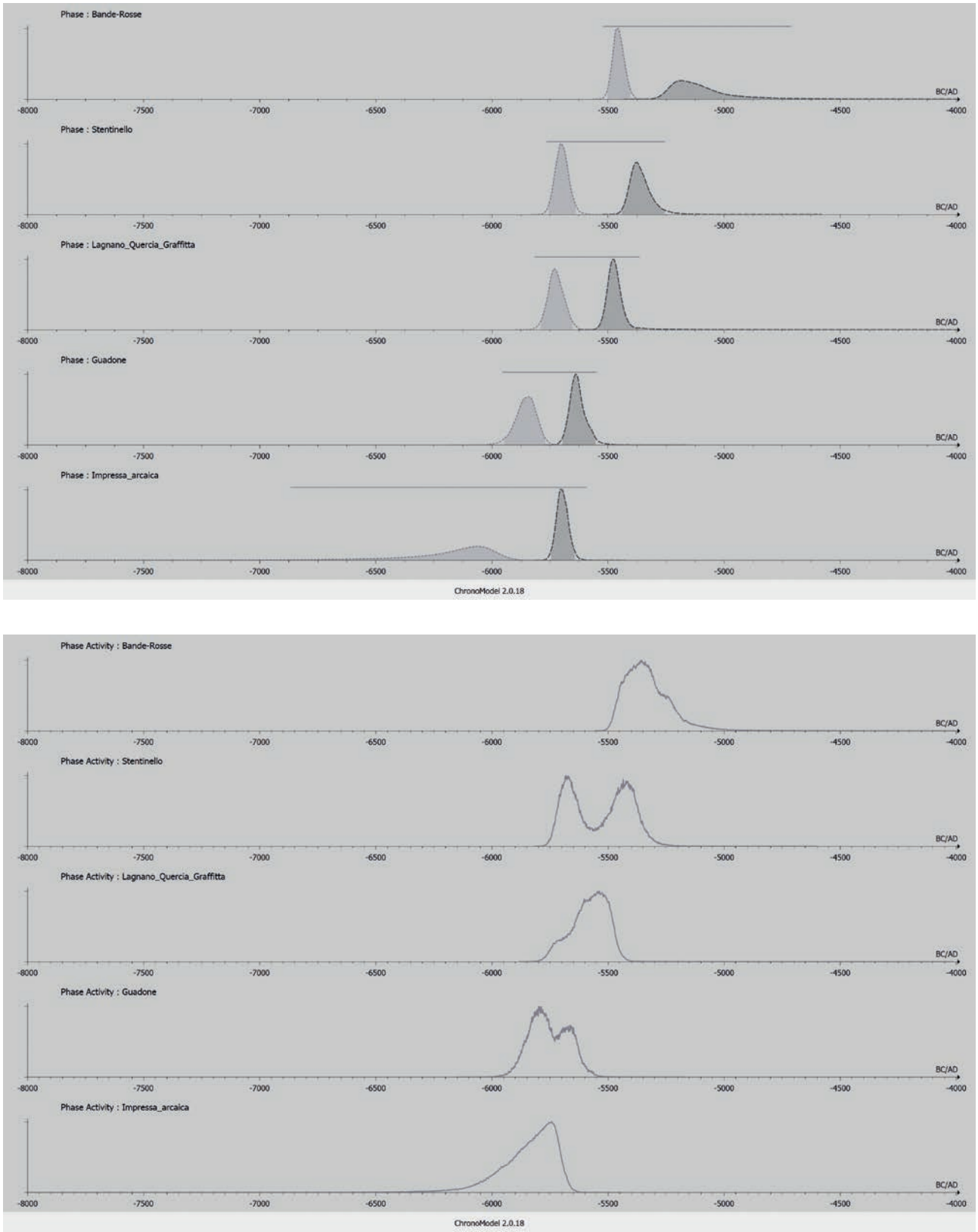


Fig. 23 – Hypothèse de sériation l'Impressa méridionale par grands horizons culturels, succession des phases ; *Impressa arcaica*, *Guadone*, *Stentinello*, *Lagnano-Quercia-Grafitta*, *Bande Rosse* ; Haut : succession des phases ; Bas : courbes d'activité des phases.
Fig. 23 *– Southern Impressa sequencing hypothesis, succession of large cultural horizons; Impressa arcaica, Guadone, Stentinello, Lagnano-Quercia-Grafitta, Bande Rosse; Top: succession of the phases; Bottom: activity curves of the phases.*

fondée sur les techniques élémentaires du décor (Manen *et al*., ce volume).

Les trois hypothèses initiales avancées ci-dessous permettent de construire un modèle de sériation unique pour ces différents faciès.

– Les assemblages des Arene Candide 1A et de Peiro-Signado ne peuvent être distingués stylistiquement en dépit de leur éloignement géographique ; ils seront présumés contemporains.
– Les aspects de Pont-de-Roque-Haute – très proches, si l'on se fonde sur les procédés élémentaires de décor, de ceux de la fin de l'*Impressa arcaica* du Sud-Est, *i.e*. Matera – Trasano – 1 – sont très éloignés stylistiquement de Peiro-Signado, en dépit de leur grande proximité géographique ; ils seront considérés comme successifs, Pont-de-Roque-Haute suivi par Peiro-Signado.
– L'aspect de Pendimoun – 1A/1B a été reconnu aux Arene Candide en stratigraphie dans des dépôts relativement perturbés postérieurs à ceux de l'étape ACN-1A ; la succession suivante sera retenue : ACN-1A puis PND-1A, puis PND-1B, puis PND-2A aligné sur ACN-2B, et enfin PND-2B.

Un modèle bayésien (*DS-6*, *MG-NW*) a été construit en reprenant les modèles intrasites sur la scène des événements et en posant les trois hypothèses qui précèdent comme contraintes sur la scène des phases. La sériation qui en résulte (fig. 24A-C) se fonde sur les modes *a posteriori* de début et de fin de phases et sur les modes des courbes d'activité.

– L'aspect PRH couvre l'ensemble de l'étape 3B, entre 5900 et 5790 AEC avec un mode d'activité vers 5830 AEC. On manque cependant d'un *terminus ante quem* pour la fin du Mésolithique dans le secteur Orb/Hérault qui permettrait, pour autant qu'il soit suffisamment proche dans le temps et dans l'espace, de réduire la queue de distribution du début de phase.
– L'aspect ACPS se situe majoritairement au cours de 3C, entre 5780 et 5660 AEC aux Arene Candide et entre 5780 et 5670 AEC à Peiro-Signado, dans les deux cas avec des mode d'activité vers 5710 AEC. Il serait ainsi très proche dans le temps du *Stentinello* ancien de Saracena – San Michele que les modélisations intersites (*supra* modèles MSE2 et MSE1) placent également en 3C, entre 5720/5710 et 5640 AEC (avec un mode d'activité vers 5700/5680 AEC). Or ces deux aspects présentent des traits communs originaux, aussi bien sur le plan technologique (Gomart, Binder, Gabriele *et al*., ce volume) que stylistique (Manen *et al*., ce volume).
– L'aspect PND se situe intégralement dans le courant de 3D, avec deux épisodes successifs à Pendimoun : PND-1A, sans éléments renvoyant à l'aspect *Basi-Filiestru-Pienza* (BFP), entre 5650 et 5620 AEC (mode d'activité vers 5640 AEC) et PND-1B, avec de rares éléments BFP, entre 5630 et 5460 AEC (mode d'activité vers 5510 AEC) ; aux Arene Candide, les phases ACN-1B et 2A *pro parte*, avec des éléments BFP, s'alignent sur PND-1B mais avec une courbe d'activité bimodale.
– Le Cardial ancien, dépourvu d'éléments BFP (*infra*), débute avec l'étape 4A, vers 5440 AEC à Pendimoun – 2A et vers 5420 aux Arene Candide – 2B.

BUISSONNEMENT DES ENTITÉS NÉOLITHIQUES, PÉRIODE 4, 5450-4850 AEC

À partir de la période 4 (*ca.* 5450 AEC) on observe une accentuation des processus de diversification et de régionalisation des styles céramiques. L'horizon *Danilo/Kakanj* positionné principalement en Dalmatie et potentiellement articulé avec le *Çakran* d'Albanie et le *Vlaška* d'Istrie, semble traduire un important renouvellement des paradigmes symboliques et techniques, potentiellement lié à une réactivation des relations avec les Balkans centraux et méridionaux. Trois entités peuvent être considérées d'emblée comme les prolongements de l'*Impressa arcaica* et évoluée de la période 3 : les *Bande rosse* en Italie méridionale et centrale, l'*Impressa medio-adriatica* en Italie centrale (versant adriatique) et le Cardial/Épicardial dans les domaines franco-ibérique et tyrrhénien. Enfin, la définition, la nature et l'origine de ce qui sera présenté ici comme un cinquième ensemble, à céramique linéaire, en Italie centrale et septentrionale, sont plus problématiques.

Danilo/Kakanj/Vlaška

Cet horizon, particulièrement bien identifié en Dalmatie (fig. 25), est caractérisé par un important renouvellement des productions céramiques avec des aspects à décor imprimé/incisé ou peint, souvent exubérant (notamment avec des motifs spiralés), des formes complexes (notamment à pied cylindrique haut) et des vases zoomorphes (rhytons/*scoops*) à fonction cérémonielle présumée (Perić, 1996 ; Biagi, 2003b ; Rak, 2011). Ces transformations vont de pair avec un développement de la *ceramica figulina*, épurée et cuite à haute-température (Spataro, 2002 ; McClure *et al*., 2018). La périodisation interne du *Danilo* (style incisé-géométrique, style polychrome du site éponyme, aspect *Vela-Luka/Gudnja*, aspect *Vlaška* pas ou peu décoré, etc.) n'est pas totalement calée dans le temps (Forenbaher *et al*., 2013).

Les données suggérant une émergence du *Danilo/Vlaška* très précoce (étape 3D) en Istrie ou dans la région du Lika, au nord de Zadar, sont particulièrement fragiles : incohérences irréductibles dans la distribution stratigraphique des dates de Pupićina peć (*DS-1B, A056-PPC*) ; datations par comptage ß très imprécises pour l'Edera – 2A (*DS-1B, A071-EDE*) ; hétérogénéité de l'assemblage céramique avec des intrusions récentes et dates sur charbons indéterminés à Đurđeva greda (*DS-1B, A054-ĐRĐ*). Il y a par ailleurs de fortes contradictions entre des âges présumés très anciens pour le *Vlaška* d'Istrie (3D) et

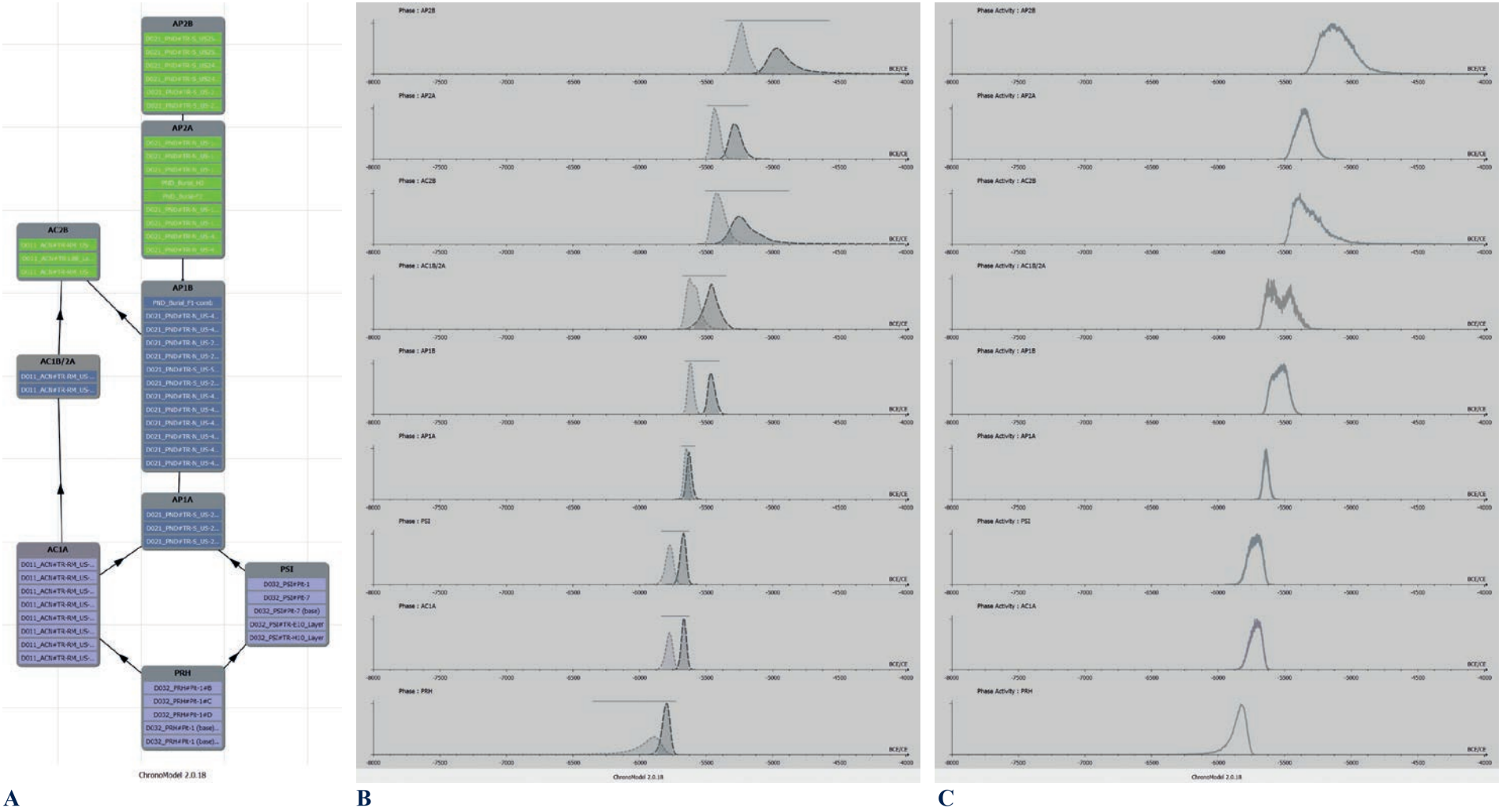


Fig. 24 – Hypothèse de sériation de l'*Impressa* du Nord-Ouest (PRH : Pont de Roque Haute ; PSI : Peiro-Signado ; AC1A-2B : Arene Candide ; AP1A-2B : Pendimoun) ; A : modèle de phase ; B : succession des phases ; C : courbes d'activité des phases.

***Fig. 24** – Northwestern Impressa sequencing hypothesis (PRH: Pont de Roque Haute; PSI: Peiro-Signado; AC1A-2B: Arene Candide; AP1A-2B: Pendimoun); A: phase model; B: succession of the phases; C: activity curves of the phases.*

Fig. 25 – Distribution des sites du *Danilo, Kakanj, Vlaška* en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 25** – Distribution of Danilo, Kakanj, Vlaška sites in the Central and North-Western Mediterranean (CWM); Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

ceux beaucoup plus récents obtenus dans le Kvarner (*i.e.* Vorganjska peć, postérieur à l'étape 4D, *DS-1B, A055-VRG*) et le Karst slovène (*i.e.* Podmol, étapes 4A-4B, *DS-1B, A062-PDM* ; Trhlovca, étape 4D et au-delà, *DS-1B, A062-TRH*).

Les données radiométriques et contextuelles les plus solides attestent d'un développement significatif des caractères propres à cet horizon dans le courant de l'étape 4A (5440-5300 AEC) au nord de la Bosnie. À Obre 1 (*DS-1B, A042-OBR*), l'assemblage de la phase 3, étiquetée *Proto-Kakanj* selon A. Benac ou *Early Kakanj* selon M. Gimbutas, présente encore des composantes décoratives renvoyant au *Starčevo-Impressa* qui précède (décors impressionnés structurés, barbotine). Plus au sud, en Herzégovine, l'hypothèse d'une perduration d'ensembles « purement *Impressa* » au cours de la même étape (*i.e.* Žukovička pećina, *DS-1B, A043-ŽKV*) est possible mais n'est cependant pas totalement assurée au vu des conditions de gisement.

Sur la bande côtière dalmate, dans la région de Zadar, Polje niže Vrcelja (*DS-1B, A054-PNV*) livre des éléments évoquant le *Danilo* (*i.e.* pieds creux cylindriques) dans un contexte à composante *Impressa* dominante qui se place avec une assez bonne confiance dans le courant de l'étape 4A. Dans la région de Dubrovnik, l'horizon *Danilo*/Çakran de Gudnja pećina (*DS-1B, A051-GDN*) pourrait également se placer en 4A mais les dates sur charbons indéterminées doivent être considérées avec précautions. L'absence ou l'inconsistance des dates pour l'Albanie (par ex. Konispol) ne permettent pas de préciser les articulations chronologiques et culturelles entre les premiers aspects *Danilo/Kakanj* et l'aspect Çakran *-Dunavec* avec lequel il partage de nombreux traits (Korkuti et Andrea, 1974).

Le fait que ce courant se développe aussi bien sur des substrats *Starčevo* (par ex. en Bosnie) qu'*Impressa* (en Dalmatie), valorise l'hypothèse d'un influx externe, potentiellement depuis les Balkans méridionaux. Bien qu'ils présentent des morphologies distinctes de ceux du *Danilo*/*Kakanj*/Çakran, les *scoops* de Grèce sont cités comme précurseurs potentiels des rhytons des Balkans orientaux (Prendi, 1976). Il se placent en Thessalie (Sesklo), en Attique (Agora d'Athènes, grottes de Kitsos et de Pan), en Eubée (Skoteini-Tharrounia, Varka-Psachna) ou dans les Cyclades (Kephala Kea) dans des contextes du « Néolithique récent ou final » (Papathanassopoulos, 1996).

Au cours de l'étape 4B (5300-5150 AEC), dans la région de Šibenik, il n'est pas possible de distinguer les âges de l'horizon dit de transition *Impressa/Danilo* (Pokrovnik-Trench-D, *DS-1B, A053-PKR*) et du *Danilo stricto sensu* (Danilo-Bitinj, *DS-1B, A053-DNL* ; Krivače, *DS-1B, A053-KRV*).

La situation est moins claire plus au nord, dans le Kvarner où la perduration d'un aspect de l'*Impressa* au cours des étapes 4B et 4C à Vorganjska (*DS-1B, 055-VRG*) mérite confirmation et en Istrie à Jačmica (*DS-1B, A056-JCM*) où l'aspect *Danilo-Vlaška* (*i.e.* pas ou peu décoré) n'est daté que par une mesure le situant indifféremment en 4B ou 4C. Encore plus au nord, la diffusion des éléments typiquement *Danilo* vers le nord se limite fondamentalement au Frioul (Ferrari *et al.*, 2018 et 2019) où ils sont notamment associés aux assemblages céramiques de Sammardenchia (cluster B, *DS-1B, A072-SMM*), probablement dès l'étape 4C, avec une petite réserve portant sur le fait que les mesures, cependant à très haute résolution, ont été réalisées sur charbons indéterminés.

En Dalmatie les aspects évolués du *Danilo* occupent les étapes 4C (5150-5000 AEC) et 4D (5000-4850 AEC) dans la région de Šibenik (Pokrovnik, *DS-1B, A053-PKR* ; Danilo-Bitinj, *DS-1B, A053-DNL*) et plus au sud, à Nakovana dans la région de Dubrovnik (*DS-1B, A051-NKV*), avec la succession des aspects polychrome puis *Vela Luka/Gudnja*.

Bande rosse et horizons à *figulina* peintes

Dans la séquence classique d'Italie méridionale et centrale, plusieurs styles céramiques sont caractérisés par le développement des motifs peints en rouge, brun, blanc ou polychromes (fig. 26) : *Catignano*, *Passo di Corvo* et *Scaloria bassa* ; *Capri*, *Scaloria alta* et *Ripoli* ; *Serra d'Alto* (Tiné, 1983 ; Cremonesi et Tozzi, 1987 ; Colombo, 2007 ; Pessina *et al.*, 2016). Les premiers aspects (*Bande rosse*, *Bicromica*) se placent au cours de la période 4, de même que les premières étapes des horizons à *Ceramica Tricromica*. Ces styles s'enracinent globalement dans le courant *Impressa* au sein duquel des techniques décoratives similaires ont été très tôt en usage, en combinaison avec des motifs imprimés (*Guadone*, *Lagnano*, *La Quercia*). La décoration imprimée, présente à bas bruit au sein de ces assemblages, marque également la continuité des traditions décoratives. Toutefois, le changement majeur réside dans la mise en œuvre avérée ou supposée de cuissons contrôlées à hautes température (*ca.* 850°C) sur des terres très pauvres en non-plastiques, voire épurées, définissant ainsi la *ceramica figulina* (Muntoni et Laviano, 2008 ; Spataro, 2009b ; Muntoni et Eramo, 2016) ; même si l'on considère la possibilité d'une origine plus ancienne de ce mode de production (*supra*), son développement peut être considéré comme caractéristique, comme pour le *Danilo* (*supra*).

Dans les Murge, l'association de céramiques gravées et peintes de Santa Anna (*DS-1C, B013-SAN*) se place principalement dans le courant de l'étape 4A si l'on se fonde sur le mode de la courbe d'activité, cependant un démarrage au cours de 3D n'est pas totalement exclu.

Dans le Tavolière des Pouilles, les premiers éléments évoquant les *Bande rosse* (*i.e.* Passo di Corvo) seraient présents, au vu des dates disponibles, à Candelaro (*DS-1C, B016-CND*) dès la phase 2 (étape 3D) en association avec des décors de type La Quercia et une proportion encore significative de céramique imprimée, tandis que les dates obtenues sur restes humains placeraient la phase 3 à céramique de type *Scaloria alta* dans le courant de l'étape 4A ; au cours de cette dernière phase la céramique imprimée est pratiquement absente. Sur le site éponyme de Scaloria bassa, la série de restes humains directement

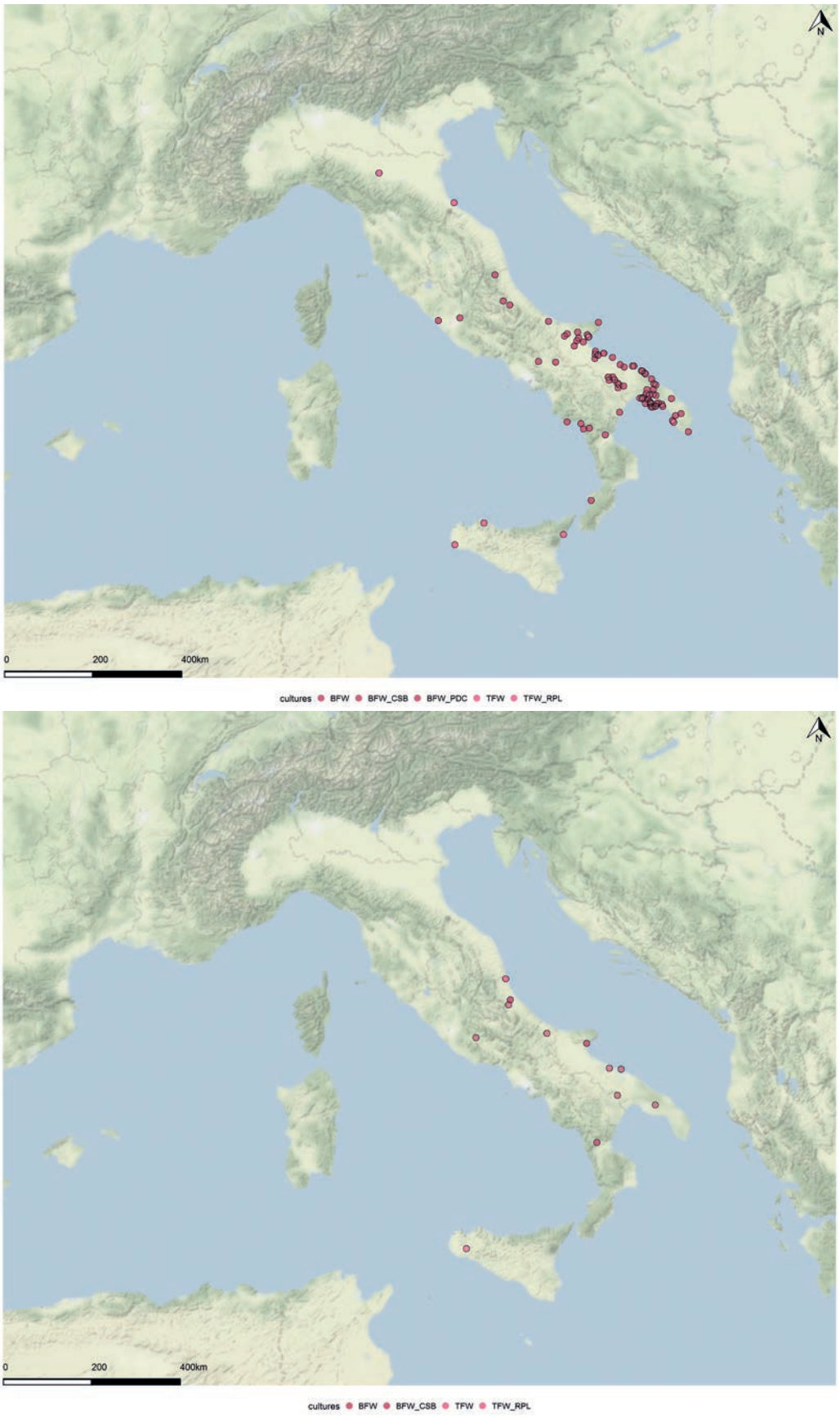


Fig. 26 – Distribution des sites à *Ceramica figulina* bichrome et trichrome en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 26** – Distribution of sites including bichrome and trichrome Figulina ware in the Central and North-Western Mediterranean (CWM); Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

datés se place à partir de l'étape 4A (*DS-1C, B016-SCL*). Ces aspects se poursuivent au cours de l'étape 4B, par exemple à Titolo (*DS-1C, B014-TTL*). Dans les Pouilles, la fin des *Bande rosse* est mal fixée ; les dates obtenues récemment par AMS, et sur des matériaux qui ne sont pas précisés, situent les premiers aspects du *Serra d'Alto* (*i.e.* Spiaggia di Colonna ; San Biagio, US228) au cours des étapes 4C/4D (Coppola *et al*., 2017).

En Calabre les premières céramiques peintes sont datées à partir de l'étape 4B à Saracena – San Michele (*DS-1D, C011-SMI*) ; en revanche elles ne sont pas précisément calées à Capo-Alfiere – phase 1 où elles sont par ailleurs rarissimes en regard des céramiques imprimées (*DS-1D, C012-CAL*).

La situation est également très floue en Sicile où la céramique peinte accompagne des aspects tardifs ou dérivés du *Stentinello/Kronio* (Kronio – 4A, *DS-1D, C023-KRN* ; Piano-Vento niveaux 2 et 3, *DS-1D, C023-PVE*). Le site de Partanna – Stretto (*DS-1D, C024-STR*) place les derniers aspects supposés dériver du *Stentinello* (ou *Kronio* ?) avec une importante composante peinte, bichrome et trichrome, au cours de l'étape 4D et au début de la période 5.

En Italie centrale, versant adriatique, l'interprétation des données contextuelles reste difficile dans le Molise à Monte Maulo (*DS-1C, B041-MMA*) où deux mesures, assez imprécises, situent une fosse attribuée aux *Bande rosse* dans le courant de la période 4.

En revanche, dans les Abruzzes, les aspects de *Catignano* pourraient se placer sur le site éponyme en 4A (ST.503) puis en 4B (ST.501), avec une réserve relative aux mesures sur charbons indéterminés (*DS-1C, B053-CTG*), et enfin en 4C à Colle Cera (*DS-1C, B053-CCE*). Cet horizon très solidement ancré dans la continuité de l'*Impressa* du Sud-Est, est plus particulièrement articulé avec les horizons *Guadone* et *Lagnano* qui présentent des poteries peintes définies comme *pseudo-figulina* annonciatrices des productions de type *Catignano* (Colombo *et al*., 2005 ; Colombo et Tozzi, 2017).

La diffusion d'éléments *Catignano* vers le nord est envisagée en Emilie, à Casalecchio di Reno – zona A, contexte pour lequel très peu de dates sont cependant disponibles en regard du nombre élevé de structures fouillées (*DS-1C, B091-CZA*). Dans les Marches, à Monterado – Ripabianca, un tesson de *figulina* à motif peint en rouge (Lollini, 1991) pourrait également se rapporter au Catignano, dans le courant de 4A (*DS-1C, B062-RPB*).

Les dates sur échantillons à longévité réduite connues pour l'horizon *Ripoli*, sa formation, sur le site éponyme (*DS-1C, B054-RPL*, fosse 104 ; Pessina *et al*., 2016), au cours des étapes 4B et 4C ; le recouvrement chronologique avec la culture de *Catignano* dont le *Ripoli* ancien procèderait est donc très significatif. Cette chronologie est en ligne avec celle des contextes ligures (par ex. Arene Candide et Pian del Ciliegio) où les exportations de céramiques *Ripoli* de style ancien se placent au cours de étapes 4C/4D. Un aspect de *Ripoli* est également attesté en Romagne, dans les marges septentrionales de sa zone de formation à partir de l'étape 4D (Ca'Giorgetti, *DS-1C, B081-CGI*).

Sur le versant tyrrhénien, dans le Latium, les assemblages à céramique linéaire, rapportés au Sasso, de Monte Venere (*DS-1E, C033-MVE*) et de la Marmotta (*DS-1E, C032-MRM*) sont caractérisés par une importante composante de décors peints en négatif. L'articulation entre cet aspect et les céramiques peintes potentiellement associées à l'*Impressa* dans l'horizon inférieur du site lacustre (Delpino, 2020) n'est pas explicitée. Sur la base des dates dendro-chronologiques livrées par La Marmotta, l'horizon *Sasso/Monte Venere* se placerait dans le courant de l'étape 4A, en parallèle avec les débuts de *Catignano*. Cet alignement est très cohérent si l'on considère que la technique en négatif a été identifiée en association avec les bandes rouges, dans les Pouilles à Scaloria Bassa (Tiné et Isetti, 1980) ainsi qu'à Catignano puis à Colle Cera (Colombo, 2007). À Casale del Dolce (*DS-1E, C034-CDO*) les parentés avec *Catignano* se fondent non seulement sur la présence de céramique peinte mais également sur des modes architecturaux similaires ; l'âge de ce site n'est pas très précis (étapes 4A à 4C) mais cadre avec la chronologie de Catignano et Colle Cera.

En Ombrie, le site de Pozzi della Piana, qui n'est pas daté, montre également des éléments peints dans le style du *Sasso/Monte Venere* associés à deux récipients à décoration imprimée asyntaxique dans le style médio-adriatique (Passeri, 1970). Une association similaire a été identifiée à la grotta Bella (*DS-1C, B072-BLL*) mais les deux dates disponibles, sur matériaux non identifiés et à large écart type ne sont pas informatives.

Impressa medio-adriatica

Cet horizon céramique, initialement défini dans les Abruzzes et les Marches (fig. 17) par A. M. Radmilli (Radmilli, 1974), doit être reconsidéré à la lecture des nouvelles données qui ont permis d'identifier la tradition du *Guadone* dans les Abruzzes au cours de la période 3 (Radi et Tozzi, 2009 ; Radi, 2010 ; *supra*). Les assemblages les plus récents se caractérisent principalement par la persistance d'impressions digito-unguéales et instrumentales, couvrantes, pas ou peu structurées rappelant de ce fait certains aspects de l'*Impressa arcaica*, et par des plages incisées (croisillons, chevrons emboités) qui constituent sans doute les éléments les plus spécifiques. Cet aspect se développe principalement au nord du Tavolière (Molise) jusqu'à la rive droite du Pô (Émilie-Romagne).

La genèse et la dynamique évolutive de l'*Impressa* en Italie centrale restent toutefois délicates à appréhender. En effet, si l'hypothèse d'un impact néolithique beaucoup plus ancien est soutenable (étape 3A à Continenza et 3B à Portonovo), les cultures matérielles associées à ces premières manifestations ne sont pas totalement caractérisées ; à Portonovo notamment la structure la plus ancienne (F22) n'a livré qu'une dizaine de tessons caractéristiques qui n'ont pas fait l'objet d'une description spécifique dans la publication (*DS-1C, B062-PRT*). Il en ressort que l'existence, au cours des étapes 3B/3D, d'un horizon ancien de l'*Impressa medio-adriatica* stylistiquement distinct du *Guadone* n'est pas démontrée.

La plupart des sites de l'*Impressa medio-adriatica* datés le sont de façon imprécise ou douteuse, en raison du faible nombre de mesures, du recours à des méthodes de comptage radioactif, ou encore de l'inadéquation des matériaux datés. Abstraction faite de ceux déjà mentionnés ci-dessus, c'est le cas dans les Abruzzes (Fonti Rossi, *DS-1C, B051-FRO* ; Rio Tana, *DS-1C, B052-RTA ;* Piccioni, *DS-1C, B053-PCC* ; Villaggio Leopardi, *DS-1C, B053-VLE*) et en Émilie-Romagne (Riccione – via Berlinguer, *DS-1C, B081-VBE* ; Fornace Capuccini, *DS-1C, B082-FCA*). D'autres sites caractéristiques de ce faciès ne sont pas datés, dans les Abruzzes comme Capo d'Acqua (Bonucelli et Faedo, 1968) ou Sant'Angelo (Di Fraia et Grifoni Cremonesi 1996), ou encore Imola – Ospedale Nuovo en Romagne, site particulièrement important en raison de sa localisation septentrionale (Bagolini et Von Eles, 1978).

Dans les Abruzzes, la disparition des caractères typiques du *Guadone* (micro-rocker des phases 1 et 2) est relativement bien calée en stratigraphie à Colle Santo Stefano (*DS-1C, B052-CSS*), au milieu de l'étape 3D (Angeli *et al*., 2018) ; aussi la phase 3, qui correspond davantage à l'aspect médio-adriatique « classique » de Radmilli, pourrait s'amorcer dès la seconde moitié de l'étape 3D.

Cette chronologie n'est cependant pas assurée dans les Marches. Les aspects de l'*Impressa medio-adriatica* supposés les plus anciens (*i.e*. Muccia – Maddalena, *DS-1C, B061-MDD*) ne sont pas correctement datés avec des âges sur charbons qui s'étalent sur 3D et 4A et donc un vieillissement potentiel. L'exploitation de Portonovo (*DS-1C, B062-PRT*) se place au cours de l'étape 4A, le site de Moscano à la fin de 4A et en 4B (*DS-1C, B062-MSC*) et les sites de Ripabianca (*DS-1C, B062-RPB*) et de Piani di Calisti (*DS-1C, B061-PDC*) au cours de 4B. De même en Ombrie, les structures de San Marco (*DS-1C, B071-SMA*), se situent dans la même chronologie (fossé à partir de 4A et fosse 22 à partir de 4B). Plus au nord (*i.e*. Bazzarola, *DS-1C, B093-BZZ*) les rares éléments rapportables à l'*Impressa medio-adriatica* sont datés de 4A. Plusieurs assemblages céramiques présentent des caractères qui renvoient à la céramique linéaire au sens le plus large, notamment les anses *a listello verticale* à Ripabianca, Moscano, Piani di Calisti, et les formes à carène médiane dans les structures récentes de Portonovo. Ces aspects d'interactions sont particulièrement marqués à Ripabianca, avec la présence de pieds creux associés à des cordons verticaux (cf. *Vhò*, Rosini et Silvestrini, 2006).

Cardial franco-ibérique et *Épicardial*

Émergence du Cardial franco-ibérique et Cardial ancien

Les aspects du Cardial (fig. 27) caractérisés par des décors d'impressions de *Cardiidae*, structurés en rubans horizontaux et verticaux ou en métopes, souvent combinés à des cordons, sont distribués en Ligurie occidentale, Provence et Languedoc méditerranéen puis dans l'ensemble de la péninsule Ibérique (Manen *et al*., 2010a ; Bernabeu Auban *et al*., 2011). Toutefois, des décors céramiques présentant des compositions similaires peuvent être également reconnus en Toscane (Grifoni Cremonesi, 2001), en Corse (Paolini-Saez, 2010) et en Sardaigne (Lugliè, 2018) qui constituent par ailleurs la principale aire d'implantation du Cardial tyrrhénien ou aspect *Basi – Filiestru – Pienza*, abrégé ci-après BFP (*supra*).

L'hypothèse fondatrice, qui considérait le Cardial le plus ancien de la Font-aux-Pigeons (F6-C6 ; *DS-1G, D023-FAP*) comme archétype du stade initial du Néolithique en Méditerranée occidentale (Escalon de Fonton, 1956), a été écartée, dans un premier temps, à raison de sa contemporanéité avec l'Épicardial ancien (Manen *et al*., 2010b) soutenue par l'existence d'ensembles mixtes (par ex. Fontbrégoua, Échallier et Courtin, 1994a et 1994b ; Binder et Sénépart, 2010) et, plus radicalement, avec l'obtention d'une série de dates par AMS sur matériaux à longévité réduite qui placent le site éponyme à la fin du cycle cardial franco-ibérique (Binder *et al*., 2017a).

Deux hypothèses principales ont été avancées pour ce qui concerne les origines de ce faciès. La première propose la formation du style franco-ibérique à zonation horizontale à partir du Cardial tyrrhénien (BFP) sur la base d'un partage de techniques décoratives (Binder, 1995) tandis que la seconde envisage une origine ibérique, suivie d'un feed-back vers l'est, à raison de l'antiquité des dates ibériques (Guilaine, 2018).

En Corse, un aspect supposé dériver de celui de *Basi – Filiestru – Pienza* a été défini à partir des assemblages céramiques de Strette et de l'Île Rousse – A Petra ; il est désigné comme le style *Strette/A Petra* (abrégé SAP) ou « BFP modifié » (Paolini-Saez, 2010 ; Tramoni et D'Anna, 2016). Ces assemblages présentent en effet des structurations en bandes horizontales évoquant le Cardial franco-ibérique tout en conservant des motifs triangulaires constituant en quelque sorte des rappels ou formes diminutives des organisations obliques-miroir du style BFP. A Petra (*DS-1E, C052-PTR*) offre une série consistante de dates par AMS, obtenues cependant sur charbons non identifiés, avec un effet vieux-bois potentiel ; cet ensemble couvre une large période de temps entre l'étape 3D et l'étape 4C, avec un mode d'activité centré sur l'étape 4A ; en outre, les installations les plus anciennes sont encore mal connues. En Sardaigne, l'assemblage de Stangioni, qui montre la coexistence possible de compositions géométriques type BFP et de compositions dérivées (Usai, 2002), est daté des étapes 4B/4C (*DS-1E, C041-STN*). Les conditions dans lesquelles se transforme le style BFP et la chronologie du style SAP ne sont donc pas fixées.

En Toscane méridionale et dans le nord du Latium, abstraction faite des nombreuses occurrences du style BFP, pour la plupart non datées (*supra*), plusieurs assemblages céramiques présentent une composante cardiale dont les structures renvoient très clairement au style franco-ibérique, plus particulièrement dans la région de Siena, à Sarteano – grotta dell'Orso et grotta Lattaia (Grifoni Cremonesi, 2001). L'association ou la

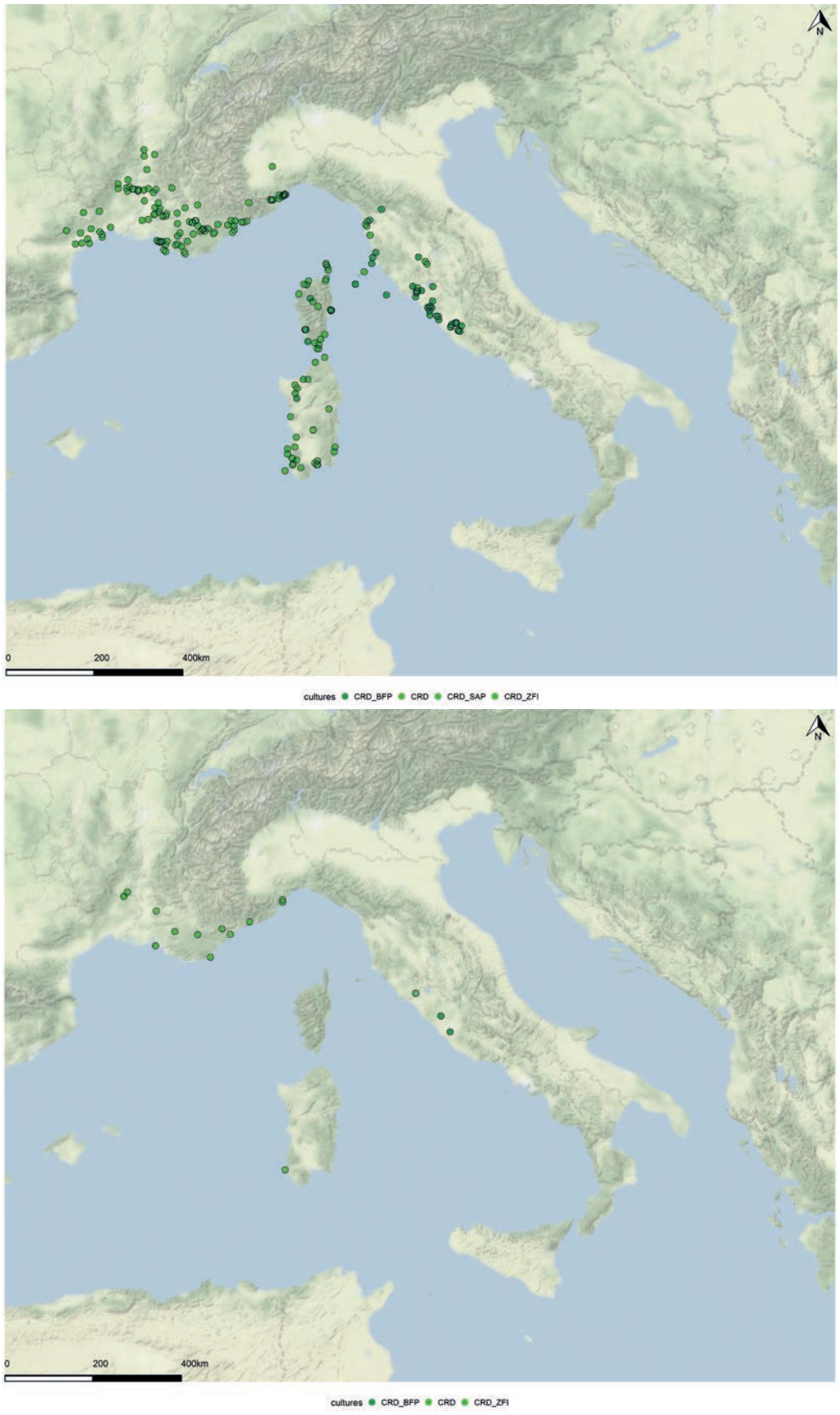


Fig. 27 – Distribution des sites du Cardial en Méditerranée centrale et nord-occidentale (CWM) ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 27** – Distribution of Cardial sites in the Central and North-Western Mediterranean (CWM); Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

dissociation stratigraphique de ces matériaux et ceux de la céramique linéaire (*infra*) n'est cependant pas claire. C'est assurément dans ces régions que l'on doit rechercher les contextes susceptibles de contribuer à clarifier les relations entre Cardial BFP, Cardial franco-ibérique et *Sasso-Fiorano* (par ex. San Petrino, Fugazzola-Delpino et Pessina, 2002, ou encore La Marmotta, *DS-1E, C032-MRM*).

Entre la Ligurie du Ponant et la moyenne vallée du Rhône, plusieurs sites permettent de fixer au cours de l'étape 4A, un horizon ancien du Cardial franco-ibérique caractérisé par des compositions en rubans horizontaux ou verticaux ou en métopes, combinant des impressions à la coquille dentée ou instrumentales et des cordons.

Cet aspect est présent aux Arene Candide – 2B (*DS-1F, D011-ACN*) au sein de laquelle les constructions géométriques BFP sont absentes ; les dates les plus récentes obtenues pour les Arene Candide – 2A qui s'inscrivent au sein des étapes 4A/4B pourraient en fait correspondre à cet horizon. Une partie des humains datés de L'Aquila (cluster 2, *DS-1F, D011-AQU*) s'inscrit au sein de l'étape 4A, en ligne avec la présence d'éléments décorés évoquant ceux des Arene Candide 2B (Biagi et Starnini, 2018).

En Provence orientale, c'est la phase 2A de Pendimoun (*DS-1G, D021-PND*), qui est probablement la mieux documentée pour ce style (Cassard, 2020 ; Cassard *et al*., ce volume), entre l'étape 4A et le début de 4B, avec un mode de la courbe d'activité positionné au milieu de 4A. Les analogies de composition, en bandes horizontales et verticales, entre le Cardial de Pendimoun – 2A et l'*Impressa* de Pendimoun – 1B à laquelle sont associés quelques récipients de style *Basi-Pienza-Filiestru*, soutiennent l'hypothèse d'une parenté entre les horizons franco-ibérique et tyrrhénien.

En Provence centrale, à Cavalaire-sur-Mer – Centre-Ville (*DS-1G, D022-CCV*), un ensemble très réduit mais compatible avec cet aspect est daté de l'étape 4A, tandis qu'à Fontbrégoua (*DS-1G, D022-FBR*), le dépôt de restes humains le plus ancien (H2) et les deux vases qui y sont associés, à décor franco-ibérique caractéristique, se placent bien dans le même intervalle.

En basse Provence occidentale, la première phase de Burlière (*DS-1G, D023-BRL*) correspond à l'étape 4A, mais les âges, sur charbons indéterminés ne sont pas garantis, tandis qu'au Cap Ragnon (*DS-1G, D023-CRA*) une date isolée, centrée sur 4A, n'est pas associée à un contexte précis. À la Font-aux-Pigeons (*DS-1G, D023-FAP*), les installations susceptibles de correspondre à l'étape 4A sont lacunaires, probablement érodées de même que l'ensemble des dépôts de la période 3. En haute Provence, les structures les plus anciennes de Courthézon – Baratin pourraient dater de la toute fin de l'étape 4A mais avec une suspicion d'effet vieux-bois car les mesures ont été réalisées sur charbons de chênes pubescents (*DS-1G, D024-BRT*).

Dans la moyenne vallée du Rhône, deux séquences importantes du Cardial franco-ibérique, Oullins (*DS-1G, D042-OUL*) et Ronze (*DS-1G, D042-RNZ*), débutent avec l'étape 4A. À Ronze, où l'articulation avec un horizon néolithique antérieur reste à expliciter, le spectre général de la céramique à partir duquel a été défini le groupe Cèze-Ardèche (TR1-US-78/69 et TR2/US-43 ; Beeching, 1987) rassemble toutes les composantes du Cardial franco-ibérique dans son acception classique. À Oullins en revanche, les caractéristiques propres aux assemblages les plus anciens (Oullins – 6B) n'ont pas été explicitées ; il serait particulièrement important de savoir si les motifs les plus structurés (bandes marginées, Roudil et Van Willigen, 2002) apparaissent bien dès la base de la séquence. L'hypothèse d'un Cardial franco-ibérique ancien dans la moyenne vallée du Rhône est bien documentée et renforcée par une date isolée, mais sur collagène osseux de capriné domestique, plaçant le Cardial de Montclus – 4A (*DS-1G, D031-BAU*) de façon imprécise dans le courant des étapes 3D/4A.

Sur le littoral languedocien, l'étape 4A n'est pas documentée, sinon par des traces anthropiques détectées lors de carottages géo-archéologiques (Manen *et al*., 2018 et 2019). La discontinuité observée dans cette région entre l'*Impressa* des étapes 3B et 3C (*supra*) et le Cardial récent/Épicardial de l'étape 4B constitue un obstacle majeur pour argumenter l'hypothèse d'un *feed back* cardial depuis la péninsule Ibérique. Cette dernière hypothèse est soutenue par des âges anciens obtenus par AMS sur matériaux à faible longévité pour le Cardial ibérique, notamment dans le Penedès (par ex. La Serreta, étape 4A et Guixeres de Vilobi, fin de l'étape 3D/début 4A, Oms Arias *et al*., 2014) et qui ferait suite à des occupations à affinités Impressa, également bien datées sur des matériaux à vie brève en Pays valencien (Mas d'Is, étape 3D, et Baranquet, étapes 3D/4A, Bernabeu Auban *et al*., 2009 et 2011 ; Cova d'en Pardo – VIII, étape 3D, Soler *et al*., 2011). Cependant, les âges du Cardial du Penedès ne sont pas significativement plus anciens que ceux de Ligurie, Provence ou moyenne vallée du Rhône. Si l'on envisage une deuxième vague – ce qui est sous-entendu dans l'hypothèse du *feed back* (Guilaine, 2018) – il n'y a pas d'argument décisif pour retenir une origine orientale plutôt qu'occidentale ; en revanche la mise en place du Cardial franco-ibérique semble traduire une dynamique très rapide, toutes proportions gardées compte-tenu de la résolution encore insuffisante du radiocarbone.

Cardial récent et Épicardial

Deux aspects, Cardial et Épicardial (fig. 28), coexistent tout au long des étapes 4B et 4C, ces deux dernières étant difficiles à dissocier en l'état actuel.

En Ligurie occidentale et en Provence orientale, aux Arene Candide – 3 et à Pendimoun – 2B (étapes 4B/4C), les aspects du Cardial sont assez semblables à ceux de l'étape antérieure, *i.e*. ACN-2B/PND-2A. En basse Provence occidentale, les premiers dépôts néolithiques préservés de la Font-aux-Pigeons (C17-C15N, *DS-1G, D023-FAP*) placent intégralement l'horizon Cardial en 4B/4C, avec un mode d'activité en 4C ; il en est de même pour l'horizon ancien du Mourre de la Barque (*DS-1G, D023-MBA*). En Languedoc oriental, le site de l'Aigle

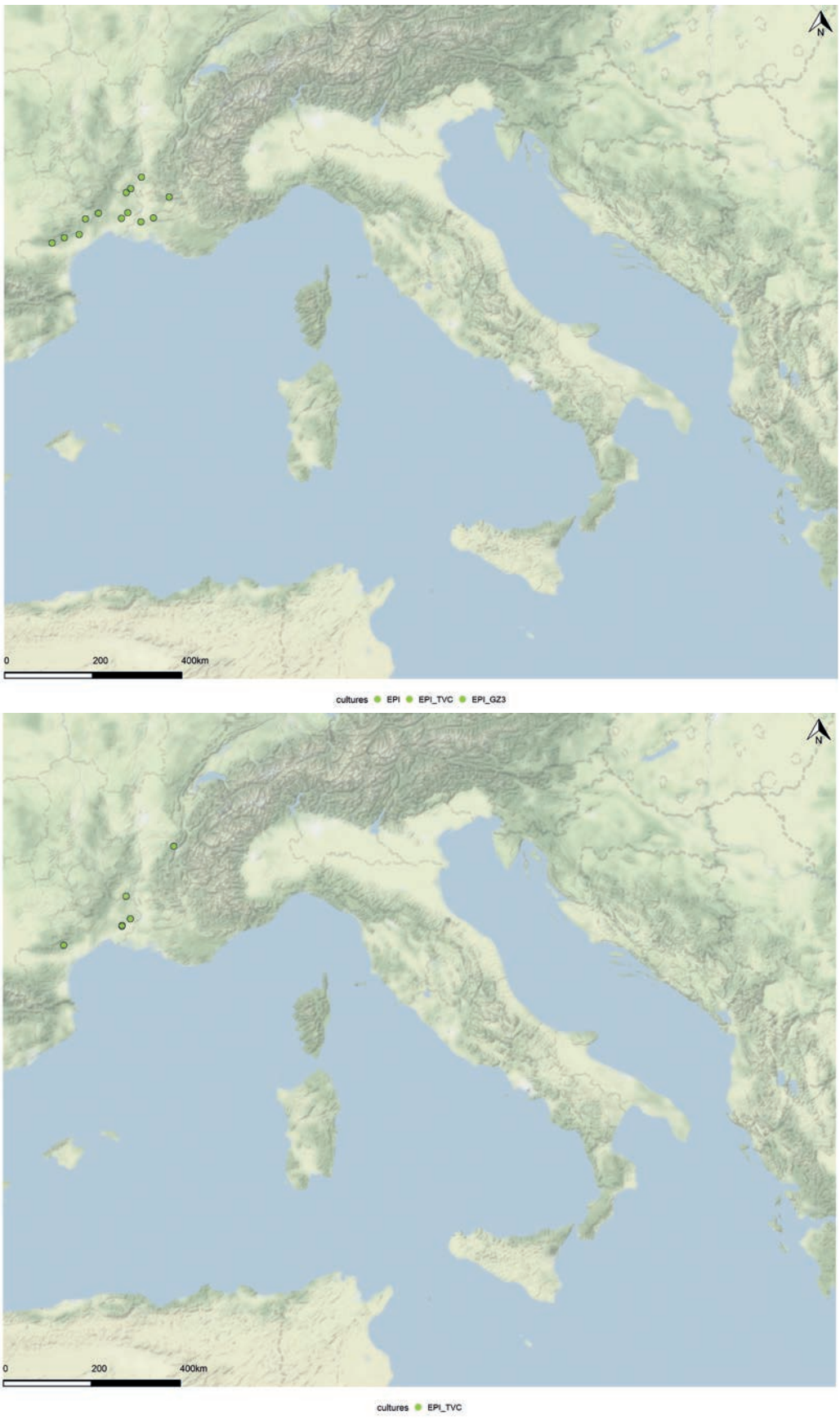


Fig. 28 – Distribution des sites de l'Épicardial dans la zone CWM ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.
***Fig. 28** – Distribution of Epicardial sites in the CWM area; Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

(*DS-1G, D031-AIG*), se situe exactement dans la position chronologique de la Font-aux-Pigeons – C17-C15N, avec un assemblage céramique similaire. En moyenne vallée du Rhône, rive droite, il est plus difficile de considérer la continuité/discontinuité des assemblages dès lors que les séries d'Oullins (6B *vs* 6A, *DS-1G, D042-OUL*) n'ont pas été détaillées ; par ailleurs la date ancienne obtenue pour Montclus – 4A (*DS-1G, D031-BAU*) est peu précise, difficile à contextualiser et demande donc confirmation. En haute Provence, les sites de plein-air qui livrent des assemblages proches de la Font-aux-Pigeons, *i.e*. Baratin (*DS-1G, D024-BRT*) et les Petites-Bâties (*DS-1G, D024-PBA*), ont tous deux été datés sur charbons avec un potentiel effet vieux-bois ; les structures correspondantes se placeraient néanmoins aux cours des étapes 4B/4C. La situation à Unang (*DS-1G, D024-UNA*) est encore plus délicate car, si les assemblages céramiques renvoient essentiellement au Cardial franco-ibérique avec des aspects voisins de Baratin et des Petites-Bâties, la sépulture provenant de la base de la stratigraphie est datée de 4D, voire au-delà ; il faut donc probablement envisager son creusement depuis les niveaux postérieurs au Cardial.

En Languedoc oriental l'horizon ancien de l'Épicardial est très bien daté entre la toute fin de l'étape 4A et la fin de 4C au Taï – GC1 et à Camprafaud – C20-C19, avec des modes d'activité centrés sur 4B. De nombreux sites du Languedoc méditerranéen et de la moyenne vallée du Rhône se rattachent à cette tradition décorative au cours de l'étape 4C plus particulièrement au Taï – GC1/GC2 (*DS-1G, D031-TAI*) et au Mas-de-Vignoles-X (*DS-1G, D031-MVX*) ou encore Lalo – 4 (*DS-1G, D041-LAL*) avec pour ce dernier des réserves portant sur un potentiel effet vieux-bois. Au cours de l'étape 4D, l'Épicardial est largement implanté et bien daté dans ces mêmes régions, au Mas-Neuf-1007 (*DS-1G, D031-MNE*), à Oullins – C5 (*DS-1G, D042-OUL*), à Camprafaud – C18-C17 (*DS-1G, D032-CMP*), à la Roussillonne – Sud (*DS-1G, RSS*) et à la Grande Rivoire – phase 4 (*DS-1G, D043-GRI*). Le fonctionnement de la sépulture plurielle de la baume Bourbon (*DS-1G, D031-BRB*) s'inscrit très bien dans l'intervalle donné par ailleurs pour l'Épicardial, des dernières décennies de 4A et la fin de 4D.

Il n'existe actuellement que de très rares assemblages susceptibles d'être globalement assimilés à l'Épicardial languedocien en Provence, à l'exception de la Font-aux-Pigeons (C13-C10, *DS-1G, D023-FAP*), qui se place au cours des étapes 4C/4D voire au-delà, avec un mode d'activité centré sur 4D. Au cours de l'étape 4D, des mutations importantes sont observées en Provence centrale et orientale, en lien supposé ou attesté avec l'expansion des groupes néolithiques à céramique linéaire précédemment implantés dans la plaine du Pô et en Italie centrale (*infra*).

En revanche, plusieurs ensembles céramiques à tonalité cardiale comportent des vases décorés de sillons et cannelures renvoyant très clairement à ce style. Ces vases sont généralement dégraissés à la calcite pilée, phénomène qui n'est pas plus attesté dans les contextes du Cardial ancien que dans ceux de l'*Impressa* qui précède. À Escanin (Montjardin, 1995), l'assemblage correspondant n'est pas précisément contextualisé ni daté. À Fontbrégoua (*DS-1G, D022-FBR*), si l'on fait exception du dépôt de restes humains H2, centré sur l'étape 4A mais déconnecté du reste de la stratigraphie, on ne connaît pas la chronologie des dépôts néolithiques les plus anciens qui livrent dès la base (C47) des récipients décorés dans le style de l'Épicardial ancien (Binder et Courtin, 1987 ; Échallier et Courtin, 1994a et 1994b). À Fontbrégoua-C43 et à la grotte Lombard (*DS-1G, D021-LMB*), les assemblages qui partagent des traits décoratifs de tradition épicardiale (sillons, cannelures) ainsi que l'usage d'impressions pivotantes à la coquille lisse sur des récipients dégraissés à la calcite pilée, se placent en 4B/4C avec un mode d'activité clairement centré sur 4B.

La porosité entre les deux systèmes (Cardial/Épicardial) est également illustrée par la réinterprétation de certains motifs (*i.e*. rubans imprimés au cardium et bordés de coups de poinçon à la façon épicardiale à Lombard). En moyenne vallée du Rhône, Oullins – C6 (*DS-1G, D042-OUL*) livre également quelques vases décorés de sillons et de cannelures dans le style de l'Épicardial ancien ; cependant toute la couche 6 a été considérée comme un ensemble pour l'analyse de la céramique (Roudil et Van Willigen, 2002) et l'apparition de cette technique de décor n'est donc pas datée. Ce même phénomène de porosité est réciproquement observé dans différents assemblages épicardiaux du Languedoc qui livrent une petite quantité de vases dégraissées à la chamotte et décorés selon la stylistique cardiale (Taï ou Mas-de-Vignoles-X).

Ceramica lineare

Différents faciès céramiques néolithiques d'Italie centrale et septentrionale (fig. 29) sont rassemblés ici sous cette étiquette générique dont le bien-fondé reste parfois à démontrer : *Sarteano et Sasso* (Grifoni, 1967 ; Grifoni Cremonesi et Radmilli, 2001), *Fiorano*, *Vhò* et *Gaban* (Bagolini et Biagi, 1975 et 1976 ; Bagolini, 1977 ; Pessina, 1998a et 1998b ; Biagi *et al*., 2020), *Isolino* (Bagolini *et al*., 1976) et les groupes du Frioul (*i.e*. Sammardenchia-Fagnigola-Valer ; Bagolini *et al*., 1987a ; Ferrari et Pessina, 2000). L'ajout à cet ensemble de l'aspect *Pianaccia-di-Suvero* (Maggi, 1983 ; Ferrari et Steffè, 2006 ; Bernabò Brea *et al*., 2017a), principalement implanté dans l'Apennin liguro-tosco-émilien, repose sur le fait que de nombreux marqueurs céramiques (notamment les cordons imprimés) évoquent le *Vhò* (Biagi *et al*., 2020). Cependant ces dénominations distinctes, qui tentent de fixer la diversité considérable des cultures matérielles, reflètent au moins partiellement les subdivisions administratives actuelles et le poids des régionalismes en Italie (Bagolini, 1990 ; Perrin, 2004).

Plusieurs hypothèses relatives à l'origine de ce complexe ont été émises. Pour plusieurs de ces groupes l'empreinte mésolithique castelnovienne a été fortement soulignée (*inter alia* Tozzi, 1995) jusqu'à évoquer un « Castelnovien céramisé » (Bagolini, 1984). Pour le bassin du Pô, une influence danubienne a parfois été

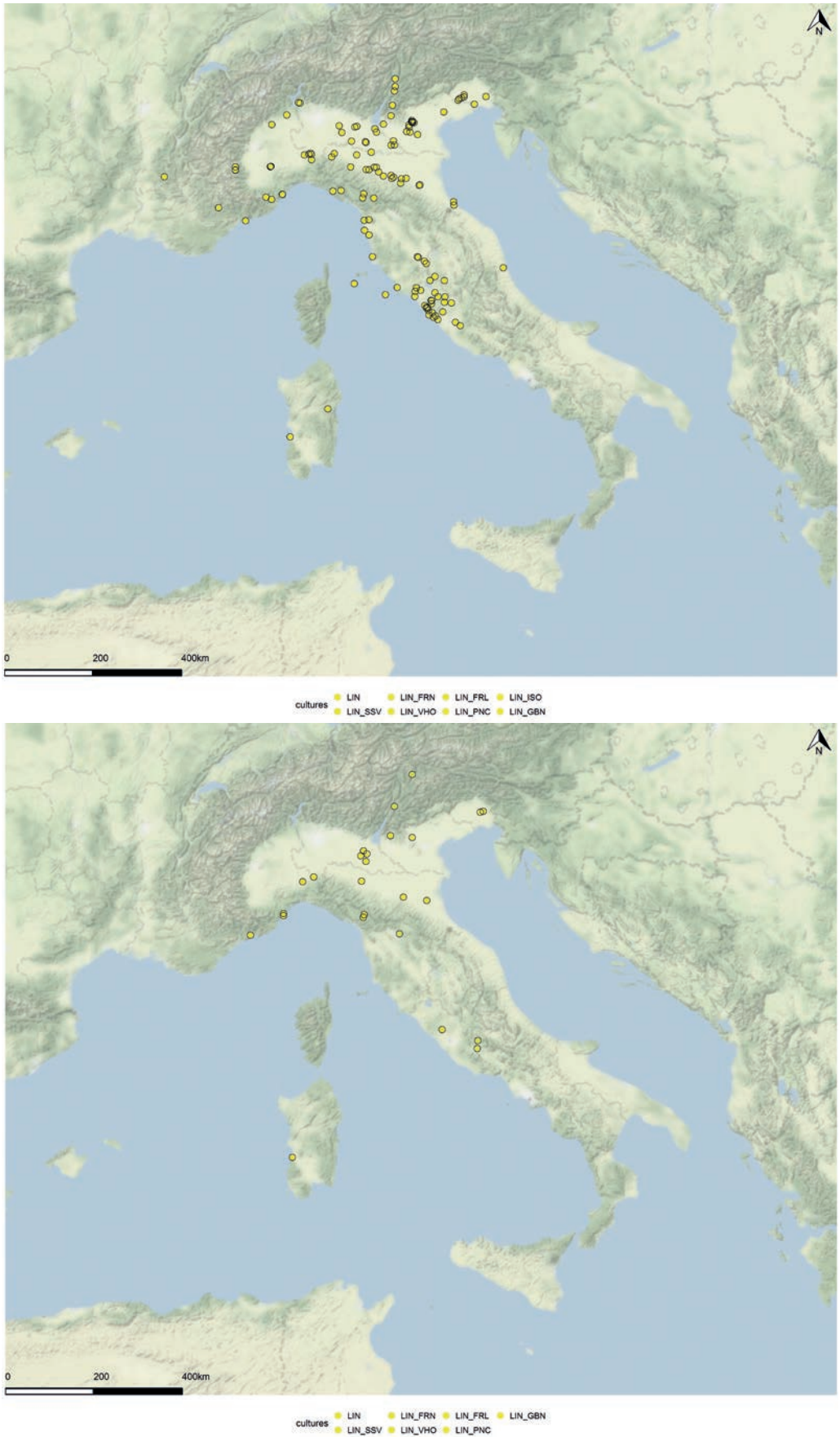


Fig. 29 – Distribution des sites à *Ceramica lineare* et apparentés dans la zone CWM ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 29** – Distribution of Ceramica lineare and related sites in the CWM area; Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

envisagée sur la base des motifs décoratifs du *Fiorano* ou du *Gaban*, rapprochés des décors en « notes de musique » (*Notenkopf*) de la *Linearbandkeramik* (LBK), tandis que l'art mobilier très singulier de Gaban était rapproché de celui des Balkans (Bagolini et Biagi, 1985 ; Bagolini, 1990). Par ailleurs, l'hypothèse d'une formation très ancienne sous l'influence de la *Ceramica impressa* avait été formulée en considérant des âges obtenus dans le nord de la Toscane (*i.e.* Piano di Cerreto, Tozzi, 1995) ou pour différents sites rapportés au groupe de *Fiorano* en Émilie-Romagne et en Vénétie (*i.e.* Lugo di Romagna, Fiorano Modenese, Lugo di Grezzana, Improta et Pessina, 1998). Cependant aucune de ces dates anciennes n'a été confirmée et il faut considérer au vu des données aujourd'hui disponibles que ce phénomène se place intégralement dans le courant de la période 4 (5450-4950 AEC).

Entre Tibre et Pô

Dans le Latium, la seule date sur charbon obtenue par comptage ß couvre également les étape 4B à 4D et ne permet assurément pas de situer correctement les deux horizons successifs du *Sarteano* à la grotta dell'Orso (*DS-1E, C062-ORS*). Cet aspect, n'est pas daté sur le site éponyme du *Sasso*, à la grotta Patrizi (Grifoni Cremonesi et Radmilli, 2001) et pas davantage à Monte Venere (*DS-1E, C033-MVE*) où il est associé à des décors peints en négatif (*supra* « Bande rosse et horizons à figulina peintes »). À La Marmotta (*DS-1E, C032-MRM*) les positions chronologiques relatives des ensembles à décoration incisée et peinte en négatif et d'une composante cardiale, dérivée du BFP, au sein du niveau I (étape 4A), ne sont pas encore claires, en dépit de l'évocation d'une disparition progressive des décors imprimés au profit des lignes incisées. La précocité de la céramique linéaire au cours de 4A, potentiellement sans composante cardiale, est soutenue par les dates de la sépulture collective de Mora Cavorso (*DS-1E, C032-MMC*) qui restent cependant à confirmer.

En Toscane méridionale, la situation est également très complexe, en l'absence de dates (ou de dates fiables) pour des sites de premier plan. À Pianosa – Cala Giovanna, l'assemblage d'aspect assez hétérogène (Cardial BFP, céramique linéaire) est daté sur charbons et se place au sein des étapes 4B/4C. L'horizon *Fiorano* de Casa Querciolaia n'a fait l'objet que d'une mesure sur charbon, très étalée entre 4B et 4D et plusieurs ensembles comportant des tasses *Fiorano* ne sont pas précisément ou pas du tout datés (par ex. Poggio di Mezzo, *DS-1E, C063bis-SRO* ; grotta del Leone, Grifoni Cremonesi, 2001).

En Toscane septentrionale, Verrucole – Campo Letari (*DS-1E, C065-CLE*) est le site le plus ancien actuellement daté qui soit susceptible d'être rattaché au contexte de la céramique linéaire (*Vhò*) avec un ensemble de dates très fiables centré sur l'étape 4A. Les dates très hautes obtenues par le passé pour le site de Piano di Cerreto (*DS-1E, C065-PCE*), rattaché au style *Pianaccia-di-Suvero* et/ou à la céramique linéaire tosco-latiale, ont été infirmées par de nouvelles mesures fiables qui placent le dépôt au sein de l'étape 4B. Dans les deux cas, il s'agit de corpus céramiques de taille modeste qui, de ce fait ne peuvent probablement pas rendre compte de la variabilité des productions céramiques dont ils procèdent. Dans le même secteur, les dates par comptage radioactif sur charbons obtenues à Muraccio (*DS-1E, C065-MRC*) placeraient un assemblage similaire de manière imprécise dans le courant de la période 4.

En Émilie, l'âge de l'occupation du site éponyme, Fiorano Modenese – Fornaci Carani (*DS-1C, B092-FCA*), est incertain car l'on ne dispose que d'une seule date, sur matériau à faible longévité mais daté par LSC, pour la fosse 5. En revanche cet aspect est bien sérié à Lugo di Romagna – Fornace Gattelli (*DS-1C, B082-FGA*) où il est daté de l'étape 4B ; le site de Savignano (*DS-1C, B092-SVG*) pourrait également se placer au plus tôt (potentiel effet vieux-bois) en 4B. À Bologna – Via Andrea Costa (*DS-1C, B091-VAC*), l'aspect *Pianaccia-di-Suvero* occuperait les étapes 4C/4D.

Pour plusieurs autres sites-clé d'Émilie on ne dispose que de rares dates de qualité couvrant une grande partie de la période 4 (Benefizio, *DS-1C, B094-BNF*, aspect *Vhò/Pianaccia*) ou de dates, obtenues par comptage ß, inutilisables (Chiozza, *DS-1C, B093-CHZ*, cf. *Fiorano* avec éléments *Ripoli* ; Travo – Cassa di Risparmio, *DS-1C, B095-CDR*, cf. *Fiorano* avec des éléments annonçant la Culture des *Vasi a bocca quadrata* (abrégée ci-après VBQ).

Dans le sud de la Lombardie (Oltrepo pavese) et le Piémont, l'horizon à céramique linéaire est calé par des dates isolées et donc peu précises. Deux sites rapportés au *Vhò* ont bénéficié de dates par AMS fiables, les plaçant dans le courant des étapes 4B et 4C : Cecima – San Pietro (*DS-1C, B101-SPI*) et Pieve (*DS-1C, B111-PIE*). En revanche les âges de deux autres sites piémontais, établis à partir de mesures sur charbons indéterminés, sont plus discutables : Cascina Cascinetta (*DS-1C, B111-CCA*, cf. *Vhò/Fiorano*) en 4A/4B et Alba – Cooperativa dei Lavoratori (*DS-1C, B112- ACL*, cf. *Vhò* avec des éléments annonçant les VBQ) à partir de 4B.

Au nord du Pô

En Vénétie julienne et Frioul, en Vénétie et en Lombardie, les aspects *Fiorano*/*Vhò*/*Sammardenchia* les plus anciens se développent possiblement dès la toute fin de l'étape 4B (Lugo di Grezzana, *DS-1B, A083-LDG* ; Vhò – Campo Ceresole, *DS-1B, A104-VCC* ; Pavia di Udine, *DS-1B, A072-PDU*) mais principalement au cours de l'étape 4C (Ostiano – Dugali Alti, *DS-1B, A104-DAL* ; Cascina Bocche, *DS-1B, A102-CBO* ; Sammardenchia, *DS-1B, A072-SMM*) et au-delà (4D). En Lombardie occidentale (région de Varèse), l'aspect *Isolino* (Isolino Virginia, *DS-1B, A105-ISO* ; Pizzo di Bodio, *DS-1B, A105-PDB*) est très mal daté mais pourrait s'inscrire dans la même chronologie. Les assemblages céramiques présentent une très grande variabilité et leur attribution à l'un ou à l'autre de ces faciès pourrait se réduire en grande partie à la question des fréquences relatives des caractères morpho-décoratifs « typiques » des différentes

composantes ; il n'existe cependant pas à notre connaissance d'analyse quantitative comparée permettant de considérer la coévolution de ces composantes dans le temps. Ces différents assemblages présentent fréquemment des éléments culturels traduisant des connexions avec les entités voisines. À Sammardenchia, dans le Frioul, la présence très bien contextualisée d'aspects *Danilo* centrés sur 4C/4D est parfaitement en ligne avec la chronologie de cette entité en Dalmatie (Pokrovnik, Nakovana, Danilo éponyme). À Lugo di Grezzana, en Vénétie, où quelques éléments présentent des affinités méridionales (anses *a listello* verticale), quelques tessons pourraient renvoyer de manière générique aux *Bande rosse* et à la *Ceramica Impressa medio-adriatica*.

Dans le Trentin Haut-Adige, les premiers aspects du Néolithique sont portés par le groupe de *Gaban*. Le contexte le mieux daté est celui de Villandro – Plunacker (*DS-1B, A092-PLN*) où cet horizon, qui présente des éléments rapportés à la fin du Rubané (*Stichbandkeramik*), occupe l'étape 4D. Plusieurs sites *Gaban* avec des dates isolées sur charbons indéterminés se placent également dans le courant de cette étape (La Vela 3, *DS-1B, A091-VL3*), voire au-delà après 4850 AEC (Le Corone, *DS-1B, A091-CRN*). Cependant, plusieurs sites-clés pour la caractérisation de ce groupe ne sont pas correctement datés : Romagnano-3, *DS-1B, A091-RM3* ; Gaban éponyme, *DS-1B, A091-GBN* ; Mezzocorona – Borgonuovo, *DS-1B, A091-BRG*.

Dans l'arc liguro-provençal

En Ligurie orientale, l'horizon *Pianaccia-di-Suvero* de San Nicolao di Pietra Colice (*DS-1F, D010-SNP*), dont les matériaux ne sont pas publiés à ce jour, est daté sur charbons et de façon peu précise entre le milieu de l'étape 4B et le début de 4D, si l'on ne considère que la date la plus ancienne.

En Ligurie du Ponant, les influences de la céramique linéaire d'Italie centrale et septentrionale lors de la mise en place de la Culture des vases à Bouche Carrée ont été identifiées de longue date dans le Finalese (Arene Candide, Arma dell'Acqua, grotta Pollera et grotta Sant'Eusebio, Arma dell'Aquila) et plus à l'ouest dans le val Pennavaira (Arma di Nasino, Arma dello Stefanin ; Bagolini et Biagi, 1973). À Finale Ligure – Pollera – II (*DS-1F,D011-PLR* ; Odetti, 1977) et aux Arene Candide – C13 (*DS-1F,D011-ACN* ; Maggi, 1977b) ces éléments sont associés à d'abondants décors géométriques gravés très clairement apparentés à ceux qui caractérisent l'étape géométrique-linéaire (*Finale/Quinzano*) des VBQ. Cette association, également observée en Émilie (par ex. Ponte Ghiara, Mazzieri, 2012), va clairement dans le sens d'un enracinement des VBQ dans les traditions *Fiorano/Vhò*. Il faut cependant remarquer que les dépôts des Arene Candide et de la Pollera au sein desquels s'inscrivent ces phénomènes sont peu détaillés ; aux Arene Candide en particulier ce niveau atteint pratiquement un mètre d'épaisseur. *A contrario*, les fouilles récentes indiquent que les premiers éléments renvoyant à l'aspect du *Sasso*/*Fiorano* (tasse carénée, *anse a listello verticale*) apparaissent, avant les décors gravés, dans le contexte le plus récent du Cardial (phase ACN-3) qui est imprécisément daté des étapes 4B/4C (*DS-1F,D011-ACN* ; Maggi *et al*., 2020) ; ceci est en ligne avec la présence récurrente dans différents contextes contemporains du Cardial récent provençal de récipients à cordons orthogonaux, parfois associés à des pastilles et/ou à des cordons internes (par ex. à la Font-aux Pigeons-C17-C15N ; à Fontbrégoua-C47-C45 et à Lombard où ils sont associés à de rares récipients à carène médiane ; Binder et Courtin, 1986 ; Binder, 1991a ; Échallier et Courtin, 1994b ; Dangel, 1997) qui, vus d'Italie, sont fréquemment rapportés au *Fiorano* (Bagolini et Biagi, 1974 ; Pessina, 1998b) ou au *Vhò* (Biagi *et al*., 2020). D'autres assemblages provençaux pour lesquels un apparentement *Fiorano* a été proposé (par ex. Adaouste, *DS-1G, D023-ADA*) ne sont pas précisément datés.

En Provence orientale, le premier horizon « postcardial » de Pendimoun (*DS-1G, D021-PND*, cluster 16282-14460, phase 3) rattachable au *Vhò* et à l'horizon formatif des VBQ (Binder et Sénépart, 2010 ; Denape, 2018) est centré sur l'étape 4D, en cohérence avec les données des Arene Candide.

Étanchéité/porosité des entités culturelles

Étape 4A

Les différentes entités identifiées pour la période 4 semblent plus ou moins disjointes au cours de l'étape 4A.

En Dalmatie, les marqueurs *Danilo* semblent se distribuer de façon hétérogène sur un substrat *Impressa* (par ex. Polje niže Vrcelja) ; une origine depuis les Balkans centraux ou méridionaux peut être envisagée sur la base des dates obtenues pour l'horizon *Kakanj* dans le nord de la Bosnie (Obre 1).

Les aspects des *Bande rosse* attestés dans le Sud-Est (Candelaro et Scaloria Bassa) se développent dans la suite de l'*Impressa* récente à décor mixte imprimé et peint (*Lagnano/La Quercia*) de la période 3.

Le faciès de l'*Impressa medio-adriatica*, dont l'origine nécessite une nouvelle discussion si l'on considère l'hypothèse d'une implantation très ancienne de l'*Impressa* dans cette région (Continenza, étape 3A), est établi dans les Marches (Portonovo, base des dépôts de Moscano, et, par hypothèse, Maddalena di Muccia daté de façon imprécise) et en Ombrie (San-Marco) ; l'attestation d'un site s'y rapportant en Émilie (Bazzarola) rend plausible le rattachement à cette étape de plusieurs sites de Romagne importants mais non datés (par ex. Imola – Ospedale Nuovo) ou sinon de façon trop imprécise (Fornace Cappuccini, *DS-1C, B082-FCA*).

En revanche, la situation est plus complexe dans les Abruzzes où l'aspect régional des *Bande rosse* (*i.e. Catignano*) pourrait coexister avec l'*Impressa medio-adriatica* (Colle Santo Stefano – 3, avec un faciès clairement post-*Guadone*). Comme cela a été proposé (Radi et Tozzi, 2009), il est tout à fait possible que ces horizons se succèdent dans le cours même de l'étape 4A ; cependant leur sériation potentielle nécessiterait des

études et datations complémentaires, notamment dans les grottes des Piccioni et de Sant'Angelo où ils sont tous deux présents en stratigraphie. Si cette succession n'était pas démontrée, les Abruzzes pourraient être considérées comme une zone tampon entre deux courants résultant d'évolutions différenciées de l'*Impressa* (courant apulien *vs* courant médio-adriatique).

En Sicile et en Calabre, les conditions de l'évolution du *Stentinello* et de ses interactions avec les groupes à céramique peintes du Sud-Est reste très confuse, faute de dates fiables, et la Campanie reste *terra incognita*.

Dans le Latium, sur la base des données et des dates dendrochronologiques de La Marmotta (*DS-1E, C032-MRM*), les premiers aspects de céramique linéaire (*Sasso-Sarteano*) associés à des décors peints en négatif (*Monte-Venere*) se placent au cours de l'étape 4A ; en l'état actuel de l'analyse et de la publication des assemblages céramiques du site lacustre, la question de l'origine de ces céramiques peintes et des interactions potentielles avec l'*Impressa* reste ouverte. *Idem*, en Ombrie, les quelques éléments rapportés à l'*Impressa* adriatique en contexte majoritairement *Sasso-Sarteano* (par ex. Pozzi della Piana,) ne sont pas précisément contextualisés et datés. Par ailleurs, on ne dispose actuellement d'aucune date fiable pour envisager une datation haute (4A) pour le *Fiorano* ; cet aspect pourrait donc dériver du *Sasso-Sarteano* avec lequel il partage des traits stylistiques communs originaux, en particulier les tasses mono-ansées à décor linéaire.

Dans l'Apennin tosco-émilien, l'hypothèse d'une acculturation des chasseurs cueilleurs susceptibles d'avoir contribué à l'émergence de la céramique linéaire (Tozzi, 1995) n'est pas caduque ; elle doit cependant être reformulée dans la mesure où des âges très anciens obtenus précédemment ont été infirmés. Ainsi l'horizon de Campo Letari (*DS-1E, C065-CLE*), clairement daté de l'étape 4A, présente des caractères annonciateurs du *Vhò* ou de l'aspect *Pianaccia-di-Suvero* (Tozzi *et al*., 2020).

En revanche, en l'état actuel il n'y a pas de données permettant d'envisager une occupation néolithique au nord du Pô dans le courant de 4A.

Dans le nord-ouest, entre la moyenne vallée du Rhône et la haute Tyrrhénienne, le Cardial ancien de style franco-ibérique (*i.e*. à décor structuré en bandes horizontales et/ou verticales) s'inscrit clairement dans la tradition *Impressa* de la période 3. L'hypothèse de son développement à partir d'un fonds Cardial tyrrhénien (BFP) est tout aussi soutenable que celle d'une rétrodiffusion depuis la péninsule Ibérique.

En l'état actuel des connaissances, l'implantation du Cardial en Piémont est très limitée (*DS-1C, B112-Alba* ; Bagolini et Biagi, 1974) et, faute de dates, les conditions de son articulation avec le Cardial ligure, et plus largement la contribution de l'Impresso-Cardial au *Vhò*, ne peuvent être explicitées.

Étapes 4B à 4D

Les dynamiques évolutives propres à l'Italie méridionale, et notamment la formation du Serra d'Alto dans le courant de 4D, voire 4C, sont mal cadrées faute de dates et parfois faute de contextes.

L'impact des *Bande rosse* hors des principales zones d'implantation de cet horizon (sud de la péninsule, Abruzzes) semble modeste et limité à de rares contextes de l'*Impressa medio-adriatica* des Marches – si l'on prend en considération les déterminations de *figulina* proposées pour Ripabianca (Pignocci et Silvestrini, 2002), Esanatolia et Moscano (La Marca *et al*., 2017) – ou encore à des contextes de la céramique linéaire en Emilie (*Fiorano* de Casalecchio di Reno – zone A). En Vénétie (Lugo di Grezzana) la présence de rares tessons de *figulina* pourrait être aussi bien rapportée aux *Bande rosse* qu'au *Danilo*. Au cours de l'étape 4C/4D des vases du *Ripoli* ancien sont plus largement diffusés à l'extérieur de la zone de production (Pessina et Radi, 2002).

Entre 5300 et 4850 AEC, le décloisonnement des composantes établies dans le courant de 4A est particulièrement perceptible en Italie centrale et septentrionale. Un bon exemple de l'intrication des différentes composantes culturelles est donné par la structure de Travo – Casa Gazza, non datée, où sont associés à des aspects du Vhò dominants, des éléments caractéristiques du *Fiorano*, de *Catignano/Ripoli*, de l'*Impressa medio-adriatica* et de l'étape formative des VBQ (Bagolini et Bernabò Brea, 1999).

Les impacts de la céramique imprimée de style médio-adriatique sont en effet diffus mais constants dans tout le bassin du Pô au cours des étapes 4B à 4D (par ex. Gaban, Bologna – Via Andrea Costa, Vhò – Campo Ceresole, etc.). Certains thèmes décoratifs (*impronte trascinate*, *scorrimenti*) ont une très longue inertie chronologique et perdureront dans les VBQ (Mazzieri, 2010).

L'ampleur du rayonnement des différents faciès de la céramique linéaire hors de la zone centrale (Toscane méridionale et Latium, bassin du Pô, Apennin tosco-émilien) peut être suggérée à travers la très large diffusion d'éléments culturels qui en émanent. C'est le cas par exemple dans les Marches, dans des contextes où la composante *Impressa medio-adriatica* est très largement dominante (Ripabianca, Esanatolia, Moscano).

En Sardaigne, plusieurs entités ont été également rapprochées de la céramique linéaire tosco- latiale, jusqu'à élargir cet horizon à l'ensemble du domaine tyrrhénien (*Tyrrhenian Linear Carvedware*, Lugliè, 2018). Le site de Su Concali de Corongiu Acca n'est cependant pas daté et la composante linéaire de Su Carroppu (*DS-1E, C041-CRR*) n'est pas clairement distinguée du Cardial en stratigraphie. Quant à Sa Punta Marceddi (*DS-1E, C042-PMA*) on ne dispose que d'un âge imprécis couvrant l'ensemble de la période 4 (Lugliè, 2018).

En Sicile (Uzzo-F10 à F7), l'horizon post-*Stentinello* (cf. *Kronio*) principalement positionné sur les étapes 4C/4D comporte une importante composante décorative à base de lignes incisées/cannelées avec certains motifs évoquant fortement la céramique linéaire tosco-latiale. Pour autant de potentielles connexions ou parentés avec l'Italie centrale et la Sardaigne restent à établir.

Comme cela a été indiqué *supra*, plusieurs assemblages du Cardial récent des étapes 4B-4C de Ligurie et

de Provence recèlent des éléments culturels rapportés au Fiorano *lato sensu*, généralement associés à des vases décorés de lignes incisées spécifiques de l'Épicardial et partageant avec ces productions l'usage de la calcite pilée, inexistant au cours des périodes précédentes. Les possibilités d'une formation de l'Épicardial ancien sous l'influence de la Céramique linéaire tosco-latiale et padane, ou a minima l'existence de fortes interactions entre ces deux composantes, méritent toujours d'être explorées (Binder, 1995).

Au-delà du Dauphiné, vers le nord, la séquence du Gardon (*DS-1G, D045-GRD*) apporte quelques éléments pour le cadrage des interactions entre l'Impresso-Cardial et le Rubané *lato sensu*. En effet les premières installations néolithiques dans la grotte (US60-58), que la modélisation bayésienne place à la fin de l'étape 4B et au début de 4C, associent à une composante lithique d'affinités méridionales (Perrin, 2001 et 2013), des tessons de céramiques renvoyant à l'horizon *Limbourg* (Jeunesse *et al*., 1991) généralement associé au Rubané dans les Bassin parisien et rhénan (Constantin *et al.,* 2010). Cette proposition est cohérente avec la présence de deux récipients, d'affinités *Limbourg* et *Hoguette*, dans le contexte épicardial de Gazel (Guilaine et Manen, 1997).

D'une manière générale les hypothèses d'interactions sont fondées sur des analogies dans la structuration des décors du Rubané et du Cardial (Lichardus-Itten, 1986 ; Meunier, 2013). Plus rarement, elles se fondent sur des transferts de céramiques ou de concepts décoratifs, généralement mal contextualisés et non datés : céramiques du Rubané récent d'Alsace ou du Bassin parisien (Lefranc, 2013) associées à des ensembles de l'Épicardial à Cheval-Blanc – Vidauque (Jeunesse et Van Willigen, 2006) ou à Clermont-Ferrand – Brezet (Vernet, 2004). Dans le même sens, des bracelets en calcaire urgonien dont l'origine méridionale est supposée, ont été découverts dans des contextes datés de l'étape finale du Rubané récent du Bassin parisien (par ex. Berry-au-Bac, Missy-sur-Aisne, Balloy, Marolles-sur-Seine ; Constantin et Vachard, 2004). De même des parures en test de *Cardiidae* ou de *Columbella*, d'origine méditerranéenne, sont fréquemment utilisées pour la confection des costumes funéraires de la LBK (Jeunesse, 1993 ; Bonnardin, 2009). Enfin le costume funéraire de La Balance – Îlot-P (*DS-1G, D024-BIP*) directement daté de la fin de l'étape 4D et au-delà, évoque fortement le Rubané final (*i.e*. Bucy-le-Long, Zemour *et al*., 2017).

PERDURATIONS MÉSOLITHIQUES, INTERACTIONS IMPRESSO-CARDIAL VS COMPLEXE À LAMES ET TRAPÈZES ET ENSEMBLES MIXTES, PÉRIODES 3 ET 4

Abstraction faite du cas des Abruzzes et de celui de la Sicile, discutés *supra (*« Plein-développement du Castelnovien, période 2, 6500-6050 AEC », « Contextes incertains : Castelnovien *vs* PN »*)*, les possibilités de perduration des communautés de chasseurs durant les périodes 3 et 4 sont principalement limitées à deux aires correspondant aux plus fortes densités apparentes d'occupation du Complexe à lames et trapèzes au cours de la période 2 (i) entre l'Istrie, les Alpes et le nord des Apennins et (ii) dans la moyenne vallée du Rhône, entre les Cévennes et les Alpes du Sud, avec un tropisme vers l'étage montagnard et les milieux humides.

Entre le Karst, les Alpes et le nord des Apennins

Plusieurs sites du nord de l'Adriatique et des Alpes italiennes qui avaient été précédemment attribués au Castelnovien et datés de la période 3, voire de la période 4, posent des difficultés d'interprétation.

En Slovénie, l'attribution de Breg (*DS-1B, A061-BRG*) au Castelnovien n'est pas du tout recevable. Dans le Karst triestin à Benussi (*DS-1B, A071-BNS*), en Vénétie, à Covoloni dei Broion (*DS-1B, A082-CDB*), dans le Trentin, à Pradestel (*DS-1B, A091-PRD*) et Villandro – Plunacker (*DS-1B, A092-PLN*) ou en Lombardie, à Crestoso (*DS-1B, A102-LDC*), Stanga di Bassinale (*DS-1B, A102-SDB*) et Sopra Fienile Rossino (*DS-1B, A102-SFR*), les datations par comptage radioactif sont imprécises et/ou réalisées sur des matériaux non adaptés et/ou des contextes dont l'intégrité peut être discutée.

En revanche, plusieurs dates par AMS sur végétaux à faible longévité ont été récemment obtenues dans l'Apennin tosco-émilien, pour des industries parfaitement caractérisées. Elles vont dans le sens d'une implantation castelnovienne récente, dans le courant de la période 3 : à Monte-Frignone (*DS-1E, C065-MF2*), principalement en 3B, et à Lama Lite-2 (*DS-1C, B093-LL2*) à la fin de 3C et principalement en 3D. Cette chronologie valide l'hypothèse d'un syncrétisme entre les derniers groupes mésolithiques et les premières communautés paysannes, établie sur la base des caractères partagés entre les outillages lithiques du Castelnovien et de ceux des premiers établissements néolithiques de l'Apennin tosco-émilien (par ex. Verrucole – Campo Letari, *DS-1E, C065-CLE*, et Piano di Cerreto, *DS-1E, C065-PCE*, Tozzi, 1995).

Dans le Piémont, la tombe d'Alba – Mokafé, datée des étapes 3A/3B (*DS-1C, B112- AMK*), pourrait se situer dans la même ambiance dès lors qu'il n'existe aucun élément en faveur d'une pénétration aussi ancienne du Néolithique dans cette zone ; cependant aucun élément matériel caractéristique n'y est apparemment associé. Plus au nord, dans le Trentin le cas de la tombe de Mezzocorona – Borgonuovo (*DS-1B, A091-BRG*) qui se place en 4A/4B est plus complexe, d'une part, parce que les gestes funéraires renvoient aux pratiques mésolithiques (cf. Mondeval de Sora) et, d'autre part, parce qu'aucune implantation néolithique n'est attestée à une date aussi ancienne dans cette région. C'est probablement à la paléogénétique qu'il appartiendrait de réduire ces problématiques.

Dans le Karst triestin (fig. 30), le dépôt d'Edera – 3A (*DS-1B, A071-EDE*), centré sur l'étape 3D, constitue un des rares exemples convaincants de mixité entre le

Castelnovien et le Néolithique ; on ne dispose cependant pas d'arguments permettant d'identifier la nature et les spécificités de l'horizon néolithique à l'origine de ce syncrétisme, en dehors du fait, par ailleurs très significatif, que la production céramique associée aux outillages d'affinités castelnoviennes est exogène (Spataro, 1999). Les dates également centrées sur l'étape 3D, obtenues à Podmol (*level* 13, *DS-1B, A062-PDM*) dans le Karst slovène, pour un horizon recélant des restes d'animaux domestiques mais dépourvu de céramique, irait dans le sens de l'existence de groupes de transition en limite nord de l'aire d'expansion de l'*Impressa*.

Entre les Alpes et le Massif central

Dans la moyenne vallée du Rhône, les derniers aspects du Castelnovien *stricto sensu* se placent sans équivoque dans le courant des étapes 3A/3B à Montclus – C10B-C9 (*DS-1G, D031-BAU*) de même qu'à la Grande-Rivoire (*DS-1G, D043-GRI*) où cette perduration peut être envisagée jusqu'au milieu de l'étape 3C.

Ces deux grandes séquences mésolithiques, mais aussi probablement le Pas de l'Échelle (*DS-1G, D043-PÉC*), connaissent, à la fin de l'étape 3C et jusque dans le courant de l'étape 4C, le développement d'entités que l'on peut étiqueter sous le terme d'attente « d'ensembles mixtes » ; ces derniers, dépourvus de céramique, sont notamment caractérisés par la présence conjointe d'armatures lithiques castelnoviennes et d'armatures de projectiles à retouches rasantes directes de la face supérieure (cf. « flèches de Montclus et de Jean-Cros », Escalon de Fonton et Guilaine, 1979 ; Rozoy, 1978, ou type BG32, Binder, 1987 ; Perrin, 2001). Ces dernières qui constituent un standard pour le Cardial franco-ibérique apparaissent dans des modalités identiques ou voisines (« flèches du Châtelet », Joussaume, 1981 ; *doble-bisel*, Fortea Perez, 1973 ; cf. type BG42, Binder, 1987) dans d'autres contextes également datés de l'étape 3C : phase récente du Mésolithique à lames et trapèzes dans le sud-ouest (Gramat – Cuzoul, Valdeyron *et al*., 2013 ; Perrin *et al*., 2018) ou *Impressa* (Pendimoun – 1A/1B ; Arene- Candide – 1B/2A ; Binder *et al*., 1993 ; Binder, De Stefanis *et al*., ce volume). Ce procédé semble s'être diffusé rapidement au cours de l'étape 3C entre les Pyrénées, le Massif central, les Alpes du Sud et la Ligurie. L'argument majeur avancé ici pour envisager leur émergence en contexte mésolithique réside dans le constat d'un développement antérieur des retouches rasantes dans le façonnage des armatures du Castelnovien rhodano-provençal récent (étapes 2C à 3B) et de leur absence totale dans les contextes *Impressa* ou castelnoviens de la péninsule Italienne.

Pour une partie de ces horizons « transitionnels » datés entre 3C et 4A (Grande-Rivoire – phase-2 ; Montclus – C7/C5) la composante « Montclus » se surimpose à un fonds castelnovien et la question de la nature de cette association (mixité culturelle *vs* mélanges liés à des aléas taphonomiques) reste ouverte. Dans d'autres cas, *i.e.* Grande-Rivoire – phase 3, mal située entre les étapes 4A et 4C, le fonds castelnovien n'est plus visible et les ensembles peuvent être décrits comme néolithiques « acéramiques » à l'instar de plusieurs sites précédemment identifiés dans les Alpes (fig. 30), mais malheureusement mal datés, comme Coufin 1 (*DS-1G, D043-CF1*) et Balme Rousse (*DS-1G, D043-BRO*) en Isère, ou les Corréardes (*DS-1G, D041-CRR*) dans la Drôme.

Plus au nord, les principales données tangibles relatives à la perduration du Mésolithique à la fin de la période 4 sont données par la séquence du Gardon (*DS-1G, D045-GRD*). Les unités 57/54 sont en effet caractérisées par des armatures qui renvoient au Mésolithique final du Jura (pointes de Bavans, Perrin, 2001 et 2013). Cet horizon n'est pas directement daté, pas plus que les sites mésolithiques desquelles elles sont rapprochées, mais compte tenu des âges obtenus pour l'horizon Cardial/ *Limbourg* qui précède (étape 4B/4C, *supra*) il pourrait se situer dans le courant de 4C.

Apports de la paléogénétique

Seulement dix sites de la partie de la Méditerranée nord-occidentale et centrale concernée par cette étude ont fait l'objet d'analyses paléogénétiques récentes (tabl. 4). Dans certains cas, les analyses ont permis de reconstruire des pans significatifs du génome et d'accéder ainsi à une vision plus complète de l'ancestralité des premières populations néolithiques, en termes de contribution des migrants d'origine égéo-anatolienne et balkanique (*Aegean-Anatolian Farmers*, cluster AAF, illustré notamment par Yenişehir – Barcın, *DS-1A, A061-BRC*, et Korinos – Revenia, *DS-1A, B062-RVN*) et de leurs interactions avec les dernières populations de chasseurs (*Western/Eastern Hunther-Gatherers*, clusters WHG/ EHG). Les analyses fondées sur des positions spécifiques et informatives (SNPs) de la composante autosomale du génome (chromosomes non sexuels), révèlent des contributions dont les seuls haplogroupes uniparentaux ne peuvent certainement pas rendre compte ; en effet la définition de ces derniers ne repose que sur un nombre limité de marqueurs mitochondriaux (transmis par la mère) et du chromosome Y (transmis par le père à ses fils).

Les quarante-six individus pour lesquels des données génétiques à haute résolution sont disponibles ont pratiquement tous bénéficié de datations directes par AMS portant sur les collagènes osseux ; toutes entrent dans l'intervalle chronologique du Mésolithique (ancien ou récent) et de l'Impresso-Cardial ou de ses épigones.

Ils proviennent des Balkans occidentaux à Korčula – Vela Spila (*DS-1A, A051-VSK* ; n = 1, Mathieson *et al*., 2018), Zemunica (*DS-1A, A052-ZMN* ; n = 3, *ibidem*) et Ližnjan – Kargadur (*DS-1A, A056-KRG* ; n = 2, *ibidem*), de Sicile à l'Uzzo (*DS-1D, C024-UZZ* ; n = 17 dont quinze datés directement, Van de Loosdrecht *et al*., 2020) et à Stretto (*DS-1D, C024-STR* ; n = 4, Fernandes *et al*., 2020), d'Italie centrale à Continenza (*DS-1C, B052-CNT* ; n = 6, Antonio *et al*., 2019), à Ripabianca (*DS-1C, B062-RPB* ; n = 4, *ibidem*) et à Monte San Biagio (*DS-1E, C031-MSB* ; n = 1, *ibidem*) et enfin de Provence orientale à Pendimoun (*DS-1G, D021-PND* ; n = 3, Rivollat *et al*., 2020, chaque

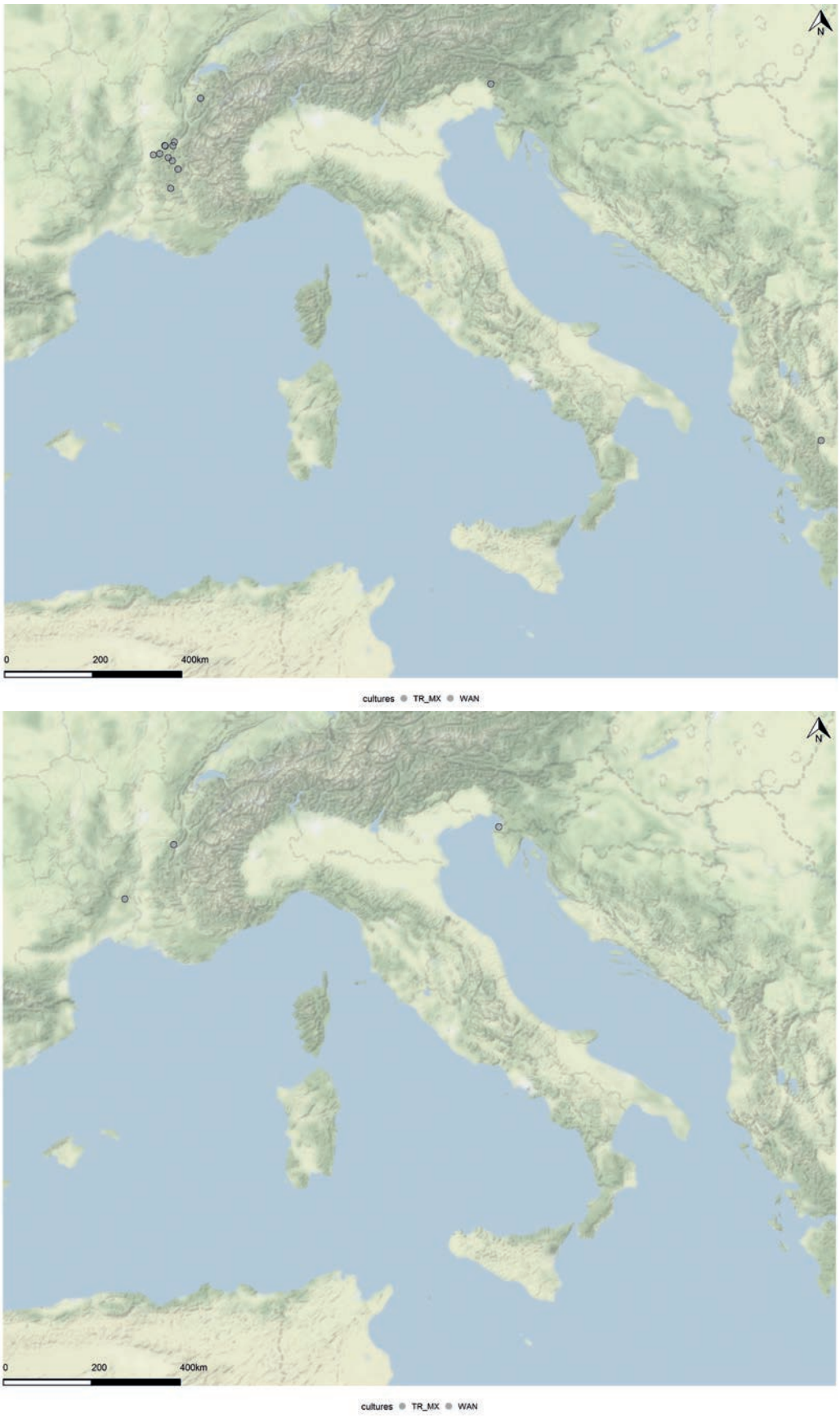


Fig. 30 – Distribution des sites néolithiques « acéramiques » et des sites dits « de transition » dans la zone CWM ; Haut : sites de fiabilité 1/3 ; Bas : sites de fiabilité 3/3 et 2/3.

***Fig. 30** – Distribution of « Aceramic » Neolithic » or « Transition » sites in the CWM area; Top: 1/3 reliability sites ; Bottom: 3/3 and 2/3 reliability sites.*

Code	Site	Référence Individu	Attribution culturelle	Période / étape	Haplogroupe mT	Haplogroupe Y	Référence
A051-VSK	Korčula – Vela Spila	Stanko	Mésolithique ancien	P0/P1	U5b2b	–	Mathieson *et al.*, 2018
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ5054	Mésolithique ancien	P0/P1	U2'3'4'7'8'9	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ96	Mésolithique ancien	P0/P1	U2'3'4'7'8'9	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ4446	Mésolithique ancien	P1	U5b2b	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ69	cf. Mésolithique ancien	NA	U5b2b	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ79	cf. Mésolithique ancien	NA	U5b3d	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ80	cf. Mésolithique ancien	NA	U5b21a	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ81	cf. Mésolithique ancien	NA	U5b3d	I2a2	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ82	cf. Mésolithique ancien	NA	U5a1	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ88	cf. Castelnovien	P3A-3B	U5b3d	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ71	cf. Castelnovien	NA	U5a2+16294	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ40	cf. Castelnovien	NA	U4a2f	I	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
A052-ZMN	Zemunica	I3433	Impressa cf arcaica	P3A	H1	_	Mathieson *et al.*, 2018
A052-ZMN	Zemunica	I3947	Impressa cf arcaica	P3A	K1b1a	C1a2	Mathieson *et al.*, 2018
A052-ZMN	Zemunica	I3948	Impressa cf arcaica	P3A	N1a1	E1b1b1a1b1	Mathieson *et al.*, 2018
B052-CNT	Trasacco – Continenza	RMPR2	cf. Impressa arcaica	P3A	K1a2	–	Antonio *et al.*, 2019
A056-KRG	Ližnjan – Kargadur	I5071	Impressa	P3C-3D	H5a	_	Mathieson *et al.*, 2018
A056-KRG	Ližnjan – Kargadur	I5072	Impressa	P3C-3D	H7c	G2a2a1	Mathieson *et al.*, 2018
B052-CNT	Trasacco – Continenza	RMPR3	cf. Impressa	P3B-3C	N1a1a1	–	Antonio *et al.*, 2019
B052-CNT	Trasacco – Continenza	RMPR8	cf. Impressa	P3B-3C	K1a3	–	Antonio *et al.*, 2019
B052-CNT	Trasacco – Continenza	RMPR10	cf. Impressa	P3B-3C	T2c+146	–	Antonio *et al.*, 2019
B052-CNT	Trasacco – Continenza	RMPR9	cf. Impressa	P3D	K1a4a1	G2a2a1a2 (L91)	Antonio *et al.*, 2019
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ61	cf. Impressa / Kronio	NA	K1a2	C1a2	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ77	cf. Impressa / Kronio	NA	H	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ33	cf. Kronio	P4	U8b1b1	H	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ34	cf. Kronio	P4	U8b1b1	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ74	cf. Kronio	P4	N1a1a1	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-UZZ	Trapani - Uzzo	UZZ75	cf. Kronio	P4	J1c5	–	Van de Loosdrecht *et al.*, 2020
C024-STR	Partano - Stretto	I4062 (FS2)	Trichromiche	P4D-P5	H1e	_	Fernandes *et al.*, 2020

Code	Site	Référence Individu	Attribution culturelle	Période / étape	Haplogroupe mT	Haplogroupe Y	Référence
C024-STR	Partano - Stretto	I4063 (FS3)	Trichromiche	P4D-P5	K1b1a	_	Fernandes *et al.*, 2020
C024-STR	Partano - Stretto	I4064 (FS4)	Trichromiche	P4D-P5	H1e	C1a2	Fernandes *et al.*, 2020
C024-STR	Partano - Stretto	I4065 (FS5)	Trichromiche	P4D-P5	K2b1	_	Fernandes *et al.*, 2020
B052-CNT	Trasacco – Continenza	RMPR6	cf. Impressa medio-adriatica	P4B	K1a1	R1b (M343)	Antonio *et al.*, 2019
B062-RPB	Monterado - Ripabianca	RMPR16	Impressa medio-adriatica / Lineare	P4A-4B	U5b2b3	_	Antonio *et al.*, 2019
B062-RPB	Monterado - Ripabianca	RMPR17	Impressa medio-adriatica / Lineare	P4A-4B	U8b1b	_	Antonio *et al.*, 2019
B062-RPB	Monterado - Ripabianca	RMPR18	Impressa medio-adriatica / Lineare	P4A-4B	H2a	J (M304)	Antonio *et al.*, 2019
B062-RPB	Monterado - Ripabianca	RMPR19	Impressa medio-adriatica / Lineare	P4A-4B	U5b3a1	J (L26)	Antonio *et al.*, 2019
C031-MSB	Monte San Biagio	–	cf. Ceramica lineare	P4B-4C	N1a1a1a3	H (L901)	Antonio *et al.*, 2019
D021-PND	Castellar - Pendimoun	PND-F1	Impressa PND	P3C-3D	HV0+195	_	Rivollat *et al.*, 2020
D021-PND	Castellar - Pendimoun	PND-F2	Cardial	P4A-4B	K1a1b1	_	Rivollat *et al.*, 2020
D021-PND	Castellar - Pendimoun	PND-H2	Cardial	P4A-4B	J1c3	I2a1a2b (M423)	Rivollat *et al.*, 2020
D021-BRG	Mougins - Bréguières	BRG08	cf. Postcardial	PN5	H1	I2a2a2a	Rivollat *et al.*, 2020
D021-BRG	Mougins - Bréguières	BRG19	cf. Postcardial	P4D	U5b2b3	I2a2a2a	Rivollat *et al.*, 2020
D021-BRG	Mougins - Bréguières	BRG20bis	cf. Postcardial	P4D	HV0+195	_	Rivollat *et al.*, 2020
D021-BRG	Mougins - Bréguières	BRG28	cf. Postcardial	P4D	U8a1	_	Rivollat *et al.*, 2020
D021-BRG	Mougins - Bréguières	BRG32	cf. Cardial	P4B-4C	K1a2b	I2a2a2a	Rivollat *et al.*, 2020

Tabl. 4 – Individus ayant fait l'objet d'analyses paleogénétiques en Méditerranée centrale et nord-occidentale (Mésolithique, Impresso-Cardial et groupes dérivés, périodes 1 à 4).

***Table 4** – Paleogenetically analysed individuals from the Central and North-Western Mediterranean (Mesolithic, Impresso-Cardial and derived groups, periods 1 to 4).*

individu ayant maintenant fait l'objet de deux dates directes combinées, cet article) et aux Bréguières (*DS-1G, D021-BRG* ; n = 5, Rivollat *et al*., 2020).

Abstraction faite du faible nombre d'analyses, la principale difficulté qui réside dans l'interprétation de ces données est due à l'indigence des informations relatives au Mésolithique qui, pour la plupart, concernent des aspects du Mésolithique ancien.

Individus appartenant au cluster WHG antérieurs à la période PN1

En Croatie, à Korčula – Vela Spila (*DS-1B, A051-VSK*), la sépulture « Stanko », dont l'analyse ADN indique une appartenance au groupe WHG (Mathieson *et al*., 2018), est directement datée du Mésolithique ancien, au plus tard de l'étape 1A ou tout début de 1B.

À l'Uzzo (*DS-1D, C024-UZZ*), les données génétiques sont nettement plus fournies (Van de Loosdrecht *et al*., 2020) mais assez délicates à contextualiser. Deux individus (UZZ5054 et UZZ96) appartenant à des unités datées du tout début du Mésolithique ancien, antérieurement à la période PN1, sont génétiquement proches de l'individu de l'Épigravettien final de la grotta d'Oriente (Oriente – C, Catalano *et al*., 2020) également très proche géographiquement de l'Uzzo. Six individus, avec des âges fortement (UZZ4446, 69, 79, 80, 81) ou plus modestement (UZZ82) affectés par l'effet réservoir marin, ont été

attribués au Castelnovien. Il faut probablement nuancer cette attribution. En effet le seul sujet qui soit correctement contextualisé est également le plus « récent » parmi les six (UZZ4446) et provient du sommet du Mésolithique ancien (unité F15), qui se place probablement dans le courant des étapes 1A à 1C sur la base de la date de l'unité F16 ; tous se situent dans la variabilité génétique des chasseurs-collecteurs occidentaux (WHG), ce qui est confirmé par les haplogroupes mitochondriaux ou, plus exceptionnellement, du chromosome Y. Cependant, l'analyse prenant en considération l'ensemble des marqueurs autosomaux détecte une contribution (*ca.* 17 %) des chasseurs-collecteurs orientaux, indiquant des flux de gènes avec les groupes situés dans les régions plus à l'est (EHG, cf. Portes de Fer).

Individus appartenant au cluster WHG datés de la fin de la période 2/début de la période 3

Trois individus de l'Uzzo (*DS-1D, C024-UZZ*) pourraient entrer dans l'intervalle chronologique du Castelnovien ou de la « transition » tel qu'il est défini à l'Uzzo et à la grotta d'Oriente sur la base de dates obtenues sur des restes à faible longévité. L'âge du plus récent (UZZ88, 7036 ± 25 BP, sans effet réservoir) s'alignerait sur le Mésolithique à trapèzes de la grotta d'Oriente (7040 ± 55 BP), dans le courant des étapes 3A/3B. Les deux autres (UZZ71, 7127 ± 25 BP ; UZZ40, 7471 ± 26 BP) sont affectés d'un effet réservoir marin conséquent. Leur attribution au Castelnovien et aux étapes 2C/3B semble plus soutenable qu'une attribution à l'*Impressa arcaica* qui n'est pas clairement présente (ou *a minima* pas conservée) à l'Uzzo. En outre les individus suspectés d'appartenir à l'*Impressa* seraient alors dépourvus de toute composante égéo-anatolienne, ce qui semble difficile à défendre en l'état actuel des connaissances sur les dynamiques de diffusion (Hofmanova *et al*., 2016).

Individus appartenant au cluster AAF datés des périodes 3 et 4

En Croatie, les trois individus de Zemunica (*DS-1B, A052-ZMN*), datés des étapes 3A/3B, et potentiellement rapportés à l'*Impressa arcaica*, sont porteurs d'une ancestralité égéo-anatolienne très majoritaire. Si une composante HG est effectivement présente (par ex. I3947), il s'agit d'un marqueur très ancien, déjà identifié dans le Gravettien de Tchéquie entre 29000 et 27000 AEC (Pavlov 1, Fu *et al*., 2016) et qui de ce fait ne permet pas d'évoquer de potentiels métissages entre fermiers néolithiques et derniers chasseurs mésolithiques.

Dans les Abruzzes à Continenza (*DS-1C, B052-CNT*), une femme datée du début de l'étape 3A (RMPR2), ainsi que trois femmes hors stratigraphie mais avec des dates directes les plaçant en 3B/3C (RMPR3, 8 et 10) et un homme associé à l'*Impressa* en stratigraphie, se plaçant en 3D (RMPR9), se situent tous dans la diversité génétique égéo-anatolienne.

En Istrie, à Kargadur (*DS-1B, A056-KRG*), une femme et un homme appartenant à l'horizon *Impressa* daté des étapes 3C/3D montrent également une ancestralité égéo-anatolienne (I5071 et I5072).

À l'Uzzo (*DS-1D, C024-UZZ*), six individus présentent des signatures clairement égéo-anatoliennes d'après les haplogroupes mitochondriaux et Y. Parmi eux, les trois sujets directement datés se placent dans le courant de la période 4 et peuvent être rapprochés des contextes *Kronio* (par ex. F4). De même, les trois femmes et l'homme de Stretto (*DS-1D, C024-STR*), qui appartiennent à la toute fin de la période couverte par cette recension (étape 4D et postérieure), montrent une ancestralité égéo-anatolienne sans contribution WHG apparente. En Sicile occidentale, on peut donc légitimement penser (i) à une solution de continuité entre le peuplement mésolithique (Mésolithique ancien puis Castelnovien) et celui du Néolithique par ailleurs assez tardif (*Kronio*) et (ii) à l'absence de métissage entre ces deux composantes au cours du développement du Néolithique.

Individus avec métissage WHG/AAF

Dans les Abruzzes, à Continenza (*DS-1C, B052-CNT*), un homme (RMPR6), hors stratigraphie, est daté de l'étape 4B ; il est porteur d'un haplogroupe mitochondrial AAF et d'un haplogroupe Y dont la signature n'est pas très claire ; très fortement corrélé aux migrations depuis les steppes d'Eurasie à la fin du Néolithique, il est néanmoins attesté dès l'Épigravettien récent en Italie du Nord (Villabruna, Fu *et al*., 2016). Cet individu est par ailleurs porteur d'une composante WHG très importante qui l'éloigne nettement des autres individus du site qui appartiennent au cluster AAF (Antonio *et al*., 2019, fig. S24).

Dans les Marches, à Ripabianca (*DS-1C, B062-RPB*), quatre individus appartenant à la *Ceramica Impressa medio-adriatica* avec de nettes influences de la céramique linéaire (Fiorano), datés de la fin de l'étape 4A et de 4B, témoignent d'une mixité entre AAF et WHG. Pour une femme et un homme (RMPR16 et 19) les haplogroupes mitochondriaux renvoient clairement aux WHG mais l'homme possède un haplogroupe renvoyant aux AAF. Les deux autres, une femme et un homme (RMPR17 et 18), présentent des signatures AAF. Dans leur ensemble ces individus montrent une forte composante WHG qui les distingue nettement des individus de l'*Impressa* (Antonio *et al*., 2019, fig. S24).

Dans le Latium, un homme du site de Monte San Biagio (*DS-1E, C031-MSB*), dont le contexte de découverte est très récent (*Rinaldone*, fin IV^{e} millénaire AEC), est daté de façon surprenante de l'étape 4B/4C avec un marquage AAF et une contribution WHG considérée comme significative (Antonio *et al*., 2019, fig. S24) ; il s'agit probablement d'une remobilisation dans des dépôts récents de restes humains appartenant à un horizon de la céramique linéaire (*Sasso*/*Sarteano*).

En Provence orientale, les sépultures de Pendimoun (*DS-1G, D021-PND*) sont datées de la toute fin de l'*Impressa* et du Cardial (SI). La sépulture la plus ancienne, d'une femme (F1, phase PND-1B), se place à la fin de

3C ou au début de 3D ; son haplogroupe mitochondrial indique une origine AAF ; en revanche l'analyse des marqueurs autosomaux identifie une contribution WHG (estimée à 23 %). Les deux autres individus, une femme (F2) et une homme (H2), se placent au sein de la phase PND-2A dans le courant des étapes 4A/4B ; tous deux ont une lignée mitochondriale héritée des AAF mais l'homme H2 possède un haplogroupe Y renvoyant aux WHG ; en outre l'analyse des autosomes de ces deux individus fait apparaître une importante contribution WHG, de l'ordre de 56 % pour F2 et de 30 % pour H2.

Toujours en Provence orientale, cinq individus, deux femmes et trois hommes, de la sépulture collective des Bréguières (*DS-1G, D021-BRG*) ont bénéficié d'une analyse paléogénétique détaillée. L'un d'entre eux (BRG08) est daté postérieurement à la période PN4, trois (BRG19, 20bis et 28) appartiennent à l'étape 4D et un (BRG32) se place dans le courant des étapes 4B/4C. Les haplogroupes mitochondriaux renvoient pour trois d'entre eux (BRG08, 20bis et 32) aux AAF tandis que les haplogroupes Y (pour BRG08, 19 et 32) renvoient tous aux WHG. Par ailleurs une importante contribution du cluster WHG, supérieure à 23 % et allant jusqu'à dépasser les 38 % pour l'individu BRG32 est observée. L'analyse de l'ADN mitochondrial d'un échantillon plus large de ce site (Goude *et al*., 2020) rend compte des mêmes tendances.

Estimation des âges de métissage

Dans le cadre géographique de cette étude, les données de la paléogénétique ont permis d'attester de la réalité des mécanismes de métissage entre les dernières populations de chasseurs et les premiers agropasteurs sur une longue durée ; ces phénomènes sont encore clairement détectés au-delà de la période concernée par cette étude (par ex. Brunel *et al*., 2020 ; Rivollat *et al*., 2020). Ces interactions sont identifiées, évidemment *a posteriori*, au plus tôt à la fin de l'étape 3C (Pendimoun, individu F1) puis tout au long de la période 4 (Continenza, Ripabianca, Pendimoun, Bréguières).

Pour quelques individus, l'approche génomique a permis de procéder à des estimations permettant de remonter aux dates de métissage entre les groupes AAF et WHG (Rivollat *et al*., 2020). Il s'agit de sujets adultes pour lesquels l'âge au décès ne peut être précisément établi et que l'on estimera arbitrairement ici à une cinquantaine d'années.

Dans la zone d'étude, le plus ancien individu concerné par cette problématique est la femme adulte Pendimoun-F1, dont le décès est daté entre 5620 et 5480 AEC (*DS-1G, D021-PND*), ce qui permet d'envisager une naissance entre 5670 et 5530 AEC. La période de métissage AAF/WHG la concernant est estimée à 4,18 ± 0,95 générations antérieures soit à 117 ± 27 années en se fondant sur une durée de 28 ans par génération (de 171 à 63 années avec une confiance de 95 %), soit au plus tôt vers 5840 AEC (étape 3B) et au plus tard vers 5590 AEC (étape 3C). Cet intervalle de temps (étapes 3B/3C) correspond à l'étape pionnière d'implantation de l'*Impressa* marquée par le style Arene Candide 1A/Peiro Signado puis par la première phase de Pendimoun (PND-1A).

Pour la femme adulte Pendimoun – F2, dont le décès est daté entre 5480 et 5360 AEC (*DS-1G, D021-PND*), avec une naissance entre 5550 et 5410 AEC, le temps écoulé depuis le métissage est estimé à 5,48 ± 3,10 générations soit à 153 ± 90 années (de 333 à 0 années avec une confiance de 95 %), soit au plus tôt vers 5890 AEC (début de l'étape 3B) et au plus tard vers 5410 AEC, soit au moment-même de la conception de l'individu.

Pour l'homme adulte Pendimoun – H2, dont le décès est daté entre 5380 et 5220 AEC (*DS-1G, D021-PND*), avec une naissance entre 5430 et 5260 AEC, le temps estimé depuis le métissage est identique à F1 (de 171 à 63 années avec une confiance de 95 %), soit au plus tôt vers 5610 AEC (étape 3C) et au plus tard vers 5280 AEC.

Enfin, l'individu des Bréguières (*DS-1G, D021-BRG*) qui porte la composante WHG la plus forte (BRG32) est daté entre 5220 et 4950 AEC, ce qui suggère une naissance entre 5270 et 5000 AEC. Dans ce cas le métissage est estimé à 2,80 ± 2,72 générations antérieures soit à 79 ± 76 années (de 231 à 0 années avec une confiance de 95 %). Ainsi, le mélange aurait eu lieu au plus tôt vers 5500 AEC (fin de l'étape 3D) et au plus tard lors de la conception de l'individu.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

À partir d'une mosaïque complexe, d'origine vraisemblablement levantine, qui se met en place en Égée au cours de la période 1 (*supra* « La formation du Néolithique céramique (PN, Pottery Neolithic) et la primo-diffusion de la poterie en Méditerranée orientale, période 1, 7050-6500 AEC »), une recomposition majeure du paradigme néolithique semble se dessiner dans le Nord-Ouest égéen, dès l'étape 2A, soit à partir de *ca.* 6500 AEC, et plus largement à partir de 2B, *ca.* 6350 AEC (*supra* « L'émergence des groupes à céramiques à motifs colorés, période 2, 6500-6050 AEC »). Ce phénomène est illustré par le développement d'assemblages céramiques mixtes, imprimés et peints, dans le périmètre de la Macédoine occidentale, de l'Albanie du sud-est, du Kosovo et de la Serbie du sud, dans le bassin formé par l'Axios/Vardar et l'Aliacmon [13]. Il n'est pas du tout exclu, et même hautement probable, que la Thessalie et la Macédoine du nord aient appartenu à cette même entité chronoculturelle, mais la démonstration n'en est pas formellement apportée en raison de la médiocre qualité des dates disponibles. En outre, et toujours faute de mesures justes et précises, les données du radiocarbone ne permettent pas de trancher quant à la position relative des ensembles macédoniens et ceux de la région turque des lacs, qui présentent des physionomies voisines.

Ces mêmes données du radiocarbone plaident en faveur de l'hypothèse selon laquelle l'Axios/Vardar a pu constituer une voie de pénétration privilégiée du Néolithique vers les Balkans centraux (et orientaux), permettant de gagner rapidement le bassin de la Morava puis

le cours méridional du Danube à l'ouest des Portes de Fer. Si l'on considère les dates disponibles, cette voie a pu s'ouvrir plus précocement que le Strymon/Struma classiquement reconnu pour avoir joué un tel rôle (Nikolov, 1989 ; Lichardus-Itten, 1993). De même, la diffusion vers les Balkans occidentaux a pu emprunter la vallée de l'Aliacmon.

Ces dynamiques se plaçant au cours des étapes 2A et 2B, entre 6500 et 6200 AEC, il est difficile de soutenir l'hypothèse précédemment défendue par plusieurs auteurs (*inter alia* Weninger *et al*., 2006 ; Berger et Guilaine, 2009 ; Weninger *et al*., 2014) selon laquelle la fin des changements climatiques rapides (RCC), *i.e.* l'événement dit de 8200 BP, aurait pu avoir un impact quelconque sur les processus de diffusion/adaptation du techno-système néolithique. Les « plus convaincus des anti-climato-sceptiques » eux-mêmes [(14)] sont aujourd'hui en retrait par rapport à cette posture déterministe et plaident davantage en faveur d'une recherche de niches écologiques favorables à l'implantation agropastorale comme moteur princeps de la diffusion (Krauß *et al*., 2017).

Au-delà, la diffusion du Néolithique égéo-anatolien vers l'ouest par des voies continentales semble plus soutenable qu'une diffusion par voie maritime, contournant la Grèce par le sud, pour laquelle on ne dispose pas de données.

La documentation relative aux interactions avec le Mésolithique dans le contexte de la diffusion initiale du Néolithique dans les Balkans au cours de la période 2 repose essentiellement sur Lepenski-Vir – I-II avec l'introduction, à partir de *ca.* 6330 AEC (étape 2B), de paradigmes techniques et symboliques en rupture avec les horizons du Mésolithique ancien (proto-Lepenski Vir), concomitante de l'apparition de marqueurs génétiques du cluster AAF (*supra* « Les premières évidences de la diffusion du PN vers le nord et l'ouest, période 2, 6500-6050 AEC »). Ces interactions semblent donc restreintes et tardives et il est difficile de considérer qu'elles aient pu former une trame pour la diffusion du Néolithique dans ces régions.

Les conditions d'émergence du Castelnovien en Méditerranée centrale et occidentale restent incertaines (*supra* « Dernières manifestations du Mésolithique micro-laminaire et premières industries à trapèzes, période 1, 7050-6500 AEC »). La réapparition potentielle des trapèzes à la fin de la période 1, en Bosnie, dans le Karst triestin ou la Moyenne vallée du Rhône, n'est pas assurée car les conditions de leur association au sein des quelques sites concernés sont discutables. Hors de la zone qui fait plus précisément l'objet de cette étude, dans le Levante espagnol, l'hypothèse d'une apparition très ancienne (période 1) des lames et trapèzes en contexte mésolithique ne repose que sur une date fiable mais très peu précise du fait de son unicité. En l'état actuel on doit considérer que le Castelnovien ancien, à lamelles prismatiques et trapèzes, est établi au cours de la période 2A, dans le Monténégro, en Istrie, en Toscane, en Provence et par ailleurs sur la façade méditerranéenne de l'Espagne (*supra* « Plein-développement du Castelnovien, période 2, 6500-6050 AEC »).

La révision drastique des âges du Castelnovien sicilien (*supra* « Plein-développement du Castelnovien, période 2, 6500-6050 AEC ») rend très difficilement soutenable l'hypothèse selon laquelle il trouverait son origine dans le contexte du Capsien supérieur du Maghreb via une connexion sicilienne (*inter alia* Binder *et al*., 2012a ; Perrin et Binder, 2014). Les nouvelles dates et modélisations réalisées avec ChronoModel pour la séquence épipaléolithique du Maghreb dans le cadre du programme MeNeMOIA (Perrin *et al*., 2020) vont dans le même sens ; en effet le Capsien supérieur se place globalement après 6500 AEC, au vu du *phase time range*, et probablement après 6350 AEC (étape 2B) si l'on prend en considération le mode *a posteriori* du début de phase de Aïoun-Berriche – Canrobert-12 – Level 2 qui, en l'état actuel, est probablement le contexte du Capsien supérieur daté avec la plus grande fiabilité. Au vu des données actuelles, les premiers développements du Mésolithique à lames et trapèzes au Maghreb sont donc postérieurs à ceux du Castelnovien du Levante, de Provence ou de Dalmatie.

À l'opposé, aucun lien explicite ne peut être établi entre le Castelnovien et les industries des Portes de Fer contrairement à ce qui avait été constaté pour le Mésolithique ancien (*supra* « Dernières manifestations du Mésolithique micro-laminaire et premières industries à trapèzes, période 1, 7050-6500 AEC »). En effet les débitages lamino-lamellaires de Lepenski Vir ne présentent apparemment pas les caractéristiques du Castelnovien et l'attribution stratigraphique des rares trapèzes n'est pas assurée (Kozłowski et Kozłowski, 1984) ; de plus les changements observés dans la séquence peuvent être mis sur le compte des interactions avec le Néolithique au cours de l'étape 2B. Pour ces raisons, l'hypothèse d'une connexion avec cette région pour expliquer la diffusion du Complexe à lames et trapèzes vers l'ouest depuis la mer Noire et la mer Caspienne (Biagi et Starnini, 2016a) reste à l'heure actuelle peu étayée, et, en tous cas, non jalonnée.

Enfin, le Néolithique égéen de la période 1 (*supra* « La formation du Néolithique céramique (PN, Pottery Neolithic) et la primo-diffusion de la poterie en Méditerranée orientale, période 1, 7050-6500 AEC », « Vue d'ensemble des dynamiques dans la zone égéo-anatolienne au cours du VII[e] millénaire ») est probablement le techno-complexe le plus proche du Castelnovien, géographiquement et chronologiquement, mais aussi technologiquement parlant si l'on considère que la pratique du débitage de lamelles prismatiques par pression est bien le phénomène le plus fondamental pour caractériser le BTC ; l'exemple du Néolithique initial de Franchthi (Perlès, 2001), daté de l'étape 1C, est particulièrement démonstratif à cet égard.

En l'état actuel, les résultats de la paléogénétique ne sont pas d'un grand secours pour tracer l'origine du Castelnovien. D'une part, le déficit en sépultures clairement associées à cet horizon est abyssal dans la zone, et celle de Mondeval de Sora fait toujours figure d'exception. D'autre part, les possibles sujets « castelnoviens » de

la grotta dell'Uzzo ont des profils génétiques semblables à ceux du Mésolithique plus ancien (*supra* « Apports de la paléogénétique »). L'idée d'une continuité populationnelle entre « premier » et « second » Mésolithique peut être également avancée si l'on considère que la composante HG héritée, identifiée chez des individus provenant de différents contextes néolithiques datés du VI^e^ millénaire (*supra* « Apports de la paléogénétique »), renvoie plutôt aux clusters paléogénétiques du Mésolithique ancien d'Europe de l'ouest.

L'hypothèse d'une dissémination non pas démique mais idéelle des paradigmes techniques BTC n'est donc pas exclue ; elle pose cependant des problèmes classiques d'explicitation des conditions dans lesquelles des savoir-faire et connaissances techniques d'un niveau relativement élevé pourraient être transmis uniquement par ouï-dire. Il reste bien entendu toute une gamme d'hypothèses, entre l'innovation indépendante et l'introduction par échange interculturel sans interaction biologique, hypothèses au profit desquelles l'archéologie peine toujours à apporter des preuves.

Les cultures matérielles néolithiques macédoniennes affichent, au cours du dernier tiers du VII^e^ millénaire, des caractères communs aux deux grands complexes culturels, *Starčevo-Criş-Körös* et Impresso-Cardial, qui assureront peu après la néolithisation de l'Europe centrale et occidentale, méditerranéenne et tempérée (*supra* « Les premières évidences de la diffusion du PN vers le nord et l'ouest, période 2, 6500-6050 AEC », « Mise en place de l'*Impressa*, étape 3A, 6050-5900 AEC »). Parmi ces caractères ancestraux, la céramique imprimée, qui tient une place significative, montre différents aspects (Korkuti, 1982 et 2007 ; Vuković et Svilar, 2016) qui se retrouvent plus à l'ouest sur le littoral de l'Adriatique et qui permettent d'arrimer l'Impresso-Cardial occidental au monde égéo-balkanique via la Macédoine occidentale, l'Albanie et la Serbie du sud. Les parentés entre les mondes balkanique et adriatique sont également confortées par la similitude des méthodes de construction des vases (Gomart *et al*., 2017). Pour autant, la méconnaissance des paradigmes techniques et le manque général de vision systémique des productions céramiques – mais aussi le morcèlement des connaissances lié aux fortes contraintes et présupposés géopolitiques – ne facilitent assurément pas la déconstruction nécessaire d'un système chronoculturel élaboré principalement dans le courant des années 1970. Un effort de révision et de datation des premiers sites néolithiques du Kosovo, d'Albanie, de Bosnie-Herzégovine, du Monténégro et de l'*hinterland* dalmate permettrait probablement de réduire les oppositions entre *Impressa*/*Starčevo* et *Devollite*/*Monochrome* qui constituent actuellement une des principales justifications du modèle de diffusion arythmique, en surestimant peut-être la distance, culturelle et chronologique, entre ces phénomènes.

La datation des premiers aspects de l'*Impressa* de part et d'autre de l'Adriatique (*supra* « Mise en place de l'*Impressa*, étape 3A, 6050-5900 AEC ») a bénéficié des dynamiques de recherche en paléogénétique : une partie des dates les plus anciennes (étape 3A, 6050-5900 AEC) a été effectivement obtenue sur des restes humains clairement rattachés au pool génétique des agropasteurs égéo-anatoliens (AAF). Il apparaît ainsi que les premières manifestations de l'*Impressa* ne seraient pas confinées aux littoraux de la Dalmatie centre-méridionale et des Pouilles mais auraient également concerné très tôt l'Italie centrale (Abruzzes). On ne dispose cependant pas d'une connaissance suffisante pour en discuter l'homogénéité/hétérogénéité, soit parce que les contextes stratigraphiques sont difficiles à interpréter, soit parce que les analyses comparées des séries céramiques les mieux contextualisées nécessitent des approfondissements, notamment pour ce qui concerne la présence de poteries à pâte épurée et/ou peintes susceptibles d'atteler plus fermement encore l'*Impressa* adriatique au Néolithique albano-macédonien des étapes antérieures.

L'étape 3B (5900-5750 AEC) apparaît comme un moment crucial d'accélération des phénomènes de consolidation et de diffusion de l'*Impressa*.

La diversité des expressions de l'*Impressa* dans les Pouilles, la Basilicate et en Calabre est alors très marquée, avec différents aspects d'*Impressa arcaica* eux-mêmes contemporains du *Guadone* « initial » (Manen *et al*., ce volume). En Italie centrale adriatique (Molise, Marches, nord des Abruzzes) la situation est moins claire faute d'études détaillées d'assemblages céramiques clairement contextualisés.

Compte tenu de la densité apparente du peuplement du sud-est de la Péninsule italienne au début du Néolithique, et notamment du Tavoliere (*inter alia* Bradford et Williams-Hunt, 1946 ; Odetti, 1975), et compte tenu du pas de temps relativement serré au cours duquel elle s'exprime, on ne peut pas exclure que la diversité de la culture matérielle soit avant tout déterminée socialement, *i.e*. qu'elle illustre différentes modalités d'accès à des productions spécialisées, socialement valorisées, qu'il s'agisse de céramiques plus investies, de grandes lames provenant des ateliers du Gargano ou de lamelles en obsidienne (Binder et Perlès, 1990 ; Binder, 2015).

Au cours de cette même étape 3B, l'ampleur et la vitesse de l'essaimage de l'*Impressa* vers le nord-ouest (Ligurie, Provence, Languedoc méditerranéen) sont spectaculaires. En l'espace de cent-cinquante ans on passe ainsi d'un semis réduit de points dans la périphérie adriatique à la couverture d'un vaste espace géographique. La diversité des assemblages céramiques des groupes migrants, établie sur la base des techniques élémentaires de décoration, est du même ordre que celle des groupes d'origine présumée, sans qu'il soit toujours possible d'établir des correspondances strictes entre ensembles de départ et ensembles d'arrivée sur la base des styles décoratifs (Manen *et al*., ce volume).

Des modèles bayésiens exploratoires (*supra* « Chronologie interne de l'*Impressa* : tests d'hypothèses avec ChronoModel »), contraints par des hypothèses de relations chronologiques entre différentes phases de différents sites-clés d'Italie méridionale et des côtes du Nord-Ouest méditerranéen permettent de proposer une chronologie plus fine et une perception très différente des

dynamiques de diffusion avec des interactions permanentes entre ces deux régions au cours des étapes 3B/3C. En outre, en invitant à réfléchir à la possibilité d'une partition de l'*Impressa arcaica* calabraise, ces modèles proposent de situer l'émergence des modes de construction des vases par la méthode des patches spiralés (SPT), qui caractérise les groupes de l'Impresso-Cardial à l'ouest des Apennins (Gomart, Binder, Gabriele *et al*., ce volume), au cours de la deuxième moitié de 3B. Cependant l'origine de ces pratiques reste inconnue, faute d'analogues identifiés vers l'est, autour de l'Adriatique et dans l'aire égéo-balkanique

Dans plusieurs régions d'Italie, l'absence de données, ou leur qualité insuffisante, ne permettent pas de démontrer directement l'implantation de groupes de l'*Impressa* au cours des étapes 3A/3B. Toutefois ces lacunes peuvent être interprétées de façons différentes.

En Sicile, l'identification d'aspects archaïques susceptibles de s'inscrire au sein de l'étape 3A est sujette à discussion et les aspects plus évolués qu'il est possible d'identifier (cf. *Guadone* ou *Basi-Filiestru-Pienza*) ne sont pas cadrés chronologiquement ; les séquences-clé de Sicile occidentale (Uzzo, Kronio) doivent être absolument réévaluées. La connexion entre l'Adriatique et les îles éoliennes est cependant établie par l'exploitation très précoce de l'obsidienne liparote et sa diffusion au cours de l'étape 3A vers les Pouilles (Pulo Fondo Azzollini, *DS-1C, B014-PFA*, Acquafreda et Muntoni, 2012) et la Dalmatie (par ex. Pokrovnik, *DS-1B, A053-PKR* ; Tykot, 2014, voire Palagruža – Jonkova nijva qui n'est pas daté, Forenbaher et Kaiser, 2005 ; Forenbaher, 2019). Il est donc tout à fait possible que le sud-ouest de la péninsule ait connu une implantation ancienne qui en l'état actuel reste invisible.

Dans l'est de la Campanie, des sites rattachables à l'*Impressa arcaica* ou au *Guadone*, connectés avec les Pouilles et le nord de la Basilicate via le bassin de l'Ofanto, pourraient constituer des jalons entre Adriatique et Tyrrhénienne ; cette hypothèse est renforcée par la présence d'obsidienne de Palmarola dans les horizons anciens de Torrente Cervaro, *DS-1C, B032-TCE* et plus à l'est à Ripatetta, étape 3B, *DS-1C, B016-RPT* (Muntoni, 2012) ou encore beaucoup plus à l'est à Sušac – Uvala Duga, étape 3B/3C, *DS-1B, A051-UDU* (Tykot, 2014).

Les lacunes observées en Italie centrale, notamment dans le Latium, l'Ombrie, la Toscane méridionale et la Sardaigne, ou encore en Corse, résultent assurément de biais documentaires. En Ombrie, dans l'archipel toscan et en Corse des assemblages céramiques non datés peuvent être très certainement assimilés à ceux du Nord-Ouest liguro-provençal et languedocien au cours de l'étape 3B. En revanche dans le Latium, en Toscane méridionale et en Sardaigne, l'implantation ancienne (3B) est perçue en creux, d'une part à travers la diffusion de productions céramiques à pâtes caractéristiques de la province volcanique tosco-latiale et d'autre part à travers celle des obsidiennes du Monte Arci et de Palmarola (*supra* « Premières implantations néolithiques dans les domaines tyrrhénien et nord-occidental, étapes 3B à 3D, 5900-5450 AEC »).

L'absence d'implantation ancienne de l'Impresso-Cardial (*i.e*. période 3) dans l'Apennin tosco-émilien et dans le bassin du Pô, mais aussi dans le Dauphiné, ne résulte apparemment pas des mêmes biais. Elle a été interprétée comme le résultat d'un blocage par les mésolithiques de la vague d'avancée néolithique (Binder, 2013) et cette hypothèse n'est pas démentie au vu des données acquises, dans le cadre de différents programmes de recherche (CIMO, ce volume ; PROCOME, Perrin et Manen, 2021). D'une part, il est un fait que le Castelnovien est représenté bien davantage dans ces régions que dans les zones qui ont été le siège des premières implantations néolithiques. D'autre part, la perduration de ces groupes de chasseurs-collecteurs est bel et bien confirmée entre les Alpes et le Massif central au cours des étapes 3A à 3C (*supra* « Entre les Alpes et le Massif central ») et dans l'Apennin tosco-émilien au cours des étapes 3B à 3D (*supra* « Entre le Karst, les Alpes et le nord des Apennins »). En outre des ensembles mixtes marqués par l'acquisition d'une partie seulement des traits caractéristiques du Néolithique ont été identifiés dans le bassin moyen du Rhône à partir de 3C (*supra* « Entre les Alpes et le Massif central ») et par ailleurs dans le Karst triestin au cours de 3D (*supra* « Entre le Karst, les Alpes et le nord des Apennins »).

Ces éléments vont dans le sens d'une contribution des mésolithiques à l'élaboration de nouvelles formes culturelles détectées au cours de la période 4 (*supra* « Buissonnement des entités néolithiques, période 4, 5450-4850 AEC »). Ces phénomènes peuvent correspondre à différents degrés de syncrétisme. Ainsi, dans les zones où l'*Impressa* n'a apparemment pas ou peu pénétré, la formation des aspects de la Céramique linéaire tosco-latiale et padane (*supra* « *Ceramica lineare* ») peut être effectivement perçue comme la conséquence d'une forte contribution mésolithique au processus d'interaction avec les néolithiques (Bagolini, 1984 ; Tozzi, 1995). En revanche, pour ce qui concerne la formation du Cardial (*supra* « Cardial franco-ibérique et Épicardial »), qui occupe des zones où l'*Impressa* était précédemment installée, la contribution mésolithique est plus difficilement perceptible au sein de la culture matérielle.

Les résultats, encore très partiels, des toutes premières analyses génomiques (*supra* « Apports de la paléogénétique ») indiquent, indépendamment de tout *a priori* reposant sur l'analyse des cultures matérielles, que des échanges biologiques ont eu lieu très tôt entre les chasseurs collecteurs et premiers agropasteurs, au cours de l'étape pionnière de colonisation du Nord-Ouest méditerranéen (étape 3B) et peut-être même à ses tout débuts (dès 5890/5840 AEC). Ces résultats indiquent également que ces échanges se sont poursuivis après 5500 AEC (période 4) ce qui, dans une certaine mesure, donne crédit à l'hypothèse d'une perduration tardive du Mésolithique détectée principalement dans des sites alpins. Il est nécessaire de réaliser, si possible, de telles estimations des âges de métissage à partir des autres contextes datés de la période 4 (*Ceramica lineare*, *Impressa medio-adriatica*, etc.) et d'en améliorer la résolution par la mise en œuvre de modélisations bayésiennes spécifiques.

Comme cela a été précédemment indiqué, les transferts de matières premières ou de produits finis au début de la diffusion du Néolithique constituent les signatures d'usages, d'exploitation de territoires, qui d'un point de vue archéologique plus traditionnel pouvaient apparaître à un moment donné comme des *no man's land*. Au-delà de ces faits, la question des réseaux que ces transferts dessinent est fondamentale. En effet la dimension des territoires impliqués est considérable, très largement au-delà des limites assignées aux différents groupes culturels définis sur la base de leur culture matérielle.

Pour ce qui concerne l'*Impressa*, la présence significative d'obsidienne liparote dès l'étape 3A sur les côtes de l'Adriatique donne l'image d'une aire de distribution sans commune mesure avec le territoire au sein duquel s'insèrent les rares sites archaïques de Dalmatie, des Pouilles, voire des Abruzzes, datés de cette étape.

Le réseau dessiné par l'obsidienne pontine au cours de l'étape 3B est encore plus vertigineux puisqu'il s'étend de la Dalmatie au Languedoc en passant par le Tavoliere et la Ligurie [(15)].

L'entrelacement des différents réseaux d'acquisition Impressa, qui va sans le moindre doute au-delà de l'obsidienne (par ex. Forenbaher, 2008 ; Forenbaher et Perhoč, 2015 ; Delluniversità *et al*., 2019 ; Gabriele *et al*., 2019 ; Kačar 2019b ; Binder, De Stefanis *et al*., ce volume), évoque une économie multicentrique, une économie-monde agissant à travers ces réseaux qui lui donnent une unité organique (Braudel, 1967 ; Perlès, 2012 ; Binder, 2015). Au sein de cette vaste *koïnè* s'opèrent des transferts de biens plus ou moins valorisés socialement et, au-delà, l'ensemble des relations sociales qui les sous-tendent, notamment les alliances.

Cette sphère d'interactions *Impressa* est active au cours des étapes initiales (PN-3A et 3B) et la multiplication des entités culturelles intégrant plus largement des composantes mésolithiques au cours de l'étape 4A peut en marquer la dislocation.

À la suite des propositions fondatrices de d'A. J. Ammerman et L. L. Cavalli-Sforza (Ammerman et Cavalli-Sforza,1971), la plupart des modèles ont tenu pour acquis le principe selon lequel la recherche de terres cultivables aurait constitué le fait générateur d'une dispersion quasi mécanique du Néolithique, en réponse à une pression démographique elle-même due à une amélioration des conditions de vie favorisée par l'agropastoralisme.

Toutefois, l'étendue et la vitalité apparente des réseaux au cours des étapes initiales du Néolithique, aussi bien dans le domaine centre-occidental qu'au Proche-Orient et en Anatolie (Cauvin, 1996 ; Ortega *et al*., 2013) ou autour de l'Égée (Reingruber, 2018), conduisent à considérer d'autres caractéristiques, intrinsèques au paradigme néolithique (*i.e.* précocité des spécialismes), et de ce fait d'autres moteurs comportementaux dans l'analyse et la modélisation de sa diffusion : pratiques propres aux artisans, esprit pionnier, prise de contrôle des ressources minérales (Binder, 2002 et 2015).

La quête des ressources minérales constitue en effet une démarche fondamentale pour les sociétés néolithiques, non seulement en raison de leur place essentielle dans la construction des systèmes techniques, mais aussi en raison de leur contribution majeure à la reproduction des systèmes symboliques : valeur de signe (par ex. Binder et Perlès, 1990 ; Pétrequin *et al*., 2012), rôle de support ou de vecteur des expressions graphiques (par ex. Larocca, 2005 ; Martí Oliver *et al*., 2018 ; Lopez-Montalvo *et al*., 2021).

Ces comportements peuvent en effet contribuer à expliquer des diffusions ultra-rapides sur certains segments géographiques (par ex. Adriatique-Tyrrhénienne-Alpes) qui ne répondent pas à une logique d'expansion agricole.

LISTE DES INFORMATIONS ET DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES / *LIST OF SUPPLEMENTARY INFORMATION AND DATA*

DS-1 – Notices des contextes datés : 1A. Contextes du VII[e] millénaire AEC en Anatolie, en Égée et dans les Balkans méridionaux ; 1B. Contextes des VII[e] et VI[e] millénaire AEC dans la zone Est-Adriatique : des Îles ioniennes aux Alpes ; 1C. Contextes des VII[e] et VI[e] millénaire AEC dans la zone Ouest-Adriatique : des Pouilles au Pô ; 1D. Contextes des VII[e] et VI[e] millénaire AEC en Calabre et en Sicile ; 1E. Contextes des VII[e] et VI[e] millénaire AEC dans la zone médio-tyrrhénienne. 1F. Contextes des VII[e] et VI[e] millénaire AEC en Ligurie ; 1G. Contextes des VII[e] et VI[e] millénaire AEC de la Provence aux Alpes / *Records of dated contexts: 1A. Contexts of the 7th millennium BCE in Anatolia, the Aegean and the Southern Balkans; 1B. Contexts of the 7th and 6th millennium BCE in the Eastern Adriatic area: from the Ionian Islands to the Alps; 1C. Contexts of the 7th and 6th millennium BCE in the West-Adriatic area: from Apulia to the Po; 1D. Contexts of the 7th and 6th millennium BCE in Calabria and Sicily; 1E. Contexts of the 7th and 6th millennium BCE in the Mid-Tyrrenian area. 1F. Contexts of the 7th and 6th millennium BCE in Liguria; 1G. Contexts of the 7th and 6th millennia BCE from Provence to the Alps* https://doi.org/10.34847/nkl.e1769jg4

DS-2 – Corpus des dates : 2A. Description des métadonnées ; 2B. Tableau des dates – Anatolie, Égée et Balkans méridionaux ; 2C, Tableau des dates – Méditerranée centrale et occidentale, de l'Adriatique à la Vallée du Rhône / *Corpus of dates: 2A. Metadata description; 2B. Date table - Anatolia, Aegean and Southern Balkans; 2C, Date table - Central and Western Mediterranean, from the Adriatic to the Rhone Valley* https://doi.org/10.34847/nkl.b79flai0

DS-3 – Corpus des sites et application Leapfrog : 3A. Tableau des entités ; 3B. Description de l'application Leapfrog / *Corpus of sites and Leapfrog application: 3A. Table of entities; 3B. Description of the Leeapfrog*

application https://doi.org/10.34847/nkl.3d8bv011 - https://doi.org/10.34847/nkl.fbd6t845
DS-4 – Bibliographie additionnelle / *Additional bibliography* https://doi.org/10.34847/nkl.6bb1l616
DS-5 – Modèles bayésiens – Anatolie, Égée et Balkans méridionaux / *Bayesian Models – Anatolia, Aegean and Southern Balkans* https://doi.org/10.34847/nkl.e1d58xjh
DS-6 – Modèles bayésiens- Méditerranée centrale et occidentale, de l'Adriatique à la Vallée du Rhône / *Bayesian Models - Central and Western Mediterranean, from the Adriatic to the Rhone Valley* https://doi.org/10.34847/nkl.ddda39dc

Notes

(1) Égards vis-à-vis des archéologues et laboratoires producteurs des données et plus particulièrement des pionniers, constat de la mise en œuvre différenciée des nouvelles méthodes de datation à raison de la situation générale de la recherche dans telle ou telle région.
(2) Difficultés à maîtriser dans le détail une grande diversité de contextes.
(3) Pour rappel, les premières productions céramiques néolithiques apparaissent sporadiquement au cours du PPNB dans le Moyen Euphrate, par exemple à Mureybet (Cauvin, 1974), et en Anatolie Centrale, à Boncuklu, où ils sont très bien datés entre 8300 et 7800 AEC (Spataro *et al*., 2017). Ces premières poteries s'inscrivent dans des contextes au sein desquels la fabrication de récipients en pierre, en chaux ou en terre crue est attestée de très longue date (par ex. Rosenberg, 2008 ; Nilham *et al*., 2009 ; Özdoğan, 2009 ; Nieuwenhuyse et Campbell, 2017).
(4) Date obtenue par la méthode ^{40}Ar-^{39}Ar.
(5) Acronyme-site-MEv ; Acronyme-site-MPh
(6) Chain-all-Events ; Chain-all-Phase ; Chain-Phase-Acronyme-site-nom-phase ; Synthetic-Stats-Table.
(7) Log-MCMC-Initialization ; Log-Model-Description ; Log-Posterior-Distrib-Stats.
(8) Acronyme-site-Ph et Acronyme-site-ActPh, respectivement.
(9) Ce qui, par parenthèse, conforte l'usage très aisé de ChronoModel et des modes *a posteriori* pour définir les débuts et fins de phase.
(10) D'une manière générale, en raison d'une configuration défavorable de la courbe de calibration, amplifiée par un nombre insuffisant de dates, il faut considérer ensemble les étapes 2A et 2B, entre 6500 et 6200 AEC.
(11) Sans doute en partie pour de mauvaises raisons, *i.e*. sur la base de dates considérées aujourd'hui comme non pertinentes.
(12) La sériation des dates entre les étapes 3C et 3D est souvent malaisée en raison de la configuration défavorable de la courbe de calibration entre 5630 et 5420 AEC.
(13) Au-delà du constat d'une densité similaire de tells (Naumov, 2020) certaines analogies physiographiques avec la Turquie du sud-ouest sont frappantes et la question d'un même tropisme vers les lacs peut être posée, jusqu'à convoquer le concept de « paysage culturel » comme élément constitutif de l'identité culturelle.
(14) « (…) *even to the most convinced Neolithic anti-climate sceptic* », Krauß *et al*., 2017, p. 2.
(15) Ce fait est assez paradoxal car l'obsidienne de Palmarola n'est certainement pas d'une qualité comparable à celles de Lipari-Gabellotto ou du Monte-Arci-A.

Remerciements

Cette recherche a été conduite dans le cadre du projet CIMO (ANR-14-CE31-009, sous la direction de Didier Binder, CNRS, Nice). Ce projet a notamment permis de financer la plupart des dates inédites à l'exception de celles de Cabrières – Bourbon, produites dans le cadre du projet INTERACT (ANR-17-fral-0010-02, sous la direction de Marie-France Deguilloux, Université Bordeaux et de Wolfgang Haak, Max Planck Institute, Jena).

Didier Binder a rédigé le manuscrit et les annexes, récolé et mis en forme les données et réalisé les modélisations avec ChronoModel 2.0.

Louise Gomart, Sonja Kačar, Roberto Maggi, Claire Manen, Giovanna Radi et Carlo Tozzi ont contribué aux notices des *DS-1C* à *1G*, relu, discuté et amendé l'ensemble de l'article.

Thomas Huet a élaboré le système de gestion de la base de données *Leapfrog* (*DS-3*).

Italo M. Muntoni, Elena Natali et Chiara Panelli ont respectivement contribué aux notices des *DS-1C, 1D et 1F*.

Cette étude est dédiée à la mémoire de Sebastiano Tusa, Directeur des affaires culturelles de Sicile, disparu tragiquement à la veille du colloque de Nice auquel il devait participer. En permettant la révision des matériaux céramiques et la réalisation de nouvelles datations des contextes mésolithiques et néolithiques de Trapani – grotta dell'Uzzo, Sebastiano Tusa a contribué de façon décisive à ce travail. Les auteurs remercient également Francesca Spatafora pour avoir facilité l'accès aux collections du Museo Archeologico Regionale A. Salinas à Palermo.

La détermination préalable, générique, spécifique et/ou anatomique, des spécimens datés est absolument cruciale. Les auteurs remercient très vivement Francesca Alhaique (Museo delle Civiltà, Roma), Ana Arzelier (Université de Bordeaux), Janet Battentier (Université de Genève), Laurent Bouby (CNRS, Montpellier), Catherine Cade (Service archéologique, ville de Chartres), Lanfredo Castelletti (Università di Milano), Claire Delhon (CNRS, Nice), Henri Duday (CNRS, Bordeaux), Lionel Gourichon (CNRS, Nice), Auréade Henry (CNRS, Nice), Maxime Rageot (Universität Tübingen), Maïté Rivollat (Université de Bordeaux), Antonio Tagliacozzo (Museo delle Civiltà, Roma) et Stéphanie Thiébault (CNRS, Paris) qui ont procédé, préalablement à leur datation, à la caractérisation, souvent chronophage, d'échantillons jusqu'ici inédits.

Les auteurs remercient également Albert J. Ammerman (University of Colgate), Alain Beeching (Université Lyon 2), Ehran Bıçakcı et Yasin G. Çakan (Istanbul Universitesi), Darko Komšo (Arheološki Muzej Istre), Domenico Lo Vetro (Università di Firenze), Andrea Pessina (SABAP Firenze), Suzanne Pilaar Birch (University of Georgia), Emil Podrug (Muzej Grada Šibenika), Clare Rainsford

(University of Bradford), Giuliana Steffè (SABAP Bologna), Vicenzo Tiné (SABAP Genova), Jean-Denis Vigne (CNRS, Paris) et Nikola Vukosavljević (Sveučilište u Zagrebu) pour la communication de données inédites sur les contextes datés, ainsi que Ron Hatfield (Beta Analytic, Miami) pour les précisions apportées sur les méthodes de datation (AMS *vs* LSC) mises en œuvre dans son laboratoire pour un certain nombre d'échantillons publiés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACQUAFREDDA P., MUNTONI I. M. (2012) - Obsidian from Pulo di Molfetta (Bari, Southern Italy): Provenance from Lipari and First Recognition of a Neolithic Sample from Monte Arci (Sardinia), *Journal of Archaeological Science*, 35, 4, p. 947-955.

ALDAY RUIZ A. (2006) – El Mesolítico de Muescas y Denticulados en la Cuenca del Ebro y el litoral Mediterráneo Peninsular: Síntesis de los datos, *in* A. Alday Ruiz (dir.), *El Mesolítico de Muescas y Denticulados en la Cuenca del Ebro y el litoral Mediterráneo Peninsular*, Vitoria, BIBAT. Museo de Arqueología de Álava p. 303-317.

ALLEN S., GJIPALI I. (2013) – Zbulime të reja për neolitin e hershëm në Shqipëri: Projekt Arkeologjik për neolitin në Shqipërinë Jugore. (SANAP), 2006-2013, *Iliria*, 37, p. 37-54.

ALLEN S., GJIPALI I. (2014) – New Light on the Early Neolithic Period in Albania: The Southern Albania Neolithic Archaeological Project (SANAP), 2006–2013, *in* L. Përzhita, I. Gjipali, G. Hoxa et B. Muka (dir.), *Proceedings of the International Congress of Albanian Archaeological Studies. 65th Anniversary of Albanian Archaeology (21-22 November, Tirana 2013)*, Tirana, Center for Albanian Studies and Institute of Archaeology, Botimet Albanologjike, p. 107-119.

ALTINBİLEK-ALGÜL Ç. (2011) – Chipped Stone Industry of Yumuktepe: Preliminary Results from "the Early Neolithic" Phase, *Anatolia antiqua*, 19, p. 13-25.

ALVES E., MACARIO K., ASCOUGH P., BRONK RAMSEY C. (2018) – The Worldwide Marine Reservoir Effect: Definitions, Mechanisms, Prospects, *Review of Geophysics*, 56, p. 278-305.

AMMERMAN A. J. (2003) – Introduction, *in* A. J. Ammerman et P. Biagi (dir.), *The Widening Harvest. The Neolithic Transition in Europe: Looking Back, Looking Forward*, Boston, Archaeological Institute of America, p. 3-23.

AMMERMAN A. J. (2013) – Setting Our Sights on the Distant Horizon, *Eurasian Prehistory*, 11, 1-2, p. 203-236.

AMMERMAN A. J. (2020) – The Neolithic Transition in Europe at 50 Years: Working Draft, *in* M. Grygiel et P. J. Obst (dir), *Festschrift prepared for the 45th anniversary of Ryszard Grygiel and Peter Bogucki's scientific cooperation*, 31 p.

AMMERMAN A. J., CAVALLI-SFORZA L. L. (1971) – Measuring the Rate of Spread of Early Farming in Europe, *Man*, 6, p. 675-688.

AMMERMAN A. J., CAVALLI-SFORZA L. L. (1973) – A Population Model for the Diffusion of Early Farming in Europe, *in* C. Renfrew (dir.), *The Explanation of Culture Change. Models In Prehistory*, Londres, Duckworth, p. 343-357.

AMMERMAN A. J., CAVALLI-SFORZA L. L. (1979) – The Wave of Advance Model for the Diffusion of Early Farming in Europe, *in* C. Renfrew et K. L. Cooke (dir.), *Transformation: Mathematical Approaches to Culture Change*, New York, Academic Press, p. 275-293.

AMMERMAN A. J., CAVALLI-SFORZA L. L. (1984) – *The Neolithic Transition and the Genetics of Populations in Europe*, Princeton, University Press, 200 p.

ANDONI E. (2017) – Investigating Ceramic Differences during the Early Neolithic in the South-Eastern of Albania: the Settlements of Podgori and Pogradec, *Anglisticum Journal*, 6, 2, p. 20-28.

ANDONI E. (2018) – An Overview of Archaeological Research on the Early Neolithic in Albania, *Anglisticum Journal*, 7, 3, p. 110-119.

ANDREAKI V., BARCELÓ J. A., BOGDÁNOVIC I., GASSMANN P., LÓPEZ BULTÓ O., MORERA N., PALOMO A., PIQUÉ R., TERRADAS X. (2020) – Un modelo bayesiano para la cronología del yacimiento neolítico de La Draga (Banyoles, Girona). Un caso de estudio con ChronoModel 2.0., *in* J. A. Barceló et B. Morell (dir.), *Métodos cronométricos en Arqueología, Historia y Paleontología*, Madrid, Editorial Dextra, p. 403-418.

ANDRONICO D., CALDERONI G., CIONI R., SBRANA A., SULPIZIO R., SANTACROCE R. (1995) – Geological Map of Somma-Vesuvius volcano, *Period Mineral*, 64, 1-2, p. 77-78.

ANGELI L. (2012) – *Il Neolitico antico nel Materano: le sequenze stratigrafiche di Trasano e Trasanello Cementificio. Studio tecno-tipologico della Ceramica Impressa*, thèse de doctorat, université de Pise, 353 p.

ANGELI L. (2017) – Il villaggio trincerato di Trasanello (MT): l'evoluzione della ceramica graffita nel territorio di Matera tra Neolitico antico e medio, *Rivista di Scienze preistoriche*, 67, p. 19-58.

ANGELI L., FABBRI C., RADI G. (2018) – La produzione ceramica di Colle Santo Stefano (Ortucchio, L'Aquila) nel quadro del Neolitico antico medio-adriatico, *Rivista di Scienze preistoriche*, 68, p. 3-34.

ANTONIAZZI A., BAGOLINI B., BERMOND MONTANARI G., MASSI PASI M., PRATI L. (1987) – Il Neolitico di Fornace Cappuccini a Faenza e la ceramica impressa in Romagna, *in* B. Bagolini, G. Cremonesi et A. M. Radmilli (dir.), *Il Neolitico in Italia*, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Florence, 7-10 novembre 1985), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 553-564.

ANTONIO M. L., GAO Z., M. MOOTS H., LUCCI M., CANDILIO F., SAWYER S., OBERREITER V., CALDERON D., DEVITOFRANCESCHI K., AIKENS R. C.,

ANELI S., BARTOLI F., BEDINI A., CHERONET O., COTTER D. J., FERNANDES D. M., GASPERETTI G., GRIFONI R., GUIDI A., LA PASTINA F., LORETI E., MANACORDA D., MATULLO G., MORRETTA S., NAVA A., NICOLAI V. F., NOMI F., PAVOLIN C., PENTIRICCI M., PERGOLA P., PIRANOMONTE M., SCHMIDT R., SPINOLA G., SPERDUTI A., RUBINI M., BONDIOLI L., COPPA A., PINHASI R., PRITCHARD J. K. (2019) – Ancient Rome: a Genetic Crossroads of Europe and the Mediterranean, *Science*, 366, p. 708-714.

ANTONIOLI A., FERRANTI L., FONTANA A., AMOROSI A., BONDESAN A., BRAITENBERG C., DUTTON A., FONTOLAN G., FURLANI S., LAMBECK K., MASTRONUZZI G., MONACO C., SPADA G., STOCCHI P. (2009) – Holocene Relative Sea-Level and Vertical Movements along the Italian and Istrian Coastlines, *Quaternary International*, 206 1-2, p. 102-134.

ANTUNES N. (2015) – *Application d'algorithmes prédictifs à l'identification de niches écoculturelles des populations du passé : approche ethnoarchéologique*, thèse de doctorat, université de Bordeaux, 302 p.

ARCÀ A., BOZZARELLI O. (2018) – The Ranaldi Shelter and the First Figurative Expressions of Man in Basilicata (Italy), *TRACCE Online Rock Art Bulletin*, 43, p. 1-12.

ATAKUMAN Ç., ERDOĞU B., CAN GEMICI H., BAYKARA İ., KARAKOÇ M., BIAGI P., STARNINI E., GUILBEAU D., YÜCEL N., TURAN D., DIRICAN M. (2020) – Before the Neolithic in the Aegean: The Pleistocene and the Early Holocene Record of Bozburun - Southwest Turkey, *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, p. 1-32 [doi.org/10.1080/15564894.2020.1803458].

AURENCHE O., ÉVIN J., HOURS F. (1987) – *Chronologies du Proche-Orient*, Oxford, Anthony Hands and David Walker (BAR, International series 379), 744 p.

BAGOLINI B. (1977) – Le ceramiche graffite nel neolitico del Mediterraneo centro-occidentale, *in* S. Tiné (dir.), *Le ceramiche graffite nel Neolitico del Mediterraneo centro-occidentale*, actes du colloque international (Gênes, 20-24 janvier 1977), Trente, Museo delle Scienze (*Preistoria Alpina*, 13), p. 168-182.

BAGOLINI B. (1984) – Neolitico, *in* A. Aspes (dir.), *Il Veneto nell'antichità: preistoria e protoistoria.*, Verona, Banca popolare di Verona, p. 321-447.

BAGOLINI B. (1990) – Contacts entre les courants danubiens et méditerranéens en Italie du Nord, *in* D. Cahen et M. Otte (dir.), *Rubané et Cardial*, Liège, université de Liège (ERAUL, 39), p. 73-82.

BAGOLINI B., BERNABÒ BREA M. (1999) – Faciès culturels et structures d'habitat du Néolithique de l'Italie septentrionale : les recherches dans l'Emilie occidentale, *in* J. Vaquer (dir.), *Le Néolithique du Nord-Ouest méditerranéen*, actes du 24e Congrès préhistorique de France (Carcassonne, 26-30 septembre 1994), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 24), p. 89-98.

BAGOLINI B., BIAGI P. (1973) – Influssi della cultura di Fiorano nel Neolitico della Liguria, *Preistoria Alpina*, 9, p. 69-90.

BAGOLINI B., BIAGI P. (1974) – La cultura della Ceramica Impressa nel Neolitico della regione Padana, *Bullettino di Paletnologia Italiana,* 23, p. 81-110.

BAGOLINI B., BIAGI P. (1975) – Il Neolitico del Vhò di Piadena, *Preistoria Alpina*, 11, p. 1-45.

BAGOLINI B., BIAGI P. (1976) – The Origins of the Neolithic in Northern Italy, *in* G. Bailloud (dir.), *La néolithisation de l'Europe occidentale, colloque 21, UISPP 9e congrès*, Nice, UISPP, p. 58-73.

BAGOLINI B., BIAGI P. (1985) – Balkan Influence in the Neolithic of Northern Italy, *Preistoria Alpina*, 21, p. 49-57.

BAGOLINI B., BIAGI P. (1987) – Il Neolitico dell'Emilia-Romagna, *in* B. Bagolini, G. Cremonesi et A. M. Radmilli (dir.), *Il Neolitico in Italia*, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Florence, 7-10 novembre 1985), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 217-227.

BAGOLINI B., BIAGI P., CASTELLETTI L., GUERRESCHI G. (1976) – Isolino di Varese, *Preistoria Alpina*, 12, p. 261-262.

BAGOLINI B., BRESSAN F., CANDUSSIO A. (1987a) – Prima campagna di scavi a Sammardenchia di Pozzuolo del Friuli (Udine), *in* B. Bagolini, G. Cremonesi et A. M. Radmilli (dir.), *Il Neolitico in Italia*, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Florence, 7-10 novembre 1985), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 407-412.

BAGOLINI B., FERRARI A., PASQUALI T. (1987b) – Il primo neolitico al Dos de la Forca di Mezzocorona (Trento), *in* B. Bagolini, G. Cremonesi et A. M. Radmilli (dir.), *Il Neolitico in Italia*, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Florence, 7-10 novembre 1985), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 425-432.

BAGOLINI B., VON ELES P. (1978) – L'insediamento neolitico di Imola e la corrente culturale della ceramica impressa nel medio e alto Adriatico, *Preistoria Alpina*, 14, p. 33-63.

BAIRD D., FAIRBAIRN A., JENKINS E., MARTIN L., MIDDLETON C., PEARSON J., ASOUTI E., EDWARDS Y., KABUKCU C., MUSTAFAOĞLU G., RUSSELL N., BAR-YOSEF O., JACOBSEN G., WU X., BAKER A., ELLIOTT S. (2018) – Agricultural Origins on the Anatolian plateau, *PNAS*, 115, 4, p. 3077-3086.

BALASSE M., TRESSET A., DOBNEY K. M., AMBROSE S. H. (2005) – The Use of Isotope Ratios to Test for Seaweed Eating in Sheep, *Journal of Zoology*, 266, 3, p. 283-291.

BALOSSI F. (2004) – The Pottery Production of Levels XXVII-XXVI, *in* I. Caneva et V. Sevin (dir.), *Mersin-Yumuktepe. A Reappraisal*, Lecce, Congedo (Collana di Dipartimento, 12), p. 135-142.

BALOSSI RESTELLI F. (2017) – Yumuktepe Early Ceramic Production: Dark vs Light Coloured Wares and the Construction of Social Identity, *in* A. Tsuneki, O. Nieuwenhuyse et S. Campbell (dir.), *The Emergence of Pottery in West Asia*, Oxford, Oxbow Books, p. 83-96.

BANKS W. E., BERTRAN P., DUCASSE S., KLARIC L., LANOS P., RENARD C., MESA M. (2019) – An Application of Hierarchical Bayesian Modeling to Better Constrain the Chronologies of Upper Paleolithic Archaeological Cultures in France Between ca. 32,000-21,000 Calibrated Years Before Present, *Quaternary Science Reviews*, 220, p. 188-214.

BATOVIĆ Š. (1978) – Origines du Néolithique de l'Adriatique et ses rapports avec la Méditerranée occidentale, *Godišnjak*, 14, p. 45-60.

BATOVIĆ Š. (1979) – Jadranska zona, *in* A. Benac (dir.), *Praistorija jugoslavenskih zemalija. Vol.2, Neolit*, Sarajevo, Akademija Nauka i Umjetnosti Bosne i Hercegovine. Centar za Balkanološka Ispitivanja, p. 473-635.

BATTENTIER J., BINDER D., GUILLON S., MAGGI R., NEGRINO F., SÉNÉPART I., TOZZI C., THÉRY-PARISOT I., DELHON C. (2017) – The Environment of the Last Hunter-Gatherers and the First AgroPastoralists in the Western Mediterranean Region, between the Rhone and the Northern Apennines (7th - 6th millennium cal. BCE): Attractiveness of the Landscape Units and Settlement Patterns, *Quaternary Science Reviews*, 184, p. 167-182.

BATTENTIER J., THIÉBAULT S., BINDER D., COURTIN J., SÉNÉPART I., BOUBY L., THÉRY-PARISOT I., DELHON C. (2020) – L'évolution du paysage végétal et son exploitation méso- et néolithique à La Font-aux-Pigeons (Châteauneuf-les-Martigues, Bouches-du-Rhône) : apports de l'anthracologie, *Quaternaire*, 1, 4, p. 263-280.

BAYES T. (1763) – An Essay towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 53, p. 370-418.

BAYLISS A. (2009) – Rolling out Revolution: Using Radiocarbon Dating in Archaeology, *Radiocarbon*, 51, 1, p. 123-148.

BAYLISS A., BROCK F., FARID S., HODDER I., SOUTHON J., TAYLOR R. E. (2015) – Getting to the Bottom of it All: a Bayesian Approach to Dating the start of Çatalhöyük, *Journal of World Prehistory*, 28 1, p. 1-26.

BAYLISS A., BRONK RAMSEY C., McCORMAC F. G. (1997) – Dating Stonehenge, *Proceedings of the British Academy*, 92, p. 39-59

BEECHING A. (1987) – Les gisements de la Baume de Ronze et de Rochas : contribution à l'étude d'un groupe cardial Cèze-Ardèche et de ses prolongements septentrionaux, *in* J. Guilaine, J. Courtin, J.L. Roudil et J.L. Vernet (dir.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*, actes du colloque international (Montpellier, 26-29 avril 1983), Paris, CNRS, p. 513-522.

BENAC A. (1957) – Zelena Pećina, *Glasnik*, 12, p. 61-92.

BENAC A. (1973) – Obre I: a Neolithic Settlement of the Starčevo-Impresso and Kakanj Cultures at Raskršće, *Wissenschaftliche Mitteilungen des Bosnisch-Herzegowinischen Landesmuseums*, 3, p. 327-430.

BENAC A. (1975) – Qualche parallelo tra la Daunia e la Bosnia durante il Neolitico, *in* Collectif (dir.), *Civiltà preistoriche e protostoriche della Daunia, Atti del colloquio internazionale di Preistoria e protostoria della Daunia, Foggia, 1973*, Florence, Istituto italiano di Preistoria e Protostoria, p. 145-212.

BENAC A. (1978) – Les thèses fondamentales sur l'origine du néolithique dans les Balkans et les régions avoisinantes, *Godišnjak*, 16, p. 9-19.

BENJAMIN J., ROVERE A., FONTANA A., FURLANI S., VACCHI M., INGLIS R. H., GALILI E., ANTONIOLI F., SIVAN D., MIKO S., MOURTZAS N., FELJA I., MEREDITH-WILLIAMS M., GOODMAN-TCHERNOV B., KOLAITI E., ANZIDEI M., GEHRELS R. (2017) – Late Quaternary Sea-Level Changes and Early Human Societies in the Central and Eastern Mediterranean Basin: an Interdisciplinary Review, *Quaternary International*, 449, p. 29-57.

BENZ M., COŞKUN A., HAJDAS I., DECKERS K., RIEHL S., WENINGER B., ÖZKAYA V. (2012) – Methodological Implications of New Radiocarbon Dates from the Early Holocene site of Körtik Tepe, Southeast Anatolia, *in* E. Boaretto et N. R. Rebello Franco (dir.), *Proceedings of the 6th International Radiocarbon and Archaeology Sympposium*, actes du colloque international (Paphos, 10-15 avril 2011), Tucson, The University of Arizona (*Radiocarbon*, 54, 3-4), p. 291-304.

BERGER J.F. (2005) – Sédiments, dynamique du peuplement et climat au Néolithique ancien, *in* J. Guilaine (dir.), *Populations, économies et environnements, du Néolithique et de l'âge du Bronze*, Paris, Errance, p. 155-212.

BERGER J.-F., DELHON C., BONTÉ S., THIÉBAULT S., PEYRIC D., BEECHING A., VITAL J. (2002) – Paléodynamique fluviale, climat, action humaine et évolution des paysages du bassin versant de la Citelle (moyenne vallée du Rhône, Drôme) au cours de l'Atlantique ancien (8000–6000 BP) à partir de l'étude de la séquence alluviale de l'Espeluche-Lalo, *in* J.P. Bravard et M. Magny (dir.), *Les fleuves ont une histoire. Paléoenvironnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*, Paris, Errance, p. 223-238.

BERGER J.F., GUILAINE J. (2009) – The 8200 cal BP Abrupt Environmental Change and the Neolithic Transition: a Mediterranean Perspective, *Quaternary International*, 200, p. 31-49.

BERNABEU AUBÁN J., BARTON C. M., PARDO GORDÓ S., BERGIN S. M. (2015) – Modeling Initial Neolithic Dispersal. The First Agricultural Groups in West Mediterranean, *Ecological Modelling*, 307, p. 22-31.

BERNABEU AUBAN J., LOZANO S., PARDO-GORDÓ S. (2017a) – Iberian Neolithic Networks: the Rise and Fall of the Cardial World, *Frontiers in Digital Humanities*, 4, p. 1-19.

BERNABEU AUBÁN J., MANEN C., PARDO-GORDÓ S. (2017b) – Spatial and Temporal Diversity During the Neolithic Spread in the Western Mediterranean: the First Pottery Productions, *in* O. Garcia Puchol et D. Salazar Garcia (dir.), *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean*, Cham, Springer (Fundamental Issues in Archaeology), p. 373-397.

BERNABEU AUBAN J., MOLINA BALAGUER L., ESQUEMBRE BEBIA M. A., ORTEGA J. R., BORONAT SOLER J. D. D. (2009) – La ceramica impresa mediterranea en el origen del Neolitico de la peninsula Iberica?, *in* Collectif (dir.), *De Méditerranée et d'ailleurs... Mélanges offerts à Jean Guilaine*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 83-95.

BERNABEU AUBAN J., ROJO GUERRA M. A., MOLINA BALAGUER L. (2011) – *Las primeras producciones ceramicas: el VI milenio cal AC en la Penisula Ibérica*, València, Universitat de València, 620 p.

BERNABÒ BREA M., DAL SANTO N., MAZZIERI P. (2017) – Gli ultimi secoli del VI millennio BC in Emilia occidentale, *in* M. Bernabò Brea (dir.), *Preistoria e*

Protostoria dell'Emilia Romagna, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 183-192.

BETTI L., BEYER R. M., JONES E. R., ERIKSSON A., TASSI F., SISKA V., LEONARDI M., MAISANO DELSER P., BENTLEY L. K., NIGST P. R., STOCK J. T., PINHASI R., MANICA A. (2020) – Climate Shaped How Neolithic Farmers and European Hunter-Gatherers Interacted after a Major Slowdown from 6,100 BCE to 4,500 BCE, *Nature Human Behaviour*, 4, 10, p. 1004-1010.

BIAGI P. (2003a) – The Rhyton of the Balkan Peninsula; Chronology, Origin, Dispersion and Function of a Neolithic "Cult" Vessel, *Journal of Prehistoric Religion*, 16-17, p. 16-26.

BIAGI P. (2003b) – A Review of the Late Mesolithic in Italy and its Implications for the Neolithic Transition, *in* A. J. Ammerman et P. Biagi (dir.), *The Widening Harvest. The Neolithic Transition in Europe: Looking Forward, Looking Back*, Boston, Archaeological Institute of America, p. 8-155

BIAGI P., KIOSAK D. V. (2010) – The Mesolithic of the Northwestern Pontic Region. New AMS Dates for the Origin and Spread of the Blade and Trapeze Industries in Southeastern Europe, *Eurasia antiqua*, 16, p. 21-41.

BIAGI P., SHENNAN S., SPATARO M. (2005) – Rapid Rivers and Slow Seas? New Data for the Radiocarbon Chronology of the Balkan Penisula, *in* L. Nikolova, J. Fritz et J. Higgins (dir.), *Prehistoric Archaeology and Anthropological Theory and Education*, Salt Lake City, International Institute of Archaeology (Reports of Prehistoric Research Projects, 6-7), p. 41-52.

BIAGI P., SPATARO M. (2005) – New Observations on the Radiocarbon Chronology of the Starcevo-Cris and Körös Cultures, *in* L. Nikolova, J. Fritz et J. Higgins (dir.), *Prehistoric Archaeology and Anthropological Theory and Education*, Salt Lake City, International Institute of Archaeology (Reports of Prehistoric Research Projects, 6-7), p. 35-40.

BIAGI P., STARNINI E. (2016) – The Origin and Spread of the Late Mesolithic Blade and Trapeze Industries in Europe: Reconsidering J. G. D. Clark's Hypothesis Fifty Years After, *in* S. Terna et B. Govedarica (dir.), *Interactions, Changes and Meanings. Essays in Honor of Ogor Manzura on the Occasion of his 60th Birthday*, Kishinev, Stratum Plus, p. 33-46.

BIAGI P., STARNINI E. (2018) – *Gli scavi all'Arma dell'Aquila (Finale Ligure, Savona): le ricerche e i materiali degli scavi del Novecento*, Trieste, Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 296 p.

BIAGI P., STARNINI E., BORIĆ D., MAZZUCCO N. (2020) – Early Neolithic Settlement of the Po Plain (Northern Italy): Vhò and Related Sites, *Documenta Praehistorica*, 28, p. 192-221.

BIAGI P., STARNINI E., VOYTEK B. A. (2008) – The Mesolithic–Neolithic transition in the Trieste Karst (North-Eastern Italy) as Seen from the Excavations at the Edera Cave, *in* C. Bonsall, V. Boroneant et I. Radovanovic (dir.), *The Iron Gates in Prehistory: New Perspectives*, actes du colloque international (Edinburgh, 30 mars-1er avril 2000), Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1893), p. 251-260.

BIÇAKCI E., GODON M., BÜYÜKKARAKAYA A. M., ERTURAÇ K., KUZUCUOGLU C., ÇAKAN Y. G., VINET A. (2017) – Les fouilles de Tepecik-Çiftlik et les activités du programme Melendiz préhistorique, Campagne 2016, *Anatolia antiqua*, 25, p. 71-94.

BINDER D. (1987) – *Le Néolithique ancien provençal : technologie et typologie des outillages lithiques*, Paris, CNRS (supplément à *Gallia Préhistoire*, 24), 205 p.

BINDER D. (1991) – *Une économie de chasse au Néolithique ancien. La grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographies du Centre de recherches archéologiques, 5), 244 p.

BINDER D. (1995) – Eléments pour la chronologie du Néolithique ancien à céramique imprimée dans le Midi, *in* J.L. Voruz (dir.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien*, Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne (Documents du département d'anthropologie et d'écologie de l'université de Genève, 20), p. 55-66.

BINDER D. (2000) – Mesolithic and Neolithic Interaction in Southern France and Northern Italy: New Data and Current Hypotheses, *in* T. D. Price (dir.), *Europe's first farmers*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 117-143.

BINDER D. (2002) – Stones Making Sense: What Obsidian Could Tell about the Origins of Central Anatolian Neolithic, *in* F. Gérard et L. Thissen (dir.), *The Neolithic of Central Anatolia*, Istanbul, Ege Yayınları, p. 79-90.

BINDER D. (2007) – PPN Pressure Technology: Views from Anatolia, *in* L. Astruc, D. Binder et F. Briois (dir.), *Technical Systems and PPN Communities in the Near East: Proceedings of the 5th International Workshop, Fréjus 2004*, Antibes, APDCA, p. 235-243

BINDER D. (2013) – Mésolithique et Néolithique ancien en Italie et dans le sud-est de la France entre 7000 et 5500 BCE cal : questions ouvertes sur les dynamiques culturelles et les procès d'interaction, *in* T. Perrin, C. Manen, G. Marchand, P. Allard, D. Binder et M. Illett (dir.), *Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire, session H Autour du Néolithique*, actes du 27e Congrès préhistorique de France (Bordeaux-Les Eyzies, 31 mai-5 juin 2010), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 27, 1), p. 341-355.

BINDER D. (2015) – Transferts et interculturalités en Méditerranée nord-occidentale (VIe-IVe millénaire cal. BCE), *in* N. Naudinot, L. Meignen, D. Binder et G. Querré (dir.), *Les systèmes de mobilité de la Préhistoire au Moyen Âge*, actes des 35e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (Antibes, 14-16 octobre 2014), Antibes, APDCA, p. 369-386.

BINDER D., BATTENTIER J., DELHON C., SÉNÉPART I. (2017a) – In Pursuit of a Missing Transition: the Mesolithic and Neolithic Radiocarbon Chronology at la Font-aux-Pigeons Rock Shelter, *Antiquity*, 91, 357, p. 605-620.

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., HELMER D., MARINVAL P., THIÉBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes) : nouvelles données sur le complexe culturel de la Céramique Imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire*, 35, p. 177-251.

BINDER D., COLLINA C., GARCIA-PUCHOL O., GUILBERT R., PERRIN T. (2012a) – Pressure Knapping in the North-Western Mediterranean Region During the 7th Millennium cal BC, *in* P. M. Desrosiers (dir.), *The Emergence of Pressure Blade Making: From Origin to Modern Experimentation*, New York, Springer, p. 199-217.

BINDER D., COURTIN J. (1986) – Les styles céramiques du Néolithique ancien provençal : nouvelles migraines taxinomiques ?, *in* J.P. Demoule et J. Guilaine (dir.), *Le Néolithique de la France : Hommage à Gérard Bailloud*, Paris, Picard, p. 83-93.

BINDER D., COURTIN J. (1987) – Nouvelles vues sur les processus de néolithisation dans le Sud-Est de la France : «un pas en avant, deux pas en arrière», *in* J. Guilaine, J. Courtin, J.-L. Roudil et J.L. Vernet (dir.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*, actes du colloque international (Montpellier, 26-29 avril 1983), Paris, CNRS, p. 491-500.

BINDER D., GRATUZE B., VAQUER J. (2012b) – La circulation de l'obsidienne dans le sud de la France au Néolithique, *in* M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 189-200.

BINDER D., GUILAINE J. (1999) – Rapports du groupe de travail sur la néolithisation. La Méditerranée centrale et occidentale, *in* J. Évin, C. Oberlin, J.-P. Daugas et J.-F. Salles (dir.), *14C et archéologie*, actes du congrès international (Lyon, 6-10 avril 1998), Paris, Société préhistorique française (Mémoires de la Société préhistorique française, 26 et *Revue d'Archéométrie*, supplément 1999), p. 454-459.

BINDER D., HAMON C., BELLOT-GURLET L., BEYRIES S., PRADEAU J.V., VAUTIER F., VOLDOIRE O. (2014) – First Sculpted Human Face in the W.-Mediterranean Early Neolithic, *Cambridge Archaeological Journal*, 24, p. 1-17.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I. M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017b) – Modelling the Earliest Western Spread of Mediterranean Impressed Wares: New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta Praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., NONZA-MICAELLI A., DURRENMATH G. (2019) – Aspects de l'horizon impresso-cardial de l'abri Albertini – E Spilonche (Albertacce, Corse), *in* J. Sicurani (dir.), *L'habitat pré- et protohistorique // L'alloghju prestoricu è protostoricu*, actes du colloque (Calvi, 28-30 avril 2017), Calvi, Association de recherches pré- et protohistoriques corses, p. 29-44.

BINDER D., PERLÈS C. (1990) – Stratégies de gestion des outillages lithiques au Néolithique, *Paléo*, 2, p. 257-283.

BINDER D., SÉNÉPART I. (2010) – La séquence de l'Impresso-Cardial de l'abri Pendimoun et l'évolution des assemblages céramiques en Provence, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder et I. Sénépart (dir.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structure des productions céramiques*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 149-167.

BOCQUET-APPEL J.P., BAR-YOSEF O. (2008) – *The Neolithic Demographic Transition and Its Consequences*, Londres, Springer, 542 p.

BOCQUET-APPEL J.-P., NAJI S., VANDER LINDEN M., KOZLOWSKI J. K. (2009) – Detection of Diffusion and Contact Zones of Early Farming in Europe from the Space-Time Distribution of 14C Dates, *Journal of Archaeological Science*, 36, p. 807-820.

BONGA L. (2017) – Thoughts on the Preliminary Study of Early Neolithic Decorated Pottery from the Central Origma at Mavropigi-Filotsairi, *in* A. Sarris, E. Kalogiropoulou, T. Kalayci et L. Kalimari (dir.), *Communities, Landscapes, and Interaction in Neolithic Greece*, actes du colloque international (Rethymno, 29-30 mai 2015), Ann Arbor, International Monographs in Prehistory (International Monographs on Prehistory, Archaeological Series, 20), p. 374-388.

BONGA L. (2019) – Early Ceramic Styles and Technologies in the Aegean and the Balkans: Retrospect and Prospects, *Documenta Praehistorica*, 46, p. 158-172.

BONNARDIN S. (2009) – *La Parure funéraire au Néolithique ancien dans les Bassins parisien et rhénan. Rubané, Hinkelstein et Villeneuve-Saint-Germain*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 49), 313 p.

BONSALL C., COOK G., PICKARD C., McSWEENEY K., SAYLE K., BARTOSIEWICZ L., RADOVANOVIC I., HIGHAM T., SOFICARU A., BORONEANȚ A. (2015) – Food for Thought: Re-Assessing Mesolithic Diets in the Iron Gates, *Radiocarbon*, 57, 4, p. 689-699.

BONUCELLI G., FAEDO L. (1968) – Il villaggio a ceramica impressa di Capo d'Acqua, *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*, 75, 1, p. 87-101.

BORIĆ D. (2009) – Absolute Dating of Metallurgical Innovations in the Vinča Culture of the Balkans, *in* T. Kienlin et B. Roberts (dir.), *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*, Bonn, Habelt (Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 169), p. 191-245.

BORIĆ D. (2011) - Adaptations and Transformations of the Danube Gorges Foragers (c. 13.000 – 5500 BC): an Overview, *in* R. Krauß (dir.), *Beginnings – New Research in the Appearance of the Neolithic between Northwest Anatolia and the Carpathian Basin*, actes du colloque international (Istanbul, 8-9 avril 2009), Rahden, Marie Leidorf (Menschen-Kulturen-Traditionen, 1), p. 158-203.

BORIĆ D., CRISTIANI E. (2019) – Taking Beads Seriously: Prehistoric Forager Ornamental Traditions in Southeastern Europe, *PaleoAnthropology*, 2019, p. 208-239.

BORIĆ D., DIMITRIJEVIĆ V. (2007) – When Did the 'Neolithic Package' Reach Lepenski Vir? Radiometric and Faunal Evidence, *Documenta Praehistorica*, 34, p. 54-72.

BORIĆ D., HIGHAM T. F. G., CRISTIANI E., DIMITRIJEVIĆ V., NEHLICH O., GRIFTHS S., ALEXANDER C., MIHAILOVIĆ B., FILIPOVIĆ D., ALLUÉ E., BUCKLEY M. (2018) – High-Resolution AMS Dating of Architecture, Boulder Artworks and the

Transition to Farming at Lepenski Vir, *Nature Scientific Reports*, 8, p. 14221

BORONEANȚ A., BONSALL C. (2013) – The 1965-1968 Excavations at Schela Cladovei (Romania) Revisited, *in* E. Starnini (dir.), *Unconformist Archaeology. Papers in Honour of Paolo Biagi*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 2528), p. 35-54.

BORZATTI VON LÖWENSTERN E. (1971) – Prima campagna di scavi al Tuppo dei Sassi (Riparo Ranaldi) in Lucania, *Rivista di Scienze preistoriche*, 26, 2, p. 372-392.

BRADFORD J. S. P., WILLIAMS-HUNT P. R. (1946) – Siticulosa Apulia, *Antiquity*, 20, p. 191-200.

BRAMI M., HEYD V. (2011) – The Origins of Europe's First Farmers: the Role of Hacılar and Western Anatolia, Fifty Years On, *Praehistorische Zeitschrift*, 86, 2, p. 165-206.

BRAUDEL F. (1967) – *Civilisation matérielle, économie et capitalisme: XV^e – XVIII^e siècle*, Paris, Armand-Colin, 463 p.

BREUNIG P. (1987) – *14C-Chronologie des vorderasiatischen, südost- und mitteleuropäischen Neolithikums*, Cologne, Böhlau (Fundamenta, 13), 316 p.

BRIOIS F., MANEN C., GRATUZE B. (2009) – Nouveaux résultats sur l'origine des obsidiennes de Peiro Signado à Portiragnes (Hérault), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106, p. 809-811.

BRONK RAMSEY C. (2009) – Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates, *Radiocarbon*, 51, p. 337-360.

BRUNEL S., BENNETT E. A., CARDIN L., GARRAUD D., BARRAND EMAM H., BEYLIER A., BOULESTIN B., CHENAL F., CIESIELSKI E., CONVERTINI F., DEDET B., DESBROSSE-DEGOBERTIERE S., DESENNE S., DUBOULOZ J., DUDAY H., ESCALON G., FABRE V., GAILLEDRAT E., GANDELIN M., GLEIZE Y., GOEPFERT S., GUILAINE J., HACHEM L., ILETT M., LAMBACH F., MAZIERE F., PERRIN B., PLOUIN S., PINARD E., PRAUD I., RICHARD I., RIQUIER V., ROURE R., SENDRA B., THEVENET C., THIO S., VAUQUELIN E., VERGNAUD L., GRANGE T., GEIGL E.-M., PRUVOST M. (2020) – Ancient Genomes from Present-Day France Unveil 7,000 Years of Its Demographic History, *PNAS*, 117, 23, p. 12791-12798.

BRUNO L., BOHACS K. M., CAMPO B., DREXLER T. M., ROSSI V., SAMMARTINO I., SCARPONI D., HONG W., AMOROSI A. (2017) – Early Holocene Transgressive Palaeogeography in the Po Coastal Plain (Northern Italy) *Sedimentology*, 64, 7, p. 1792-1816.

BUCK C. E., CAVANAGH W. G., LITTON C. D. (1996) – *Bayesian Approach to Interpreting Archaeological Data*, Chichester, Wiley, 402 p.

BUNGURI A. (2014) – Different Models for the Neolithisation of Albania, *Documenta Praehistorica*, 41, p. 79-94.

CALVI REZIA G. (1987) – Livelli a ceramica impressa nel gradone del bronzo di Pienza (Siena), *in* B. Bagolini, G. Cremonesi et A. M. Radmilli (dir.), *Il Neolitico in Italia*, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Florence, 7-10 novembre 1985), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 603-610.

CALVI REZIA G., SARTI L. (2002) – Pienza, *in* M.A. Fugazzola Delpino, A. Pessina et V. Tiné (dir.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 333-340.

CAMPBELL S. (2017) – Absolute Dating of Early Pottery of South-West Asia, *in* A. Tsuneki, O. Nieuwenhuyse et S. Campbell (dir.), *The Emergence of Pottery in West Asia*, Oxford, Oxbow Books, p. 133-154.

CANEVA I. (1999) – Early Farmers on the Cilician Coast: Yumuktepe in the Seventh Millennium BC, *in* M. Özdoğan et N. Başgelen (dir.), *Neolithic Archaeology in Turkey. The Cradle of Civilization. New Discoveries*, Istanbul, Arkeoloji ve Sanat Yayinlari (Ancient Anatolian Civilizations Series, 3), p. 105-114.

CANEVA I. (2004) – The Early Human Occupation (7000-6000 BC), *in* I. Caneva et V. Sevin (dir.), *Mersin-Yumuktepe. A Reappraisal*, Lecce, Congedo editore, p. 33-44.

CANEVA I. (2012) – Mersin-Yumuktepe in the Seventh Millennium BC: an Updated View, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey: Central Turkey*, Istanbul, Archaeology and Art Publications (The Neolithic in Turkey: New Excavations and New Research, 3), p. 1-29.

CARTER T., CONOLLY J., SPASOJEVIĆ A. (2005) – The Chipped Stone - Part I, *in* I. Hodder (dir.), *Changing Materialities at Çatalhöyük: Reports from the 1995-99 Seasons*, Cambridge, McDonald Institute et British Institute of Archaeology at Ankara (BIAA Monograph Series, 39), p. 221-283 et 467-533.

CARTER T., MIHAILOVIĆ D. D., PAPADATOS Y., SOFIANOU C. (2016) – The Cretan Mesolithic in Context: New Data from Livari Skiadi (SE Crete), *Documenta Praehistorica*, 43, p. 87-101.

CASANOVA E., KNOWLES T. D. J., BAYLISS A., DUNNE J., BARAŃSKI M. Z., DENAIRE A., LEFRANC P., DI LERNIA S., ROFFET-SALQUE M., SMYTH J., BARCLAY A., GILLARD T., CLASSEN E., COLES B., ILETT M., JEUNESSE C., KRUEGER M., MARCINIAK A., MINNITT S., ROTUNNO R., VAN DE VELDE P., VAN WIJK I., COTTON J., DAYKIN A., EVERSHED R. P. (2020) – Accurate Compound-Specific 14C Dating of Archaeological Pottery Vessels, *Nature*, 580, p. 506-510.

CASSARD L. (2020) – *Systèmes de production céramique des premiers paysans du domaine liguro-provençal (VIème millénaire BCE) : traditions techniques des décors*, thèse de doctorat, université Côte d'Azur, 3 vol., 370 p., 744 p. et annexes.

CASSEN S., LANOS P., DUFRESNE P., OBERLIN C., DELQUÉ-KOLIC E. (2009) – Datations sur site (Table des Marchands, alignement du Grand Menhir, Er Grah) et modélisation chronologique du néolithique morbihannais, *in* S. Cassen (dir.), *Autour de la Table, explorations archéologiques et discours savants sur une architecture restaurée à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)*, Nantes, LARA, CNRS, université de Nantes, p. 737-768.

CASTAGNINO BERLINGHIERI E. F., ANTONIOLI F., BAILEY G. (2020) – Italy: the Archaeology of Palaeoshorelines, Coastal Caves and Seafaring Connections, *in* G. Bailey, N. Galanidou, H. Peeters, H. Jöns et M. Mennenga (dir.), *The Archaeology of Europe's Drowned Landscapes*, Cham, Springer (Coastal Research Library, 35), p. 321-340.

CATALANO G., LO VETRO D., FABBRI P. F., MALLICK S., REICHE D., ROHLAND N., SINEO L., MATHIESON I., MARTINI F. (2020) – Late Upper Palaeolithic Hunter-Gatherers in the Central Mediterranean: New Archaeological and Genetic Data from the Late Epigravettian Burial Oriente C (Favignana, Sicily), *Quaternary International*, 537, p. 24-32.

CAUVIN J. (1974) – Les débuts de la céramique sur le Moyen-Euphrate : nouveaux documents, *Paléorient*, 2, 1, p. 199-205.

CAUVIN M.C. (1996) – L'obsidienne dans le Proche-Orient préhistorique. État des recherches en 1996, *Anatolica*, p. 1-31.

CESARI J., COURTAUD P., LEANDRI F., PERRIN T., MANEN C. (2014) – Le site de Campu Stefanu (Sollacaro, Corse-du-Sud) : une occupation du Mésolithique et du Néolithique ancien, *in* C. Manen, T. Perrin et J. Guilaine (dir.), *La transition néolithique en Méditerranée*, actes du colloque international (Toulouse, 14-15 avril 2011), Paris, Errance et Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 283-306.

CESARI J., LEANDRI F., NEBBIA P., PÊCHE-QUILICHINI K. (2012) – Note préliminaire sur le Néolithique cardial de l'abri no.1 du gisement de Campu Stefanu (Sollacaro, Corse-du-Sud), *in* C. Del Vasi (dir.), *Epi Oinopa Ponton. Studi sul Mediterraneo antico in ricordo di Giovanni Tore*, Oristano, S'Alvure di Massimo Pulisci Editore, p. 79-95.

ÇEVIK Ö., VURUSKAN O. (2020) – Ulucak Höyük: the Pottery Emergence in Western Anatolia, *Documenta Praehistorica*, 47, p. 96-109.

ÇEVIK Ö., ERDOĞU B. (2020) – Absolute Chronology of Cultural Continuity, Change and Break in Western Anatolia, Between 6850–5480 calBC: the Ulucak Case, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 20, 1, p. 77-92.

CHRISTEN J. A., LITTON C. D. (1995) – A Bayesian Approach to Wiggle-Matching, *Journal of Archaeological Science*, 22, 6, p. 715-725.

ÇILINGIROĞLU Ç. (2010) – The Appearance of Impressed Pottery in the Neolithic Aegean and Its Implications for Maritime Networks in the Eastern Mediterranean, *Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi*, 13, p. 9-22.25.

ÇILINGIROĞLU Ç., ÇAKIRLAR C. (2013) – Towards Configuring the Neolithisation of Aegean Turkey, *Documenta Praehistorica*, 40, p. 21-29.

ÇILINGIROĞLU A., ÇEVIK Ö., ÇILINGIROĞLU Ç. (2012) – Ulucak Höyük, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey: Western Turkey*, Istanbul, Archaeology and Art Publications (The Neolithic in Turkey: New Excavations and New Research, 4), p. 139-175.

CIPOLLONI SAMPÒ M. (1982) – Scavi nel villaggio neolitico di Rendina (1970-1976): relazione preliminare, *Origini*, 11, p. 183-354.

CIPOLLONI SAMPÒ M., TOZZI C., VEROLA M.L. (1999) – Le Néolithique ancien dans le sud-est de la péninsule italienne : caractérisation culturelle, économie, structures d'habitat, *in* J. Vaquer (dir.), *Le Néolithique du Nord-Ouest méditerranéen*, actes du 24e Congrès préhistorique de France (Carcassonne, 26-30 septembre 1994), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 24), p. 13-24.

CLARK J. G. D. (1958) – Blade and Trapeze Industries of the European Stone Age, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 24, 2, p. 24-42.

CLARKE D. L. (1968) – *Analytical Archaeology*, London, Methuen, 684 p.

COLOMBO M. (2007) – *La cultura di Catignano nel panorama della ceramica dipinta: radici, fasi evolutive e contatti con le culture del sud della Penisola et della sponda adriatica orientale*, thèse de doctorat, università di Pisa, 426 p.

COLOMBO M., TOZZI C. (2017) – Ripatetta (Lucera-FG): la nascita del gusto delle bande rosse in un villaggio della Ceramica Impressa, *in* F. Radina (dir.), *Preistoria e Protostoria della Puglia*, actes de la XLVII Riunione Scientifica (Ostuni, 9-13 octobre 2012), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 246-252.

COLOMBO M., TOZZI C., ZAMAGNI B. (2005) – The Relationships Between the Catignano-Scaloria Basse Culture and the Adriatic Impressa Wares in the Italian Peninsula, *in* P. Attema, A. Nijboer et A. Zifferero (dir.), *Communities and Settlements from the Neolithic to the Early Medieval Period. Proceedings of the 6th Conference of Italian Archaeology Held at the University of Groningen, Groningen Institute of Archaeology, The Netherlands, April 15-17, 2003. Volume 1*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 2460 et Papers in Italian Archaeology, 6), p. 569-570.

CONATI BARBARO C. (2019) – *Il fuoco e la memoria. I forni neolitici di Portonovo*, Florence, Museo e Istituto di Preistoria Fiorentino "Paolo Graziosi" (Milleni. Studi di Archeologia Preistorica, 21), 213 p.

CONOLLY J. (2008) – The Knapped Stone Technology of the First Occupants at Knossos, *in* V. Isaakidou et P. Tomkins (dir.), *Escaping the Labyrinth: New Perspectives on the Neolithic of Crete*, Oxford, Oxbow Books, p. 73-89.

CONSTANTIN C., ILETT M., BURNEZ-LANOTTE L. (2010) – La Hoguette, Limburg and the Mesolithic. Some questions, *in* B. Vanmontfort, L. Louwe Kooijmans, L. Amkreutz et L. Verhart (dir.), *Pots, Farmers and Foragers. Pottery Traditions and Social Interaction in the Earliest Neolithic of the Lower Rhine Area*, Leiden University Press (Archaeological Studies Leiden University, 20), p. 41-48.

CONSTANTIN C., VACHARD D. (2004) – Anneaux d'origine méridionale dans le Rubané récent du Bassin parisien, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 101, 1, p. 75-84.

COOK G. T., BONSALL C., HEDGES R. E. M., McSWEENEY K., BORONEANŢ V., BARTOSIEWICZ L., PETTITT P. B. (2002) – Problems of Dating Human Bones from the Iron Gates, *Antiquity*, 76, p. 77-85.

COOK G. T., BONSALL C., PICKARD C., McSWEENEY K., BARTOSIEWICZ L., BORONEANŢ A. (2009) – The Mesolithic-Neolithic Transition in the Iron Gates, Southeast Europe: Calibration and Dietary Issues, *in* P. Crombé, M. van Strydonck, J. Sergant, M. Boudin et M. Bats (dir.), *Chronology and Evolution within the Mesolithic of North-West Europe*, actes du colloque international (Bruxelles, 30 mai – 1er juin 2007), Cambridge, Cambridge Scholars Publishing, p. 497-515.

COPAT V., AMOROSO A. (2003) – Strutture neolitiche a Villanova di Cepagatti (Pescara), *in* S. Cosentino (dir.),

Preistoria e protostoria dell'Abruzzo, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Chieti-Calano, 27-30 septembre 2001), Florence, Istituto italiano di Preistoria e Protostoria, p. 195-208.

COPPOLA D. (2003) – Dal Neolitico all'età dei metalli in Italia sud-orientale: nuovi ritrovamenti nel Salento, *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia*, 13, 2001-2002, p. 111-150.

COPPOLA D., MUNTONI I. M., MANFREDINI A., RADINA F. (2017) – Il Neolitico della Puglia, *in* F. Radina (dir.), *Preistoria e Protostoria della Puglia*, actes de la XLVII Riunione Scientifica (Ostuni, 9-13 octobre 2012), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 193-212.

CREMONESI G., TOZZI C. (1987) – Il neolitico dell'Abruzzo, *in* B. Bagolini, G. Cremonesi et A. M. Radmilli (dir.), *Il Neolitico in Italia*, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Florence, 7-10 novembre 1985), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 239-252.

CRISTIANI E., BORIĆ D. (2016) – Mesolithic Harpoons from Odmut, Montenegro: Chronological, Contextual, and Techno-Functional Analyses *Quaternary International*, 423, p. 166-193.

DANGEL L. (1997) – *Contribution à l'étude de la céramique du Néolithique ancien et moyen : l'abri de la Font-des-Pigeons, Châteauneuf-lès-Martigues, fouilles Jean Courtin 1979*, mémoire de maîtrise, université de Provence, 199 p.

DE ANGELIS M. C. (2003) – Il Neolitico antico sul lago Trasimeno (Umbria): il sito di Panicarola (La Luciola). L'industria fittile, *Rassegna di Archeologia*, 20, 1, p. 118-140.

DELLUNIVERSITÀ E., ALLEGRETTA I., MUNTONI I. M., TARANTINI M., TERZANO R., ERAMO G. (2019) – Distribution and Compositional Fingerprints of Primary and Secondary Chert Sources in Northern Apulia (Italy), *Journal of Cultural Heritage*, 42, p. 213-225.

DELPINO C. (2020) – Il Neolitico antico dell'areale medio-tirrenico: gli aspetti della ceramica impressa e della ceramica lineare nel Lazio e nel territorio di Roma, *in* A. P. Anzidei & G. Carboni (dir.), *Roma prima del mito. Abitati e necropoli dal Neolitico alla prima età dei Metalli nel territorio di Roma (VI-III millennio A.C.)*, Oxford, Archaeopress, p. 3-24.

DELQUÉ-KOLIČ E. (1995) – *Méthodes d'extraction du carbone des poteries pour leur datation par le radiocarbone*, thèse de doctorat, université Lyon 1 – Claude-Bernard, 139 p.

DEMOULE J.-P. (2009) – La colonisation néolithique de l'Europe balkanique : chronologie et processus, *in* Collectif (dir.), *De Méditerranée et d'ailleurs... Mélanges offerts à Jean Guilaine*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 251-268.

DENAPE T. (2018) – *Les productions céramiques à la fin du 6e et au 5e millénaire BCE dans l'arc liguroprovençal : approche technologique et stylistique des séries de Castellar-Pendimoun (Alpes-Maritimes)*, mémoire de master, université Côte d'Azur, 86 p.

DEVIÈSE T., COMESKEY D., McCULLAGH J. S. O., BRONK RAMSEY C., HIGHAM T. (2017) – New Protocol for Compound Specific Radiocarbon Analysis of Archaeological Bones, *Rapid communications in Mass Spectrometry*, 32, p. 373-379.

DI FRAIA T., GRIFONI CREMONESI R. (1996) – *La Grotta Sant'Angelo sulla Montagna dei Fiori (Teramo). Le testimonianze dal Neolitico all'età del Bronzo e il problema delle frequentazioni cultuali in grotta*, Pise et Rome, Istituti editoriali e poligrafici internazionali (Collana di studi paletnologici. Monografie a cura del dipartimento di scienze archeologiche dell'università degli studi di Pisa. Sezione paleontologia umana, Paletnologia ed Etnologia, 6), 385 p.

DIMITRIJEVIĆ S. (1979) – Sjeverna zona, *in* A. Benac (dir.), *Praistorija jugoslavenskih zemalja, knjiga II, neolitsko doba*, Sarajevo, Svjetlost, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, p. 229-363.

DINU A., SOFICARU A., MIRITOIU D. (2007) – The Mesolithic at the Danube's Iron Gates: New Radiocarbon Dates and Old Stratigraphies, *Documenta Praehistorica*, 34, p. 31-52.

DRIEU L., LUCQUIN A., CASSARD L., SORIN S., CRAIG O. E., BINDER D., REGERT M. (2021) – A Neolithic without Dairy? Chemical Evidence from the Content of Ceramics from the Pendimoun Rock-Shelter (Castellar, France, 5750-5150 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, p. 102682

DUBAR M. (2004) – L'édification de la plaine deltaïque du bas Argens (Var, France) durant la Protohistoire et l'Antiquité. Application d'un modèle numérique 2D à l'archéologie, *Méditerranée*, 1, 2, p. 47-54.

DUBOULOZ J., BOCQUET-APPEL J.-P., MOUSSA R. (2017) – Modélisation, simulation et scénarios d'expérimentation : la colonisation LBK de l'Europe tempérée (5550-4950 av. n.e.), *in* L. Manolakakis, N. Schlanger et A. Coudart (dir.), *European archaeology. Identity and migrations. Hommages à Jean-Paul Demoule*, Leiden, Sidestone Press, p. 315-338.

DUCCI S., GUERRINI M. V., PERAZZI P. (2000) – L'insediamento della Scola (Isola di Pianosa, comune di Campo nell'Elba, LI), *in* C. Tozzi et M.C. Weiss (dir.), *Les premiers peuplements holocènes de l'aire corso-toscane*, Pise, ETS, p. 83-90.

DUCCI S., PERAZZI P. (1987) – Tricalle (Ch), Fontanelle (Pe): nuovi aspetti del neolitico abruzzese a ceramica impressa, *in* B. Bagolini, G. Cremonesi et A. M. Radmilli (dir.), *Il Neolitico in Italia*, actes de la XXVI Riunione Scientifica (Florence, 7-10 novembre 1985), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 645-654.

DURU R. (2012) – The Neolithic of the Lakes Region. Hacılar, Kuruçay Höyük, Höyücek, Bademağacı Höyük, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey: Western Turkey*, Istanbul, Archaeology and Art Publications (The Neolithic in Turkey: New Excavations and New Research, 4), p. 1-65.

DZHANFEZOVA T., DOHERTY C., ELENSKI N. (2014) – Shaping a Future of Painting: the Early Neolithic Pottery from Dzhulyunitsa, North Central Bulgaria, *Bulgarian Journal of Archaeology*, 4, p. 137-159.

DZHANFEZOVA T., DOHERTY C., GREBSKA-KULOW M. (2020) – Understanding Diversity in Early Neolithic Pottery Production: a Study Case from Southwest Bulgaria, *Documenta Praehistorica*, 47, p. 110-125.

ÉCHALLIER J.C., COURTIN J. (1994a) – La céramique du Néolithique ancien et moyen de Fontbrégoua (Var) :

approche typométrique, *in* D. Binder et J. Courtin (dir.), *Terre cuite et société. La céramique, document technique, économique, culturel*, actes des 14e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (Antibes, 21-23 octobre 1993), Juan-les-Pins, APDCA (Collections du CEPAM, 613), p. 131-145.

ÉCHALLIER J.C., COURTIN J. (1994b) – Approche minéralogique de la poterie du Néolithique ancien de la Baume Fontbrégoua à Salernes (Var), *Gallia Préhistoire*, 36, p. 267-297.

EFSTRATIOU N., BIAGI P., KARKANAS P., STARNINI E. (2013a) – A Late Palaeolithic Site at Ouriakos (Limnos, Greece) in the Northeastern Aegean, *Antiquity Project Gallery*, 87, 335, [http://antiquity.ac.uk/projgall/efstratiou335.htm].

EFSTRATIOU N., KARETSOU A., NTINOU M. (2013b) –- *The Neolithic Settlement of Knossos in Crete. New Evidence for the Early Occupation of Crete and the Aegean Islands*, Philadelphia, INSTAP Academic Press, 215 p.

ERDOĞU B. (2017) – A Preliminary Report on the Earliest Neolithic Levels at Uğurlu on the Island of Gökçeada, *Anatolica*, 43, p. 71-81.

ESCALON DE FONTON M. (1956) – Préhistoire de la Basse-Provence, *Préhistoire*, 12, p. 1-162.

ESCALON DE FONTON M., GUILAINE J. (1979) – Les armatures du Néolithique ancien dans le sud de la France, *in* J. Guilaine, J. Gasco, J. Vaquer et M. Barbaza (dir.), *L'abri Jean Cros. Essai d'approche d'un groupe humain du Néolithique ancien dans son environnement*, Toulouse, Centre d'anthropologie des sociétés rurales, p. 131-148.

ÉVIN J. (2007) – Les premières séries de datations radiocarbone concernant la Préhistoire française, *in* J. Évin (dir.), *Congrès du centenaire : un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire*, actes du 26e Congrès préhistorique de France (Avignon, 21-25 septembre 2004), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 26,2), p. 87-95.

ÉVIN J., MARÉCHAL J., PACHIAUDI C., PUISSÉGUR J.-J. (1980) – Conditions Involved in Dating Terrestrial Shells, *Radiocarbon*, 22, 2, p. 545-555.

FACORELLIS Y., DAMIATA B. N., VARDALA-THEODORU E., NTINOU M., SOUTHON J. (2010) – AMS Radiocarbon Dating of the Mesolithic site Maroulas on Kythnos and Calculation of the Regional Marine Reservoir Effect, *in* A. Sampson, M. Kaczanowska et J. K. Kozlowski (dir.), *The Prehistory of the Island of Kythnos (Cyclades, Greece) and the Mesolithic Settlement at Maroulas*, Cracovie, Polish Academy of Arts and Sciences, p. 127-136.

FACORELLIS Y., MANIATIS Y., KROMER B. (1998) – Apparent 14C Ages of Marine Mollusk Shells from a Greek Island: Calculation of the Marine Reservoir Effect on the Aegean Sea, *Radiocarbon*, 40, p. 963-973.

FANGET A.S., BERNÉ S., JOUET G., BASSETTI M.A., DENNIELOU B., MAILLET G.M., TONDUT M. (2014) – Impact of Relative Sea Level and Rapid Climate Changes on the Architecture and Lithofacies of the Holocene Rhone Subaqueous Delta (Western Mediterranean Sea), *Sedimentary Geology*, 305, p. 35-53.

FERNANDES D. M., MITTNIK A., OLALDE I., LAZARIDIS I., CHERONET O., ROHLAND N., MALLICK S., BERNARDOS R., BROOMANDKHOSHBACHT N., CARLSSON J., CULLETON B. J., FERRY M., GAMARRA B., LARI M., MAH M., MICHEL M., MODI A., NOVAK M., OPPENHEIMER J., SIRAK K. A., STEWARDSON K., MANDL K., SCHATTKE C., ÖZDOĞAN K. T., LUCCI M., GASPERETTI G., CANDILIO F., SALIS G., VAI S., CAMARÓS E., CALÒ C., CATALANO G., CUETO M., FORGIA V., LOZANO M., MARINI E., MICHELETTI M., MICCICHÈ R. M., PALOMBO M. R., RAMIS D., SCHIMMENTI V., SUREDA P., TEIRA L., TESCHLER-NICOLA M., KENNETT D. J., LALUEZA-FOX C., PATTERSON N., SINEO L., COPPA A., CARAMELLI D., PINHASI R., REICH D. (2020) – The Spread of Steppe and Iranian-Related Ancestry in the Islands of the Western Mediterranean, *Nature Ecology Evolution*, 4, 5, p. 764.

FERRARI A., FORENBAHER S., MICHELI R., MONTAGNARI KOKELJ E., PESSINA A., VELUŠČEK A., VISENTINI P. (2018) – Neolithic and Eneolithic of Caput Adriae, *in* E. Borgna, P. Càssola Guida et S. Corazza (dir.), *Contatti e interazioni nel Neolitico tra Friuli e Adriatico orientale. Preistoria e Protostoria del Caput Adriae*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 61-74.

FERRARI A., FORENBAHER S., PESSINA A., PRODUG E., ROMA S., VISENTINI P. (2019) – Contatti e interazioni nel Neolitico tra Friuli e Adriatico orientale, *in* M. Maffi, L. Bronzoni et P. Mazzieri (dir.), *Le quistioni nostre paletnologiche più importanti… Trent'anni di tutela e ricerca preistorica in Emilia occidentale. Atti del Convegno di Studi in onore di Maria Bernabò Brea*, actes du colloque (Parme, 8-9 juin 2017), Piacenza, Archeotravo, p. 171-182.

FERRARI A., PESSINA A. (2000) – Il sito neolitico di Sammardenchia fra Oriente e Occidente, *in* A. Pessina et G. Muscio (dir.), *La Neolitizzazione tra Oriente e Occidente*, actes du colloque international (Udine, 23-24 avril 1999), Udine, Museo Friulano di Scienze Naturali, p. 185-198.

FERRARI A., STEFFÈ G. (2006) – Il sito di Bologna - via Andrea Costa (area ex ICO) nel quadro del primo Neolitico dell'Italia settentrionale, *in* B. Bagolini, A. Pessina et P. Visentini (dir.), *Preistoria dell'Italia settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini*, actes du colloque international (Udine, 23-24 septembre 2005), Udine, Museo Friulano di Storia Naturale (Publicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale, 53), p. 77-102.

FERRARI S., FONTANA F., TURRINI M. C. (2016) – Il popolamento castelnoviano dell'Emilia, *in* M. Bernabò Brea (dir.), *Preistoria e Protostoria dell'Emilia Romagna*, actes de la XLV Riunione Scientifica (Modène, 27-31 octobre 2010), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 341-347.

FIORENTINO G., CALDARA M., DE SANTIS V., D'ORONZO C., MUNTONI I. M., SIMONE O., PRIMAVERA M., RADINA F. (2013) – Climate Changes and Human-Environment Interactions in the Apulia Region of Southeastern Italy during the Neolithic Period, *The Holocene*, 23, 9, p. 1297-1316.

FONTANA F., CRISTIANI E., BERTOLA S., BRIOIS F., GUERRESCHI A., ZIGGIOTTI S. (2020) – A Snapshot of Late Mesolithic Life through Death: an Appraisal of the Lithic and Osseous Grave Goods from the Castelnovian

Burial of Mondeval de Sora (Dolomites, Italy), *PLoS ONE*, 15, 8, [DOI : 10.1371/journal.pone.0237573).

FONTUGNE M., CARRÉ M., BENTALEB I., JULIEN M., LAVALLÉE D. (2004) – Radiocarbon Reservoir Age Variations in the South Peruvian Upwelling During the Holocene, *Radiocarbon*, 46, 2, p. 531-537.

FONTUGNE M., GUICHARD F., BENTALEB I., STRECHIE C., LERICOLAIS G. (2009) – Variations in 14C Reservoir Ages of Black Sea Waters and Sedimentary Organic Carbon During Anoxic Periods: Influence of Photosynthetic Versus Chemoautotrophic Production, *Radiocarbon*, 51, 3, p. 969-976.

FONTUGNE M., HATTÉ C., JAUDON M. (2022) – Experiments at Modane Underground Laboratory or the Swan Song of Radiocarbon ß-Counting by Gas Proportional Counter, *Radiocarbon*, 64, 3, p. 607-613.

FONTUGNE M., HATTÉ C., VALLADAS H., TISNÉRAT-LABORDE N., ZAZZO A., OBERLIN C., DELQUE-KOLIC E., MOREAU C., BERTHIER B. (2014) – De l'utilisation des isotopes stables du carbone dans la datation par la méthode du radiocarbone, *L'Anthropologie*, 118, 2, p. 194-200.

FORENBAHER S. (2008) – Archaeological Record of the Adriatic Offshore Islands as an Indicator of Long-Distance Interaction in Prehistory, *European Journal of Archaeology*, 11, 2-3, p. 223-244.

FORENBAHER S. (2019) – Trans-Adriatic Contacts and the Transition to Farming, *Eurasian Prehistory*, 15, 1-2, p. 25-46.

FORENBAHER S., KAISER T. (2005) – Palagruža and the Spread of Farming in the Adriatic, *Opuscula archaeologica*, 29, p. 7-24.

FORENBAHER S., KAISER T., MIRACLE P. T. (2013) – Dating the East Adriatic Neolithic, *European Journal of Archaeology*, 16, 4, p. 589-609.

FORENBAHER S., PERHOČ Z. (2015) – Lithic Artifacts from Nakovana (Pelješac): Continuity and Change from Early Neolithic until the End of Prehistory, *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu*, 32, p. 5-74.

FORT J. (2012) – Synthesis Between Demic and Cultural Diffusion in the Neolithic Transition in Europe, *PNAS*, 109, 46, p. 18669-18673.

FORT J., CREMA E. R., MADELLA M. (2015) – Modelling Demic and Cultural Diffusion: an Introduction, *Human Biology*, 87, 3, p. 141-149.

FORTEA PEREZ J. (1973) – *Los complejos microlaminares y geometricos del epipaleolitico mediterraneo español*, Salamanca, Universidad de Salamanca (Memorias del seminario de prehistoria y arqueologia), 545 p.

FOTIADIS M., HONDROYANNI-METOKI A., KALOGIROU A., MANIATIS Y., STROULIA A., ZIOTA C. (2019) – Megalo Nisi Galanis (6300–1800 BC): Constructing a Cultural Sequence for the Neolithic of West Macedonia, Greece, *The Annual of the British School at Athens*, 2019, p. 1-40.

FRANCO C. (2011) – *La fine del Mesolitico in Italia. Identità culturale e distribuzione territoriale degli ultimi cacciatori-raccoglitori*, Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 13), 278 p.

FU Q., POSTH C., HAJDINJAK M., PETR M., MALLICK S., FERNANDES D., FURTWÄNGLER A., HAAK W., MEYER M., MITTNIK A., NICKEL B., PELTZER A., ROHLAND N., SLON V., TALAMO S., LAZARIDIS I., LIPSON M., MATHIESON I., SCHIFFELS S., SKOGLUND P., DEREVIANKO A. P., DROZDOV N., SLAVINSKY V., TSYBANKOV A., GRIFONI CREMONESI R., MALLEGNI F., GÉLY B., VACCA E., GONZÁLEZ MORALES M. R., STRAUS L. G., NEUGEBAUER-MARESCH C., TESCHLER-NICOLA M., CONSTANTIN S., TEODORA MOLDOVAN O., BENAZZI S., PERESANI M., COPPOLA D., LARI M., RICCI S., RONCHITELLI A., VALENTIN F., THEVENET C., WEHRBERGER K., GRIGORESCU D., ROUGIER H., CREVECOEUR I., FLAS D., SEMAL P., MANNINO M. A., CUPILLARD C., BOCHERENS H., CONARD N. J., HARVATI K., MOISEYEV V., DRUCKER D. G., SVOBODA J., RICHARDS M. P., CARAMELLI D., PINHASI R., KELSO J., PATTERSON N., KRAUSE J., PÄÄBO S., REICH D. (2016) – The Genetic History of the Ice Age Europe, *Nature*, 534, p. 200-205.

FUGAZZOLA DELPINO M.A., PESSINA A. (2002) – San Pietrino, *in* M.A. Fugazzola Delpino, A. Pessina et V. Tiné (dir.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 363-372.

GAASTRA J. S., VANDER LINDEN M. R. (2018) – Farming Data: Testing Climatic and Palaeoenvironmental Effect on Neolithic Adriatic Stockbreeding and Hunting through Zooarchaeological Meta-Analysis, *The Holocene*, 2018, p. 1-16.

GABRIELE M., VERATI C., CONVERTINI F., GRATUZE B., JACOMET S., BOSCHIAN G., DURRENMATH G., GUILAINE J., LARDEAUX J.-M., GOMART L., MANEN C., BINDER D. (2019) – Long-Distance Mobility in the North-Western Mediterranean during the Neolithic Transition Using High Resolution Pottery Sourcing, *Journal of Archaeological Science Reports*, 29, p. 102050.

GARCÍA-PUCHOL O., DIEZ-CASTILLO A. A., PARDO-GORDÓ S. (2018a) – New Insights into the Neolithisation Process in Southwest Europe According to Spatial Density Analysis from Calibrated Radiocarbon Dates, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10, 7, p. 1807-1820.

GARCÍA-PUCHOL O., McCLURE S. B., JUAN-CABANILLES J., DIEZ-CASTILLO A. A., BERNABEU-AUBÁN J., MARTÍ-OLIVER B., PARDO-GORDÓ S., PASCUAL-BENITO J. L., PÉREZ-RIPOLL M., MOLINA BALAGUER L., KENNETT D. J. (2018b) – Cocina Cave Revisited: Bayesian Radiocarbon Chronology for the Last Hunter-Gatherers and First Farmers in Eastern Iberia, *Quaternary International*, 472, p. 259-271.

GASCÓ J., BINDER D. (1983) – Série de dates « radiocarbone » et représentation graphique, *Revue d'archéométrie*, supplément, p. 75-84.

GATSOV I. (2007) – The Neolithization Process Between Anatolia and the Balkans: a Lithic Perspective from the Region Around the Sea of Marmara, *in* M. Spataro et P. Biagi

(dir.), *A Short Walk through the Balkans: the First Farmers of the Carpathian Basin and Adjacent Regions*, actes du colloque international (Londres, 20-22 juin 2005), Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 12), p. 119-128.

GERRITSEN F., ÖZBAL R., THISSEN L. (2013) – Barcın Höyük. The Beginnings of Farming in the Marmara Region, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey: Northwestern Turkey and Istanbul*, Istanbul, Archaeology and Art Publications (The Neolithic in Turkey: New Excavations and New Research, 5), p. 93-112.

GIMBUTAS M. (1974a) – Obre and Its Place in Old Europe, *Wissenschaftliche Mitteilungen des Bosnisch-Herzegowinischen Landesmuseums*, 4, p. 5-13.

GIMBUTAS M. (1974b) – Chronology of Obre I and Obre II, *Wissenschaftliche Mitteilungen des Bosnisch-Herzegowinischen Landesmuseums*, 4, p. 15-35.

GIMBUTAS M. (1974c) – Anza, ca.6500-5000 BC.: a Cultural Yardstick for the Study of Neolithic Southeast Europe, *Journal of Field Archaeology*, 1974, 1, p. 26-66.

GIMBUTAS M. (1976) – *Neolithic Macedonia, as Reflected by Excavations at Anza*, Los Angeles, University of California Press (Monumenta Archaeologica, I), 502 p.

GIMBUTAS M., WINN S., SHIMABUKU D. (1989) – *Achilleion. A Neolithic Settlement in Thessaly, Greece. 6400–5600 BC*, Los Angeles, University of California (Monumenta Archaeologica, 14), 388 p.

GJIPALI I. (2017) – Radiocarbon Dating of the Early Neolithic Settlements in Albania and Their Interpretation, *in* L. Përzhita, I. Gjipali, G. Hoxha et B. Muka (dir.), *Proceedings of the International Conference: New Archaeological Discoveries in the Albanian Regions I*, actes du colloque international (30-31 janvier 2017), Tirana, Academy for Albanian studies. Institute of Archeology, p. 105-122.

GODON M. (2008) – *Les productions céramiques d'Anatolie centrale. Développements culturels et phénomènes d'expansion du Néolithique céramique entre 7000 et 5500 BC CAL*, thèse de doctorat, université Paris X - Nanterre, 618 p.

GOMART L. (sous presse) – Diversity of Pottery Fashioning Methods During the Early Neolithic in the Struma Valley (Bulgaria), *in* M. Grębska-Kulova & L. Salanova (dir.), *Neolithization of the Struma/Strymon Valley and Adjacent Regions, Proceedings of the Workshop held in Blagoevgrad, 8th-10th June 2011*.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork in Pottery Manufacture and the Introduction of Farming to Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501–1514.

GOUDE G., FONTUGNE M. (2016) – Carbon and Nitrogen Isotopic Variability in Bone Collagen During the Neolithic Period: Influence of Environmental Factors and Diet, *Journal of Archaeological Science*, 70, p. 117-131.

GOUDE G., SALAZAR GARCIA D., POWER R. C., RIVOLLAT M., GOURICHON L., DEGUILLOUX M.-F., PEMONGE M.-H., BOUBY L., BINDER D. (2020) – New Insights on Neolithic Food and Mobility Patterns in Mediterranean Coastal Populations. Mediterranean Neolithic Diet and Mobility *American Journal of Physical Anthropology*, 173, 2, p. 218-235.

GRIFONI R. (1967) – La grotta dell'Orso di Sarteano. Il Neolitico, *Origini*, 1, p. 53-115.

GRIFONI CREMONESI R. (2001) – Le Néolithique ancien de Toscane et de l'archipel toscan, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98, 3, p. 423-430.

GRIFONI CREMONESI R. (2002) – Grotta Continenza, *in* M.A. Fugazzola Delpino, A. Pessina et V. Tiné (dir.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 525-540.

GRIFONI CREMONESI R., RADMILLI A. M. (2001) – La grotta Patrizi al Sasso di Furbara (Cerveteri, Roma), *Bullettino di Paletnologia Italiana*, 91-92, p. 63-120.

GUILAINE J. (2001) - La diffusion de l'agriculture en Europe : une hypothèse arythmique, *Zephyrus*, 53-54, p. 267-272.

GUILAINE J. (2007) – Du concept de la céramique imprimée méditerranéenne à la genèse du Cardial, *in* J. Guilaine, C. Manen et J.D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la Néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 21-38.

GUILAINE J. (2018) – A Personal View of the Neolithisation of the Western Mediterranean, *Quaternary International*, 470, p. 211-225.

GUILAINE J., BRIOIS F., VIGNE J.D. (2011) – *Shillourokambos. Un établissement néolithique précéramique à Chypre. Les fouilles du secteur 1*, Paris, Errance, 1248 p.

GUILAINE J., MANEN C. (1997) Contacts sud-nord au Néolithique ancien : témoignages de la grotte Gazel en Languedoc, *in* C. Jeunesse (dir.), *Le Néolithique danubien et ses marges entre Rhin et Seine*, actes du XXIIe colloque interrégional sur le Néolithique (Strasbourg, 27-29 octobre 1995), Strasbourg, Association pour la promotion de la recherche archéologique en Alsace (supplément aux Cahiers de l'APRAA, 3), p. 301-311.

GUILAINE J., METALLINOU G., BERGER J.-F. (2016) – La néolithisation de la Méditerranée occidentale : sur la piste des pionniers ?, *in* Collectif (dir.), *Del Neolitic a l'edat del bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Marti Oliver*, Valence, Museu de Prehistoria, p. 27-34.

GUILAINE J., RADI G., ANGELI L. (2019) – La néolithisation de l'Italie du Sud-Est, *in* J. K. Kozłowski et M. Kaczanowska (dir.), Neolithization between the Adriatic and the Black Sea, Cracovie, Jagiellonian University et Cambridge, Peabody Museum/Harvard University (*Eurasian Prehistory*, 15, 1-2), p. 101-144.

GUILBEAU D., KAYACAN N., ALTINBILEK-ALGÜL Ç., ERDOĞU B., ÇEVIK Ö. (2019) – A Comparative Study of the Initial Neolithic Chipped-Stone Assemblages of Ulucak and Uğurlu, *Anatolian Studies*, 69 p. 1-20.

GUILBERT-BERGER R., GASSIN B., FIGUEIRAL I., FOREST V., GOURICHON L., BERGER J.F.

(2014) – Premier résultats concernant le statut du site de Lavérune et son organisation spatiale, *in* C. Dupont et G. Marchand (dir.), *SEAPEOPLE 2014, Archéologie des chasseurs-cueilleurs maritimes : de la fonction des habitats à l'organisation de l'espace littoral // Archaeology of Maritime Hunter-Gatherers. From Settlement Function to the Organization of the Coastal Zone*, séance de la Société préhistorique française (Rennes, 10-11 avril 2014), Résumés des communications, Paris, Société préhistorique française.

HAMMER S., FRIEDRICH R., KROMER B., CHERKINSKY A., LEHMAN S. J., MEIJER H. A. J., NAKAMURA T., PALONEN V., REIMER R. W., SMITH A. M., SOUTHON J. R., SZIDAT S., TURNBULL J., UCHIDA M. (20s17) – Compatibility of Atmospheric $^{14}CO_2$ Measurements: Comparing the Heidelberg Low-Level Counting Facility to International Accelerator Mass Spectrometry (AMS) Laboratories, *in* A. J. T. Jull (dir.), *Proceedings of the 22nd International Radiocarbon Conference*, actes du colllque international (Dakar, 16-20 novembre 2015), Tucson, University of Arizona (*Radiocarbon*, 59, 3), p. 875-883.

HARRIS E. C. (1979) – The Laws of Archaeological Stratigraphy, *World Archaeology*, 11, 1, p. 111-117.

HIGHAM T. F. G., SLAVCHEV V., GAYDARSKA B., CHAPMAN J. (2018) – AMS Dating of the Late Copper Age Varna Cemetery, Bulgaria, *Radiocarbon*, 60, 2, p. 493–516.

HODDER I. (2014) – Çatalhöyük. The Leopard Changes Its Spots. A Summary of Recent Work, *Anatolian Studies*, 64, p. 1-22.

HOFMANOVÁ Z., KREUTZER S., HELLENTHAL G., SELL C., DIEKMANN Y., DÍEZ-DEL-MOLINO D., VAN DORP L., LÓPEZ S., KOUSATHANAS A., LINK V., KIRSANOW K., CASSIDY L. M., MARTINIANO R., STROBEL M., SCHEU A., KOTSAKIS K., HALSTEAD P., TRIANTAPHYLLOU S., KYPARISSI-APOSTOLIKA N., UREM-KOTSOU D., ZIOTA C., ADAKTYLOU F., GOPALAN S., BOBOL D. M., WINKELBACH L., BLÖCHER J., UNTERLÄNDER M., LEUENBERGER C., ÇILINGIROĞLU Ç., HOREJS B., GERRITSEN F., SHENNAN S. J., BRADLEY D. G., CURRAT M., VEERAMAH K. R., WEGMANN D., THOMAS M. G., PAPAGEORGOPOULOU C., BURGER J. (2016) – Early Farmers from Across Europe Directly Descended from Neolithic Aegeans, *PNAS*, 113, 25 p. 6886-6891.

HONCH N., HIGHAM T. F. G., CHAPMAN J. C., GAYDARSKA B., HEDGES R. E. M. (2006) – A Palaeodietary Investigation of Carbon ($^{13}C/^{12}C$) and Nitrogen ($^{15}N/^{14}N$) in Human and Faunal Bones from the Copper Age Cemeteries of Varna I and Durankulak, Bulgaria, *Journal of Archaeological Science*, 33, p. 1493-1504.

HOREJS B. (2019) – Long and Short Revolutions Towards the Neolithic in Western Anatolia and Aegean, *Documenta Praehistorica*, 46, p. 68-83.

HOREJS B., MILIĆ M., OSTMANN F., THANHEISER U., WEININGER R. B., GALIK A. (2015) – The Aegean in the Early 7th Millennium BC: Maritime Networks and Colonization, *Journal of World Prehistory*, 28, 4, p. 289-330.

HORVAT K., VUJEVIĆ D. (2017) – Pokrovnik – The Material Culture of the Neolithic Settlement, *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu*, 34, p. 45-82.

IMPROTA S., PESSINA A. (1998) – La neolitizzazione dell'Italia settentrionale: il nuovo quadro cronologico, *in* A. Pessina et G. Muscio (dir.), *Settemila anni fa, il primo pane: ambianti e culture della società neolitiche*, Udine, Museo Friulano di Storia Naturale, p. 107-115.

ISERN N., ZILHÃO J., FORT J., AMMERMAN A. J. (2017) – Modeling the Role of Voyaging in the Coastal Spread of the Early Neolithic in the West Mediterranean, *PNAS*, 114, 5, p. 897-902.

JEUNESSE C. (1993) – La nécropole rubanée des « Octrois » à Ensisheim (Haut-Rhin). Fouilles 1984 - la parure, *Cahiers de l'Association pour la Promotion de la Recherche Archéologique en Alsace*, 9, p. 59-72.

JEUNESSE C., NICOD P.Y., VAN BERG P.L., VORUZ J.L. (1991) – Nouveaux témoins d'âge néolithique ancien entre Rhône et Rhin, *Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie*, 74, p. 43-78.

JEUNESSE C., VAN WILLIGEN S. (2006) – Le vase à décor rubané de la Grande Grotte à Cheval Blanc (Vaucluse). Un objet danubien dans le Néolithique ancien du Midi de la France, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 103 3, p. 603-608.

JOUSSAUME R. (1981) – *Le Néolithique de l'Aunis et du Poitou occidental dans son cadre atlantique*, Rennes, université Rennes 1, 625 p.

KAČAR S. (2019a) – *Les sociétés mésolithiques de l'arc adriatique oriental : des origines à la néolithisation, de l'Istrie aux côtes épirotes*, thèse de doctorat, université Toulouse 2 – Jean-Jaurès, 2 vol., 614 p. et 160 p.

KAČAR S. (2019b) – Impressed Ware Blade Production of Northern Dalmatia (Eastern Adriatic, Croatia) in the Context of Neolithisation, *Documenta Praehistorica*, 46, p. 352-374.

KAČAR S. (2020) – Evidence of Absence or Absence of Evidence? Searching for Late Mesolithic (Castelnovian) Hunter-Gatherers in the Eastern Adriatic, *Journal of Mediterranean Archaeology*, 33, 2, p. 160-184.

KACZANOWSKA M., KOZŁOWSKI J. K., SAMPSON A. (2016) – *The Sarakenos Cave at Akraephnion, Boeotia, Greece. Vol. II: The Early Neolithic, the Mesolithic and the Final Palaeolithic (Excavations in Trench A)*, Cracovie, The Polish Academy of Arts and Sciences, 160 p.

KARMANSKI S. (2005) – *Donja Branjevina: A Neolithic Settlement Near Deronje in the Vojvodina (Serbia)*, Trieste, Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 10), 313 p.

KATSIANIS M., BEVAN A., STYLIARAS G., MANIATIS Y. (2020) – An Aegean History and Archaeology Written through Radiocarbon Dates, *Journal of Open Archaeology Data*, 8, p. 5 [DOI : 10.5334/joad65].

KAYACAN N. (2003) – Chipped Stone Industry of the Neolithic Site of Musular (Cappadocia): Preliminary Results, *Anatolia antiqua (Istanbul)*, 11, p. 1-10.

KEITH M. L., ANDERSON G. M. (1963) – Radiocarbon Dating: Fictitious Results with Mollusk Shells, *Science*, 141, 3581, p. 634-637.

KENYON K. (1957) – *Digging Up Jericho. The Results of the Jericho Excavations 1952-1956*, Londres, E. Benn, 284 p.

KOBASHI T., SEVERINGHAUS J. P., BROOK E. J., BARNOLA J.-M., GRACHEV A. M. (2007) – Precise Timing and Characterization of Abrupt Climate Change 8200 Years Ago from Air Trapped Polar Ice, *Quaternary Science Reviews*, 26, p. 1212-1222.

KORKUTI M. (1982) – Vashtëmia - një vendbanim i neolitit të hershëm // Vashtëmia - un habitat du Néolithique ancien, *Iliria*, 12 2, p. 91-146.

KORKUTI M. (2007) – Early Neolithic of Albania in a Balkan Perspective, *in* M. Spataro et P. Biagi (dir.), *A Short Walk through the Balkans: the First Farmers of the Carpathian Basin and Adjacent Regions*, actes du colloque international (Londres, 20-22 juin 2005), Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 12), p. 113-118.

KORKUTI M., ANDREA Z. (1974) – Stacioni i neolitit të mesëm në Cakran të Fierit, *Iliria*, 3, p. 45-101.

KOZŁOWSKI J. K. (1990) – Le complexe impresso-cardial et les civilisations balkano-danubiennes au sud des Alpes, *in* D. Cahen et M. Otte (dir.), *Rubané et Cardial*, Liège, université de Liège (ERAUL, 39), p. 65-72.

KOZŁOWSKI J. K., KOZŁOWSKI S. K. (1984) – Chipped Stone Industries from Lepenski Vir, *Preistoria Alpina*, 19, p. 259-294.

KOZŁOWSKI S. K. (1976) – Les courants interculturels dans le Mésolithique de l'Europe occidentale, *in Les civilisations du 8ème au 5ème millénaire en Europe*, Nice, UISPP, p. 135-160.

KOZŁOWSKI S. K. (2009) – *Thinking Mesolithic*, Oxford, Oxbow Books, 545 p.

KRAUSS R. (2011) – Neolithisation between Northwest Anatolia and the Carpathian Basin – an Introduction, *in* R. Krauß (dir.), *Beginnings – New Research in the Appearance of the Neolithic between Northwest Anatolia and the Carpathian Basin*, actes du colloque international (Istanbul, 8-9 avril 2009), Rahden, Marie Leidorf (Menschen-Kulturen-Traditionen, 1), p. 1-7.

KRAUSS R., MARINOVA E., DE BRUE H., WENINGER B. (2017) – The Rapid Spread of Early Farming from the Aegean Into the Balkan Via the Sub-Mediterranean-Aegean Vegetation Zone, *Quaternary International*, 496, p. 24-41.

KUNIHOLM P. I., NEWTON M. (2002) – Radiocarbon and Dendrochronology, *in* F. Gérard et L. Thissen (dir.), *The Neolithic of Central Anatolia*, Istanbul, Ege Yayinlari, p. 275-278.

KYPARISSI-APOSTOLIKA N. (2000) – The Mesolithic-Neolithic Transition in Greece as Evidenced by the Data of Theopetra Cave in Thessaly, *Documenta Praehistorica*, 27, p. 133-140.

KYPARISSI-APOSTOLIKA N. (2003) – The Mesolithic in Theopetra Cave: New Data on a Debated Period of Greek Prehistory, *in* N. Galanidou et C. Perlès (dir.), *The Greek Mesolithic: Problems and Perspectives* Londres, British School at Athens, p. 189-198.

LA MARCA C., ERAMO G., MUNTONI I. M., CONATI BARBARO C. (2017) – Early Neolithic Patterns of the Italian Middle Adriatic Region, *Archeologické rozhledy*, 69, p. 227-245.

LAMBECK K. (1996) – Sea-Level Change and Shore-Line Evolution in Aegean Greece Since Upper Palaeolithic Time, *Antiquity*, 70, 269, p. 588-611.

LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A., SILENZI S. (2004) – Sea-Level Change Along the Italian Coast for the Past 10,000 yr, *Quaternary Science Reviews*, 23, p. 1567-1598.

LANOS P., DUFRESNE P. (2012) – Modélisation statistique bayésienne des données chronologiques, *in* S. Archambault de Beaune et H.P. Francfort (dir.), *L'archéologie à découvert*, Paris, CNRS, p. 238-248.

LANOS P., DUFRESNE P. (2019) – ChronoModel Version 2.0: Software for Chronological Modelling of Archaeological Data Using Bayesian Statistics. https://chronomodel.com/ .

LANOS P., PHILIPPE A. (2015) – Event Date Model: a Robust Bayesian Tool for Chronology Building, *Communications for Statistical Applications and Methods*, 25, 2, p. 131-157.

LANOS P., PHILIPPE A. (2017) – Hierarchical Bayesian Modeling for Combining Dates in Archaeological Context *Journal de la Société française de statistique*, 158, 2, p. 72-88.

LANOS P., PHILIPPE A. (2018) – Event Date Model: a Robust Bayesian Tool for Chronology Building, *Communications for Statistical Applications and Methods*, 25, 2, p. 131-157.

LAROCCA F. (2005) – *La miniera pre-protostorica di Grotta della Monaca (Sant'Agata di Esaro - Cosenza)*, Cosenza, Centro Regionale di Speleologia, 98 p.

LEFRANC P. (2013) – Les relations entre les groupes rubanés d'Alsace et du bassin de la Seine : l'apport des styles céramiques, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 110, 3, p. 495-512.

LE MIÈRE M. (2009) – Early Neolithic Pottery from the Near East: the Question of Temper and Its Implications, *in* L. Astruc, A. Gaulon et L. Salanova (dir.), *Méthodes d'approche des premières productions céramiques : étude de cas dans les Balkans et au Levant*, actes de la table-ronde (Nanterre, février 2006), Rahden Leidorf (Internationale Archäologie, 12), p. 73-80.

LE MIÈRE M. (2017) – The Earliest Pottery in West Asia: Questions Concerning Causes and Consequences, *in* A. Tsuneki, O. Nieuwenhuyse et S. Campbell (dir.), *The Emergence of Pottery in West Asia*, Oxford, Oxbow Books, p. 9-16.

LE MIÈRE M., PICON M. (1999) – Les débuts de la céramique au Proche-Orient, *Paléorient*, 24, 2, p. 5-26.

LEPPARD T. P. (2021) – Process and Dynamics of Mediterranean Neolithization (7000–5500 BC), *Journal of Archaeological Research*, 30, 16, p. 1-53.

LERA P., TOUCHAIS G. (2002) – Sovjan (Albanie), *Bulletin de Correspondance hellénique*, 126, 2, p. 627-645.

LERA P., TOUCHAIS G., OBERWEILER C. (2007) – Ndihmesa e gërmimeve të Sovjanit për kronologjinë absolute të prehistorisë shqiptare // La contribution des fouilles de Sovjan à la chronologie absolue de la préhistoire albanaise, *Iliria*, 33, p. 39-50.

LIBBY W. F. (1960) – Radiocarbon Dating. Nobel Lecture, December 12, 1960, p. 593-610.

LICHARDUS J., LICHARDUS-ITTEN M., BAILLOUD G., CAUVIN J. (1985) – *La protohistoire de l'Europe : le Néolithique et le Chalcolithique*, Paris, Presses universitaires de France (Nouvelle Clio), 640 p.

LICHARDUS-ITTEN M. (1986) – Premières influences méditerranéennes dans le Néolithique du Bassin parisien, *in* J.P. Demoule et J. Guilaine (dir.), *Le Néolithique de la France, hommage à Gérard Bailloud*, Paris, Picard, p. 147-160.

LICHARDUS-ITTEN M. (1993) – La vallée du Strymon, une route au Néolithique ancien ?, *in* V. Nikolov, L. Pernicheva et S. Sirakova (dir.), *Praistoricheski nahodki i izsledvania. Sbornik v pamet na prof. G. I. Georgiev*, Sofia, p. 69-72.

LICHARDUS-ITTEN M. (2009) – La néolithisation des Balkans méridionaux vue à travers la céramique de Kovacevo, *in* L. Astruc, A. Gaulon et L. Salanova (dir.), *Méthodes d'approche des premières productions céramiques : étude de cas dans les Balkans et au Levant*, actes de la table-ronde (Nanterre, février 2006), Rahden Leidorf (Internationale Archäologie, 12), p. 13-20.

LOLLINI D. G. (1991) – *Museo Archeologico Nazionale delle Marche. Sezione Preistorica*, Falconara, Errebi, 109 p.

LOPEZ-MONTALVO E., MANEN C., GUILAINE J., BALEUX F., CONVERTINI F. (2021) – Figurative Graphic Expressions and the First Western Mediterranean Farmers: a New Zoomorphic Contribution from Southern France, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 118, 3, p. 453-473.

LO VETRO D., MARTINI F. (2016) – Mesolithic in Central Southern Italy: Overview of lithic productions, *Quaternary International*, 423, p. 279-302.

LUGLIÈ C. (2018) – Your Path Led Through the Sea ... The Emergence of Neolithic in Sardinia and Corsica, *Quaternary International*, 470, p. 285-300.

MAGGI R. (1977) – Lo strato a ceramiche graffite delle Arene Candide, *in* S. Tiné (dir.), *Le ceramiche graffite nel Neolitico del Mediterraneo centro-occidentale*, actes du colloque international (Gênes, 20-24 janvier 1977), Trente, Museo delle Scienze (*Preistoria Alpina*, 13), p. 205-211.

MAGGI R. (1983) – Il Neolitico della Liguria di Levante, *in* R. Maggi (dir.), *Preistoria della Liguria orientale*, Sestri Levante, Renato Siri, p. 47-58.

MAGGI R., BINDER D., PANELLI C., GABRIELE M., PEARCE M., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P. (2020) – Liguria: aperture e chiusure di un'isola fra due pianure, *in* M. Bernabò Brea (dir.), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, actes du colloque international (Forlì, 12-15 octobre 2016), Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (*Rivista di Scienze Preistoriche*, 70), p. 77-92.

MALLORY J. P. (1987) – Lagnano da Piede. An Early Neolithic Village in the Tavoliere, *Origini*, 13, p. 193-290.

MANEN C. (2002) – Structure et identité des styles céramiques du Néolithique ancien entre Rhône et Ebre, *Gallia Préhistoire*, 44, p. 121-160.

MANEN C. (2017) – *La néolithisation ouest-méditerranéenne. Du package au patchwork...*, thèse d'habilitation à diriger des recherches, université Toulouse Jean-Jaurès, 265 p.

MANEN C., CONVERTINI F., BINDER D., SÉNÉPART I. (2010a) – *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structure des productions céramiques*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), 281 p.

MANEN C., PERRIN T. (2009) – Réflexions sur la genèse du Cardial « franco-ibérique », *in* Collectif (dir.), *De Méditerranée et d'ailleurs... Mélanges offerts à Jean Guilaine*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 427-462.

MANEN C., PERRIN T., GUILAINE J., BOUBY L., BRÉHARD S., BRIOIS F. O., DURAND F., MARINVAL P., VIGNE J.D. (2018) – The Neolithic Transition in the Western Mediterranean: a Complex and Non Linear Diffusion Process. The Radiocarbon Record Revisited, *Radiocarbon*, 2018, 1, p. 1-41.

MANEN C., PERRIN T., RAUX A., BINDER D., LE BOURDONNEC F.X., BRIOIS F., CONVERTINI F., ESCALLON G., GOMART L., GUILAINE J., HAMON C., PHILIBERT S., QUEFFELEC A. (2019) – Le sommet de l'iceberg ? Colonisation pionnière et néolithisation de la France méditerranéenne, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 116, 2, p. 317-361.

MANEN C., SABATIER P. (2003) – Chronique radiocarbone de la néolithisation en Méditerranée nord-occidentale, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 100, 3, p. 479-504.

MANEN C., SÉNÉPART I., BINDER D. (2010b) – Les productions céramiques des groupes cardiaux et épicardiaux du Sud de la France : zoom régional, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder et I. Sénépart (dir.), *Organisation et fonctionnement des premières sociétés paysannes : structures des productions céramiques de la Ligurie à la Catalogne*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 191-196.

MANIATIS Y., ADAKTYLOU F. (2021) – Revenia-Korinos: One of the Earliest Neolithic Settlements in North Greece as Evidenced by Radiocarbon Dating, *Radiocarbon*, 63, 3, p. 1025-1051.

MANNING S. W., KROMER B., CREMASCHI M., DEE M. W., FRIEDRICH R., GRIGGS C., HADDEN C. S. (2020) – Mediterranean Radiocarbon Offsets and Calendar Dates for Prehistory, *Science advances*, 6, eaaz1096.

MANNINO M. A., TALAMO S., TAGLIACOZZO A., FIORE I., NEHLICH O., PIPERNO M., TUSA S., COLLINA C., DI SALVO R., SCHIMMENTI V., RICHARDS M. P. (2015) – Climate-Driven Environmental Changes Around 8,200 Years Ago Favoured Increases in Cetacean Strandings and Mediterranean Hunter-Gatherers Exploited Them, *Nature Scientific Reports,* 5, e16288.

MARCHAND G., PERRIN T. (2017) – Why this Revolution? Explaining the Major Technical Shift in Southwestern Europe During the 7th Millennium Cal. BC, *Quaternary International*, 428, B, p. 73-85.

MARCINIAK A., BARAŃSKI M. Z., BAYLISS A., CZERNIAK L., GOSLAR T., SOUTHON J. R., TAYLOR R. E. (2015) – Fragmenting Times: Interpreting a Bayesian Chronology for the Late Neolithic Occupation of Çatalhöyük East, Turkey, *Antiquity*, 89, 343, p. 154-176.

MARIJANOVIĆ B. (2018) – Rivine near Stolac (Herzegovina). A contribution to the Neolithization of Eastern Adriatic, *Archaeologia Adriatica*, 12, p. 17-45.

MARTÍ OLIVER B., JUAN-CABANILLES J., GARCÍA BORJA P. (2018) – Las decoraciones figurativas y simbólicas de las cerámicas del Neolítico antiguo en las comarcas meridionales valencianas, *in* J. A. Soler Díaz, R. Pérez Jiménez et V. Barciela González (dir.), *Rupestre. Los primeros santuarios. Arte prehistórico en Alicante*, Alicante, Museo Arqueológico de Alicante-Gobierno, p. 109-125.

MARTÍNEZ-GRAU H., JAGHER R., OMS ARIAS F. X., BARCELÓ J. A., PARDO-GORDÓ S., ANTOLÍN F. (2020) – Global Processes, Regional Dynamics. Radiocarbon Data as a Proxy for Social Dynamics at the End of the Mesolithic and During the Early Neolithic in the NW of the Mediterranean and Switzerland (c. 6200–4600 cal BC) *Documenta Praehistorica*, 47, p. 170-191.

MARTINEZ-GRAU H., MORELL ROVIRA B., ANTOLIN F. (2021) – Radiocarbon Dates Associated to Neolithic Contexts (ca. 5900 – 2000 Cal BC) from the Northwestern Mediterranean Arch to the High Rhine Area, *Journal of Open Archaeology data*, 9, 1, p. 1-10.

MATHIESON I., ALPASLAN-ROODENBERG S., POSTH C., SZÉCSÉNYI-NAGY A., ROHLAND N., MALLICK S., OLALDE I., BROOMANDKHOSHBACHT N., CANDILIO F., CHERONET O., FERNANDES D., FERRY M., GAMARRA B., FORTES G. G., HAAK W., HARNEY E., JONES E., KEATING D., KRAUSE-KYORA B., KUCUKKALIPCI I., MICHEL M., MITTNIK A., NÄGELE K., NOVAK M., OPPENHEIMER J., PATTERSON N., PFRENGLE S., SIRAK K., STEWARDSON K., VAI S., ALEXANDROV S., ALT K. W., ANDREESCU R., ANTONOVIĆ D., ASH A., ATANASSOVA N., BACVAROV K., GUSZTÁV M. B., BOCHERENS H., BOLUS M., BORONEANŢ A., BOYADZHIEV Y., BUDNIK A., BURMAZ J., CHOHADZHIEV S., CONARD N. J., COTTIAUX R., ČUKA M., CUPILLARD C., DRUCKER D. G., ELENSKI N., FRANCKEN M., GALABOVA B., GANETSOVSKI G., GÉLY B., HAJDU T., HANDZHYISKA V., HARVATI K., HIGHAM T., ILIEV S., JANKOVIĆ I., KARAVANIĆ I., KENNETT D. J., KOMŠO D., KOZAK A., LABUDA D., LARI M., LAZAR C., LEPPEK M., LESHTAKOV K., LO VETRO D., LOS D., LOZANOV I., MALINA M., MARTINI F., McSWEENEY K., MELLER H., MENĐUŠIĆ M., MIREA P., MOISEYEV V., PETROVA V., PRICE T. D., SIMALCSIK A., SINEO L., ŠLAUS M., SLAVCHEV V., STANEV P., STAROVIĆ A., SZENICZEY T., TALAMO S., TESCHLER-NICOLA M., THEVENET C., VALCHEV I., VALENTIN F., VASILYEV S., VELJANOVSKA F., VENELINOVA S., VESELOVSKAYA E., VIOLA B., VIRAG C., ZANINOVIĆ J., ZÄUNER S., STOCKHAMMER P., CATALANO G., KRAUSS R., CARAMELLI D., ZARIŅA G., GAYDARSKA B., LILLIE M., NIKITIN A. G., POTEKHINA I., PAPATHANASIOU A., BORIĆ D., BONSALL C., KRAUSE J., PINHASI R., REICH D. (2018) – The Genomic History of Southeastern Europe, *Nature*, 555, 7695, p. 197-203.

MAZZIERI P. (2010) – *I siti di Via Spezia (Benefizio e Via Guidorossi) et Pontetaro a Parma nel quadro della cultura diei Vasi a Bocca Quadrata in Emila Occidentale*, thèse de doctorat, università di Pisa, 640 p.

MAZZIERI P. (2012) – Nuovi dati per una rilettura della cultura VBQ in Emilia occidentale, *Rivista di Scienze preistoriche*, 62, p. 83-120.

MAZZUCCO N., CAPUZZO G., PETRINELLI PANNOCCHIA C., IBANEZ J. J., GIBAJA BAO J. F. (2018) – Harvesting Tools and the Spread of the Neolithic Into the Central-Western Mediterranean Area, *Quaternary International*, 470, p. 511-528.

McCLURE S. B., MAGILL C., PODRUG E., MOORE A. M. T., HARPER T. K., CULLETON B. J., KENNETT D. J., FREEMAN K. H. (2018) – Fatty Acid Specific δ13C Values Reveal Earliest Mediterranean Cheese Production 7,200 Years Ago, *PLoS ONE*, 13, 9, e0202807.

MÉHAULT R. (2017) – Applying a Bayesian Approach in the Northeastern North American Context: Reassessment of the Temporal Boundaries of the "Pseudo-Scallop Shell Interaction Sphere" *Canadian Journal of Archaeology // Journal canadien d'archéologie*, 41, p. 204-237.

MEUNIER K. (2013) – Chronologie de la céramique rubanée dans le sud-est du Bassin parisien, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 110, 3, p. 447-462.

MICHCZYNSKA D. J., PAZDUR M. F., WALANDUS A. (1989) – Bayesian Approach to Probabilistic Calibration of Radiocarbon Dates, *P.A.C.T*, 29, II-4, p. 69-79.

MILIĆ B., HOREJS B. (2017) – The Onset of Pressure Blade Making in Western Anatolia in the 7th Millennium BC: a Case Study from Neolithic Çukuriçi Höyük, *in* B. Horejs (dir.), *Çukuriçi Höyük 1. Anatolia and the Aegean from the 7th to the 3rd Millennium BC*, Vienne, Austrian Academy of Sciences Press, p. 27-52.

MINICHREITER K. (1998) – The Oldest Neolithic Water-Well in Croatia from the Early Starčevo Settlement Near Slavonski Brod, *in* H. Koschik (dir.), *Brunnen der Jungsteinzeit*, Bonn, Habelt (Materialien zur Bodendenkmalpflege im Rheinland, 11), p. 25-30.

MINICHREITER K. (2007) – The First Farmers of Northern Croatia, *in* M. Spataro et P. Biagi (dir.), *A Short Walk through the Balkans: the First Farmers of the Carpathian Basin and Adjacent Regions*, actes du colloque international (Londres, 20-22 juin 2005), Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 12), p. 171-182.

MINICHREITER K., KRAJCAR BRONIĆ I. (2006) – New Radiocarbon Dates for the Early Starčevo Culture in Croatia, *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu*, 23, p. 5-16.

MONTJARDIN R. (1995) – Le passage du Néolithique ancien au Chasséen en Provence occidentale et Languedoc oriental, *in* J.L. Voruz (dir.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien*, Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne (Documents du département d'anthropologie et d'écologie de l'université de Genève, 20), p. 77-92.

MORONI LANFREDINI A. (2003) – Il Neolitico antico sul lago Trasimeno: il sito di Panicarola (La Lucciola). L'industria litica, *Rassegna di Archeologia*, 20, 1, p. 87-118.

MÜLLER J. (1990) – Cultural Definition of the Early Neolithic and Its Interaction in the Eastern Adriatic, *Berytus*, 36, p. 101-126.

MÜLLER J. (1991) – Die ostadriatische Impresso-Kultur: zeitliche Gliederung und kulturelle Einbindung, *Germania*, 69, 2, p. 311-358.

MÜLLER J. (1994) – *Das ostadriatische Frühneolithikum. Die Impresso-Kultur und die Neolithisierung des Adriaraumes*, Berlin, Spiess (Prähistoriche Archäologie in Südosteuropa, 9), 482 p.

MÜLLER J. (2000) – "Earplugs", Ceramics and Sheep: Examples of Communication and Boundaries in the Adriatic Early Neolithic, *in* P. Biagi (dir.), *Studi sul Paleolitico, Mesolitico e Neolitico del Bacino dell'Adriatico in ricordo di Antonio M. Radmili*, Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 8), p. 151-160.

MUNTONI I. M. (2003) – *Modellare l'argilla. Vasai del Neolitico antico e medio nelle Murge pugliesi*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Origines), 354 p.

MUNTONI I.M. (2012) – Circulation of Raw Materials, Final Products or Ideas in the Neolithic Communities of Southern Italy: the Contribution of Archeometric Analyses to the Study of the Pottery, Flint and Obsidian, *in* M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 403-412.

MUNTONI I. M., ERAMO G. (2016) – Archaeometric Analyses of Ceramic Materials, *in* E. S. Elster, E. Isetti, J. E. Robb et A. Traverso (dir.), *The Archaeology of Grotta Scaloria: Ritual in Neolithic Southeast Italy*, Los Angeles, UCLA Cotsen Institute of Archaeology Press (Monumenta Archaeologica, 38), p. 253-265.

MUNTONI I. M., LAVIANO R. (2008) – Archaeometric Data on Production and Circulation of Neolithic Serra d'Alto Ware in Southern Italy During the Fifth Millennium BC, *ArcheoSciences, Revue d'archéométrie*, 32, p. 125-135.

NAUMOV G. (2015) – The Early Neolithic Communities in Macedonia *Archeologické rozhledy*, 67, p. 331-355.

NAUMOV G. (2020) – Domestication of Tells: Settlements of the First Farmers in Pelagonia (Macedonia), *in* A. Blanco-González et T. L. Kienlin (dir.), *Current Approaches to Tells in the Prehistoric Old World*, Oxford, Oxbow Books, p. 111-124.

NIEUWENHUYSE O., CAMPBELL S. (2017) – Synthesis: the Emergence of Pottery in West Asia, *in* A. Tsuneki, O. Nieuwenhuyse et S. Campbell (dir.), *The Emergence of Pottery in West Asia*, Oxford, Oxbow Books, p. 167-192.

NIKOLOV V. (1989) – Das Flusstal der Struma als Teil der Straße von Anatolien nach Mitteleuropa, *in* S. Bőkőnyi (dir.), *Neolithic of Southeastern Europe and its Near Eastern Connections*, actes du colloque international (Szolnok-Szeged, 1987), Budapest, Institute of Archaeology of the Hungarian Academy of Sciences (Varia Archaeologica Hungarica, 2), p. 191-199.

NIKOLOVA L. (2007) – Toward an Evolutionnary Model of Gradual Development of Social Complexity Among the Neolithic Pottery Communities in the Balkans (Cultural-Chronological and Cultural-Anthropological Problems), *in* M. Spataro et P. Biagi (dir.), *A Short Walk through the Balkans: the First Farmers of the Carpathian Basin and Adjacent Regions*, actes du colloque international (Londres, 20-22 juin 2005), Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 12), p. 89-102.

NILHAM B., ASTRUC L., GAULON A. (2009) – White Ware - Near Eastern Plaster Container, *in* L. Astruc, A. Gaulon et L. Salanova (dir.), *Méthodes d'approche des premières productions céramiques : étude de cas dans les Balkans et au Levant*, actes de la table-ronde (Nanterre, février 2006), Rahden Leidorf (Internationale Archäologie, 12), p. 63-72.

NISHIAKI Y. A., LE MIÈRE M. (2005) – The Oldest Pottery Neolithic of Upper Mesopotamia: New Evidence from Tell Seker al-Aheimar, the Khabur, Northeast Syria, *Paléorient*, 31, 2, p. 55-68.

NISHIAKI Y A, LE MIÈRE M. (2017) – The Oldest Neolithic Pottery from Tell Seker al-Aheimar, Upper Khabur, Northeastern Syria, *in* A. Tsuneki, O. Nieuwenhuyse et S. Campbell (dir.), *The Emergence of Pottery in West Asia*, Oxford, Oxbow Books, p. 44-54.

NOWAK M., MOSKAL-DEL HOYO M., MUELLER-BIENIEK A., LITYŃSKA-ZAJĄC M., KOTYNIA K. (2017) – Benefits and Weaknesses of Radiocarbon Dating of Plant Material as Reflected by Neolithic Archaeological Sites from Poland, Slovakia and Hungary, *Geochronometria*, 44, p. 188-201.

ODETTI G. (1975) – Foto aerea e villaggi neolitici nel Tavoliere, *in* S. Tiné (dir.), *Civiltà Preistoriche e Protostoriche della Daunia*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 133-136.

ODETTI G. (1977) – Le ceramiche graffite nella grotta Pollera, *in* S. Tiné (dir.), *Le ceramiche graffite nel Neolitico del Mediterraneo centro-occidentale*, actes du colloque international (Gênes, 20-24 janvier 1977), Trente, Museo delle Scienze (*Preistoria Alpina*, 13), p. 56-59.

OMS ARIAS F. X., ESTEVE X., MESTRES MERCADÉ J., MARTÍN P., MARTINS H. (2014) – La neolitización del nordeste de la Península Ibérica: datos radiocarbónicos y culturales de los asentamientos al aire libre del Penedès, *Trabajos de Prehistoria*, 71, 1, p. 42-55.

ORTEGA D., IBAÑEZ J. J., KHALIDI L., MÉNDEZ V., CAMPO D., TEIRA L. C. (2013) - Towards a Multi-Agent-Based Modelling of Obsidian Exchange in the Neolithic Near East, *Journal of Archaeological Method and Theory*, [DOI: 10.1007/s10816-013-9196-1].

ÖZBAŞARAN M., DURU G., STINER M. C. (2018) – *The Early Settlement at Aşıklı Höyük. Essays in Honor of Ufuk Esin*, Istanbul, Ege Yarınları I-IX, 484 p.

ÖZDOĞAN E. (2015) – Current Research and New Evidence for the Neolithization Process in Western Turkey, *European Journal of Archaeology*, 18, 1, p. 33-59.

ÖZDOĞAN M. (2009) – Earliest Use of Pottery in Anatolia, *in* D. Gheorghiu (dir.), *Early Farmers, Late Foragers, and Ceramic Traditions: on the Beginning of Pottery in the Near East and Europe*, Newcastle upon Tyne, Cambridge Scholars Publishing, p. 22-43.

ÖZDOĞAN M. (2011) – Mezraa Teleilat, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey: The Euphrates Basin*, Istanbul, Archaeology and Art Publications (The Neolithic in Turkey: New Excavations and New Research, 2), p. 203-260.

ÖZDOĞAN M. (2013) – Neolithic Sites in the Marmara Region. Fikirtepe, Pendik, Yarımburgaz, Toptepe, Hoça Çesme and Asağı Pınar, *in* M. Özdoğan, N. Başgelen et P. I. Kuniholm (dir.), *The Neolithic in Turkey: Northwestern Turkey and Istanbul*, Istanbul, Archaeology and Art Publications (The Neolithic in Turkey: New Excavations and New Research, 5), p. 167-269.

ÖZDOĞAN M. (2019a) – Early Farmers in Northwestern Turkey: What Is New?, *in* A. Marciniak (dir.), *Concluding the Neolithic. The Near East in the Second Half of the Seventh Millennium BC*, Atlanta, Lockwood Press, p. 307-327.

ÖZDOĞAN M. (2019b) – An Alternative Look at the Neolithisation Process of Western Anatolia: From an Old Periphery to a New Core, *in* M. Brami et B. Horejs (dir.), *The Central/Western Anatolian Farming Frontier. Proceedings of the Neolithic Workshop held at 10th ICAANE in Vienna, April 2016*, Vienne, Austrian Academy of Sciences (OREA, 12), p. 143-158.

ÖZDÖL S. (2012) – *The Development and Traditions of Pottery in the Neolithic of the Anatolian Plateau. Evidence from Çatalhöyük, Suberde, Erbaba*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series, 2439), 135 p.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide. Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI^e millénaire AEC*, thèse de doctorat, università di Genova et université Côte d'Azur, 590 p.

PAOLINI-SAEZ H. (2010) – Les productions céramiques du Néolithique ancien tyrrhénien, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder et I. Sénépart (dir.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structure des productions céramiques*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 89-104.

PAPATHANASSOPOULOS G. A. (1996) – *Neolithic Culture in Greece*, Athens, N.P. Goulandris Foundation, 352 p.

PARDO-GORDÓ S., BARCELÓ J. A. (2020) – Paleodemografía y dataciones radiométricas en la Prehistoria de la península Ibérica, *Métodos Cronométricos en Arqueología, Historia y Paleontologia* p. 473-491.

PARDO-GORDÓ S., GARCIA RIVERO D., BERNABEU AUBAN J. (2019a) – Evidences of Branching and Blending Phenomena in the Pottery Decoration During the Dispersal of the Early Neolithic Across Western Europe, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, p. 252-264.

PARDO-GORDÓ S., GARCIA PUCHOL O., BERNABEU AUBAN J., DIEZ CASTILLO A. (2019b) – Timing the Mesolithic-Neolithic Transition in the Iberian Peninsula: The Radiocarbon Dataset, *Journal of Open Archaeology data*, 7, p. 4.

PARDO-GORDÓ S., GARCÍA PUCHOL O., BERNABEU AUBÁN J., DIEZ CASTILLO A., MOLINA BALAGUER L., OROZCO KÖHLER T., CORTELL-NICOLAU A., ESCRIBÁ RUIZ P., JIMÉNEZ PUERTO J. R. (2020) – *Una base de datos radiométrica para el análisis de las dinámicas socioecológicas de los últimos recolectores y las primeras sociedades agropecuarias de la península Ibérica*, Valencia, Dextra editorial, 16 p.

PASSERI L. (1970) – Ritrovamenti preistorici nei Pozzi della Piana (Umbria), *Rivista di Scienze preistoriche*, 25, 1, p. 225-251.

PECHE QUILICHINI K., PISKORZ M., TRAMONI P., VIDAL L. (2017) – *Corse, Haute-Corse, Aleria. Hameau de la Gare. Lindinacciu*, Nîmes, INRAP Mediterranée, 84 p.

PEDROTTI A. (1998) – Il gruppo Gaban e le manifestazioni d'arte del primo Neolitico, *in* A. Pessina et G. Muscio (dir.), *Settemila anni fa, il primo pane: ambianti e culture della società neolitiche*, Udine, Museo Friulano di Storia Naturale, p. 125-132.

PERESANI M., BERTOLA S., DE STEFANI M., DI ANASTASIO G. (2000) – Bus de La Lum and the Epigravettian Occupation of the Venetian Pre-Alps During the Younger Dryas, *Rivista di Scienze preistoriche*, 50, p. 103-132.

PERIĆ S. (1996) – Kult-Rhytone der neolithischen Viehzüchter der Balkanhalbinsel, *Starinar*, 47, p. 21-66.

PERLÈS C. (1987) – *Les industries lithiques taillées de la grotte de Franchthi (Grèce), t.1 : présentation générale et industries paléolithiques*, Bloomington-Indianapolis, Indiana University Press, 362 p.

PERLÈS C. (1990) – *Les industries lithiques taillées de la grotte de Franchthi (Grèce), t.2 : les industries du Mésolithique et du Néolithique initial*, Bloomington-Indianapolis, Indiana University Press, 285 p.

PERLÈS C. (2001) – *The Early Neolithic in Greece*, Cambridge, Cambridge University Press (Cambridge World Archaeology), 356 p.

PERLÈS C. (2012) – Le statut des échanges au Néolithique, *in* M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 539-546.

PERLÈS C. (2021) – Continuity in Ornament Traditions: What Details Can Tell Us. Perforated Shells from the Mesolithic-Neolithic Transition at Franchthi (Greece), *in* H. V. Mattson (dir.), *Personal Adornment and the Construction of Identity. A Global Archaeological Perspective*, Oxford, Oxbow Books, p. 25-40.

PERLÈS C., QUILES A., VALLADAS H. (2013) – Early Seventh-Millennium AMS Dates from Domestic Seeds in the Initial Neolithic at Franchthi Cave (Argolid, Greece), *Antiquity*, 87, p. 1001-1015.

PERRIN T. (2001) – *Evolution du silex taillé dans le Néolithique haut-rhodanien autour de la stratigraphie du Gardon (Ambérieu-en-Bugey, Ain)*, Lille, Presses du Septentrion, 992 p.

PERRIN T. (2004) – Les processus de néolithisation en Italie septentrionale, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 101, 4, p. 887-891.

PERRIN T. (2013) – Potentialités de contacts entre mésolithiques et néolithiques dans le sud de la France, *in* T. Perrin, C. Manen, G. Marchand, P. Allard, D. Binder et M. Illett (dir.), *Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire, session H Autour du Néolithique*, actes du 27e Congrès préhistorique de France (Bordeaux-Les Eyzies, 31 mai-5 juin 2010), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 27, 1), p. 357-372.

PERRIN T. (2016) – Le délicat séquençage du Chasséen méridional, *in* T. Perrin, P. Chambon, J. F. Gibaja Bao et G. Goude (dir.), *Le Chasséen, des Chasséens. Retour sur une culture nationale et ses parallèles, Sepulcres de fossa, Cortaillod, Lagozza*, actes du colloque international (Paris, 18-20 novembre 2014), Toulouse Archives d'écologie préhistorique, p. 437-456.

PERRIN T., BINDER D. (2014) – Le Mésolithique à trapèzes et la néolithisation de l'Europe sud-occidentale, *in* C. Manen, T. Perrin et J. Guilaine (dir.), *La transition néolithique en Méditerranée*, actes du colloque international (Toulouse, 14-15 avril 2011), Paris, Errance et Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 271-282.

PERRIN T., DACHY T., GUERET C., LUBELL D., CHAID SAOUDI Y., GREEN W. (2020) – Pressure Knapping and the Timing of Innovation: New Chrono-Cultural Data on Prehistoric Groups of the Early Holocene in the Maghreb, Northwest Africa, *Radiocarbon*, 62, 2, p. 1-51.

PERRIN T., DEFRANOULD E. (2016) – The Montclus Rock Shelter (Gard) and the Continuity Hypothesis Between 1st and 2nd Mesolithic in Southern France, *Quaternary International*, 423, p. 230-241.

PERRIN T., MANEN C. (2021) – Potential Interactions Between Mesolithic Hunter-Gatherers and Neolithic Farmers in the Western Mediterranean: The Geochronological Data Revisited, *PLoS ONE*, 16, 3, e0246964.

PERRIN T., MANEN C., VALDEYRON N., GUILAINE J. (2018) – Beyond the Sea... The Neolithic Transition in the Southwest of France, *Quaternary International*, 470, p. 318-332.

PESSINA A. (1991) – Nuovi dati sull'insediamento neolitico di Paterno, in : Il Fucino e le aree limitrofe nell'antichità, *in* U. Irti (dir.), *Il Fucino e le aree limitrofe nell'antichità, Atti del Convegno di Archeologia*, actes du colloque (Avezzano, 10-11 novembre 1989), Rome, Lithoprint De Cristofaro, p. 11-133.

PESSINA A. (1998a) – *Il sito Neolitico di Fiorano Modenese e la comparsa delle prime comunità agricole in Italia settentrionale*, thèse de doctorat, università di Pisa, 319 p.

PESSINA A. (1998b) – Aspetti culturali e problematiche del primo Neolitico dell'Italia settentrionale, *in* A. Pessina et G. Muscio (dir.), *Settemila anni fa, il primo pane: ambianti e culture della società neolitiche*, Udine, Museo Friulano di Storia Naturale, p. 95-106.

PESSINA A., CAIRONI T., MORANDI N., NATALI E., ROTTOLI M. (2016) – Primi risultati dalle nuove ricerche nel villagio di Ripoli, *in* U. Irti (dir.), *Il Fucino e le aree limitrofe nell'antichità. Archeologia e rinascita culturale dopo il sisma del 1915. Atti del IV Convegno di Archeologia*, actes du colloque (Avezzano, 22-23 mai 2015), Avezzano, Archeoclub d'Italia, sezione della Marsica, p. 147-170.

PESSINA A., RADI G. (2002) – L'aspetto di Fossacesia e il Neolitico recente dell'Italia centroadriatica, *in* A. Ferrari et P. Visentini (dir.), *Il declino del mondo neolitico. Ricerche in Italia centro-settentrionale fra aspetti peninsulari, occidentali e nord-alpini. atti del Convegno, Pordenone, aprile 2001*, Pordenone, Museo delle Scienze, p. 139-255.

PÉTREQUIN P., CASSEN S., ERRERA M., KLASSEN L., SHERIDAN A., PÉTREQUIN A.M. (2012) – *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e et IV^e millénaires av. J.-C.*, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain, 1524 p.

PEYROTEO STJERNA R. (2021) – Chronology of the Burial Activity of the Last Hunter-Gatherers in the Southwestern Iberian Peninsula, Portugal, *Radiocarbon*, 63, 1, p. 265-299.

PIGATI J. S., RECH J. A., NEKOLA J. C. (2010) – Radiocarbon Dating of Small Terrestrial Gastropod Shells in North America *Quaternary Geochronology*, 5, p. 519-532.

PIGNOCCHI G., SILVESTRINI M. (2002) – Ripabianca d Monterado, *in* M.A. Fugazzola Delpino, A. Pessina et V. Tiné (dir.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 469-478.

PODRUG E., McCLURE S. B., PERHOČ Z., KAČAR S., REED J. (2018) – Rašinovac Near Ždrapanj (Northern Dalmatia): an Early Neolithic Site, *Archeologia Adriatica*, 12, p. 47-97.

PORČIĆ M., BLAGOJEVIĆ T., PENDIĆ J., STEFANOVIĆ S. (2020a) – The Timing and Tempo of the Neolithic Expansion Across the Central Balkans in the Light of the New Radiocarbon Evidence, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33, p. 102528.

PORČIĆ M., BLAGOJEVIĆ T., PENDIĆ J., STEFANOVIĆ S. (2020b) – The Neolithic Demographic Transition in the Central Balkans: Population Dynamics Reconstruction Based on New Radiocarbon Evidence, *Philosophical Transactions Royal Society B*, 376, p. 20190712.

PORČIĆ M., BLAGOJEVIĆ T., STEFANOVIĆ S. (2016) – Demography of the Early Neolithic Population in Central Balkans: Population Dynamics Reconstruction Using Summed Radiocarbon Probability Distributions, *PLoS ONE*, 11, 8, p. e0160832.

PRENDI F. (1976) – Neoliti dhe eneoliti në Shqipëri // Le néolithique et l'énéolithique en Albanie, *Iliria*, 6, p. 21-99.

QUARTA G., ROMANIELLO L., D'ELIA M., MASTRONUZZI G., CALCAGNILE L. (2007) – Radiocarbon Age Anomalies in Pre- and Post-Bomb Land Snails from the Coastal Mediterranean basin, *Radiocarbon*, 49, p. 817-826.

RACIMO F., WOODBRIDGE J., FYFE R. M., SIKORA M., SJÖGRENC K.-G., KRISTIANSEN K., VANDER LINDEN M. R. (2020) – The Spatiotemporal Spread of Human Migrations During the European Holocene, *PNAS*, 117, 16, p. 8989-9000.

RADI G. (2002) – Colle Santo Stefano, *in* M.A. Fugazzola Delpino, A. Pessina et V. Tiné (dir.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 509-524.

RADI G. (2010) – Les séquences de la céramique imprimée en Italie, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder et I. Sénépart (dir.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structure des productions céramiques*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 133-147.

RADI G., TOZZI C. (2009) – La ceramica impressa e la cultura di Catignano in Abruzzo, *in* Collectif (dir.), *De Méditerranée et d'ailleurs... Mélanges offerts à Jean Guilaine*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 601-611.

RADINA F. (1981) – Le Macchie: lo scavo e i materiali, *in* Collectif (dir.), *Atti del 3° convegno sulla Preistoria - Protostoria - Storia della Daunia*, San Severo, Biblioteca comunale A. Minuziano et Archeoclub d'Italia, p. 113-122.

RADMILLI A. M. (1974) – *Popoli e civiltà dell'Italia antica, 1*, Rome, Biblioteca di Storia Patria, 536 p.

RAGEOT M., LEPÈRE C., HENRY A., BINDER D., DAVTIAN G., FILIPPI J.-J., FERNANDEZ X., GUILAINE J., JALLET F., RADI G., THIRAULT É., TERRADAS X., REGERT M. (2021) – Management Systems of Adhesive Materials Throughout the Neolithic in the North-West Mediterranean, *Journal of Archaeological Science*, 126, p. 105309.

RAGEOT M., THÉRY-PARISOT I., BEYRIES S., LEPÈRE C., CARRÉ A., MAZUY A., FILIPPI J.-J., FERNANDEZ X., BINDER D., REGERT M. (2018) – Birch Bark Tar Production: Experimental and Biomolecular Approaches of a Common and Widely Used Prehistoric Adhesive, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 26 p. 276-312.

RAK O. (2011) – *The Rhyton from Danilo. Structure and Symbolism of a Middle Neolithic Cult-Vessel*, Oxford, Oxbow Books, 212 p.

RASSE M. (2008) – La diffusion spatiale du Néolithique en Europe et sa représentation cartographique, *M@ppemonde*, 90, 2, http://mappemonde-archive.mgm.fr/num18/articles/art08205.html.

REIMER P. J., AUSTIN W., BARD E., BAYLISS A., BLACKWELL P. G., BRONK RAMSEY C., BUTZIN M., CHENG H., EDWARDS R. L., FRIEDRICH M., GROOTES P. M., GUILDERSON T. P., HAJDAS I., HEATON T. J., HOGG A. G., HUGHEN K. A., KROMER B., MANNING S. W., MUSCHELER R., PALMER J. G., PEARSON C., VAN DER PLICHT J., REIMER R., RICHARDS D. A., SCOTT E. M., SOUTHON J. R., TURNEY C. S. M., WACKER L., ADOLPHI F., BÜNTGEN U., CAPANO M., FAHRNI S., FOGTMANN-SCHULZ A., FRIEDRICH R., MIYAKE F., OLSEN J., REINIG F., SAKAMOTO M., SOOKDEO A., TALAMO S. (2020) - The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 kcal BP), *Radiocarbon*, 62, 4, p. 725-757.

REIMER P. J., BARD E., BAYLISS A., BECK J. W., BLACKWELL P. G., BRONK RAMSEY C., BUCK C. E., CHENG H., EDWARDS R. L., FRIEDRICH M., GROOTES P. M., GUILDERSON T. P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T. J., HOFFMANN D. L., HOGG A. G., HUGHEN K. A., KAISER K. F., KROMER B., MANNING S. W., NIU M., REIMER R. W., RICHARDS D. A., SCOTT E. M., SOUTHON J. R., STAFF R. A., TURNEY C. S. M., VAN DER PLICHT J. (2013) – IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years Cal BP, *Radiocarbon*, 55, 4, p. 1869-1887.

REIMER P. J., McCORMAC F. G. (2002) – Marine Radiocarbon Reservoir Corrections for the Mediterranean and Aegean Seas, *Radiocarbon*, 44,1, p. 159-166.

REINGRUBER A. (2008) – *Die Argissa Magula: das frühe und das beginnende Neolithikum im Lichte transägäischer Beziehungen. Die deutschen Ausgrabungen auf der Argissa Magula II*, Bonn, Habelt (Beiträge zur ur- und frühgeschichtlichen Archäologie des Mittelmeer-Kulturraumes, 35), 752 p.

REINGRUBER A. (2011) – Rethinking the "Preceramic Period" in Greece 50 Years After Its Definition, *in* R. Krauß (dir.), *Beginnings – New Research in the Appearance of the Neolithic between Northwest Anatolia and the Carpathian Basin*, actes du colloque international (Istanbul, 8-9 avril 2009), Rahden, Marie Leidorf (Menschen-Kulturen-Traditionen, 1), p. 127-139.

REINGRUBER A. (2015) – Preceramic, Aceramic or Early Ceramic? The Radiocarbon Dated Beginning of the Neolithic in the Aegean, *Documenta Praehistorica*, 42, p. 147-158.

REINGRUBER A. (2017) – The Transition from the Mesolithic to the Neolithic in a Circum-Aegean Perspective: Concepts and Narratives, *in* A. Sarris, E. Kalogiropoulou, T. Kalayci et L. Kalimari (dir.), *Communities, Landscapes, and Interaction in Neolithic Greece*, actes du colloque international (Rethymno, 29-30 mai 2015), Ann Arbor, International Monographs in Prehistory (International Monographs on Prehistory, Archaeological Series, 20), p. 8-26.

REINGRUBER A. (2018) – Geographical Mobility and Social Motility in the Aegean Before and After 6600 BC, *Praehistorische Zeitschrift*, 93, 1, p. 1-24.

REINGRUBER A., THISSEN L. (2016) – The 14SEA Project: A 14C Database for Southeast Europe and Anatolia (10,000–3000 cal BC) www.14sea.org

RIGAUD S. (2011) – *La parure : traceur de la géographie culturelle et des dynamiques de peuplement au passage Mésolithique-Néolithique en Europe,* thèse de doctorat, université de Bordeaux, 477 p.

RIGAUD S., MANEN C., GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN I. (2018) – Symbols in Motion: Flexible Cultural Boundaries and the Fast Spread of the Neolithic in the Western Mediterranean, *PLoS ONE*, 13, 5, e0196488.

RIVOLLAT M., JEONG C., SCHIFFELS S., KÜÇÜKKALIPÇI İ., PEMONGE M.-H., ROHRLACH A. B., ALT K. W., BINDER D., FRIEDERICH S., GHESQUIÈRE E., GRONENBORN D., LAPORTE L., LEFRANC P., MELLER H., RÉVEILLAS H., ROSENSTOCK E., ROTTIER S., SCARRE C., SOLER L., WAHL J., KRAUSE J., DEGUILLOUX M.-F., HAAK W. (2020) – Ancient Genome-Wide DNA from France Highlights the Complexity of Interactions Between Mesolithic Hunter-Gatherers and Neolithic Farmers, *Science advances*, 6, eaaz5344.

ROSENBERG D. (2008) – Serving Meals Making a Home: The PPNA Limestone Vessel Industry of the Southern Levant and Its Importance to the Neolithic Revolution, *Paléorient*, 34, 1, p. 23-32.

ROSENSTOCK E. (2019) – Dot by Dot. Phase-Mapping the Central/Western Anatolian Farming Threshold, *in* M. Brami et B. Horejs (dir.), *The Central/Western Anatolian Farming Frontier. Proceedings of the Neolithic Workshop held at 10th ICAANE in Vienna, April 2016*, Vienne, Austrian Academy of Sciences (OREA, 12), p. 103-126.

ROSENSTOCK E., ANVARI J., FRANZ I., ORTON D., OSTAPTCHUK S., STROUD E., BIEHL P. (2019) – The Transition between the East and West Mounds at Çatalhöyük around 6000 calBC. A View from the West, *in* A. Marciniak (dir.), *Concluding the Neolithic: the Near East in the Second Half of the Seventh Millennium*, Atlanta, Lockwood Press, p. 163-192.

ROSINI M., SILVESTRINI M. (2006) – La produzione fittile del sito di Ripabianca di Monterado (Ancona): gli elementi di influenza settentrionale, *in* B. Bagolini, A. Pessina et P. Visentini (dir.), *Preistoria dell'Italia settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini*, actes du colloque international (Udine, 23-24 septembre 2005), Udine, Museo Friulano di Storia Naturale (Publicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale, 53), p. 473-480.

ROUDIL J.L., VAN WILLIGEN S. (2002) – La céramique du Néolithique ancien de la baume d'Oullins (Le Garn, Gard), *Ardèche archéologie*, 19, p. 6-26.

ROWLEY-CONWY P., GOURICHON L., HELMER D., VIGNE J.D. (2013) – Early Domestic Animals in Italy, Istria, the Tyrrhenian Islands and Southern France, *in* S. Colledge, J. Conolly, K. Dobney, K. Manning et S. Shennan (dir.), *The Origin of Spread of Domestic Animals in Southwest Asia and Europe*, Walnut Creek, California, Left Coast Press (Publications of the Institute of Archaeology, UCL, 59), p. 161-194.

ROZOY J.G. (1978) – *Les derniers chasseurs : l'Épipaléolithique en France et en Belgique, essai de synthèse*, Reims et Charleville, Société archéologique champenoise et Chez l'auteur, 3 vol., 1256 p.

RUZI E. (2012) – Investigating Compositional Variability among Early Neolithic Ceramics from Korça Region, Albania, *Chronika*, 3, p. 1-15

SALANOVA L. (2009) – La plus ancienne céramique bulgare (Kovacevo, Bulgarie); caractérisation technique et implications socio-culturelles, *in* L. Astruc, A. Gaulon et L. Salanova (dir.), *Méthodes d'approche des premières productions céramiques : étude de cas dans les Balkans et au Levant*, actes de la table-ronde (Nanterre, février 2006), Rahden Leidorf (Internationale Archäologie, 12), p. 21-28.

SALANOVA L. (2014) – Les premières communautés agro-pastorales de Bulgarie (VIIe-VIe millénaires av. J.-C.), des productions matérielles aux sociétés humaines, *Comptes-rendus des séances de l'Académie des inscriptions et belles-lettres*, 2014, 1, p. 421-441.

SALANOVA L. (2019) – Pottery Technology and Identity: Some Thoughts from the Balkans, *in* S. Amicone, P. S. Quinn, M. Marić, N. Mirković-Marić et M. Radivojević (dir.), *Tracing Pottery-Making Recipes in the Prehistoric Balkans 6th–4th Millennia BC*, Oxford, Archaeopress, p. 113-128.

SALAVERT A., ZAZZO A., MARTIN L., ANTOLÍN F., GAUTHIER C., THIL F., TOMBRET O., BOUBY L., MANEN C., MINEO M., MUELLER-BIENIEK A., PIQUÉ R., ROTTOLI M., ROVIRA N., TOULEMONDE F., VOSTROVSKÁ I. (2020) – Direct Dating Reveals the Early History of Opium Poppy in Western Europe, *Nature Scientific Reports*, 10, e20263.

SAMPSON A. (1998) – The Neolithic and Mesolithic Occupation of the Cave of Cyclope, Youra, Alonnessos, Greece, *The Annual of the British School at Athens*, 93, p. 1-21.

SAMPSON A. (2008) – *The Cave of the Cyclops. Mesolithic and Neolithic Networks in the Northern Aegean Basin. Volume I: Intra-Site Analysis, Local Industries, and Regional Site Distribution*, Philadelphia, INSTAP Academic Press, 488 p.

SAMPSON A. (2014) – The Mesolithic of the Aegean Basin, *in* C. Manen, T. Perrin et J. Guilaine (dir.), *La transition néolithique en Méditerranée*, actes du colloque international (Toulouse, 14-15 avril 2011), Paris, Errance et Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 193-212.

SAMPSON A., KACZANOWSKA M., KOZŁOWSKI J. K. (2010) – *The Prehistory of the Island of Kythnos (Cyclades, Greece) and the Mesolithic Settlement at Maroulas*, Cracovie, Polish Academy of Arts and Sciences, 215 p.

SCHOOP U.D. (2002) – Frühneolithikum im südwestanatolischen Seengebiet? Eine kritische Betrachtung, *in* R. Aslan, S. Blum, G. Kastl, F. Schweizer et D. Thumm (dir.), *Mauerschau. Festschrift für Manfred Korfmann*, Remshalden-Grunbach, B. A. Greiner, p. 421-436.

SCHULTING R. J. (1999) – Nouvelles dates AMS à Téviec et Hoëdic (Quiberon, Morbihan). rapport préliminaire, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 96, 2, p. 203-208.

SHENNAN S. (2018) – *The First Farmers of Europe. An Evolutionary Perspective*, Cambridge, University Press, 266 p.

SIANI G., PATERNE M., MICHEL E., SULPIZIO R., SBRANA A., ARNOLD M., HADDAD G. (2001) – Mediterranean Sea Surface Radiocarbon Reservoir Age Changes Since the Last Glacial Maximum, *Science*, 294, 5548, p. 1917-1920.

SOLER DIAZ J. A., GOMEZ PEREZ O., GARCIA ATIENZAR G., ROCA DE TOGORES C. (2011) – Sobre el primer orizonte neolitico en la cova d'En Pardo (Planes, Alicante). Su evaluacion desde el registro ceramico, *in* J. Bernabeu Auban, M. A. Rojo Guerra et L. Molina Balaguer (dir.), *Las primeras producciones ceramicas: el VI milenio cal AC en la Penisula Ibérica*, Valence, Universitat de València, p. 201-212.

SORDINAS A. (1969) – Investigations of the Prehistory of Corfou During 1964-1966, *Balkan Studies*, 10, 2, p. 399-424.

SPATARO M. (1999) – La Caverna dell'Edera di Aurisina (TS): archeometria della ceramica, *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia*, 11, (1997-1998), p. 63-90.

SPATARO M. (2002) – *The First Farming Communities of the Adriatic: Pottery Production and Circulation in the Early and Middle Neolithic*, Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia, 9), 255 p.

SPATARO M. (2009a) – Cultural Diversities: The Early Neolithic in the Adriatic Region and Central Balkans. A Pottery Perspective, *in* D. Gheorghiu (dir.), *Early Farmers, Late Foragers, and Ceramic Traditions: on the Beginning of Pottery in the Near East and Europe*, Newcastle upon Tyne, Cambridge Scholars Publishing, p. 63-86.

SPATARO M. (2009b) – The First Specialised Potters of the Adriatic Region: the Markers of Neolithic Figulina Ware, *in* S. Forenbaher (dir.), *A Connecting Sea: Maritime Interaction in Adriatic Préhistory*, Oxford, Archaeopress, (BAR, International Series 2037), p. 59-72.

SPATARO M., FLETCHER A., CARTWRIGHT C. R., BAIRD D. (2017) - Boncuklu Höyük: the Earliest Ceramics on the Anatolian Plateau, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 16, p. 421-429.

SREJOVIĆ D. (1988) – *The Neolithic of Serbia: Archaeological Research 1948-1988*, Belgrade, University of Belgrade, 134 p.

TAKAOĞLU T., KORKUT T., ERDOĞU B., ISIN G. (2014) – Archaeological Evidence for 9th and 8th Millennia BC at Girmeler Cave Near Tlos in SW Turkey, *Documenta Praehistorica*, 41, p. 111-118.

TALAMO S., FEWLASS H., MARIA R., JAOUEN K. (2021) – "Here We Go Again": the Inspection of Collagen Extraction Protocols for 14C Dating and Palaeodietary Analysis, *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 7, 1, p. 62-77.

TAYLOR R. E., BAR-YOSEF O. (2014) – *Radiocarbon Dating: An Archaeological Perspective*, Walnut Creek, Left Coast Press, 404 p.

TINÉ S. (1975) – La civiltà neolitica del Tavoliere, *in* Collectif (dir.), *Civiltà preistoriche e protostoriche della Daunia, Atti del colloquio internazionale di Preistoria e protostoria della Daunia*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 99-111.

TINÉ S. (1983) – *Passo di Corvo e la civiltà neolitica del Tavoliere*, Gênes, Sagep, 202 p.

TINÉ S. (1987) – La néolithisation des pays adriatiques, *in* J. Guilaine, J. Courtin, J.-L. Roudil et J.L. Vernet (dir.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*, actes du colloque international (Montpellier, 26-29 avril 1983), Paris, CNRS, p. 351-355.

TINÉ S., BERNABÒ BREA M. (1980) – Il villaggio del Guadone di S. Severo (Foggia), *Rivista di Scienze preistoriche*, 35, 1-2, p. 45-74.

TINÉ S., ISETTI E. (1980) – Culto neolitico delle acque e recenti scavi nella Grotta Scaloria, *Bullettino di Paletnologia Italiana*, 82, p. 31-70.

TINÉ V. (2009) – *Favella. Un villagio neolitico nella Sibaritide*, Rome, Museo nazionale preistorico etnografico "L. Pigorni", 629 p.

TINÉ V., TUSA S. (2012) – Il Neolitico in Sicilia, *in* Collectif (dir.), *Dai Ciclopi agli Ecisti. Società e territorio nella Sicilia preistorica e protostorica*, Florence, Istituto Italiano di preistoria e Protostoria, p. 25-56.

TISNÉRAT-LABORDE N., VALLADAS H., KALTNECKER E., ARNOLD M. (2003) – AMS Radiocarbon Dating of Bones at LSCE, *Radiocarbon*, 45, 3, p. 409-419.

TOZZI C. (1995) – Prospezioni sistematiche in un ecosistema montano: la valle del Serchio e l'Appennino tosco-emiliano, *in* Collectif (dir.), *Miscellanea in memoria di Giuliano Cremonesi*, Pise, ETS, p. 93-128.

TOZZI C., FIORAVANTI S., NOTINI P. (2020) – Il Neolitico e l'origine dell'agricoltura in Garfagnana, *in* Collectif (dir.), *La Civiltà contadina in Garfagnana attraverso i secoli*, actes du colloque (Castenuovo di Garfagnana, 14-15 septembre 2019), Modène, Aedes Muratoriana, p. 575-594.

TRAMONI P., D'ANNA A. (2016) – Le Néolithique moyen de la Corse revisité : nouvelles données, nouvelles perceptions, *in* T. Perrin, P. Chambon, J. F. Gibaja Bao et G. Goude (dir.), *Le Chasséen, des Chasséens. Retour sur une culture nationale et ses parallèles, Sepulcres de fossa, Cortaillod, Lagozza*, actes du colloque international (Paris, 18-20 novembre 2014), Toulouse Archives d'écologie préhistorique, p. 59-72.

TRANTALIDOU K. (2014) – L'exploitation des ressources animales pendant le 9e millénaire en Egée et le statut ambigu des suidés, *in* C. Manen, T. Perrin et J. Guilaine (dir.), *La transition néolithique en Méditerranée*, actes du colloque international (Toulouse, 14-15 avril 2011), Paris, Errance et Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 141-164.

TYKOT R. H. (2014) – Obsidian Use and Trade in the Adriatic, *in* P. Visentini et E. Podrug (dir.), *Adriatico senza confini. Via di comunicazione e crocevia di popoli nel 6000 a.C.*, Udine, Museo Friulano di Storia Naturale, p. 171-225.

UREM-KOTSOU D., DIMOULA A., ELEZI G., PAPADAKOU T., PAPAIOANNOU A., SARIDAKI N., SIAMIDOU I., SILVA T., TZEMOPOULOU E., KOTSAKIS K. (2017) – Patterns in Contemporaneous Ceramic Traditions: Interregional Relations between Thessaly and Macedonia during the Early and Middle Neolithic, *in* A. Sarris, E. Kalogiropoulou, T. Kalayci et L. Kalimari (dir.), *Communities, Landscapes, and Interaction in Neolithic Greece*, actes du colloque international (Rethymno, 29-30 mai 2015), Ann Arbor, International Monographs in Prehistory (International Monographs on Prehistory, Archaeological Series, 20), p. 324-338.

USAI L. (2002) – Su Stangioni, *in* M.A. Fugazzola Delpino, A. Pessina et V. Tiné (dir.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 445-454.

VALDEYRON N., MANEN C., BOSC-ZANARDO B. (2013) – Mésolithique récent/final et néolithisation du sud-ouest de la France : vers de nouvelles perspectives ?, *in* T. Perrin, C. Manen, G. Marchand, P. Allard, D. Binder et M. Illett (dir.), *Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire, session H Autour du Néolithique,* actes du 27e Congrès préhistorique de France (Bordeaux-Les Eyzies, 31 mai-5 juin 2010), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 27, 1), p. 373-390.

VAN DE LOOSDRECHT M. S., MANNINO M. A., TALAMO S., VILLALBA-MOUCO V., POSTH C., ARON F., BRANDT G., BURRI M., FREUND C., RADZEVICIUTE R., STAHL R., WISSGOTT A., KLAUSNITZER L., NAGEL S., MEYER M., TAGLIACOZZO A., PIPERNO M., TUSA S., COLLINA C., SCHIMMENTI V., DI SALVO R., PRÜFER K., HUBLIN J.-J., SCHIFFELS S., JEONG C., HAAK W., KRAUSE J. (2020) – Genomic and Dietary Transitions During the Mesolithic and Early Neolithic in Sicily, *bioRxiv preprints*,[DOI : 10.1101/2020.03.11.986158].

VANDER LINDEN M. R., SILVA F. (2018) – Comparing and Modeling the Spread of Early Farming Across Europe, *PAGES magazine*, 26, 1, p. 28-29.

VAN STRYDONCK M. J. Y., NELSON D. E., CROMBÉ P., BRONK RAMSEY C., SCOTT E. M., VAN DER

PLICHT J. (1999) – Rapport du groupe de travail sur les limites de méthode du carbone 14 appliquée à l'archéologie. What's in a 14C date, *in* J. Évin, C. Oberlin, J.-P. Daugas et J.F. Salles (dir.), *^{14}C et archéologie // ^{14}C and Archaeology*, actes du 3^{e} colloque international (Lyon, 6-10 avril 1998), Paris, Société préhistorique française (Mémoires de la société préhistorique française, 26 et Revue d'Archéométrie, supplément 1999), p. 433-440.

VAREILLES A. DE, BOUBY L., JESUS A., MARTIN L., ROTTOLI M., VANDER LINDEN M. R., ANTOLIN I TUTUSAUS F. (2020) – One Sea But Many Routes to Sail. The Early Maritime Dispersal of Neolithic Crops from the Aegean to the Western Mediterranean, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, p. 102140.

VELLA C., FLEURY T.J., RACCASI G., PROVANSAL M., SABATIER F., BOURCIER M. (2005) – Evolution of the Rhône Delta Plain in the Holocene, *Marine Geology*, 222-223, p. 235-265.

VERNET G. (2004) – Le Néolithique ancien (Épicardial) et le Néolithique moyen ancien sur le site du Brezet à Clermont-Ferrand (Massif Central, France), *in* H. Dartevelle (dir.), *Actes des 5èmes Rencontres meridionales de Préhistoire récente, 8-9 Novembre 2002, Clermont-Ferrand*, Clermont-Ferrand, Préhistoire du Sud-Ouest, p. 23-24.

VIGNE J.D. (2007) – Exploitation des animaux et néolithisation en Méditerranée occidentale, *in* J. Guilaine, C. Manen et J.D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la Néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 221-302.

VIGNE J.-D., BRIOIS F., TENGBERG M. (2017) – *Nouvelles données sur les débuts du Néolithique à Chypre*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Paris, 18-19 mars 2015), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 9), 251 p.

VITELLI K. D. (1993) – *Franchthi Neolithic Pottery. Volume 1: Classification and Ceramic Phases 1 and 2*, Bloomington and Indianapolis, Indiana University Press (Excavations at Franchthi Cave, Greece, 8), 518 p.

VUKOVIĆ J., SVILAR M. (2016) – Early Neolithic Impresso-Decoration Reconsidered: a Case Study from Pavlovac – Kovačke Njive, Southern Serbia, *Pontica*, 48-49, p. 73-98.

WATERBOLK H. T. (1987) – Working with Radiocarbon Dates in Southwestern Asia, *in* O. Aurenche, J. Évin et F. Hours (dir.), *Chronologies du Proche Orient*, Oxford, Anthony Hands and David Walker (BAR, International Series 379), p. 39-60.

WENINGER B. (1986) – High-Precision Calibration of Archaeological Radiocarbon Dates, *Acta Interdisciplinaria Archaeologica*, 4, p. 11-53.

WENINGER B. (2020) – Barcode Seriation and Concepts of Gauge Theory. The 14C-Chronology of Starčevo, LBK, and Early Vinča, *Quaternary International*, 560-561, p. 20-37.

WENINGER B., ALRAM-STERN E., BAUER E., CLARE L., DANZEGLOCKE U., JÖRIS O., KUBATZKI C., ROLLEFSON G. O., TODOROVA H., VAN ANDEL T. (2006) – Climate Forcing Due to the 8200 cal yr BP Event Observed at Early Neolithic Sites in the Eastern Mediterranean, *Quaternary Research*, 66, p. 401-420.

WENINGER B., CLARE L., GERRITSEN F., HOREJS B., KRAUSS R., LINSTÄDTER J., ÖZBAL R., ROHLING E. J. (2014) – Neolithisation of the Aegean and Southeast Europe During the 6600–6000 calBC Period of Rapid Climate Change, *Documenta Praehistorica*, 41, p. 1-31.

WENINGER B., JÖRIS O. (2004) – Glacial Radiocarbon Calibration. The CalPal Program, *in* T. F. G. Higham, C. Bronk Ramsey et C. Owen (dir.), *Radiocarbon and Archaeology. Fourth International Symposium. Oxford, 2002*, Oxford, University Press, p. 9-15.

WENINGER B., JUNG R. (2009) – Absolute Chronology of the End of the Aegean Bronze Age, *in* S. Deger-Jalkotzy et A. E. Bächle (dir.), *LH III C Late and the Transition to the Early Iron Age*, Vienne, Österreichischen Akademie der Wissenschaften, p. 373-416.

WHITEHOUSE R. D. (1968) – The Early Neolithic of Southern Italy, *Antiquity*, 42, 167, p. 188-193.

WHITEHOUSE R. D. (1987) – The First Farmers in the Adriatic and Their Position in the Neolithic of the Mediterranean, *in* J. Guilaine, J. Courtin, J.-L. Roudil et J.L. Vernet (dir.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*, actes du colloque international (Montpellier, 26-29 avril 1983), Paris, CNRS, p. 357-366.

WHITEHOUSE R. D. (2013) – The Chronology of Neolithic Ditched Settlements of the Tavoliere and the Ofanto Valley, *in* M. Pearce (dir.), *Rethinking the Italian Neolithic*, London, Accordia Research Institute (Accordia Research Papers, 13), p. 57-78.

WHITTLE A. (2018) – *The Times of Their Lives. Hunting History in the Archaeology of Neolithic Europe*, Oxford, Oxbow Books, 312 p.

WHITTLE A., BARTOSIEWICZ L., BORIĆ D., PETTITT P. B., RICHARDS M. P. (2002) – In the Beginning: New Radiocarbon Dates for the Early Neolithic in Northern Serbia and South-East Hungary, *Antaeus*, 25, p. 63-117.

WHITTLE A., BARTOSIEWICZ L., BORIĆ D., PETTITT P. B., RICHARDS M. P. (2005) – New Radiocarbon Dates for the Early Neolithic in Northern Serbia and South-East Hungary: Some Omission and Corrections, *Antaeus*, 28, p. 347-355.

WHITTLE A., HEALY F., BAYLISS A. (2011) – Gathering Time: Dating the Early Neolithic Enclosures of Southern Britain and Ireland, Oxford, Oxbow Books, 992 p.

WIJNEN M.-H. (1981) – The Early Neolithic Settlement at Sesklo: an Early Farming Community in Thessaly, Greece, *Analecta Praehistorica Leidensia*, 14, p. 1-146.

WOOD R. (2015) – From Revolution to Convention: The Past, Present and Future of Radiocarbon Dating, *Journal of Archaeological Science*, 56, p. 61-72.

ZAZZO A. (2010) – Géochimie isotopique des ossements brûlés : implications pour la reconstruction des régimes alimentaires et pour la datation par la méthode du radiocarbone, *P@lethnologie*, 2010, 2, p. 163-172.

ZEMOUR A., BINDER D., BONNARDIN S., D'OVIDIO A.M., GOUDE G., GOURICHON L., PRADEAU J.V., SORIN-MAZOUNI S., BROMBLET P., BUCHET L., COTTO K.Y., SÉNÉPART I. (2017) – Laboratory Excavation of a Neolithic Grave from Avignon - La Balance - Îlot P (France): Burial Practices and Garment Reconstruction, *Journal of Field Archaeology*, 42, 1, p. 54-68.

ZVELEBIL M. (2001) – The Agricultural Transition and the Origins of Neolithic Society in Europe, *Documenta Praehistorica*, 28, p. 1-29.

ZVELEBIL M., LILLIE M. (2000) – Transition to Agriculture in Eastern Europe, *in* T. D. Price (dir.), *Europe's First Farmers*, Cambridge, University Press, p. 57-92.

ŽIVALJEVIĆ I., DIMITRIJEVIĆ V., JOVANOVIĆ J., BLAGOJEVIĆ T., PENDIĆ J., PUTICA A., UZELAC V., BULATOVIĆ J., SPASIĆ M., JONČIĆ N., PENEZIĆ K., ANĐELIĆ D., BAJČETA M., STEFANOVIĆ S. (2021) – Revealing the "Hidden" Pannonian and Central Balkan Mesolithic: New Radiocarbon Evidence from Serbia, *Quaternary International*, 574, p. 52-67.

Didier Binder
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR 7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
didier.binder@cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0001-8232-5367

Louise Gomart
Université Paris I - Panthéon Sorbonne, CNRS, Trajectoires. De la Sédentarisation à l'État (UMR 8215)
Centre de recherche
9, rue Malher
F.-75004 Paris
Louise.Gomart@cnrs.f

Thomas Huet
Université Paul-Valéry Montpellier, CNRS, ministère de la Culture, ASM (UMR 5140)
Route de Mende
F.-34199 Montpellier cedex 5
thomashuet7@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1112-6122

Sonja Kačar
Université Toulouse Jean Jaurès, CNRS, ministère de la Culture, TRACES (UMR 5608)
5, allées Antonio-Machado
F.-31058 Toulouse cedex 9
sonja.kacar@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-8962-110X

Roberto Maggi
Università di Genova, Laboratorio di Archeologia e Storia Ambientale
Via Balbi, 6
I.-16126, Genova
romaggi2003@libero.it

Claire Manen
Université Toulouse Jean Jaurès, CNRS, ministère de la Culture, TRACES (UMR 5608)
5, allées Antonio-Machado
F.-31058 Toulouse cedex 9
claire.manen@uiv-tlse2.fr

Giovanna Radi
Università di Pisa, Dipartimento Civiltà e Forme del Sapere
Via dei Mille, 19
I.-56126 Pisa
giovanna.radi@unipi.it

Carlo Tozzi
Università di Pisa, Dipartimento Civiltà e Forme del Sapere
Via dei Mille, 19
I.-56126 Pisa
tozzi@arch.unipi.it

Avec la collaboration de :
Italo Maria Muntoni
Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Barletta - Andria - Trani e Foggia
Via Alberto Alvarez Valentini, 8
I.-71121 Foggia
italomaria.muntoni@beniculturali.it

Elena Natali
Via Firenze 36,
17100, Savona, Italy
elena.natali71@gmail.com

Chiara Panelli
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR 7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
chiara.panelli@gmail.com

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 125-146
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Technical frontiers and social boundaries in the Impressed Ware complex: ceramic manufacture as a proxy of Neolithisation processes in the Western Mediterranean

Louise Gomart, Didier Binder, Marzia Gabriele, Jean Guilaine, Claire Manen, Italo Maria Muntoni, Chiara Panelli, with the collaboration of Lucia Angeli, Marta Colombo, Cristina Fabbri and Elena Natali

Abstract: The series of actions carried out by the first farmers during the manufacturing of their pottery, an essential part of their economic package, can act as a powerful proxy of their spatial and temporal trajectories. This proxy is based on the demonstration in social anthropology of an unequivocal link between the *chaîne opératoire* of a ceramic and the social identity of its producer. Based on the reconstruction of pottery forming practices from seventeen sites associated with the emergence and early diffusion of Neolithic ways of life in the Western Mediterranean (Impressed Ware, *c.* 6050-5600 BCE), the present study reveals the co-occurrence of two distinct technical entities in Impressed Ware contexts: (1) one identified to the east of the Apennine Mountains, which implements a *chaîne opératoire* already observed in Balkan early agricultural contexts around 6100 BCE (pottery formed by superimposed coils); (2) the other identified to the west of the Apennines Mountains, which implements a *chaîne opératoire* that had never been identified in other archaeological contexts (pottery formed by juxtaposition of "spiralled patches"). The anthropological significance of this major technical frontier in *Impressa* contexts is assessed in the light of new Bayesian date modelling and of an array of recent economic and bio-archaeological data. Our results strongly support the coexistence of two different social networks in Impressed Ware contexts, and consequently, of two distinct groups of farmers, one of which shows filiations with the Balkan Early Neolithic, whereas the filiations of the other yet remain unknown. The clear spatial exclusion, over the long term, of these two social groups deeply questions the concept of a continuous migration path of early farmers in the Western Mediterranean.

Keywords: pottery technology, forming processes, *chaîne opératoire*, Spiralled Patchwork Technology, coiling technique, early Neolithic, Europe, early farming, social groups, interactions

Résumé : Les mécanismes et voies d'expansion du premier Néolithique de Méditerranée nord-occidentale représenté par le complexe Impresso-Cardial (ICC) demeurent encore mal compris. L'hypothèse généralement admise est celle d'une origine des premiers agro-pasteurs méditerranéens dans la zone égéenne, puis de leur avancée progressive par navigation vers la Dalmatie, les côtes italiennes, le Midi de la France, l'Espagne et le Portugal (Ammerman et Cavalli-Sforza, 1971 ; Zilhão, 2001 ; Isern *et al.*, 2017). Toutefois, la frappante diversité de la culture matérielle associée à l'ICC complique la reconnaissance de voies de migration manifestes (Binder, 2013 ; Manen, 2014 ; Binder *et al.*, 2017 ; Rigaud *et al.*, 2018 ; Mazzucco *et al.*, 2020). Dès la première phase d'expansion de ce complexe (*Impressa*), les styles céramiques montrent une telle multiplicité qu'il est souvent difficile de les ordonner et de les relier d'une aire de peuplement à l'autre (Manen, 2002 ; Binder *et al.*, 2010, Manen *et al.*, ce volume). Une première analyse technologique de quatre séries céramiques provenant de sites Impressa en Italie et en France a révélé l'existence de deux chaînes opératoires distinctes : l'une identifiée à Lucera « Ripatetta » (Pouilles) et à Ortucchio « Colle Santo Stefano » (Abruzzes), caractérisée par la technique du colombin déjà observée dans les premiers contextes agricoles balkaniques autour de 6100 BCE et l'autre identifiée à Finale Ligure « Arene Candide » (Ligurie) et à Castellar « abri Pendimoun » (Alpes-Maritimes), définie par la juxtaposition de « patches spiralés », une technique qui n'avait jamais été identifiée auparavant et que nous avons nommée "Spiralled Patchwork Technology", abrégé SPT (Gomart *et al.*, 2017).

Le présent article élargit considérablement ce corpus initial *via* l'analyse de treize assemblages céramiques *Impressa* supplémentaires provenant de sites localisés dans les Pouilles, en Calabre, en Ligurie, en Sicile et en Languedoc. Leur analyse technologique révèle que les deux schémas opératoires initialement identifiés ne constituent pas des phénomènes localisés. Ils font au contraire partie intégrante de l'*Impressa*, s'étendant sur des zones géographiques beaucoup plus larges que celles que nous avions envisagées : des Pouilles aux Abruzzes, c'est-à-dire à l'est des Apennins, tous les sites *Impressa* étudiés, quelle que soit leur attribution chronologique, sont caractérisés par la technique du colombin, tandis que de la Calabre à la Ligurie, puis au sud de la France, c'est-à-dire à l'ouest de la chaîne des Apennins, tous les sites *Impressa* étudiés, quelle que soit leur attribution chronologique, sont caractérisés par la technique SPT.
Cette répartition spatiale pourrait s'expliquer par trois mécanismes, que cet article se propose de discuter : premièrement, un processus d'innovation s'opérant dans un contexte social spécifique lié à la diffusion des modes de vie néolithiques ; deuxièmement, une adaptation des savoir-faire techniques à de nouvelles conditions environnementales sur les voies de Néolithisation ; et enfin, la coexistence de communautés de pratique distinctes, et donc de deux groupes d'agropasteurs en contexte ICC.
Dans la mesure où les deux entités techniques identifiées coexistent respectivement à l'est et à l'ouest de la péninsule italienne dès *ca* 5900 BCE, il n'est pas possible d'envisager leur succession dans le temps au cours de l'*Impressa*. Ces deux entités techniques occupaient le sud de l'Italie lors de l'émergence de l'*Impressa* et leur répartition spatiale est-ouest a perduré sur le très long terme, tout au long du développement de l'*Impressa*. Dans le cas d'un scénario d'innovation, les porteurs de la tradition du colombin, la tradition la plus fréquemment documentée dans les contextes du Néolithique ancien européen, auraient été à l'origine de la technique SPT. Cependant, une innovation, c'est-à-dire l'adoption d'une invention individuelle à l'échelle d'un groupe, constitue un processus long et graduel au sein d'une communauté. Celui-ci se traduit dans les contextes archéologiques par l'apparition d'assemblages caractérisés par une diversité de techniques et de savoir-faire jusqu'à l'acquisition complète de la nouvelle tradition (Roux, 2010 et 2013 ; Roux et Thalmann, 2016). En l'état actuel des données, l'absence d'assemblage montrant un état intermédiaire, où la tradition du colombin et la tradition SPT coexisteraient dans des proportions significatives, rend peu probable un scénario où SPT serait le résultat d'une innovation mise en œuvre en moins d'un siècle par les porteurs de la tradition du colombin.
Cette frontière technique est-ouest pourrait également être liée à une modification des comportements techniques des porteurs de la technique du colombin à la suite de changements dans les propriétés mécaniques des géo-ressources rencontrées dans leur nouvel environnement. Alors que les assemblages céramiques *Impressa* du sud-est de l'Italie sont principalement caractérisés par des matériaux argileux fins et hautement plastiques (Muntoni, 2003 ; Laviano et Muntoni, 2006), les assemblages *Impressa* du nord-ouest de l'Italie et du sud de la France sont principalement définis par des terres grossières, très chargées en inclusions minérales (Gabriele *et al.*, ce volume). Dans ce scénario « adaptatif », la technique SPT constituerait une adaptation des porteurs de la tradition du colombin à des terres plus grossières se trouvant à l'ouest des Apennins. Pour valider cette hypothèse, il faudrait prouver qu'il n'existe pas (ou beaucoup moins) de géo-matériaux hautement plastiques à l'ouest des Apennins dans les zones choisies par les agropasteurs *Impressa*. Pourtant, des études géologiques approfondies ont montré que des matériaux hautement plastiques sont disponibles en abondance dans les aires de peuplement *Impressa* du nord-ouest de l'Italie et du sud de la France (Binder *et al.*, 2018 ; Gabriele *et al.*, 2019). Ce scénario adaptatif apparaît donc très peu probable. Ces différentes tendances observées dans les matières premières semblent plutôt refléter des choix délibérés opérés par les potiers lors de la sélection de leurs terres et aller de pair avec les différences identifiées dans le façonnage, mais aussi la morphologie et le décor des céramiques (Cassard, 2020 ; Manen *et al.*, ce volume) entre l'est et l'ouest des Apennins.
Les différences identifiées tout au long de l'*Impressa* du sud de l'Italie au sud de la France portent ainsi sur toutes les étapes de la séquence de production céramique. À cet égard, il est possible d'affirmer qu'au moins deux communautés de pratique et donc deux réseaux sociaux distincts, caractérisent le premier Néolithique du nord-ouest de la Méditerranée. Dans ce contexte, les Apennins semblent constituer une frontière à la fois physique et sociale entre les deux groupes. Cette hypothèse fait écho aux résultats de plusieurs études archéologiques et bioarchéologiques, concernant notamment la technologie et la tracéologie des industries lithiques (Guilbeau, 2010 ; Mazzucco *et al.*, 2020), l'archéozoologie (Vigne, 2007 ; Rowley-Conwy *et al.*, 2013 ; Binder *et al.*, 2020), ainsi que les analyses lipidiques des poteries (Debono Spiteri *et al.*, 2016 et 2017 ; Drieu *et al.*, 2021). Bien que les contextes étudiés d'une analyse à l'autre ne se superposent pas strictement, ces études soulignent toutes une dichotomie des assemblages archéologiques au sein de l'aire d'expansion de l'*Impressa*.
Nos résultats raisonnent également avec de récentes analyses génomiques révélant des différences significatives entre les populations de l'aire adriatique et de l'aire tyrrhénienne. Alors que les individus issus de l'aire adriatique montrent une affinité avec les groupes du Néolithique ancien d'Europe centrale, les individus de l'aire tyrrhénienne semblent présenter une plus forte composante de chasseurs-cueilleurs (Rivollat *et al.*, 2020). Si l'on se réfère à ces résultats, il reste cependant pour l'heure difficile de démontrer que la technique SPT serait une invention ou une réinterprétation de chasseurs-cueilleurs locaux car, en l'état actuel des données, aucun contexte castelnovien bien établi en Italie ou dans le sud de la France n'a livré de reste de poterie. Si les porteurs de la tradition du colombin présentent une forte continuité technique avec les premiers agriculteurs des Balkans du Sud, en lien avec le modèle prédominant d'expansion continue de l'agriculture depuis l'est, l'origine et les filiations des porteurs de la technique SPT restent néanmoins extrêmement difficiles à appréhender.
À l'instar de plusieurs études, les résultats de l'analyse des séquences de fabrication céramiques remettent donc profondément en question l'unité même de l'*Impressa* et, par là même, le concept de « *wave of advance* » du Néolithique dans le sud de l'Europe, un concept largement discuté par plusieurs auteurs (par exemple : Guilaine, 2001 ; Guilaine *et al.*, 2007 ; Guilaine, 2018 ; Binder *et al.*, 2017 et Binder, Gomart *et al.*, ce volume ; Perrin *et al.*, 2018 ; Manen *et al.*, 2019a ; Perrin et Manen, 2021). Le panorama obtenu dans le cadre de la présente étude pose les bases de futures investigations élargies à l'échelle européenne sur les trajectoires exactes et les interactions des deux groupes sociaux identifiés, ainsi que leurs rôles respectifs dans la diffusion des modes de vie néolithiques.

Mots-clés : technologie céramique, façonnage, chaîne opératoire, technique des patches spiralés, technique du colombin, Néolithique ancien, Europe, agriculture, groupes sociaux, interactions

INTRODUCTION

Current models of Neolithisation in Europe

The mechanisms of emergence of farming in Europe are the subject of an intense and long-lasting debate which involves an array of cultural, environmental and bioarchaeological studies (Guilaine, 1976 and 2018; Lichardus and Lichardus-Itten, 1985; Gronenborn, 1999; Zvelebil and Dolukhanov, 1991; Bentley *et al.*, 2002; Haak *et al.*, 2010; Banks *et al.*, 2013; Leppard, 2014; Krauß *et al.*, 2018). This critical shift in European history is thought to have occurred along two main routes: the central European path and the Mediterranean path. The central European path is mainly characterised by one cultural entity, the LPC (*Linear Pottery Culture*), that emerged in Transdanubia around 5600 BCE and reached the Paris Basin around 5100 BCE (Dubouloz, 2003; Bánffy and Oross, 2010). Cultural and bioarchaeological research into LPC contexts supports the idea of more or less continuous diffusion of Neolithic ways of life through a colonisation process originating from the Near East, as evidenced by a certain level of unity on several material remains such as house architecture (Coudart, 1998 and 2009) or pottery (Gomart *et al.*, 2020), as well as based on aDNA studies carried out on humans (Bramanti *et al.*, 2009; Haak *et al.*, 2010; Szécsényi-Nagy *et al.*, 2015) and domestic animals (Bollongino and Burger, 2007; Scheu, 2018). The mechanisms and pathways of expansion of the Impressed Ware or *Impresso-Cardial* complex (ICC), that characterises the Mediterranean path, and which are described as being arrhythmic (Guilaine, 2001 and 2018; Guilaine *et al.*, 2007; Manen and Hamon, 2018), were the subject of new investigations as part of the CIMO project. It is generally acknowledged that the first famers in the North-Western Mediterranean originated from the Aegean area and it is commonly admitted that these groups progressively advanced by seafaring towards Dalmatia, the Italian coasts, Southern France, and then the Iberian Peninsula (Ammerman and Cavalli-Sforza, 1971; Zilhão, 2001; Isern *et al.*, 2017). However, the striking diversity of material culture associated with the ICC makes it difficult to trace unequivocal migration paths (Binder, 2013; Binder *et al.*, 2017; Binder, Gomart *et al.*, this volume; Manen, 2014; Rigaud *et al.*, 2018; Mazzucco *et al.*, 2020).

Pottery manufacturing sequences as a proxy for human trajectories

The ICC is generally defined on the basis of the presence of impressed patterns on pottery, as well as an undeniable common base regarding these impressed motifs. However, from the first expansion phase of the complex (*i.e*. *Impressa* phase) on, the pottery styles exhibit such a great variety that it is difficult to order and clearly link them from one settlement area to another (Manen, 2002; Binder *et al.*, 2010; Manen *et al.*, this volume). In this context of striking stylistic diversity, the series of actions (*i.e*. the *chaîne opératoire:* Cresswell, 1976) implemented by the first farmers during the manufacturing of their pottery can act as a powerful proxy of their spatial and temporal trajectories. This proxy is based on the demonstration in social anthropology of an unequivocal link between the *chaîne opératoire* of a pottery and the social identity of its producer (*e.g*. Gosselain, 2000; Roux, 2019). Studies in cognition evidence that the technical gestures carried out during the production process of a ceramic vessel are indeed progressively incorporated during the learning process, then transformed into motor habits that the producer will have difficulty questioning or modifying (Bril, 2002; Roux 2011 and 2016). This cognitive mechanism, which systematically involves a tutor and an apprentice that are socially related, leads to the transmission from generation to generation of sequences of gestures within a geographically delimited learning network, the perimeter of which reveals the distribution zone of a community of practice (Dietler and Herbich, 1994; Gallay *et al.*, 1998; Gosselain 2000; Roux 2011 and 2016; Mayor, 2011). A community of practice therefore corresponds to a specific group, the social nature of which depends on the apprenticeship context (it may be for instance a lineage, a clan or, at a larger scale, an ethno-linguistic group: Gosselain 2000; Livingstone-Smith, 2001; Gelbert, 2003; Roux 2011 and 2016; Mayor 2011) and the trajectories of which can be followed across space and over time.

Fundamental differences in ceramic technical traditions within the *Impressa* expansion area

On the basis of this technological proxy, a first set of data from four sites attributed to the first expansion phase of the ICC, the *Impressa* phase, located in South-Eastern Italy (Lucera - Ripatetta), Central Italy (Ortucchio - Colle Santo Stefano) and in the Liguro-Provençal Arc (Castellar-Pendimoun and Finale Ligure - Arene Candide) has been recently published (Gomart *et al.*, 2017). This initial study, performed on the earliest *Impressa* occupational phases of each site, revealed the existence of two distinct *chaînes opératoires* among the four studied *Impressa* sites:

– First, among the assemblages of Lucera - Ripatetta (Cipolloni Sampò *et al.*, 1999) and Ortucchio - Colle Santo Stefano (Radi and Verola, 1999; Angeli *et al.*, 2018), all the ceramic vessels associated with the earliest *Impressa* occupational phases were formed using the coiling technique. The vessel base was formed using a coiled slab and the body was built with thin superimposed coils or thick elongated coils (Fabbri, 2006; Angeli *et al.*, 2015; Angeli and Fabbri, 2017; Colombo, 2017). These two coiling techniques (coiling by pinching and coiling by drawing, see Roux, 2019) have already been recognised in early farming contexts in the Balkans, dated to *c.* 6100 BCE (Lichardus-Itten *et al.*, 2002; Salanova *et al.*, 2010). The coiling technique consists in forming rolls using the palm of the hand and superimposing them (with

several levels of deformation) to progressively obtain a hollow volume. This method leaves well-documented macro- and microtraces on the vessels including, on the surfaces, horizontal fracture networks and horizontal undulations; in cross-section, sub-circular orientation of the pores and the inclusions in the case of non-deformed superimposed coils, oblique to vertical orientation of the pores and the inclusion in the case of elongated coils, intersected with bevel- or gutter-shaped discontinuities or breaks (Gomart *et al.*, 2017, p. 1508, fig. 5).

– Second, in sharp contrast, all the ceramic vessels associated with the first *Impressa* occupational phases of Castellar - Pendimoun (Binder *et al.*, 1993; Binder et Maggi, 2001; Binder et Sénépart, 2010; Binder, De Stefanis *et al.*, this volume) and of Finale Ligure - Arene Candide (Binder and Maggi, 2001; Panelli, 2019) were formed using the "Spiralled Patchwork Technology" (SPT), a technique that had not been previously recognised in archaeological or contemporaneous contexts. SPT implies the formation of small patches about 44 mm ± 2.3mm in diameter, each patch being produced by winding a coil in spiral. These patches are sequentially juxtaposed against a concave or convex support to form the base of the vessels, then positioned in rows to form the body of the vessels (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume). After developing a complete analytical protocol and proposing a frame of reference for this undocumented technique using notably micro-computed tomography (detailed in Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume), we could show that several specific macro- and microtraces are associated with SPT: uneven surface topography, networks of curvilinear fractures and circular convexities on the surfaces, circular organisation of the pores and inclusions, curvilinear discontinuities in the tangential plane, and circular configurations associated with long oblique discontinuities in the radial plane (Gomart *et al.*, 2017; Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume).

In summary, this initial study hinted at the presence of two distinct technical traditions within the first ICC expansion path. However, the corpus taken into account, which was founded on four sites, limited the possibilities to obtain an overview of the *Impressa* technical practices at large spatial and temporal scales. In the present work, we aim at tracing these two technical traditions at the wider macro-regional scale, bringing the total number of *Impressa* pottery assemblages analysed from a technological point of view to seventeen. Thanks to this larger corpus of sites, as well as new Bayesian date modelling (Binder *et al.*, 2017; Binder, Gomart *et al.*, this volume), we are able to trace the diffusion areas of the two *chaînes opératoires* with an unprecedented resolution throughout the *Impressa* expansion. This much broader view enables in turn comparisons with other research works carried on in ICC contexts, leading us to consider new hypotheses for the initial diffusion of the ICC in the North-Western Mediterranean.

MATERIALS AND METHODS

As part of this broader study, we analysed thirteen new assemblages from sites located in the Italian peninsula (Apulia, Calabria, Abruzzo, Tuscan Archipelago, Liguria), Sicily, Corsica and Southern France (Maritime Alps, Var, Gard), bringing the total number of *Impressa* pottery assemblages analysed from a technological point of view to seventeen (table 1). Our analytical protocol (detailed in Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume), which entails a detailed reading of the macro- and micro-traces left by the producers during the different phases of pottery forming, relies on several mechanical, experimental and ethnographical studies that could show an interdependence between specific pressure applied on plastic clay and particular configurations and traces left on the clay material before and after firing (Rye, 1981; Rice, 1987; Pierret *et al.*, 1996; Livingstone-Smith, 2001; Santacreu, 2014; Thér, 2016; Roux, 2019). These reference studies are the basis for the interpretation of the identified macro- and micro-traces in terms of technical gestures, allowing for the reconstruction of the complete pottery manufacturing *chaînes opératoires.*

Our sampling strategy varied according to the site studied (table 1). Exhaustive analyses were carried out for the assemblages of Castellar - Pendimoun, Finale Ligure - Arene Candide, Lucera - Ripatetta, Gallipoli - Torre Sabea, Ortucchio - Colle Santo Stefano, Aubord - Farigoule 2, Finale Ligure - San Sebastiano di Perti, Albenga - Arma di Nasino, as well as for the pottery assemblage currently available from the site of Serra-di-Ferro - Basi the excavation of which is still in progress. As regards the other sites of the corpus, characterised by large assemblages or by assemblages whose representativeness is not always known, we chose a sampling strategy advocated by Valentine Roux (Roux, 2019) that consists in examining and classifying, for a given context, several hundreds of sherds and to stop this process when the proportions of the different classes no longer change (named "bulk strategy" in table 1). This strategy proved to be particularly adapted in the Impressed Ware contexts in which each pottery assemblage recorded so far displays striking unity in terms of forming processes. Following these two approaches, a total of 1,606 vessels and 16,875 pottery fragments were recorded as part of this study (table 1).

RESULTS

Ceramic technical traditions in the first stages of expansion of the *Impressa* (6050-5750 BCE)

The first stages of expansion of the *Impressa* (PN3A-3B), between 6050 and 5750 BCE (Binder, Gomart *et al.*, this volume), are represented in this study by ten sites: Pulo di Molfetta - Fondo Azzollini (Muntoni, 2003), Lucera - Ripatetta (Cipolloni Sampò *et al.*, 1999;

Site	Stage	Number of pottery fragments or vessels examined	Sampling strategy	Identified forming technique	Number of identified "outliers"	Characterisation of ceramic forming processes: references
Pulo di Molfetta – Fondo Azzollini	1	2850 fragments	Bulk strategy	Coiling	-	Present study
Lucera – Ripatetta	1	519 vessels	Exhaustive analysis	Coiling	-	Colombo, 2017; Gomart *et al.*, 2017
Manfredonia – Coppa Nevigata	1	200 fragments	Bulk strategy	Coiling	-	Present study
Gallipoli – Torre Sabea	1	3629 fragments	Exhaustive analysis	Coiling	2 SPT vessels	Present study
Corigliano – Favella delle Corte	1	6342 fragments	Bulk strategy	Coiling	2 SPT vessels	Present study
Saracena – San Michele	1	300 fragments	Bulk strategy	SPT	-	Present study
Finale – Arene Candide	1	92 vessels	Exhaustive analysis	SPT	1 coiled vessel	Gomart *et al.*, 2017; Panelli, 2019
Portiragnes – Peiro Signado	1	857 fragments	Bulk strategy	SPT	-	Present study
Portiragnes – Pont de Roque-Haute	1	568 fragments	Bulk strategy	SPT	1 coiled vessel	Manen, 2007; Present study
Aubord – Farigoule 2	1	166 fragments	Exhaustive analysis	SPT	-	Manen *et al.*, 2019; present study
Ortucchio – Colle Santo Stefano	2	755 vessels	Exhaustive analysis	Coiling	2 SPT vessels	Fabbri, 2006; Angeli *et al.*, 2015; Angeli and Fabbri, 2017; Gomart *et al.*, 2017
Castellar – Pendimoun	2	211 vessels	Exhaustive analysis	SPT	1 coiled vessel	Gomart *et al.*, 2017
Serra-di-Ferro – Basi	2	57 fragments	Exhaustive analysis	SPT	-	Present study
San-Vito-lo-Capo – Uzzo cave	3	600 fragments	Bulk strategy	SPT	-	Present study
Modugno – Balsignano	3	606 fragments	Bulk strategy	Coiling	-	Present study
Giglio – Le Secche	-	700 fragments	Bulk strategy	SPT	-	Present study
Albenga – Arma di Nasino	-	29 vessels	Exhaustive analysis	SPT	-	Panelli, 2019; Present study
		Total : 1606 vessels, 16875 fragments				

Table. 1 – Pottery assemblages investigated in the present study, predominant forming technique and references of the technological analyses that were carried out.

Tabl. 1 – *Assemblages céramiques étudiés dans le cadre de la présente étude, technique de façonnage dominante et références des études technologiques conduites.*

Tozzi, 2002), Manfredonia - Coppa Nevigata (Muntoni, 1996; Cassano *et al.*, 1995; Muntoni, 2003) and Gallipoli - Torre Sabea (Guilaine and Cremonesi, 2003) in Apulia; Corigliano - Favella delle Corte (Tinè, 2009; Natali, 2014) and Saracena - San Michele (Tinè and Natali, 2004, 2005 and 2007; Natali, 2014) in Calabria; Finale Ligure - Arene Candide (Binder and Maggi, 2001; Panelli 2019) in Liguria; Portiragnes - Peiro Signado (Briois and Manen, 2003) and Pont de Roque-Haute (Guilaine *et al.*, 2007), as well as Aubord - Farigoule 2 (Manen *et al.*, 2019b) in Occitania.

During these early stages, strong differences between the selected sites can be observed in pottery technical traditions (table 1): while the coiling technique characterises the whole ceramic assemblage of Pulo di Molfetta - Fondo Azzollini, Lucera - Ripatetta (Colombo, 2017), Manfredonia - Coppa Nevigata, Gallipoli - Torre Sabea and Corigliano - Favella delle Corte (fig. 1), except for two SPT vessels identified respectively at Torre Sabea and Favella (fig. 5a and fig. 5c), the assemblages of Saracena - San Michele (fig. 3), Finale Ligure - Arene Candide (Panelli 2019), Portiragnes - Peiro Signado (fig. 4a) and Pont de Roque-Haute (fig. 4b), as well as

Fig. 1 – Macrotraces associated with the coiling technique in *Impressa* contexts; a: Pulo di Molfetta-Fondo Azzollini: sections of thin superimposed coils (O and C configuration) visible in the radial plan; b: Pulo di Molfetta-Fondo Azzollini: sections of thick elongated coils (oblique external configuration) visible in the radial plan; c: Pulo di Molfetta-Fondo Azzollini: U-shaped horizontal break visible in the equatorial plan suggesting the use of thin superimposed coils to form the vessel's body; d: Manfredonia-Coppa Nevigata: sections of slightly elongated coils (S configuration); e: Gallipoli-Torre Sabea: vessel characterised by a network of horizontal fractures suggesting the use of the coiling technique to form the body; f: Gallipoli-Torre Sabea: U-shaped horizontal break visible in the equatorial plan suggesting the use of the coiling technique to form the vessel's body.

Fig. 1 – *Macrotraces associées à la technique du colombin en contexte Impressa ; a : Pulo di Molfetta-Fondo Azzollini : sections de colombins fins superposés visibles en plan radial (configuration en O et C) ; b : Pulo di Molfetta-Fondo Azzollini : sections de colombins écrasés visibles en plan radial (configuration oblique externe) ; c : Pulo di Molfetta-Fondo Azzollini : fracture horizontale en forme de U visible en plan équatorial suggérant l'utilisation de colombins fins superposés pour le montage du vase ; d : Manfredonia-Coppa Nevigata : sections de colombins étirés (configuration en S) ; e : Gallipoli -Torre Sabea : vase présentant un réseau de fractures horizontales suggérant l'utilisation de la technique du colombin ; f : Gallipoli-Torre Sabea : cassure horizontale en forme de U visible en plan équatorial indiquant l'utilisation de la technique du colombin pour le façonnage.*

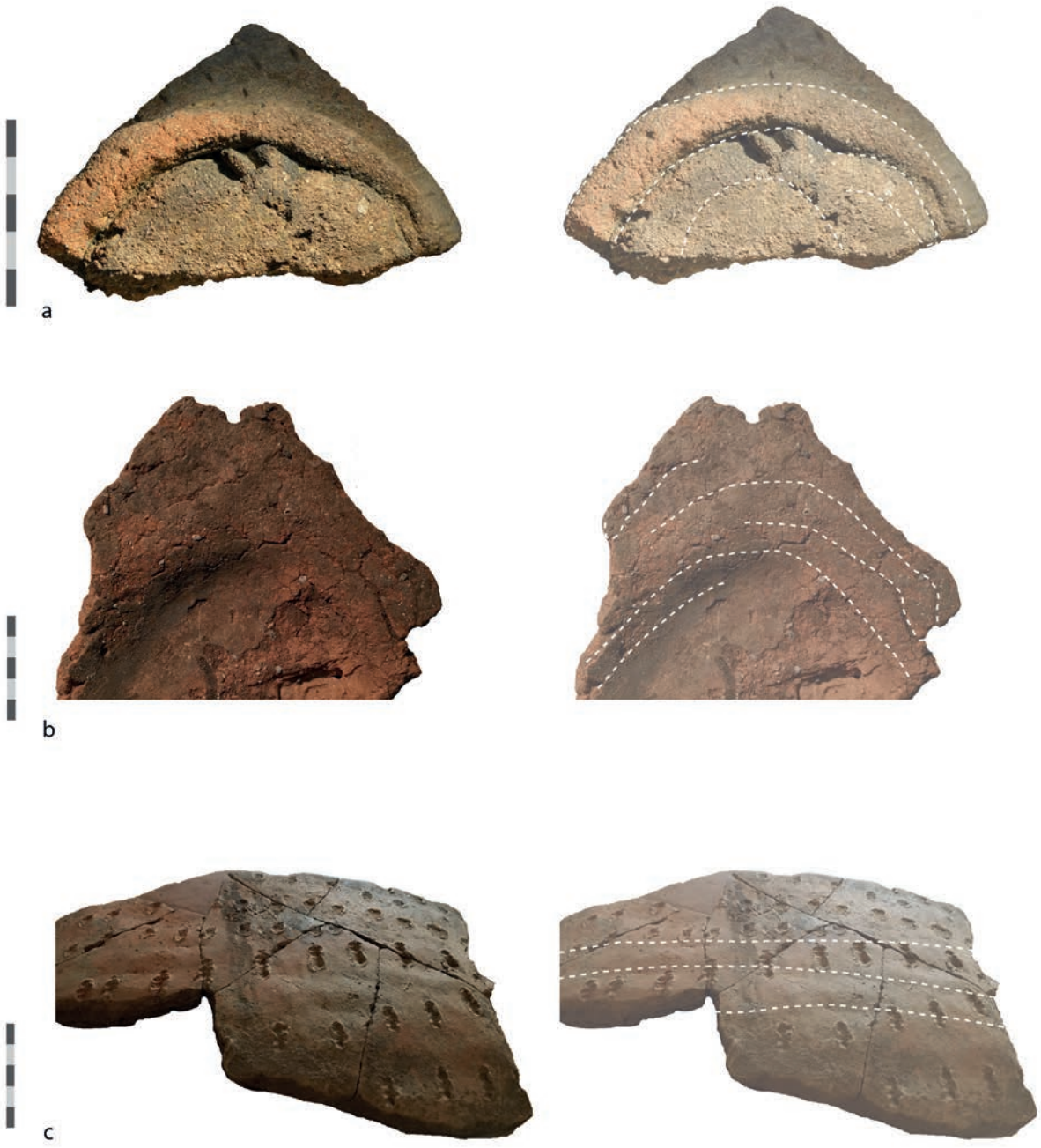


Fig. 2 – Macrotraces associated with the coiling technique in *Impressa* contexts; a: Corigliano - Favella delle Corte: outer surface of the vessel's base formed using a coiled slab and a thin coil applied at the connection between the base and the body; b: Corigliano - Favella delle Corte: inner surface of the vessel showing a network of horizontal lines suggesting the use of the coiling technique to form the body; c: Modugno - Balsignano: series of horizontal undulations visible on the vessel's external surface indicating the use of the coiling technique to form the body.

Fig. 2 – *Macrotraces associées à la technique du colombin en contexte Impressa ; a : Corigliano - Favella delle Corte : surface externe de la base façonnée à l'aide d'une plaque colombinée et d'un colombin fin appliqué à la jonction entre la base et le corps ; b : Corigliano - Favella delle Corte : surface interne du vase présentant un réseau de lignes de tension horizontales suggérant l'utilisation du colombin ; c : Modugno - Balsignano : série d›ondulations horizontales visibles sur la surface externe du vase indiquant l›utilisation de la technique du colombin.*

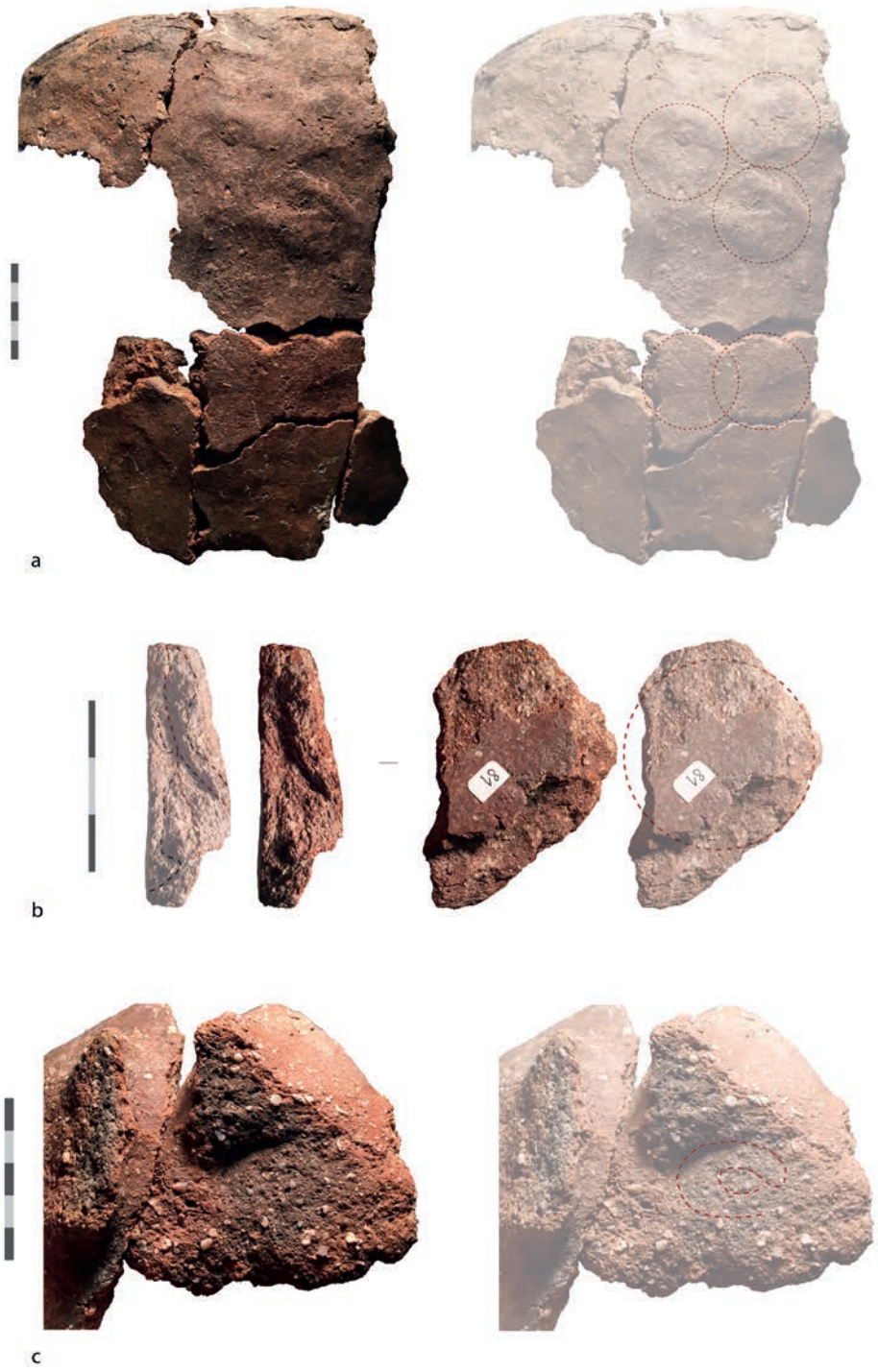


Fig. 3 – Macrotraces associated with the “Spiralled Patchwork Technology” (SPT) in the *Impressa* layers of Saracena - San Michele; a: uneven topography characteristic of the SPT operational sequence; circular convexities (red dashed circles) are associated with arched undulations and curvilinear fractures visible on the vessels’ external surface; b: sub-circular sherd showing to distinct overlapping spiralled patches visible in the radial plan (red dashed lines: discontinuity corresponding to the plan of junction between the juxtaposed patches, black dashed line: sections of the spiralled coils used to form each patch); c: arced discontinuity in the tangential plan (red dashed line) corresponding to a spiralled coil used to form a patch.

Fig. 3 – *Macrotraces associées à la « technique des patches spiralés » (SPT) dans les niveaux Impressa de la grotte de Saracena - San Michele » ; a : topographie de surface irrégulière caractéristique de la séquence de façonnage SPT ; les convexités circulaires (cercles pointillés rouges) sont associées à des ondulations arciformes et à des fractures curvilignes visibles sur la surface externe des récipients ; b : tesson subcirculaire présentant une superposition de plusieurs patches spiralés visibles en plan radial (pointillés rouges : discontinuité correspondant au plan de jonction entre les patches juxtaposées, pointillés noirs : sections des colombins utilisées pour former chaque patch) ; c : discontinuité arciforme visible en plan tangentiel (pointillés rouges) correspondant à un colombin fin enroulé afin de former un patch.*

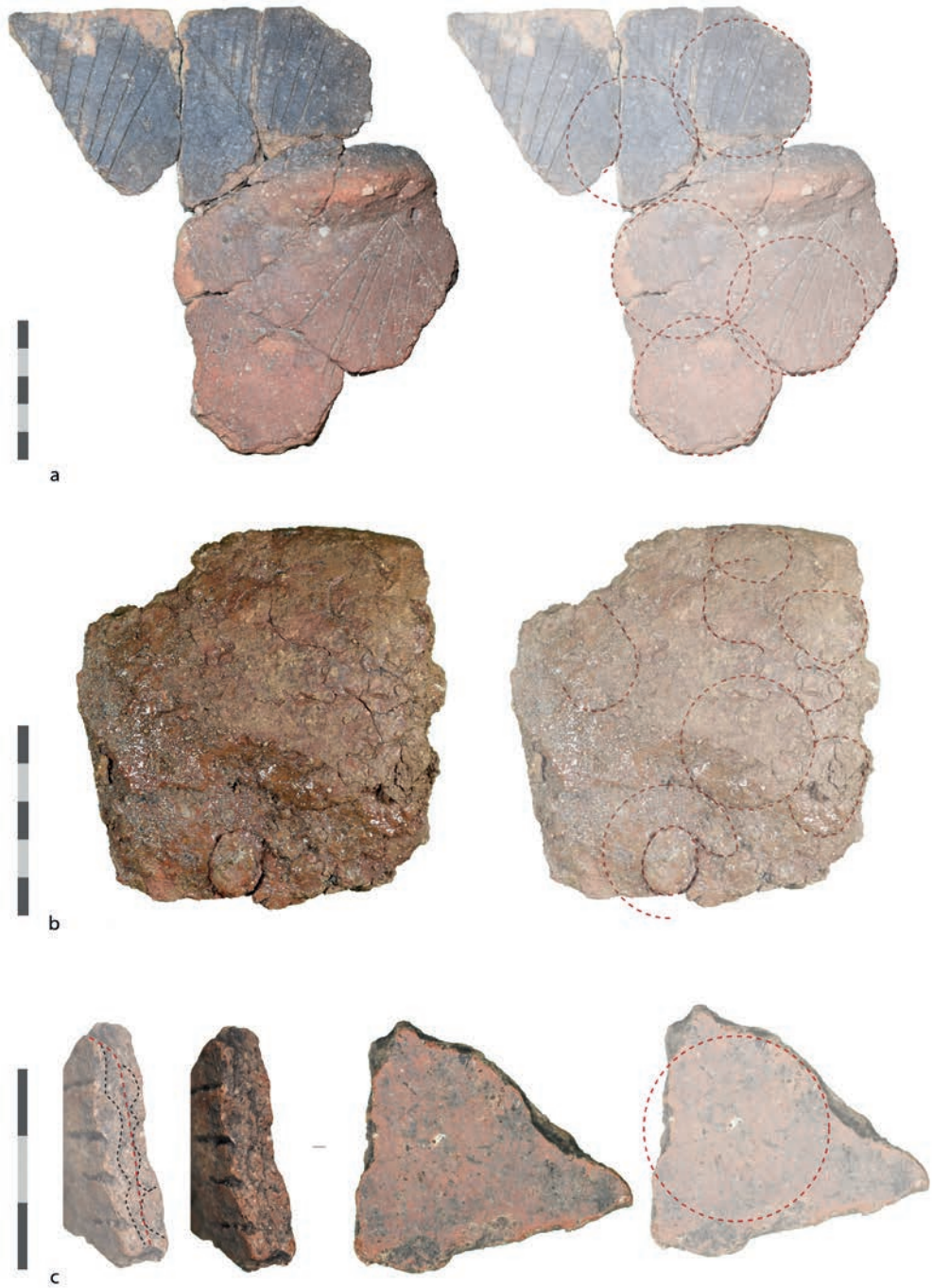


Fig. 4 – Macrotraces associated with the "Spiralled Patchwork Technology" (SPT) in *Impressa* contexts; a: Portiragnes - Peiro Signado: network of circular and curvilinear fractures (red dashed circles) indicating the use of SPT for forming the vessel's body (each dashed circle is of the same diameter, underlining the uniformity of the spiralled patches' dimensions used for vessel's forming); b: Portiragnes - Pont de Roque-Haute: series of circular and curvilinear lines of tension (red dashed lines and circle) indicating the use of SPT for forming the vessel's body; c: Portiragnes - Pont de Roque-Haute: sherd showing two overlapping spiralled patches visible in the radial plan (red dashed line: discontinuity corresponding to the plan of junction between the two juxtaposed patches, black dashed lines: sub-circular sections of the spiralled coils used to form each patch).

Fig. 4 – *Macrotraces associées à la « technique des patches spiralés » (SPT) en contexte Impressa ; a : Portiragnes - Peiro Signado : réseau de fractures circulaires et curvilignes (cercles en pointillés rouges) indiquant l'utilisation de SPT pour la façonnage des récipients (chaque cercle en pointillés présente le même diamètre, soulignant l'uniformité des dimensions des patches spiralées) ; b : Portiragnes - Pont de Roque-Haute : réseau de lignes de tension circulaires et curvilignes (lignes et cercle pointillées rouges) indiquant l'utilisation de SPT ; c : Portiragnes - Pont de Roque-Haute : tesson présentant deux patches spiralés superposés visibles en plan radial (ligne pointillée rouge : discontinuité correspondant au plan de jonction entre les deux patches juxtaposés, lignes pointillées noires : sections des colombins utilisés pour former chaque patch).*

Aubord - Farigoule 2 (Manen *et al.*, 2019b) are exclusively characterised by SPT, except for one single coiled vessel identified at Pont de Roque-Haute (Manen and Guilaine, 2007, p. 99, fig. 41, here: fig. 5d).

Ceramic technical traditions in the second stages of expansion of the *Impressa* (5750-5450 BCE)

During the following stages of the *Impressa* development (PN3C-3D), between 5750 and 5450 BCE (Binder, Gomart *et al.*, this volume), no change can be observed as regards the pottery technical traditions implemented at the already occupied sites. In the newly established sites of Modugno - Balsignano in Apulia (Muntoni, 2003), of Ortucchio - Colle Santo Stefano in Abruzzo (Radi and Verola, 1999; Angeli *et al.*, 2018), of Castellar - Pendimoun (Binder *et al.*, 1993; Binder and Maggi, 2001; Binder and Sénépart, 2010; Binder, De Stefanis *et al.*, this volume) in the Liguro-Provençal Arc, and of Serra-di-Ferro - Basi on Corsica (Bailloud, 1969; Hasler *et al.*, 2014; Perrin, 2021), the differences stated between the technical traditions related to pottery manufacturing at sites assigned

Fig. 5 – "Atypical" vessels identified in *Impressa* contexts at several sites; a: Ortucchio - Colle Santo Stefano: vessel showing circular convexities in surface suggesting the use of the "Spiralled Patchwork Technology" (SPT) to form the body; b: Corigliano - Favella delle Corte: vessel showing circular and curvilinear fractures indicating the use of SPT for forming the vessel's body; c: Gallipoli -Torre Sabea: vessel showing circular and curvilinear fractures indicating the use of SPT for forming the vessel's body; d: Portiragnes - Pont de Roque-Haute: sherd showing horizontal fractures characteristic of the coiling technique.

***Fig. 5 –** Vases « atypiques » identifiés en contexte Impressa sur plusieurs sites ; a : Ortucchio - Colle Santo Stefano » : vase présentant un réseau de convexités circulaires visibles et sensibles en surface suggérant l'utilisation de SPT ; b : Corigliano - Favella delle Corte : vase présentant des fractures circulaires et curvilignes caractéristiques de SPT ; c : Gallipoli-Torre Sabea : récipient présentant des fractures circulaires et curvilignes indiquant l'utilisation de SPT ; d : Portiragnes - Pont de Roque-Haute : tesson présentant des fractures horizontales caractéristiques de la technique du colombin.*

to the initial stages are still prevailing: while the coiling technique is almost exclusive at Modugno - Balsignano and Ortucchio - Colle Santo Stefano (see Fabbri, 2006; Angeli *et al.*, 2015; Angeli and Fabbri, 2017), with the exception of two SPT vessels (fig. 5a), SPT characterises the assemblages of Castellar - Pendimoun (Gomart *et al.*, 2017), except for one possibly coiled vessel, and of Serra-di-Ferro - Basi (fig. 4c).

Additional data stemming from sites not modelled in the *Impressa* radiocarbon sequences

In addition to the aforementioned sites which can clearly be attributed to a distinct stage of the *Impressa*, the pottery assemblages from three sites that did not provide SLS-dates securely connected to stratigraphic series and/or to stylistic phases (for a detailed demonstration, see Binder *et al.*, 2017; Binder, Gomart *et al.*, this volume) were analysed as part of this study in order to enrich the general discussion: San-Vito-lo-Capo - Uzzo cave in Sicily (Costantini *et al.*, 1987), Giglio - Le Secche in the Tuscan archipelago (Brandaglia, 1991 and 2002) and Albenga - Arma di Nasino (Biagi et Starnini, 2016; Panelli, 2019), located in Western Liguria. These three pottery assemblages are characterised by SPT (fig. 6).

Result summary: sharp synchronic differences in ceramic technical traditions within the *Impressa*

The important data corpus investigated in this study validates our initial hypothesis of two distinct technical traditions within the *Impressa*, which appear distributed on either side of a south-east/north-west axis corresponding to the Apennine range (fig. 7). Both technical traditions can be identified from the earliest phases of the *Impressa* between 6050/5900 and 5750 BCE and throughout the *Impressa* sequence, *i.e.* up to 5600 BCE. While the coiling tradition remains mostly concentrated in South-Eastern Italy, SPT spreads extremely rapidly, *i.e.* within less than two centuries, across a much wider area extending from the south-western part of the Italian Peninsula to the coasts of Southern France.

The fact that not a single mixed assemblage was identified among the seventeen sites under study (*i.e.* in which coiling and SPT would both occur in significant proportions) makes the identified technical differences all the more significant. Each analysed assemblage yielded indeed a clearly predominant technical tradition, *i.e.* coiling or SPT, and only in a few cases, one or two vessels associated with an exogeneous technical tradition could be identified. This is the case of the mainly coiled assemblages from Corigliano - Favella (for which two SPT vessels could be identified), Gallipoli - Torre Sabea (two possible SPT vessels), and Ortuchio - Colle Santo Stefano (two SPT vessels), as well as among the SPT assemblages from Castellar - Pendimoun (one vessel possibly built with superimposed coils) and Portiragnes - Pont de Roque-Haute (one coiled vessel identified; see Manen and Guilaine, 2007). While the vessels from Corigliano - Favella delle Corte, Gallipoli - Torre Sabea, Ortucchio - Colle Santo Stefano and Castellar - Pendimoun have not yet been specifically selected for targeted composition analyses to establish if they were local or exogeneous, the coiled vessels from Portiragnes - Pont de Roque-Haute was categorised as exogeneous thanks to petrographical analyses (Gabriele *et al.*, this volume). It is worth noting that for the sites examined through bulk sampling, future detailed analyses will be required to assess the exact number and the contexts of discovery of further vessels possibly associated with an exogeneous technical tradition.

DISCUSSION

Two parallel technical traditions from the beginnings of the *Impressa*

The addition of these thirteen new ceramic assemblages to the body of data which was initially acquired from four sites provides a unique overview of the ceramic technical traditions implemented at the very beginning of the Neolithisation process in the Western Mediterranean. These new results complete and anchor the hypotheses presented in Gomart *et al.* (2017), in which strong technical differences between South-Eastern Italy and the Liguro-Provençal Arc were pointed out, revealing the coexistence of two technical traditions within the *Impressa* expansion area. This new corpus made it possible to show that the two identified traditions are not local phenomena, but rather integral parts of the Impressed Ware complex, spreading across much wider geographical areas than those we originally identified: from Apulia to Abruzzo, *i.e.* east of the Apennines, all *Impressa* sites, regardless of their chronological attribution, are exclusively characterised by the coiling tradition (except rare SPT vessels at Favella, Colle Santo Stefano and Torre Sabea), while from Calabria to Liguria and Southern France, *i.e.* west of the Apennine range, all *Impressa* sites, regardless of their chronological attribution, are exclusively characterised by the Spiralled Patchwork Technology (except for two coiled vessels identified at Pont de Roque-Haute and Pendimoun respectively).

Interpreting the persisting ceramic technical frontier within the *Impressa* expansion area

Such a spatial distribution of the two technical traditions may be explained by three general mechanisms: first, a process of innovation which took place in a specific social context linked to the spread of Neolithic lifestyles; second, an adaptation of technical know-how to new environmental conditions along the Neolithisation path; and third, the coexistence of distinct communities of practice. While the limited amount of data featured in the study carried out in 2017 made it difficult to distinguish between these scenarios, the larger corpus analysed

Fig. 6 – Macrotraces associated with the “Spiralled Patchwork Technology” (SPT) among the sites non-modelled in the *Impressa* ^{14}C sequences; a: San-Vito-lo-Capo - Uzzo cave: sherd showing two overlapping circular convexities corresponding to the edges of two juxtaposed spiralled patches; b: San-Vito-lo-Capo - Uzzo cave: sub-circular sherd characteristic of SPT; c: Albenga - Arma di Nasino: sherd showing curvilinear fractures characteristic of SPT; d: Giglio - Le Secche: sherd showing a curvilinear line of tension corresponding to the centre of a spiralled patch; e: Giglio - Le Secche: sherd characterised by two overlapping spiralled patches indicating the use of SPT.

Fig. 6 – *Macrotraces associés à la « technique des patches spiralés » (SPT) parmi les sites non modélisés dans les séquences ^{14}C de l’Impressa ; a : San-Vito-lo-Capo - grotte d›Uzzo : tesson présentant deux convexités circulaires adjacentes correspondant aux bords de deux patches spiralés juxtaposés ; b : San-Vito-lo-Capo - grotte d›Uzzo : tesson subcirculaire caractéristique de SPT ; c : Albenga - Arma di Nasino : tesson présentant des fractures curvilignes caractéristiques de SPT ; d : Giglio - Le Secche : tesson présentant une ligne de tension curviligne correspondant au centre d›un patch spiralé ; e : Giglio - Le Secche : tesson caractérisé par deux patches spiralés superposés.*

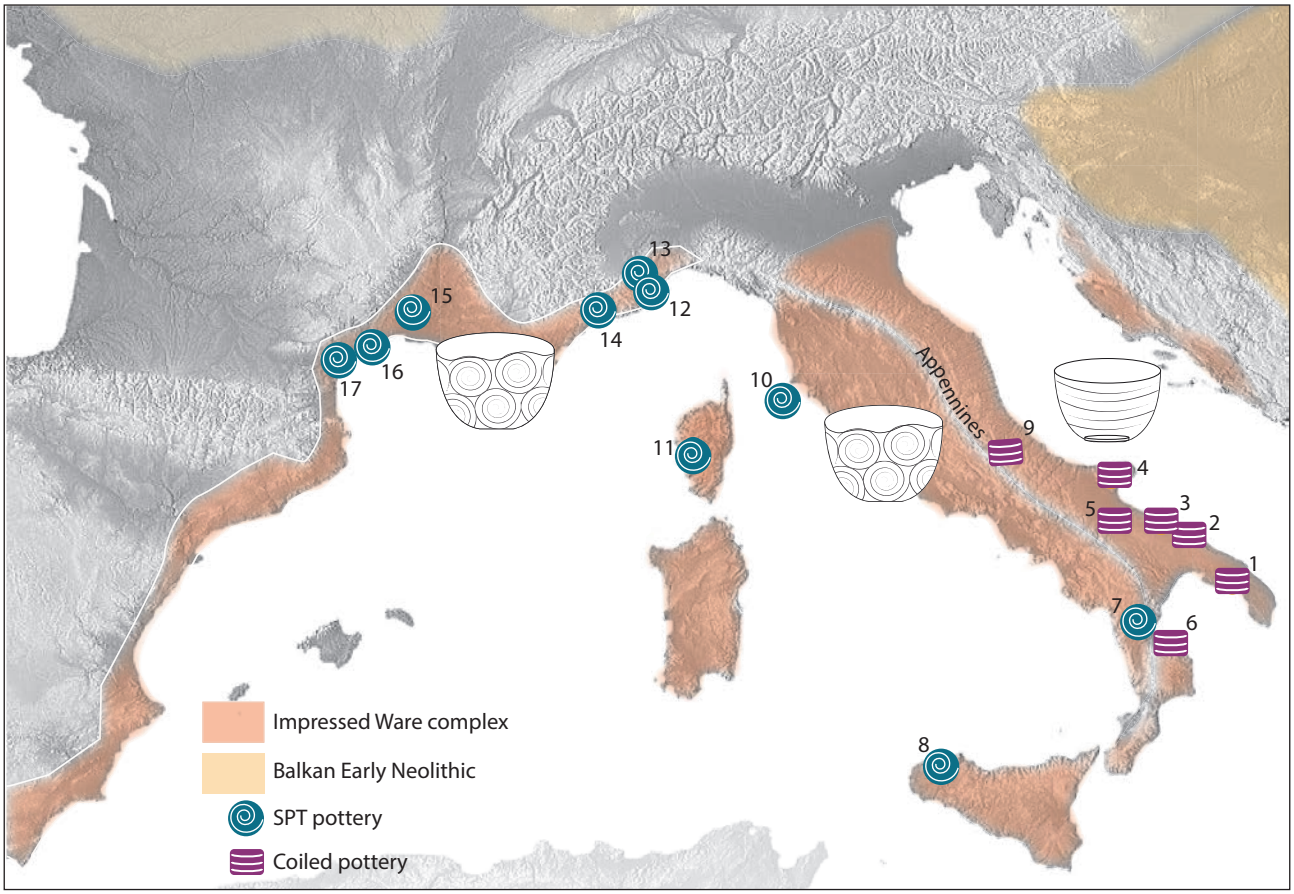


Fig. 7 – Spatial distribution of the "Spiralled Patchwork Technology" (SPT) and the coiling technique during the *Impressa* phase among the seventeen *Impressa* sites studied. 1: Gallipoli- Torre Sabea ; 2: Modugno – Balsignano ; 3: Pulo di Molfetta - Fondo Azzollini ; 4: Manfredonia - Coppa Nevigata ; 5: Lucera – Ripatetta ; 6: Corigliano - Favella delle Corte ; 7: Saracena - San Michele ; 8: San-Vito-lo-Capo - Uzzo Cave ; 9: Ortucchio - Colle Santo Stefano ; 10: Giglio - Le Secche ; 11: Serra-di-Ferro – Basi ; 12: Finale Ligure - Arene Candide ; 13: Albenga - Arma di Nasino ; 14: Castellar - Pendimoun ; 15: Aubord - Farigoule 2 ; 16: Portiragnes - Pont de Roque-Haute ; 17: Portiragnes - Peiro Signado.

Fig. 7 – *Distribution spatiale de la technique des Patches Spiralés (SPT) et de la technique du colombin au cours de l'Impressa parmi les dix-sept sites Impressa étudiés. 1 : Gallipoli - Torre Sabea ; 2 : Modugno – Balsignano ; 3 : Pulo di Molfetta - Fondo Azzollini ; 4 : Manfredonia - Coppa Nevigata ; 5 : Lucera - Ripatetta ; 6 : Corigliano - Favella delle Corte ; 7 : Saracena - San Michele ; 8 : San-Vito-lo-Capo- grotte d'Uzzo ; 9 : Ortucchio - Colle Santo Stefano ; 10 : Giglio - Le Secche ; 11 : Serra-di-Ferro- Basi ; 12 : Finale Ligure - Arene Candide ; 13 : Albenga - Arma di Nasino ; 14 : Castellar - Pendimoun ; 15 : Aubord - Farigoule 2 ; 16 : Portiragnes - Pont de Roque-Haute ; 17 : Portiragnes - Peiro Signado.*

here enables us to make strong arguments in favour of the hypothesis of a coexistence of two distinct communities of practice within the ICC.

A process of technical innovation could be a possible first explanation for the coexistence of two distinct ways of doing within the same archaeological culture. The fact that the two identified technical traditions respectively occur in the eastern and the western parts of the Italian Peninsula from the beginning of the *Impressa* diffusion path enables us to rule out the hypothesis of their temporal succession within the *Impressa* sequence, a scenario that could not entirely be ruled out in the 2017 state of data, as there was a gap of 100-150 years between the studied sites (Gomart *et al.*, 2017; Binder *et al.*, 2017). It now clearly appears that these two technical traditions were both already established from *ca* 5900 BCE in Southern Italy and that their clear east-west spatial distribution persisted over the very long term, throughout the *Impressa* expansion. As a result, in the case of the present study, the bearers of the coiling tradition, which is the most frequently documented tradition in early Neolithic contexts in Europe and which seems exclusive at the earliest site of our corpus, Pulo di Molfetta - Fondo Azzollini (PN3A), would then have been at the origin of the SPT. However, as already stressed in Gomart *et al.* (2017), innovation, *i.e.* the adoption of a new technology at the scale of a community requires numerous individual trials and errors (Roux, 2010). As a result, this is a long and gradual process at the scale of a community that is mirrored in archaeological contexts by assemblages characterised by a diversity of know-how up to the complete acquisition of the new technology (Roux, 2013). Several archaeological case studies indeed evidenced that the transitioning from a way of doing to another, which requires radical changes in the motor habits of the producers, is done through small progressive modifications

visible in the archaeological record (Kreiter *et al.*, 2017), especially when shifting from one operational scheme to a completely different one (Roux, 2013; Roux and Thalmann, 2016). Given the separate development of the two identified technical traditions from the very beginning of the *Impressa* expansion, as well as the lack of assemblage showing an intermediate state in which coiling and SPT would both occur in significant proportions, it is unlikely that SPT would be the result of an innovation implemented within less than a century by the bearers of the coiling tradition in *Impressa* contexts.

Another possible explanation for this east-west technical frontier could be a modification of the technical behaviours of the coiling tradition bearers in relation to the mechanical properties of the available geo-resources they encountered in their environment. One of the initial issues addressed by the CIMO project was based on the assumption that, in the Liguro-Provençal Arc, the choices in geomaterials significantly differ from those observed in South-Eastern Italy, particularly in terms of workability: while highly plastic and fine clay materials are mostly used among the *Impressa* pottery assemblages in South-Eastern Italy (Muntoni, 2003; Laviano and Muntoni, 2006); coarse earths are prevailing among the *Impressa* assemblages in North-Western Italy and Southern France (Gabriele, 2014). In this "adaptive" scenario, SPT would have gradually emerged as an adaptation by the bearers of the coiling tradition to coarser clay materials occurring to the west of the Apennines. In order to corroborate this hypothesis, it would be necessary to prove that there are no (or much less) highly plastic geo-materials available west of the Apennine Mountains in the settlement areas chosen by the early farmers. Nevertheless, thorough geological surveys notably carried out as part of the CIMO project (Binder *et al.*, 2018; Gabriele *et al.*, this volume) clearly evidenced that highly plastic geo-materials can be found throughout North-Western Italy and Southern France: for instance, highly plastic and fine marl soils, as well as *Terra Rossa* clay soils have been identified in the close vicinity of the Pendimoun rock shelter, but they were not used by the ceramic producers of this site who preferred the local glauconitic earths, which are also plastic and workable, but contain more mineral inclusions, as well as coarse granitoid earths from more distant sources (Gabriele, 2014; Gabriele *et al.*, this volume). It should also be pointed out that the physical constraints of clay materials have generally very limited impact when it comes to pottery forming, as documented in several ethnographical contexts (see *e.g.* Gosselain, 2002). This "adaptive" scenario therefore appears highly unlikely: rather, it seems that the different trends observed in raw materials go hand in hand with the major differences in pottery forming we identified between the eastern and the western sides of the Apennine Mountains, and that these reflect deliberate choices made by the pottery producers when selecting their clay materials. This hypothesis is reinforced by further differences detected between the eastern and the western side of the Apennine range in terms of pottery shapes and decorations (Cassard, 2020; Manen *et al.*, this volume).

The striking differences which could be identified along the *Impressa* expansion paths from Southern Italy to Southern France thus affect all stages of the pottery production sequence, *i.e.* raw material selection, forming, shapes and decoration. In this respect, we argue that at least two "communities of practice" (see Lave and Wenger, 1991; Knappett 2011, Roux 2020), and thus two distinct social networks, characterised the Early Neolithic emergences in the Western Mediterranean.

Two distinct groups of farmers involved in the Neolithisation process of the Western Mediterranean?

As early as 5900 BCE, two distinct communities of practice, and consequently two distinct social groups, coexisted within a limited area in Southern Italy (Saracena – San Michele, where SPT predominates and Corigliano – Favella delle Corte, where coiling prevails, are indeed separated by only a few kilometres) and apparently followed distinct trajectories throughout the *Impressa* sequence. In the current state of research, the group bearing the coiling tradition seems to have developed mainly in South-Eastern Italy before spreading to Central Italy, but without passing west of the Apennine Mountains during the *Impressa*. The group bearing SPT appears to have spread much farther, from the south-western part of the Italian Peninsula to – at least – Southern France. It is worth noting that recent studies carried out at sites postdating the *Impressa* expansion have revealed the use of SPT in Southern France (Caro, 2020) and in the northern part of the Iberian Peninsula (Cámara Manzaneda *et al.*, 2021) between the mid-6th millennium and the turn of the 5th-4th millennium. These observations suggest both an expansion of SPT bearers farther west and a surprising sociological continuity in these regions throughout the Early Neolithic and up to the Middle Neolithic transition.

Our hypothesis of the presence of two social groups within the *Impressa* expansion area appears consistent, beyond the pottery technology proxy, with the results of a wide range of archaeological and bioarchaeological investigations. For instance, early clay figurines and painted pottery, which are both distinctive features of the material culture associated with the Early Neolithic farmers in the Balkans, as well as long Gargano flint blades are all found in ICC contexts in South-Eastern Italy, but are absent from North-Western Italy and Southern France (Guilbeau, 2010; Radi, 2010; Binder *et al.*, 2014). Moreover, while domestic goats and pigs feature in the early agricultural economy of the Italian peninsula, they are mostly absent in the earliest settlement phases in the north-west, where SPT has been identified (Vigne, 2007; Rowley-Conwy *et al.*, 2013; Binder *et al.*, 2020). On top of these differences, JeanDenis Vigne (Vigne, 2007) observed significant morphological differentiation in sheep morphotypes in *Impressa* contexts, which the author does not link with a possible adaptation of the sheep to new environmental conditions (as this adaptation would appear gradually in the data), but with a possible differentiation of the Neolithisation routes during the ICC.

An equivalent hypothesis of cultural differences in subsistence strategies is also proposed in an extensive study carried out by Cynthianne Debono Spiteri and colleagues (Debono Spiteri *et al.*, 2016) combining lipid residues in pottery vessels and osteoarchaeological age-at-death analyses along the Mediterranean path of Neolithisation, from the Near-East to the Iberian Peninsula. The authors underline strong differences in dairying practices between the Early Neolithic of Northern Greece on the one hand (low intensive dairying), and the Near-Eastern (PPNB and PN) and North-Western Mediterranean (ICC) contexts on the other hand (higher intensive dairying). Recent results from lipid residues analyses of pottery vessels from Pendimoun, which revealed very low practice of dairying (Drieu *et al.*, 2021), reinforce this hypothesis of different behaviours and trajectories. At the interface between subsistence and flint industry traditions, Niccolò Mazzucco and colleagues (latest overview: Mazzucco *et al.*, 2020) highlight a major change with regard to harvesting toolkits linked with the diffusion of the ICC. On the basis of a broad body of data acquired from Near-Eastern contexts and throughout Southern Europe, the authors demonstrate the diffusion in the North-Western Mediterranean arc of parallel-hafted blades that are interpreted as being the result of the diffusion of new human groups, along with complex technical transfers.

All these studies stress a striking bi-partition of the *Impressa* subsistence and material culture along a south-east/north-west trending axis that cannot be explained by environmental factors, and which mirrors the dichotomy we observed in ceramic technical traditions, despite relying on different analytical methods and corpuses that cannot be precisely superimposed with each other.

Strikingly, these indices of a dichotomy within the *Impressa* expansion path reflect recent results obtained from ancient genome-wide DNA data analyses carried out in ICC contexts (Rivollat *et al.*, 2020). This new study reveals significant differences with regard to the populations between the Adriatic side and the Tyrrhenian side of the Italian Peninsula: while the earliest *Impressa* individuals in the Adriatic (*e.g.* Split - Zemunica; Mathieson *et al.*, 2018) show affinities with Early Neolithic groups of the Aegean and the Balkans, the few available – and later – "Tyrrhenian individuals" (*i.e.* Castellar - Pendimoun and Mougins - Bréguières: Rivollat *et al.*, 2020) display a strong hunter-gatherer component. However, the authors recommend caution given the scarcity of genomic data in Central and Southern Italy and stress that ICC individuals from the Iberian Peninsula carry less hunter-gatherer ancestry than the "Tyrrhenian individuals".

Geographical origin and descent of the two groups

Referring to the aforementioned genomic results (Rivollat *et al.*, 2020), it is currently difficult to demonstrate that SPT would be a local hunter-gatherer invention or reinterpretation as, in the present state of data, there are no pottery remains securely identified at hunter-gatherer (Castelnovian) sites located in the Italian Peninsula and in Southern France. While the coiling tradition evidences strong technical continuity with the productions of the early farmers in the Southern Balkans, consistent with the predominant model of continuous expansion of farming from the east, yet, it is not possible to identify the origin of the SPT bearers. Assessing their exact geographical origin, paths and descent remains extremely challenging, notably due to the limited body of data related to the earliest pottery forming practices on the one hand, and to late hunter-gatherer occupations on the other hand in adjacent key regions such as the Aegean, Sicily or Maghreb (Manen *et al.*, 2019a and 2019b). The respective bearers of the coiling tradition and of SPT may have already coexisted in distinct areas of the Aegean, or even earlier in the Near East, subsequently migrating to disparate territories in the Northern Mediterranean. Otherwise, the presence of SPT bearers in Western Italy and Southern France may reflect the contribution of a population of Neolithic or Mesolithic descent from a completely different area, which has yet to be determined, keeping in mind that the *Impressa* sites west of the Apennine Mountains all present a fully established Neolithic economy.

Dynamics and interactions between the two groups

The persistence over the very long term of the technical frontier between these two groups raises the question of the development modalities of these communities: while the SPT bearers appear to spread extremely rapidly over very long distances, with maritime voyaging enabling them to establish new distant settlements while maintaining strong connections (Gabriele *et al.*, 2019), the settlement area of the bearers of the coiling tradition seems restricted to a rather limited area, mainly in South-Eastern Italy, leading to a striking densification of settlements in this region over the course of the ICC sequence. It can be assumed that it is precisely this process of settlement densification that led to the emergence of marked specialisation regarding notably flint production in this region (Guilbeau, 2010; Binder, 2013), which does not feature in North-Western Italy and Southern France, where less specialised productions occur (Mazzucco *et al.*, 2020). It is therefore tempting to interpret this process of local densification as a direct result of the concomitant presence, on the western side of the Apennine Mountains, of a distinct social group. In this scenario, the Apennine range may have acted both as a physical and a social barrier between the bearers of the coiling tradition and the bearers of the SPT.

The clear technological boundary identified along the Apennine Mountains does not mean that these two groups were completely disconnected. The rare "outliers" we were able to identify at several sites of our corpus, *i.e.* SPT vessels among assemblages dominated by the coiling tradition (Favella, Colle Santo Stefano, Torre Sabea), as well as exogeneous vessels produced with the coiling technique among assemblages dominated by SPT (Pont de Roque-Haute, Pendimoun) are indicative of possible

interactions (for instance exchange of vessels or specific vessel contents) between the two groups. This hypothesis is supported by recent anthropological studies examining the conditions for the persistence of technological boundaries, which show that the absence of diffusion of techniques tends in fact to occur when distinct communities of practice living in close vicinity interact (Cauliez *et al.*, 2017; Roux *et al.*, 2017). Yet, the conditions of coexistence of these two farming communities in the North-Western Mediterranean have to be assessed in all their complexity, notably through the exhaustive study of a broader corpus of sites throughout the ICC sequence, and by precisely tracking within each pottery assemblage the vessels possibly associated with an exogeneous tradition indicating contacts between groups.

CONCLUSION

The fundamental differences in ceramic technical traditions identified within the *Impressa* expansion area between the eastern and the western of the Apennine Mountains profoundly question the prevalent models of Neolithisation developed for the North-Western Mediterranean. A new corpus of thirteen sites makes it possible to show that the sharp technical differences already identified in a previous study (Gomart *et al.*, 2017) on the basis of four sites could not be linked to an innovation process or environmental adaptations that would have occurred during the *Impressa* sequence. Rather, it can be asserted that two distinct communities of practice, and thus two social groups, coexisted on either side of the Apennine Mountains during a very long period of time, *i.e*. from the very beginning of the *Impressa* expansion around 5900 BCE and up until 5450 BCE and later. Interactions between these two communities can be assumed across the social boundary represented by the Apennine Mountains. However, the clear spatial exclusion of these two social groups, which echoes recent results obtained on *Impressa* material culture, subsistence strategies, genome-wide DNA data, as well as 14C Bayesian modelling, deeply questions the very unity of the *Impressa* and, thereby, the concept of a continuous migration path of early farmers from the Aegean to the North-Western Mediterranean. This assertion directly echoes several recent studies challenging the initial "wave of advance" model in the Mediterranean (Guilaine, 2001 and 2018; Binder *et al.*, 2017; Binder, Gomart *et al.*, this volume; Perrin *et al.*, 2018; Manen *et al.*, 2019a; Perrin and Manen, 2021). The overview on ceramic communities of practice obtained from the earliest ICC contexts lays the ground for further investigations at an European scale into their exact trajectories, interactions and their overall role in the Neolithisation of Europe.

Acknowledgements

This study was carried out as part of the CIMO project : « *Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale : recherche interdisciplinaire sur la poterie du Néolithique ancien (6ème millénaire av. notre ère) : matières premières, productions, usages et transferts* », ANR-14-CE31-0009, directed by Didier Binder. We warmly thank Mario Brandaglia, François Briois, Camillo Costa, Marta Conventi, Girolamo Fiorentino, Elettra Ingravallo†, Roberto Maggi, Mario Mineo, Giovanna Radi, Francesca Radina, Paola Rendini, Vicenzo Tiné, Carlo Tozzi and Sebastiano Tusa† for giving us access to the pottery assemblages analysed in this study.

Louise Gomart also carried out these analyses thanks to the "Young Researcher Prize" awarded by the *Fondation des Treilles*. The *Fondation des Treilles*, created by Anne Gruner-Schlumberger, aims to foster dialogue between sciences and arts to encourage both creation and research. It welcomes researchers and creators to its estate in Les Treilles (Var), www.les-treilles.com.

REFERENCES

AMMERMAN A J., CAVALLI-SFORZA L. L. (1971) – Measuring the Rate of Spread of Early Farming in Europe, *Man*, 6, 4, p. 674-688.

ANGELI L., FABBRI C., PARISI M., BERTINI A. (2015) – Pottery Smoothers from Colle Santo Stefano (Ortucchio, L'Aquila), *The Old Potter's Almanack*, 20, 2, p. 2-16.

ANGELI L., FABBRI C., RADI G. (2018) – La produzione ceramica di Colle Santo Stefano (Ortucchio, L'Aquila) nel quadro del Neolitico antico medi-adriativo, *Rivista di Scienze Preistoriche*, LXVIII, p. 3-34.

ANGELI L., FABBRI C. (2017) – Matières premières et technologie : l'exemple de la Céramique Imprimée à Colle Santo Stefano (Italie), in L. Burnez-Lanotte (ed.), *Workshop « Matières à Penser »: Raw Materials Acquisition and Processing in Early Neolithic Pottery Productions*, proceedings of the international conference (Namur, 29-30 May 2015), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 11), p. 93-108.

BAILLOUD G. (1969) – Fouille d'un habitat néolithique et torréen à Basi (Serra-di-Ferro, Corse), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 66, p. 367-384.

BÁNFFY E., OROSS K. (2010) – The Earliest and Earlier Phase of the LBK in Transdanubia, in D. Gronenborn and J. Petrasch (eds.), The Spread of the Neolithic to Central Europe, proceedings of the international symposium (Mainz 24-26 June 2005), Frankfurt am Main, Römisch-Germanisches Zentralmuseum, p. 255-273.

BANKS W. E., ANTUNES N., RIGAUD S., D'ERRICO F. (2013) – Ecological Constraints on the First Prehistoric Farmers in Europe, *Journal of Archaeological Science*, 40, 6, p. 2746-2753.

BENTLEY R. A., PRICE T. D., LÜNING J., GRONENBORN D., WAHL J., FULLGAR P. D. (2002) – Prehistoric Migration in Europe: Strontium Isotope Analysis of Early Neolithic Skeletons, *Current Anthropology*, 43, 5, p. 799-804.

BIAGI P., STARNINI E. (2016) – La cultura della Ceramica Impressa nella Liguria di Ponente (Italia Settentrionale): distribuzione, cronologia e aspetti culturali, in H. Bonet Rosado (ed.), *Del Neolític a l'Edat del Bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*, València, Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de València (Trabajos varios, 119), p. 35-49.

BINDER D. (2013) – Mésolithique et Néolithique ancien en Italie et dans le sud-est de la France entre 7000 et 5500 BCE cal : questions ouvertes sur les dynamiques culturelles et les procès d'interaction, in J. Jaubert, N. Fourment and P. Depaepe (eds.), *Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire // Transitions, Rupture and Continuity in Prehistory, volume 1, Evolution des techniques – comportements funéraires – Néolithique ancien*, proceedings of the XXVIIe Congrès préhistorique de France (Bordeaux - Les Eyzies, 31 May – 5 June 2010), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 27), p. 341-355.

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., HELMER D., MARINVAL P., THIEBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes). Nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire*, 35, 1, p. 177-251.

BINDER D., CLOP GARCÍA X., CONVERTINI F., MANEN C., SÉNÉPART I. (2010) – Les productions céramiques du Néolithique ancien entre Provence et Catalogne, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, proceedings of the international conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 115-129.

BINDER D., HAMON C., BELLOT-GURLET L., BEYRIES S., PRADEAU J.V., VAUTIER F., VOLDOIRE O. (2014) – First Sculpted Human Face in the Western Mediterranean Early Neolithic, *Cambridge Archaeological Journal*, 24, 1, p. 1-17.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I. M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BRANDAGLIA M., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., MARINVAL P., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017) – Modelling the Earliest North-Western Dispersal of Mediterranean Impressed Wares: New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta Praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., LARDEAUX J.M., DUBAR M., DURRENMATH G., MUNTONI I. M., JACOMET S., MONGE G., LEPÈRE C. (2018) – South-Eastern Italian Transfers towards the Alps during the 5th Millennium BCE: Evidence of "Serra-d'Alto" Ware within Square-Mouthed Pottery deposits at the Lare 2 Cave (Saint-Benoit, Alpes-de-Haute-Provence, France), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 222-237.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. É., ALAIN C., CUCCHI T., CLAIRE D., DE STEFANIS C., DRIEU L., EVIN A., FLINK L. G., GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIEBAULT S. (2020) – First Farming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar-Pendimoun during the Sixth Millennium BCE., in K. Gron, L. Sørensen and P. Rowley-Conwy (eds.), Farmers at the Frontier. A Pan-European Perspective on Neolithisation, Oxford and Philadelphia, Oxbow, p. 145-159.

BINDER D., MAGGI R. (2001) – Le Néolithique ancien de l'arc liguro-provençal, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98, 3, p. 411-422.

BINDER D., SÉNÉPART I. (2010) – La séquence de l'Impresso-cardial de l'abri Pendimoun et l'évolution des assemblages céramiques en Provence, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, proceedings of the international conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 149-167.

BOLLONGINO R., BURGER J. (2007) – Neolithic Cattle Domestication as Seen from Ancient DNA, in A. Whittle and V. Cummings (eds.), *Going Over: The Mesolithic-Neolithic Transition in North-West Europe*, Oxford, Oxford University Press (Proceedings of the British Academy, 144), p. 165-187.

BRAMANTI B., THOMAS M. G., HAAK W., UNTERLAENDER M., JORES P., TAMBETS K., ANTANAITIS-JACOBS I., HAIDLE M. N., JANKAUSKAS R., KIND C.J., LUETH F., TERBERGER T., HILLER J., MATSAMURA S., FORSTER P., BURGER J. (2009) – Genetic Discontinuity Between Local Hunter-Gatherers and Central Europe's First Farmers, *Science*, 326, 5949, p. 137-140.

BRANDAGLIA M. (1991) – Il neolitico a ceramica impressa dell' Isola del Giglio: la ceramica, Studi per l'Ecologia del Quaternario, 13, p. 43-104.

BRANDAGLIA M. (2002) – Isola Del Giglio. Toscana, in M. A. Fugazzola Delpino, A. Pessina, and V. Tiné (eds.), Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (Studi di Paletnologia, 1), p. 407-423.

BRIL B. (2002) – L'apprentissage de gestes techniques : ordre de contraintes et variations culturelles, in B. Bril and V. Roux (eds.), Le geste technique. Réflexions méthodologiques et anthropologiques, Ramonville Saint-Agne, Erès (Revue d'Anthropologie des connaissances, Technologies/Idéologies/Pratiques, 14,2), p. 113-150.

BRIOIS F., MANEN C. (2003) – L'habitat Néolithique ancien de Peiro Signado à Portiragnes (Hérault), in A. Beeching and I. Sénépart (eds.), *De la maison au village dans le Néolithique du sud de la France et du nord-ouest méditerranéen*, proceedings of the international conference (Marseille, 23-24 May 2003), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 48), p. 31-37.

CÁMARA MANZANEDA J., CLOP GARCÍA X., GARCÍA ROSSELLÓ J., CAMALICH MASSIEU M. D., MARTIN-SOCAS D. (2021) – Manufacturing Traces and Pot-Forming Processes during the Early Neolithic at Cueva de El Toro (Málaga, Spain, 5280–4780 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 37, p. 102936.

CARO J. (2020) – Productions céramiques et dynamiques des sociétés au Ve millénaire avant notre ère : la transition du Néolithique ancien au Néolithique moyen dans le bassin Nord-occidental de la Méditerranée, doctoral thesis, université Toulouse 2 – Jean Jaurès, 595 p.

CASSANO S. M., LAVIANO R., MUNTONI I. M. (1995) – Pottery Technology of Early Neolithic Communities of Coppa Nevigata and Masseria Candelaro (Foggia Province, Southern Italy), in B. Fabbri (ed.), *Fourth Euro Ceramics. The Cultural Ceramic Heritage*, Faenza, Gruppo Editoriale Faenza Editrice S.p.A., p. 137-148.

CASSARD L. (2020) – *Systèmes de production céramique des premiers paysans du domaine liguro-provençal (VIème millénaire BCE) : traditions techniques des décors*, doctoral thesis, université Côte d'Azur, Nizza, 1354 p.

CAULIEZ J., MANEN C., ARD V., CARO J., BRUXELLES L., CONVERTINI F., BEN AMARA A., BOCQUET LIÉNARD A., CANTIN N., SAVARY X., BORGEN V. (2017) – Technical Traditions and Potter Craftsmanship among the Woloyta and Oromo Groups in Ethiopia. Ethnographic Field for Refining Prehistoric Ceramic Analytical Protocols, in L. Burnez-Lanotte (ed.), *Workshop « Matières à Penser »: Raw Materials Acquisition and Processing in Early Neolithic Pottery Productions*, proceedings of the international conference (Namur, 29-30 May 2015), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 11), p. 29-58.

CIPOLLONI SAMPÒ M., TOZZI C., VEROLA M. L. (1999) – Le Néolithique ancien dans le sud-est de la péninsule italienne: caractérisation culturelle, économie, structures d'habitat, in J. Vaquer (ed.), *Le Néolithique du Nord-Ouest méditerranéen*, proceedings of the XXIVème Congrès Préhistorique de France (Carcassonne, 26-30 September 1994), Paris, Société préhistorique française, p. 39-50.

COLOMBO M. (2017) – Il complesso del villaggio neolitico di Ripatetta (Lucera - FG): note di tecnologia ceramica, in F. Radina (ed.), *Preistoria e Protostoria della Puglia*, Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Studi di Preistoria e Protostoria, 4), p. 683-688.

COSTANTINI L., PIPERNO M., TUSA S. (1987) – La néolithisation de la Sicile occidentale d'après les résultats des fouilles à la grotte de l'Uzzo (Trapani), in J. Guilaine, J. Courtin, J.L. Roudil and J.L. Vernet (eds.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*, Paris, CNRS, p. 397-405.

COUDART A. (1998) – *Architecture et société néolithique : l'unité et la variance de la maison danubienne*, Paris, MSH, (Documents d'archéologie française, 67), 239 p.

COUDART A. (2009) – La maison néolithique : métaphore matérielle, sociale et mentale des petites sociétés sédentaires, in J.P. DEMOULE (ed.), *La révolution néolithique dans le monde*, Paris, CNRS, p. 215-235.

CRESSWELL R. (1976) – Techniques et culture : les bases d'un programme de travail, *Techniques & Culture*, 191, 1, p. 7-59.

DEBONO SPITERI C., GILLIS R. E., ROFFET-SALQUE M., NAVARRO L. C., GUILAINE J., MANEN C., MUNTONI I. M., SAÑA SEGUI M., UREM KOTSOU D., WHELTON H. L., CRAIG O. E., VIGNE J.D., EVERSHED R. P. (2016) – Regional Asynchronicity in Dairy Production and Processing in Early Farming Communities of the Northern Mediterranean, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 48, p. 13594-13599.

DIETLER M., HERBICH I. (1994) – Ceramics and Ethnic Identity: Ethnoarchaeological Observations on the Distribution of Pottery Styles and the Relationship between the Social Contexts of Production and Consumption, in D. Binder and F. Audouze (eds.), *Terre cuite et société : la céramique, document technique, économique, culturel*, proceedings of the XIVe Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire (Antibes, 21-23 October 1993), Juan-les-Pins, APDCA, p. 459-472.

DRIEU L., LUCQUIN A., CASSARD L., SORIN S., CRAIG O. E., BINDER D., REGERT M. (2021) – A Neolithic without Dairy? Chemical Evidence from the Content of Ceramics from the Pendimoun Rock-Shelter (Castellar, France, 5750–5150 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, p. 102682.

DUBOULOZ J. (2003) – Datation absolue du premier Néolithique du Bassin parisien : complément et relecture des données RRBP et VSG, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 100, 4, p. 671-689.

FABBRI C. (2006) – *L'insediamento di Colle Santo Stefano (Bacino del Fucino, AQ): studio tipologico e tecnologico della ceramica*, doctoral thesis, università degli Studi di Siena, 191 p.

GABRIELE M. (2014) – *La circolazione delle ceramiche del Neolitico nel medio e alto Tirreno e nell'area ligure-provenzale : Studi di provenienza*, doctoral thesis, université Côte d'Azur and università di Pisa, 440 p.

GABRIELE M., CONVERTINI F., VERATI C., GRATUZE B., JACOMET S., BOSCHIAN G., DURRENMATH G., GUILAINE J., LARDEAUX J.M., GOMART L., MANEN C., BINDER D. (2019) – Long-Distance Mobility in the North-Western Mediterranean during the Neolithic Transition Using High Resolution Pottery Sourcing, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 28, p. 102050.

GALLAY A., HUYSECOM E., MAYOR A. (1998) – *Peuples et céramiques du Delta intérieur du Niger (Mali) : un bilan de cinq années de missions (1988-1993)*, Mainz, P. von Zabern (Terra Archaeologica, 3), 130 p.

GELBERT A. (2003) – *Traditions céramiques et emprunts techniques dans la vallée du fleuve Sénégal*, Paris, MSH / Epistèmes, 110 p.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D. F., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork in Pottery Manufacture and the Introduction of Farming to Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501-1514.

GOMART L., ANDERS A., KREITER A., MARTON T., OROSS K., RACZKY P. (2020) – Innovation or inheritance? Assessing the Social Mechanisms Underlying Ceramic Technological Change in Early Neolithic Pottery Assemblages in Central Europe, in M. Spataro and M. Furholt (eds.), *Detecting and Explaining Technological Innovation in Prehistory*, Leiden, Sidestone Press, p. 49-72.

GOSSELAIN O. P. (2000) – Materializing Identities: An African Perspective, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 7, 3, p. 187-217.

GOSSELAIN O. P. (2002) – *Poteries du Cameroun méridional : styles techniques et rapports à l'identité*, Paris, CNRS (Monographie du CRA, 26), 254 p.

GRONENBORN D. (1999) – A Variation on a Basic Theme: The Transition to Farming in Southern Central Europe, *Journal of World Prehistory*, 13, 2, p. 123-210.

GUILAINE J. (1976) – *Premiers bergers et paysans de l'Occident méditerranéen*, Paris, Mouton, 295 p.

GUILAINE J. (2001) – La diffusion de l'agriculture en Europe : une hypothèse arythmique, *Zephyrus*, 53, p. 267-272.

GUILAINE J. (2018) – A Personal View of the Neolithisation of the Western Mediterranean, *Quaternary International*, 470, p. 211-225.

GUILAINE J., CREMONESI G. (2003) – *Torre Sabea : un établissement du néolithique ancien en Salento*, Rome, École française de Rome (Collection de l'École française de Rome, 315), 399 p.

GUILAINE J., MANEN C., VIGNE J.D. (2007) – *Pont de Roque-Haute : nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique, 332 p.

GUILBEAU D. (2010) – Les grandes lames et les lames par pression au levier du Néolithique et de l'Énéolithique en Italie, doctoral thesis, université Paris 10 – Nanterre, 253 p.

HAAK W., BALANOVSKY O., SANCHEZ J. J., KOSHEL S., ZAPOROZHCHENKO V., ADLER C. J., DER SARKISSIAN C. S. I., BRANDT G., SCHWARZ C., NICKLISCH N., DRESELY V., FRITSCH B., BALANOVSKA E., VILLEMS R., MELLER H., ALT K. W., COOPER A., the Genographic Consortium (2010) – Ancient DNA from European Early Neolithic Farmers Reveals their Near Eastern Affinities, *PLoS Biol*, 8, 11, e1000536.

HASLER A., TRAMONI P., SARGIANO J.P., PECHEQUILICHINI K., LANCELOT S., LEFÈVRE-GONZALEZ L., LELIÈVRE V., PISKORZ M., SARAZIN P. (2014) – Nouvelle intervention archéologique sur le site de Basi (Serra-di-Ferro, Corse-du-Sud), in I. Sénépart, F. Léandri, J. Cauliez, T. Perrin and E. Thirault (eds.), *Chronologie de la Préhistoire récente dans le Sud de la France : actualité de la recherche*, proceedings of the 10èmes Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Porticcio, 18-20 october 2012), Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 289-307.

ISERN N., ZILHÃO J., FORT J., AMMERMAN A. J. (2017) – Modeling the Role of Voyaging in the Coastal Spread of the Early Neolithic in the West Mediterranean, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114, 5, p. 897-902.

KNAPPETT C. (2011) – *An Archaeology of Interaction: Network Perspectives on Material Culture and Society*, Oxford, Oxford University Press, 264 p.

KRAUSZ R., MARINOVA E., DE BRUE H., WENINGER B. (2018) – The Rapid Spread of Early Farming from the Aegean into the Balkans via the Sub-Mediterranean-Aegean Vegetation Zone, *Quaternary International*, 496, p. 24-41.

KREITER A., MARTON T., GOMART L., ORÓSS K., PÁNCZÉL P. (2017) – Looking into Houses: Analysis of LBK Ceramic Technological Change on a Household Level, in L. Burnez-Lanotte (ed.), *Workshop « Matières à Penser »: Raw materials Acquisition and Processing in Early Neolithic Pottery Productions*, proceedings of the international conference (Namur, 29-30 May 2015), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 11), p. 111-132.

LAVE J., WENGER E. (1991) – *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, New York, Cambridge University Press, 138 p.

LAVIANO R., MUNTONI I. M. (2006) – Provenance and Technology of Apulian Neolithic Pottery, in M. Maggetti and B. Messiga (eds.), Geomaterials in Cultural Heritage, London, Geological Society, p. 49-62.

LEPPARD T. P. (2014) – Mobility and Migration in the Early Neolithic of the Mediterranean: Questions of Motivation and Mechanism, *World Archaeology*, 46, 4, p. 484-501.

LICHARDUS-ITTEN M., DEMOULE J.P., PERNICEVA L., GREBSKA-KULOVA M., KULOV I. (2002) – The Site of Kovačevo and the Beginnings of the Neolithic Period in Southwestern Bulgaria. The French-Bulgarian Excavations 1986-2000, in M. Lichardus-Itten, J. Lichardus and V. Nikolov (eds.), Beiträge zu jungsteinzeitlichen Forschungen in Bulgarien, Bonn, Rudolf Habelt (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, 74), p. 99-158.

LICHARDUS J., LICHARDUS-ITTEN M. (1985) – *La Protohistoire de l'Europe : le Néolithique et le Chalcolithique entre la Méditerranée et la mer Baltique*, Paris, Presses universitaires de France, 640 p.

LIVINGSTONE-SMITH A. (2001) – Chaîne opératoire de la poterie : références ethnographiques, analyses et reconstitution, doctoral thesis, université libre de Bruxelles, 203 p.

MANEN C. (2002) – Structure et identité des styles céramiques du Néolithique ancien entre Rhône et Èbre, *Gallia Préhistoire*, 44, 1, p. 121-165.

MANEN C. (2014) – Dynamiques spatio-temporelles et culturelles de la néolithisation ouest-méditerranéenne., in T. Perrin and J. Guilaine (eds.), *Transitions en Méditerranée ou comment des chasseurs devinrent collecteurs*, Paris, Errance and Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique, p. 405-418.

MANEN C., GUILAINE J. (2007) – La céramique : présentation du corpus, in J. Guilaine, C. Manen and J.D. Vigne (eds.), *Pont de Roque-Haute (Portiragnes, Hérault). Nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'Écologie préhistorique, p. 97-131.

MANEN C., HAMON C. (2018) – Les mécanismes de la néolithisation de la France, in J. Guilaine and D. Garcia (eds.), *La Protohistoire de la France*, Paris, Hermann, p. 11-26.

MANEN C., PERRIN T., GUILAINE J., BOUBY L., BRÉHARD S., BRIOIS F., DURAND F., MARINVAL P.,

VIGNE J.D. (2019a) – The Neolithic Transition in the Western Mediterranean: a Complex and Non-Linear Diffusion Process. The Radiocarbon Record Revisited, *Radiocarbon*, 61, 2, p. 531-571.

MANEN C., PERRIN T., RAUX A., BINDER D., LE BOURDONNEC F.X., BIOIS F., CONVERTINI F., DUBERNET S. S., ESCALLON G., GOMART L., GUILAINE J., HAMON C., PHILIBERT S., QUEFFELEC A. (2019b) – Le sommet de l'iceberg ? Colonisation pionnière et néolithisation de la France méditerranéenne, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 116, 2, p. 317-361.

MATHIESON I., ALPASLAN-ROODENBERG S., POSTH C. (2018) – The Genomic History of Southeastern Europe, *Nature*, 555, p. 197-210.

MAYOR A. (2011) – *Traditions céramiques dans la boucle du Niger. Ethnoarchéologie et histoire du peuplement au temps des empires précoloniaux*, Frankfurt am Main, Africa Magna, 353 p.

MAZZUCCO N., IBÁÑEZ J. J., CAPUZZO G., GASSIN B., MINEO M., GIBAJA J. F. (2020) – Migration, Adaptation, Innovation: the Spread of Neolithic Harvesting Technologies in the Mediterranean, *PLOS ONE*, 15, 4, p. e0232455.

MUNTONI I. M. (1996) – Ceramica. Coppa Nevigata e Masseria Candelaro, in V. Tinè (ed.), *Forme e tempi della neolitizzazione in Italia meridionale ed in Sicilia, Soveria Mannelli, CZ*, p. 269-276.

MUNTONI I. M. (2003) – *Modellare l'argilla: vasai del Neolitico antico e medio nelle Murge pugliesi*, Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, 353 p.

NATALI E. (2014) – The Earliest Pottery in Italy: a Technological Approach to Impressed Decoration during the Archaic Phase, *The Old Potter's Almanack*, 19, 2, p. 2-13.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide : Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI millénaire AEC*, doctoral thesis, université Côte d'Azur, Nizza and università degli studi di Genova, 592 p.

PERRIN T. (2021) – Serra-di-Ferro – Basi, notice archéologique, ADLFI. Archéologie de la France – Informations, p. 53797.

PERRIN T., MANEN C., VALDEYRON N., GUILAINE J. (2018) – Beyond the Sea… The Neolithic Transition in the Southwest of France, *Quaternary International*, 470, p. 318-332.

PERRIN T., MANEN C. (2021) – Potential Interactions between Mesolithic Hunter-Gatherers and Neolithic Farmers in the Western Mediterranean: The Geochronological Data Revisited, *PLOS ONE*, 16, 3, p. e0246964.

PIERRET A., MORAN C. J., BRESSON L.M. (1996) – Calibration and Visualization of Wall-Thickness and Porosity Distributions of Ceramics Using X-radiography and Image Processing, *Journal of Archaeological Science*, 23, 3, p. 419-428.

RADI G. (2010) – Les séquences de la céramique imprimée en Italie, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, proceedings of the international conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 133-147.

RADI G., VEROLA M. L. (1999) – Torre Sabea, Trasano, Ripa Tetta e Santo Stefano (Ceramica), in V. Tinè (ed.), *Forme e tempi della neolitizzazione in Italia meridionale e in Sicilia*, Atti del seminario internazionale (Rossano, 29 aprile-2 maggio 1994), Rossano, Istituto Regionale per le Antichità Calabresi classiche e bizantine, p. 255-264.

RICE P. M. (1987) – *Pottery Analysis: a Sourcebook*, Chicago, University of Chicago Press, 559 p.

RIGAUD S., MANEN C., LAGRÁN I. G.M. de (2018) – Symbols in Motion: Flexible Cultural Boundaries and the Fast Spread of the Neolithic in the Western Mediterranean, *PLOS ONE*, 13, 5, p. e0196488.

RIVOLLAT M., JEONG C., SCHIFFELS S., KÜCÜKKALIPCI İ., PEMONGE M.H., ROHRLACH A. B., ALT K. W., BINDER D., FRIEDERICH S., GHESQUIÈRE E., GRONENBORN D., LAPORTE L., LEFRANC P., MELLER H., RÉVEILLAS H., ROSENSTOCK E., ROTTIER S., SCARRE C., SOLER L., WaAHL J., KRAUSE J., DEGUILLOUX M.F., HAAK W. (2020) – Ancient Genome-Wide DNA from France Highlights the Complexity of Interactions Between Mesolithic Hunter-Gatherers and Neolithic Farmers, *Science Advances*, 6, 22, p. eaaz5344.

ROUX V. (2010) – Technological Innovations and Developmental Trajectories: Social Factors as Evolutionary Forces, in M. J. O'Brien and S. Shennan (eds.), *Innovation in Cultural Systems: Contributions from Evolutionary Anthropology*, Cambridge, MIT Press, p. 217-234.

ROUX V. (2011) – Anthropological Interpretation of Ceramic Assemblages: Foundations and Implementations of Technological Analysis, in S. Scarcella (ed.), *Archaeological Ceramics: A Review of Current Research*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 2193), p. 80-88.

ROUX V. (2013) – Spreading of Innovative Technical Traits and Cumulative Technical Evolution: Continuity or Discontinuity?, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 20, 2, p. 312-330.

ROUX V. (2016) – Ceramic Manufacture: the Chaîne opératoire Approach, in A. Hunt (ed.), *Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*, Oxford, Oxford University Press, p. 101-113.

ROUX V. (2019) – *Ceramics and Society. A Technological Approach to Archaeological Assemblages*, Cham, Springer, 329 p.

ROUX V. (2020) – Chaîne opératoire, Technological Networks and Sociological Interpretations, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*, 30, p. 15-34.

ROUX V. BRIL B., CAULIEZ J., GOUJON A.L., LARA C., MANEN C., SAULIEU G. de, ZANGATO E. (2017) – Persisting Technological Boundaries: Social Interactions, Cognitive Correlations and Polarization, *Journal of Anthropological Archaeology*, 48, p. 320-335.

ROUX V., THALMANN J.P. (2016) – Évolution technologique et morpho-stylistique des assemblages céramiques de Tell Arqa (Liban, 3e millénaire av. J.-C.) : stabilité sociologique et changements culturels, *Paléorient*, 42, 1, p. 95-121.

ROWLEY-CONWY P., GOURICHON L., HELMER D., VIGNE J.D. (2013) – Early Domestic Animals in Italy, Istria, the Tyrrhenian Islands and Southern France, in S. Colledge, J. Conolly, K. Dobney, K. Manning and S. Shennan (eds.),

Origins and Spread of Domestic Animals in Southwest Asia and Europe, Walnut Creek, Left Coast Press, p. 161-194.

RYE O. S. (1981) – Pottery Technology: Principles and Reconstruction, Washington D.C., Taraxacum, 150 p.

SALANOVA L., VIEUGUÉ J., GOMART L. (2010) – Методика на изследване на големи керамични комплекси: сериация на неолитната керамика от Ковачево (България), *Arheologia*, 3-4, p. 7-23.

SANTACREU D. A. (2014) – *Materiality, Techniques and Society in Pottery Production: The Technological Study of Archaeological Ceramics through Paste Analysis*, Warsaw, De Gruyter Open, 336 p.

SCHEU A. (2018) – Neolithic Animal Domestication as seen from Ancient DNA, *Quaternary International*, 496, p. 102-107.

SZÉCSÉNYI-NAGY A., BRANDT G., KEERL V., JAKUCS J., HAAK W., MÖLLER-RIEKER S., KÖHLER K., MENDE B., FECHER M., OROSS K., PALUCH T., OSZTÁS A., KISS V., PÁLFI G., MOLNÁR E., SEBŐK K., CZENE A., PALUCH T., ŠLAUS M., NOVAK M., PEĆINA-ŠLAUS N., ŐSZ B., VOICSEK V., SOMOGYI K., TÓTH G., KROMER B., BÁNFFY E., ALT K. (2015) – Tracing the Genetic Origin of Europe's First Farmers Reveals Insights into their Social Organization, *Proceedings of the Royal Society*, 282, p. 20150339.

THÉR R. (2016) – Identification of Pottery-Forming Techniques Using Quantitative Analysis of the Orientation of Inclusions and Voids in Thin Sections, *Archaeometry*, 58, 2, p. 222-238.

TINÈ V. (2009) – *Favella. Un villaggio neolitico nella Sibaritide*, Roma, Museo nazionale preistorico etnografico L. Pigorini, 629 p.

TINÈ V., NATALI E. (2004) – La grotta di San Michele di Saracena (CS): una sequenza stratigrafica dal Neolitico antico al Bronzo medio, in L. Bachechi (ed.), *Preistoria e Protostoria della Calabria*, proceedings of the XXXVII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Scalea, Papasidero, Praia a Mare, Tortora, 29 September - 4 October 2002), Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 693-702.

TINÈ V.., NATALI E. (2005) – Grotta San Michele di Saracena (CS): la campagna di scavo 2003, in B. Ambrogio and V. Tinè (eds.), *Preistoria e Protostoria della Calabria. I. Scavi e ricerche 2003*, Pellaro, Gruppo Archeologico Pellarese, p. 17-27.

TINÈ V., NATALI E. (2007) – Grotta San Michele di Saracena (Cosenza): le campagne di scavo 2004 e 2005, in M. S. Scarfo and V. Tinè (eds.), *Preistoria e Protostoria della Calabria. II. Scavi e ricerche 2004-2005*, Pellaro, Gruppo Archeologico Pellarese, p. 45-59.

TOZZI C. (2002) – Ripa Tetta, in M. A. Fugazzola Delpino, A. Pessina, and V. Tinè (eds.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, p. 579-588.

VIGNE J.D. (2007) – Exploitation des animaux et néolithisation en Méditerranée nord-occidentale, in J. Guilaine, C. Manen and J.D. Vigne (eds.), *Pont de Roque-Haute : nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 221-301.

ZILHÃO J. (2001) – Radiocarbon Evidence for Maritime Pioneer Colonization at the Origins of Farming in West Mediterranean Europe, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98, 24, p. 14180-14185.

ZVELEBIL M., DOLUKHANOV P. (1991) – The Transition to Farming in Eastern and Northern Europe, *Journal of World Prehistory*, 5, 3, p. 233-278.

Louise Gomart
Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne
CNRS, UMR 8215 « Trajectoires »
Centre de recherche
9, rue Malher
F-75004 PARIS
louise.gomart@cnrs.fr

Didier Binder
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
didier.binder@cnrs.fr

Marzia Gabriele
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
marzia.gabriele@gmail.com

Jean Guilaine
Collège de France
11, place Marcelin-Berthelot
F-75005 PARIS
jguilaine@wanadoo.fr

Claire Manen
Université Toulouse 2 – Jean Jaurès
CNRS, UMR 5608 « TRACES »
5, allées Antonio Machado
F-31058 TOULOUSE cedex 09
claire.manen@cnrs.fr

Italo Maria Muntoni
Soprintendenza Archeologia
Belle Arti e Paesaggio
per le Province di Barletta-Andria-Trani et Foggia
Piazza Federico II, 16
I-171121 FOGGIA
italomaria.muntoni@beniculturali.it

Chiara Panelli
Università di Genova
Dipartimento di Antichità, Filosofia e Storia
Via Balbi 2
I-16126 GENOVA
chiara.panelli@gmail.com

Marta Colombo
Soprintendenza Archeologia
Belle Arti e Paesaggio
per le province di Lucca e Massa Carrara
Piazza della Magione
I-55100 LUCCA
marta.colombo@beniculturali.it

Lucia Angeli
Università di Pisa
Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere
Via dei Mille, 19
I-56126 PISA
luciaangeli78@yahoo.it

Cristina Fabbri
Università di Pisa
Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere
Via dei Mille, 19
I-56126 PISA
cristina.fabbri1@virgilio.it

Elena Natali
Via Firenze, 36
I-17100 SAVONA
elena.natali71@gmail.com

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 147-175
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Towards a reinterpretation of decorative *Impressa* styles and implications for establishing cultural affiliations at the beginning of the 6th millennium in the Western Mediterranean

Claire Manen, Lucia Angeli, Didier Binder, Laura Cassard, Marta Colombo, Léa Drieu, Cristina Fabbri, Elena Natali, Chiara Panelli and Giovanna Radi

Résumé : L'analyse des styles décoratifs des céramiques constitue l'un des piliers de fondation des scénarios de diffusion de l'économie agropastorale en Méditerranée occidentale. Dans l'histoire de la recherche, les travaux fondateurs de Luigi Bernabò Brea ont, dès les années 1950, mis en exergue les décors imprimés comme signature de l'unité culturelle du premier Néolithique de Méditerranée. Durant les décennies suivantes, les styles décoratifs sont restés au cœur des recherches destinées à préciser les cadres chronoculturels du complexe *Impresso-Cardial* et à établir les liens de filiation entre les divers groupes régionaux de Méditerranée occidentale. Mais au fur et à mesure que se sont enrichis les corpus archéologiques, le polymorphisme des styles décoratifs des communautés du VI^e millénaire n'a fait que croître, brouillant parfois la lecture des parentés culturelles. Dans ce contexte, les problèmes méthodologiques de formalisation des critères de description des systèmes du décor ainsi que leur quantification se posent tout particulièrement. Dans la continuité de travaux initiés précédemment, nous nous fondons sur l'analyse de différents sites répartis entre la péninsule italienne et le golfe du Lion au travers d'un protocole d'analyse renouvelé et partagé. Bénéficiant d'un cadre chronométrique affiné, nous montrons ainsi qu'il est possible de discriminer l'expression stylistique polymorphe des communautés *Impressa* et de proposer de nouvelles interprétations sur les parentés culturelles et donc sur les scénarios de néolithisation. Nous abordons enfin la question de la signification des systèmes décoratifs et notamment le manque de référentiel interprétatif.

Mots-clés : Méditerranée occidentale, néolithisation, *Impressa*, décoration céramique

Abstract: The analysis of decorative pottery styles is one of the pillars on which scenarios for the diffusion of the agropastoral economy in the Western Mediterranean are based. In the history of research, Luigi Bernabò Brea's pioneering work has, since the 1950s, highlighted impressed decorations as the signature of a cultural unity of the first Neolithic in the Mediterranean. Over the following decades, decorative styles remained a central research theme to clarify the chronocultural frameworks of the *Impressa-Cardial* complex and establish affiliations between the various regional groups in the Western Mediterranean. But the polymorphism of the decorative styles of communities in the sixth millennium has increased as archaeological corpuses have become richer. As a result, it is sometimes difficult to determine cultural affinities. In this context, the methodological problems of formalising the criteria for describing and quantifying decorative systems are particularly important. In continuity with previous works, this study is based on the analysis of different sites distributed between the italian peninsula and the Gulf of Lion using a renewed and shared analytical protocol. Using a refined chronometric framework, we show that it is possible to discriminate the polymorphic stylistic expression of *Impressa* communities and to propose new interpretations for cultural similarities and therefore for Neolithisation scenarios. Finally, we address the question of the meaning of decorative systems and in particular the lack of interpretative references.

Keywords: Western Mediterranean, neolithisation, *Impressa*, pottery decoration

INTRODUCTION

From a historiographic perspective, decorative pottery styles have been a privileged tool for the construction of historic-cultural frameworks for the Early Neolithic in the Western Mediterranean. We will rapidly recall the founding works of Luigi Bernabò Brea (Bernabò Brea, 1956) on the Mediterranean diffusion of the first Neolithic societies characterised by their impressed pottery, but also those of Pere Bosch-Gimpera (Bosch-Gimpera, 1965), highlighting the Mediterranean unity of the neolithisation phenomenon on the basis of specific pottery decorations. After that, from the 1970s onwards, decorative styles continued to be used to delimit smaller geocultural entities, sometimes to emphasise their cultural autonomy: first of all by distinguishing the Italo-Adriatic *Impressa* from the Franco-Iberian Cardial (Guilaine, 1976), then by reasserting the stylistic particularisms of pottery decoration on a regional scale and demonstrating the 'bush-like' nature of impressed pottery facies (Bernabeu Aubàn, 1989; Binder, 1995; Grifoni Cremonesi and Radi, 1999; Cipolloni Sampò *et al.*, 1999; Fugazzola Delpino *et al.*, 1999). In the middle of the 20th century, work was often only based on the observation of presence-absence of certain decorations – '*fossiles-directeurs* (markers)' – but later works progressively opted for a more systematic approach to decoration, sometimes with a tendency towards complex descriptive and difficult to reproduce typologies. One of the main achievements of the past decades is to have integrated the concept of the '*chaine opératoire*' in the analysis of the decorative system. At the same time, very varied statistical analyses have been carried out on data from the description of these decorative styles: comparison of presence-absence distribution, in counts or frequency (Binder, 1991; Radi, 2010), multivariate statistics (Manen, 2002; Bernabeu Aubàn *et al.*, 2017), or more recently, cladistic analyses (Pardo-Gordó *et al.*, 2019).

Today, it is now frequent to underline the polymorphism of the decorative pottery styles of the first Western Mediterranean farming communities; and the obstacles to the search of affiliations between communities raised by this polymorphism, and as a result the diffusion routes of the Neolithic economy. The purpose of this article, which is a continuity of a first work carried out by Giovanna Radi and colleagues as part of the meeting of the *Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* held in 2016 in Forlì, is to explore the relationships between the *Impressa* sites of Central and Southern Italy with those of the Northwestern Mediterranean. The aforementioned work led to the identification of certain methodological limits, including the problem of the disparate documentation of series or again, the difficulty in agreeing on a common descriptive vocabulary. With these considerations in mind, we continued this work based on new contextual data acquired as part of the ANR CIMO, with the following aims:

– to harmonise the descriptive vocabularies and to build up a comparable dataset for this vast distribution area in order to promote long-distance comparisons;
– to explore the perceived links between the different decorative pottery styles based on these quantified data;
– and to propose several hypotheses concerning the cultural affiliations between the South of Italy and the coast of Liguria and the Gulf of Lion.

MATERIAL AND METHODS

The selection of the corpus: the chronological argument

Before presenting the contexts and sites on which this discussion is based, it is essential to propose a rapid overview of the existing chronological framework. We do not intend to present here the exact chronological links between the sites and the pottery facies in relation to each other, but rather to specify the time scale of the initial *Impressa* implantations between the South of Italy and the Gulf of Lion. On the basis of the revised chronometric framework (Binder *et al.*, 2017; Binder, Gomart, *et al.*, this volume), it is now accepted that the initial *Impressa* productions in the Northwestern Mediterranean occurred between 5850 and 5600 cal. BCE, and that these early *Impressa* developments emerged with a slight chronological lag in relation to the south of the italic Peninsula and the Adriatic zone where the first agropastoral installations are identified from 5950 cal. BCE onwards. In this context, we considered that it was pertinent to focus on a period of 300 years, ranging between 5900 and 5600 BCE, a period during which *Impressa* communities settled in the South of Italy and spread towards Central Italy, on either side of the Apennines, and also as far as the Gulf of Lion.

The selection of the corpus: reliability and representativity of the contexts

In this perspective, we chose to only consider sites for which we have a revised chronometric framework at our disposal on one hand, and direct data on pottery decoration on the other. Although the corpus is limited in relation to the rest of the existing data, most of these sites (fig. 1) yield reliable contextual data, which is a crucial prerequisite for discussing stylistic affiliations. These single-phased or, conversely, stratified sites, also present the advantage of illustrating a great deal of the *Impressa* decorative variability.

Methodological prerequisites

As previously stated, the pottery of the *Impressa* communities in Southern Italy and the Gulf of Lion presents polymorphic decorative styles and it is sometimes difficult to accurately decipher the geographic and

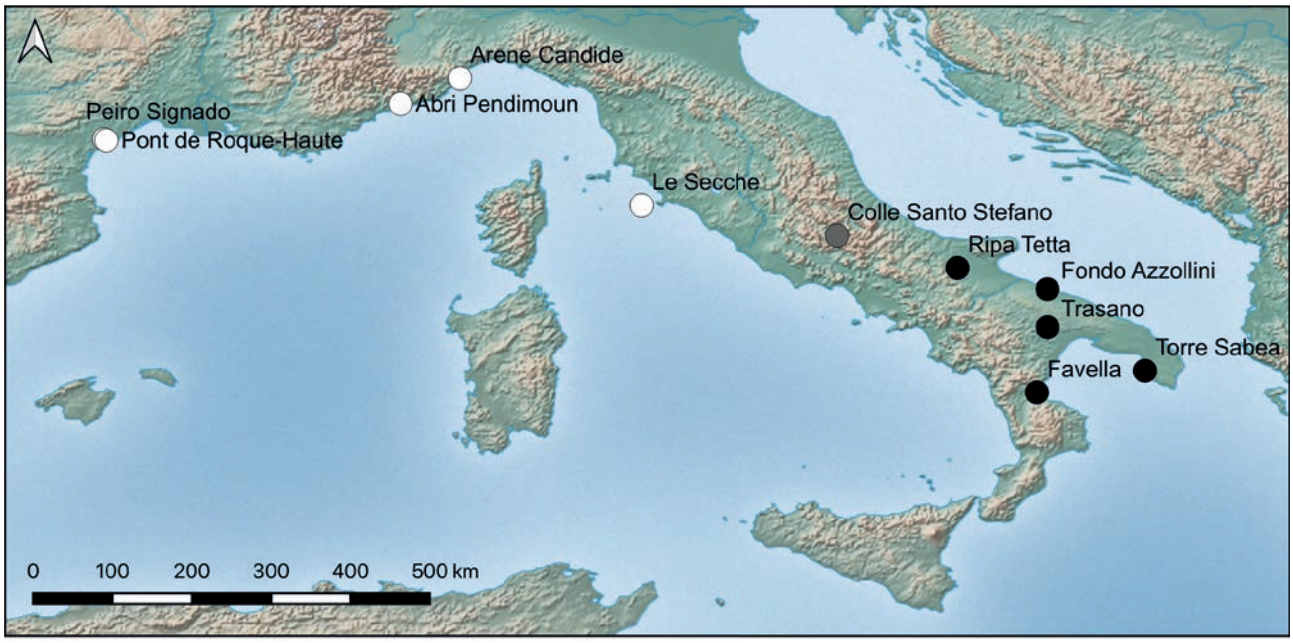


Fig. 1 – Location map of the selected sites. Southern Italy: Favella (Sibari, Calabria); Torre Sabea (Gallipoli, Apulia); Trasano (Matera, Basilicata); Fondo Azzollini (Pulo di Molfetta, Apulia); Ripatetta (Lucera, Apulia). Central Italy: Colle Santo Stefano (Ortucchio, Abruzzo). North-Western Mediterranean: Le Secche (Giglio, Toscana); Arene Candide (Finale Ligure, Liguria); Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes); Peiro Signado (Portiragnes, Hérault); Pont de Roque-Haute (Portiragnes, Hérault).

Fig. 1 – *Carte de répartition des sites retenus. Italie du Sud : Favella (Sibari, Calabre) ; Torre Sabea (Gallipoli, Pouilles) ; Trasano (Matera, Basilicate) ; Fondo Azzollini (Pulo di Molfetta, Pouilles) ; Ripatetta (Lucera, Pouilles). Italie centrale : Colle Santo Stefano (Ortucchio, Abruzzes). Nord-Ouest méditerranéen : Le Secche (Giglio, Toscane) ; Arene Candide (Finale Ligure, Ligurie) ; Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes) ; Peiro Signado (Portiragnes, Hérault) ; Pont de Roque-Haute (Portiragnes, Hérault).*

chronological growth dynamics of the first agropastoral societies. This significant polymorphism overlaps with the use of descriptive terminologies that are rarely harmonised between researchers and the different regions, which further complicates widescale comparatist perspectives. Work on the harmonisation and the structuration of the dataset is thus a crucial methodological prerequisite. In this first wide-scale work, we thus chose to focus on several collectively used criteria which could be exploited for quantitative analysis. This quantification aspect also represente an important prerequisite. Indeed, as all of these productions share a common basis, the interpretation of temporal and geographic variability only appears to be significant when series are taken into consideration, using frequency data. As it was not possible to dispose of a minimum number of vases for all the assemblages considered here, this work is based on counts of numbers of remains.

The descriptive criteria used are presented below. They stem from the pooling of protocols which were, up until now, established independently of each other (Natali, 2010; Binder *et al.*, 2010; Angeli, 2012). In this way, we focus on:

– the proportion of decorated/non-decorated vessels;
– the general structure of the decoration;
– and the specific decorative process on which the quantified comparative analysis is based.

The description method for the general structure of decoration (fig. 2) is based on proposals published in Binder *et al.*, 2010. It describes the way the potter organised his/her decoration in the decorated zone(s) and the type and general orientation of the axes of symmetry. The decorative process combines information on the state of the clay (wet/leather-hard or dry), the technique, the gesture and the 'matrix' used (fig. 3).

RESULTS

Before presenting an overall image of the characters of the decorative styles in our study zone, it seemed pertinent to recall the main characteristics of these styles according to their geocultural entities in order to provide a detailed overview of the structuration of the data subsequently employed on a wider scale. In order to do so, we defined three main regions.

The decorative *Impressa* styles of the Apulia-Basilicata-Calabria region

The South and Italian Adriatic is traditionally considered as the original source of the main technical and economic components of the *Impressa* complex. On the basis of the restrictive criteria outlined above, we retained eight sites in this region, located in Calabria, Apulia and Basilicata (fig. 1).

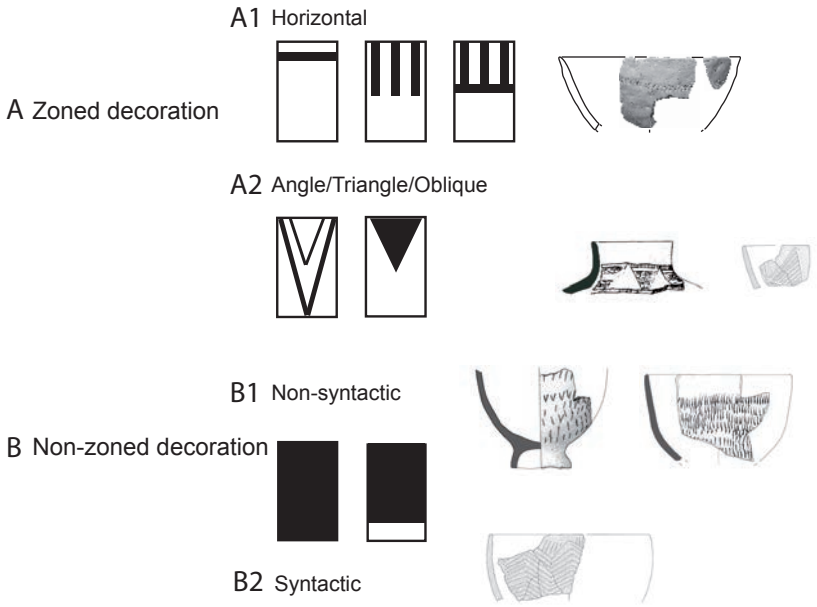


Fig. 2 – Methodology used for the description of the general structure of decoration. After Binder *et al.*, 2010.
Fig. 2 – *Principes de description de la structure générale du décor. D'après Binder* et al.*, 2010.*

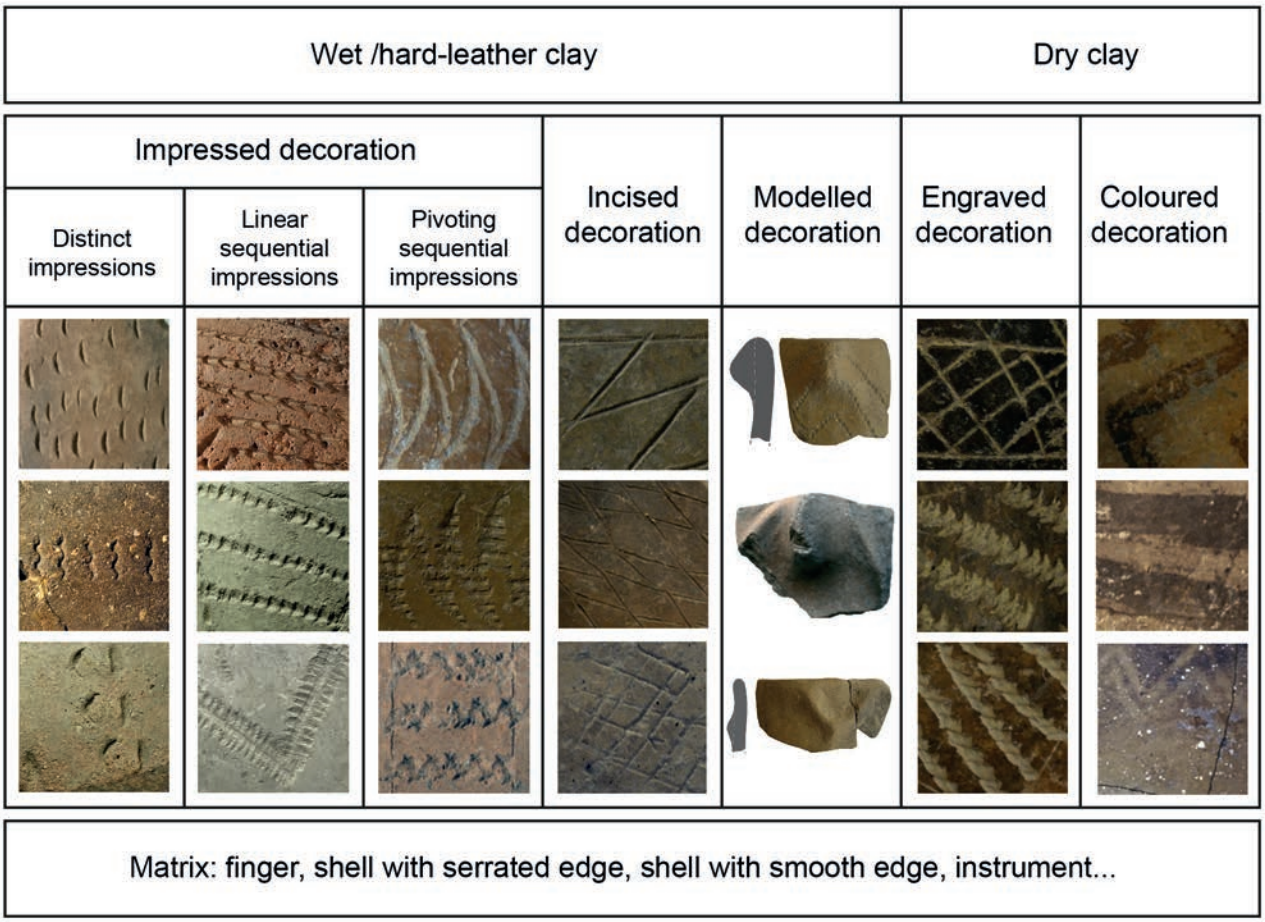


Fig. 3 – Method used for the description of the decorative processes.
Fig. 3 – *Principes de description des procédés décoratifs.*

The open-air site of Favella (Sibari, Calabria), excavated by Vicenzo Tinè (Tinè, 2009), is characterized by numerous pit structures containing an important pottery assemblage for the characterization of the first phase of *Ceramica Impressa* (6,236 fragments). Two classes of pottery are distinguished (Natali, 2009 and 2010): coarse (86%) generally decorated vessels (94%) and fine (14%), often non-decorated vessels (77%). The decorative elements are only made on wet clay (fig. 4 and SD-1), by the distinct impression of diverse matrices (99% of the decorated fragments) and very occasionally, by incision (1%). Only three sherds present plastic decoration consisting of light undulating ribs associated with distinct impressions. Digital-nail impressions form the vast majority of decorations on large vessels in the coarse category (46% of the impressed decoration). Impressions made with a tool with a rectilinear extremity (classified in the 'indeterminate tool' category) are also well represented (23%), as are patterns obtained with a shell with a serrated edge (15%). The structure of the decoration is covering, non-zoned, non-syntactic. On fine vessels, the majority of the decorations are distinct impressions made with shells

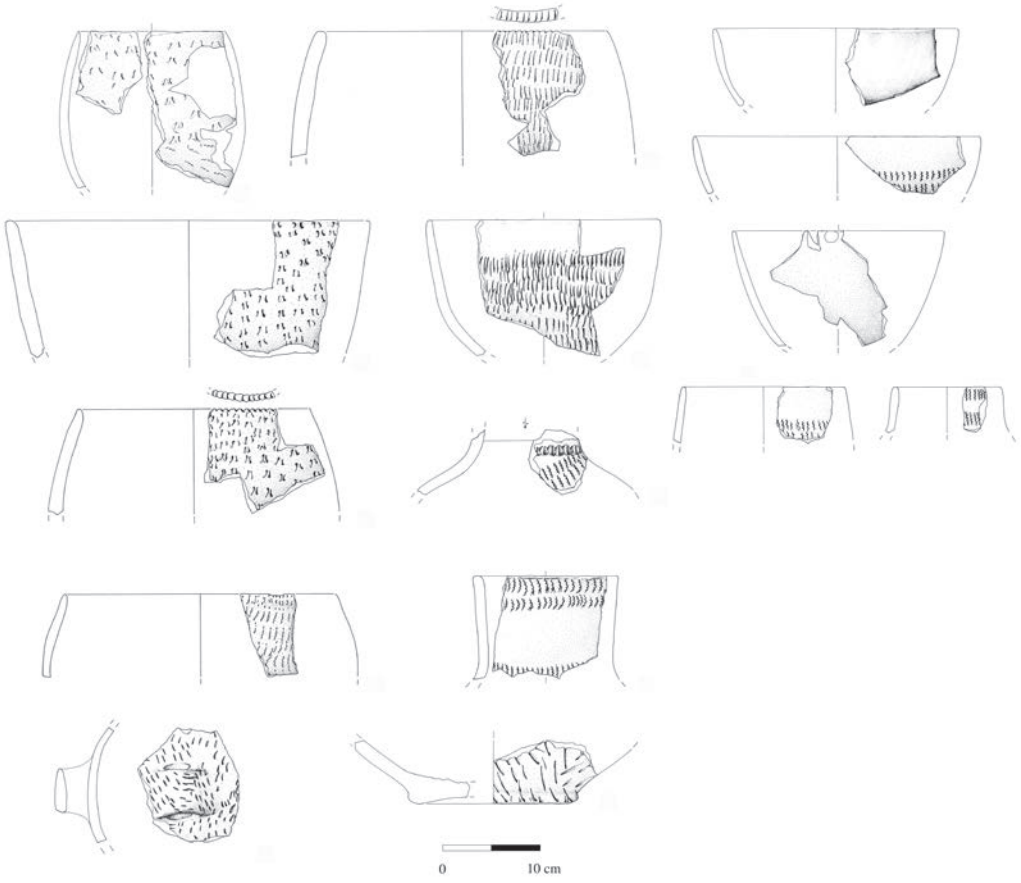


Fig. 4 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Favella (Sibari, Calabria). Simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). 1-11: coarse class; 12-21: fine class. After Natali, 2009 and 2010.
Fig. 4 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Favella (Sibari, Calabre). Impressions simples sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). 1 - 11 : classe grossière ; 12 - 21 : classe fine. D'après Natali, 2009 et 2010.*

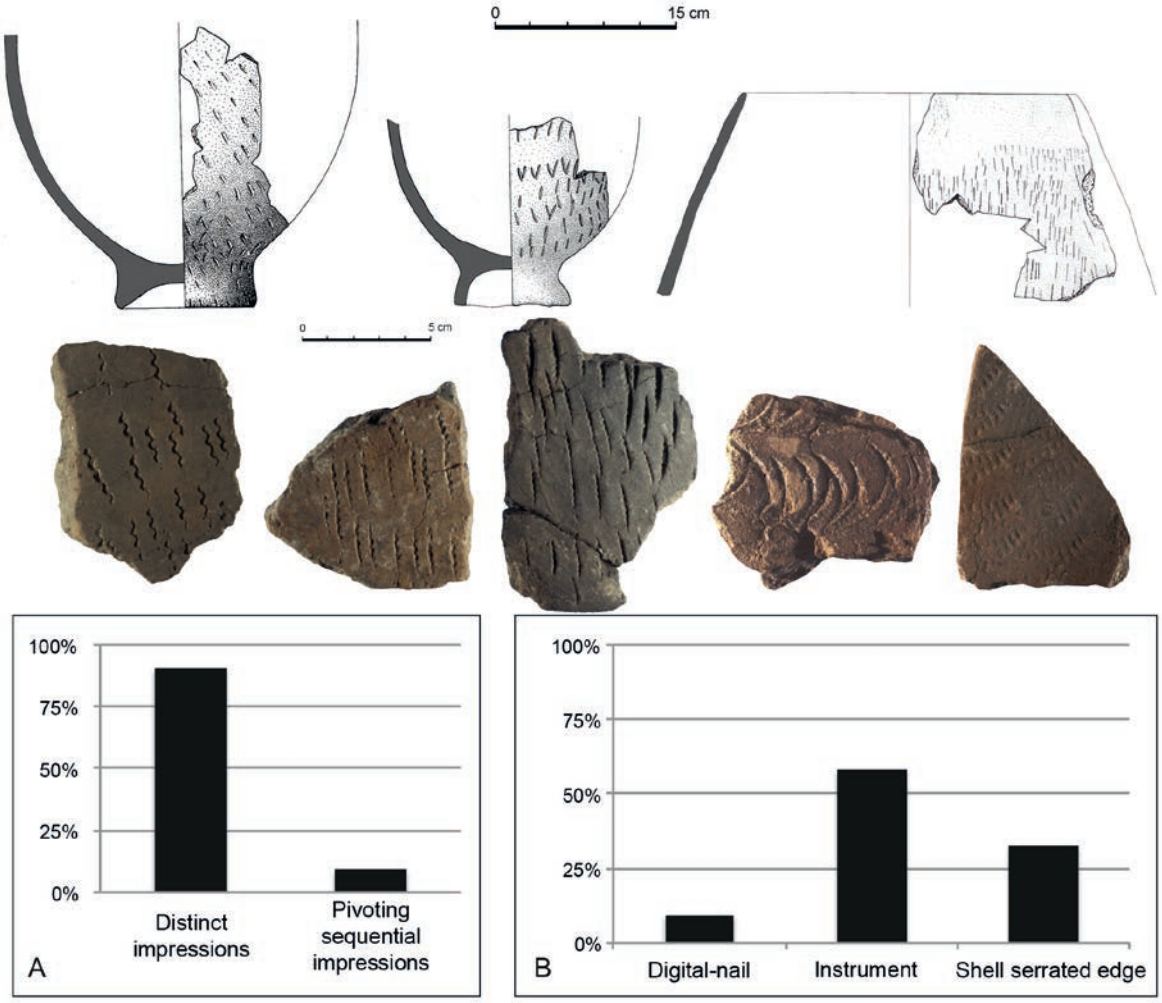


Fig. 5 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Torre Sabea (Gallipoli, Apulia). A: the different types of simple impressions on wet clay; B: the different types of tools used for the impressed decoration on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Fontó and Radi, 2003.

Fig. 5 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Torre Sabea (Gallipoli, Pouilles). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors imprimés sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Fontó et Radi, 2003.*

with serrated edges (60%). We also observe decoration obtained with a point (11%), a tool with a rectilinear extremity (14%) and digital-nail impressions (9%). For this category of fine vessels, the structure of the decoration is in this case more varied and careful: beside the non-zoned non-syntactic decoration, we often observe decoration with a horizontal zoned structure (empty band near the edge) and, very rarely, organised into triangles. Decorations made with a triangular, oval and tubular or curvilinear extremity – classified in the indeterminate tool category – are rare in both classes.

The stratified site of Torre Sabea (Gallipoli, Apulia), excavated by Jean Guilaine and Giuliano Cremonesi (Guilaine and Cremonesi, 2003), yielded pottery productions (Fontó and Radi, 2003) for which it is not possible to identify differentiated decorations according to the categories of vessels. The series is made up of 3,629 fragments, consisting of 69% decorated fragments and 31% non-decorated fragments. The decoration (fig. 5 and SD-2) is made on wet clay for 99% of these fragments, mostly by impression (94%), then by incision (5%). For the impressed decoration, distinct impressions are predominant (91%), followed by pivoting sequential impressions (9%). The distinct impressions are mainly made with indeterminate instruments (58%), and shells with serrated edges (33%). Digital-nail impressions are rare (9%). The overall structure of the decoration is covering, non-zoned and non-syntactic. In parallel, we observe a small quantity of pottery decorated on dry clay by pivoting sequential impressions ('*microrocker';* only 1% of the decorations). The characteristics of the clay, surface treatment and the fact that it is localised in the top part of the deposits suggests that they could be linked to a post-*Impressa* frequentation of the site.

At Fondo Azzollini (Pulo di Molfetta, Apulia), layer 3 (Muntoni, 2003) yielded a pottery corpus consisting of 216 fragments, including 82 decorated fragments. We observed (fig. 6 and SD-3) the predominance of impressed decorations on wet clay (93%) with no particular organisation on the vessel (non-zoned). These decorations are

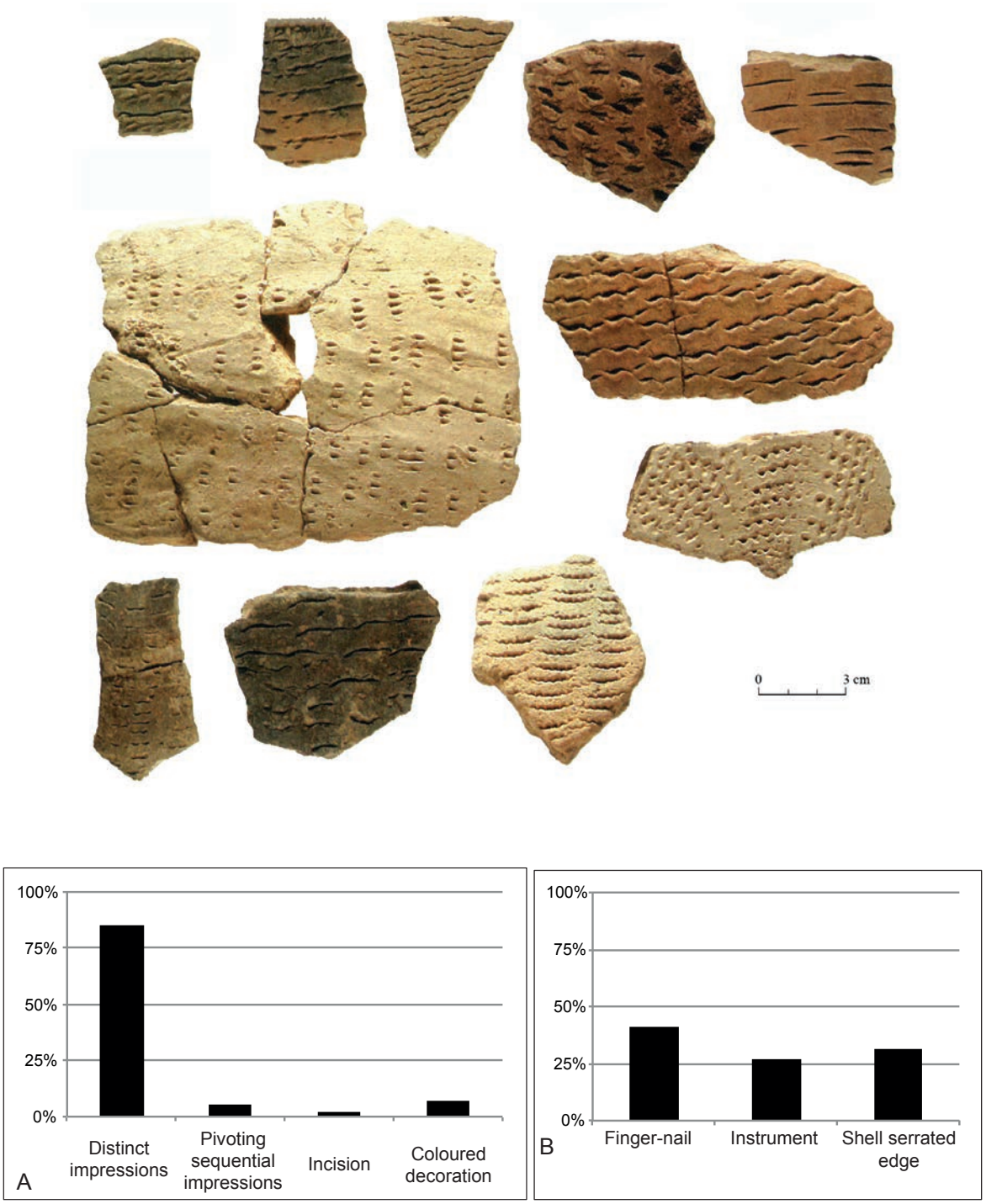


Fig. 6 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Fondo Azzollini (Pulo di Molfetta, Apulia). A: the different types of decorative processes; B: the different types of tools used for the impressed decoration on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Muntoni, 2003.

Fig. 6 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Fondo Azzollini (Pulo di Molfetta, Pouilles). A : les différents procédés décoratifs ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors imprimés sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Muntoni, 2003.*

mainly made by distinct impressions (95%) with varied matrices: finger, shell with serrated edge and indeterminate instrument. We also observed several cases of sequential pivoting impressions (*rocker;* only 5% of decorations). In addition to impressions on wet clay, several fragments are decorated with incisions (2% of decorations) or by the application of coloured matter (paint on 7% of the decorated vessels).

The stratified site of Trasano (Matera, Basilicata), excavated by Jean Guilaine and Giuliano Cremonesi, yielded a long occupational sequence (Guilaine and Cremonesi, 1987; Cremonesi and Guilaine, 1996). The data presented here are partial and only concern the

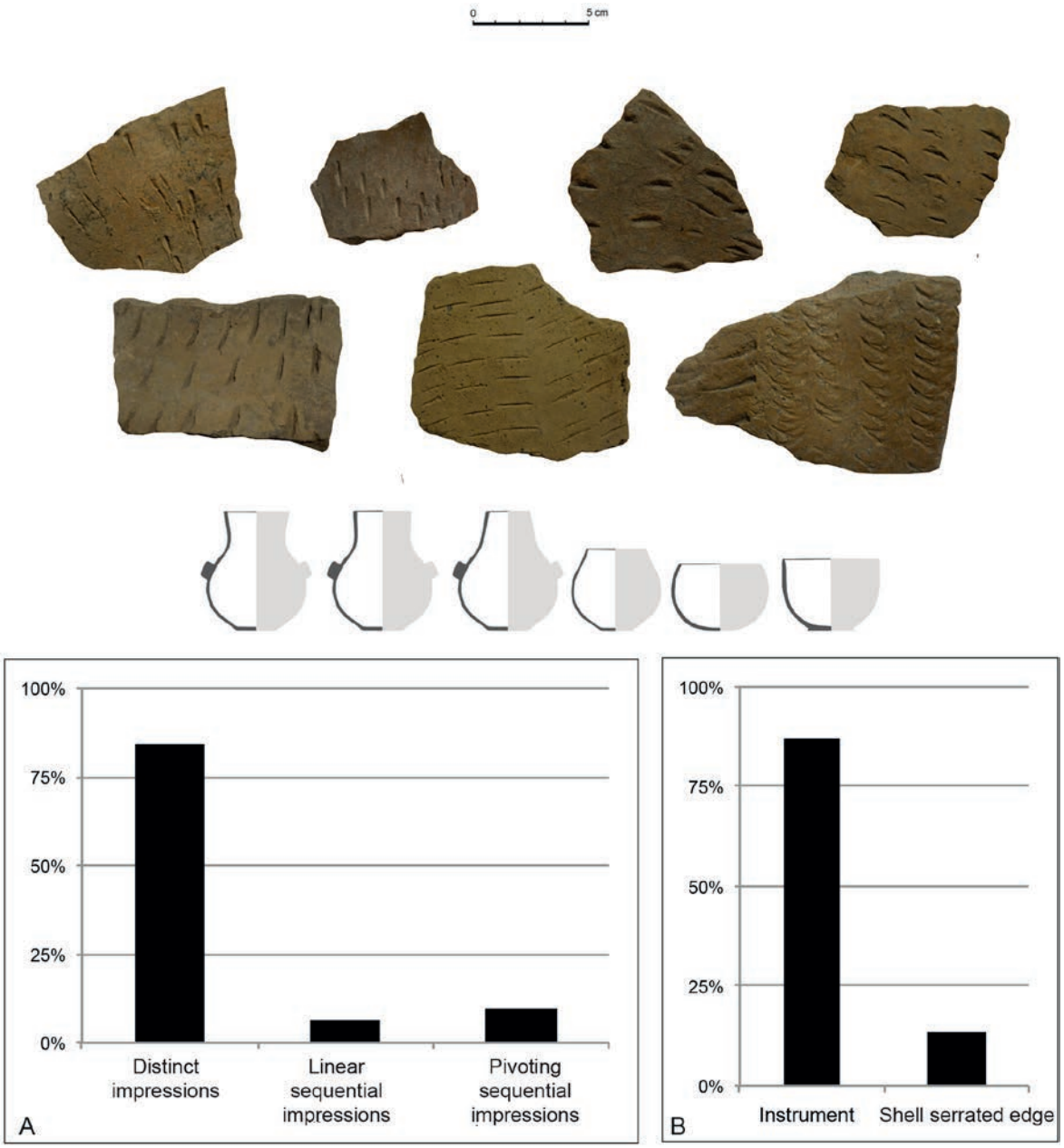


Fig. 7 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Trasano I (Matera, Basilicata). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for impressed decoration on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Angeli, 2012.

Fig. 7 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Trasano I (Matera, Basilicate). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors imprimés sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Angeli, 2012.*

sequence of the eastern sector B (Guilaine *et al.*, 2018 and 2019). In addition, in order to remain within the defined chronological range, only phases Trasano I and Trasano II will be presented. Trasano I yielded a corpus of 1,623 fragments, including 561 decorated fragments. Most of the decorations (fig. 7 and SD-4) are impressed on wet clay (99%) and very rarely engraved (fine line) on dry clay (1%). Among the impressions on wet clay, distinct impressions made with an indeterminate instrument are predominant (84%), followed by several sequential pivoting impressions '*rocker*' (10%) and sequential linear impressions '*sequenza*' (6%). The structure of the decoration is covering, non-syntactic and non-zoned.

Trasano II presents 3,980 fragments, of which about 27% are decorated. Most of the decorations (fig. 8 and SD-5) were made on wet clay (89%), but a significant portion of them (from the top of layer 2) were made on dry clay. On wet clay, impressed decorations are prevalent (81%) and are divided between distinct (69%) and sequential (31%) linear and pivoting impressions, which are increasingly used. Among the matrices used for the distinct impression decorations, indeterminate instruments are predominant, followed by shells with smooth

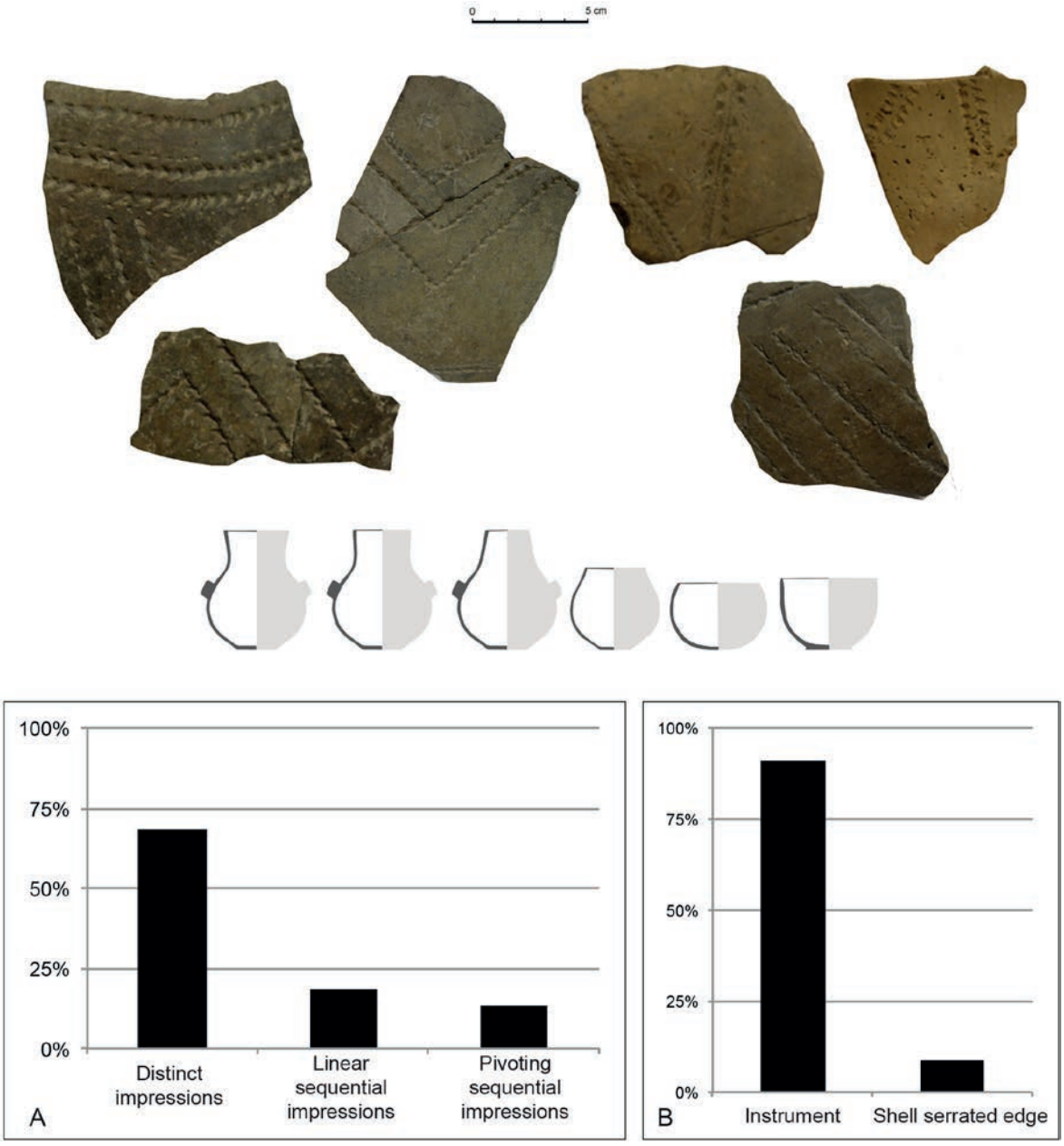


Fig. 8 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Trasano II (Matera, Basilicata). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Guilaine *et al.*, 2019.

Fig. 8 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Trasano II (Matera, Basilicate). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions distinctes sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Guilaine* et al.*, 2019.*

or serrated edges. In the category of decorations on wet clay, we also note a small portion of incisions. Finally, on dry clay, we find fine line engravings and very occasionally paint. It is thus important to underline the very diversified nature of the decorative processes. From here onwards, the overall structure of the decoration is non-zoned (66 %) and horizontally zoned (34 %).

Ripatetta (Lucera, Apulia) excavated by Carlo Tozzi (Tozzi, 2001 and 2002; Colombo and Tozzi, 2017) was subdivided into different sectors. Only the data from zone A, where an *in situ* stratigraphy was conserved, are analysed here. Phase I (RTI) yielded a pottery assemblage of 3,292 fragments, including 2,253 decorated fragments. Decoration (fig. 9 and SD-6) on wet clay is predominant (97 %) and consists mainly of impressions (94 %) and very rarely of incisions (3 %). Among the impressed decorations, distinct impressions are dominant (97 %), made with a non-determined instrument (77 %), a shell with a serrated edge (13 %) or fingers (11 %). Linear or pivoting sequential impressions are very rare (3 % of the impressed decorations). On dry clay (3 %), we observe coloured and engraved decorations (*microrocker* and *graffito largo*). The overall structure of the decoration is mainly non-zoned non-syntactic (97 %). Zoned decorations are

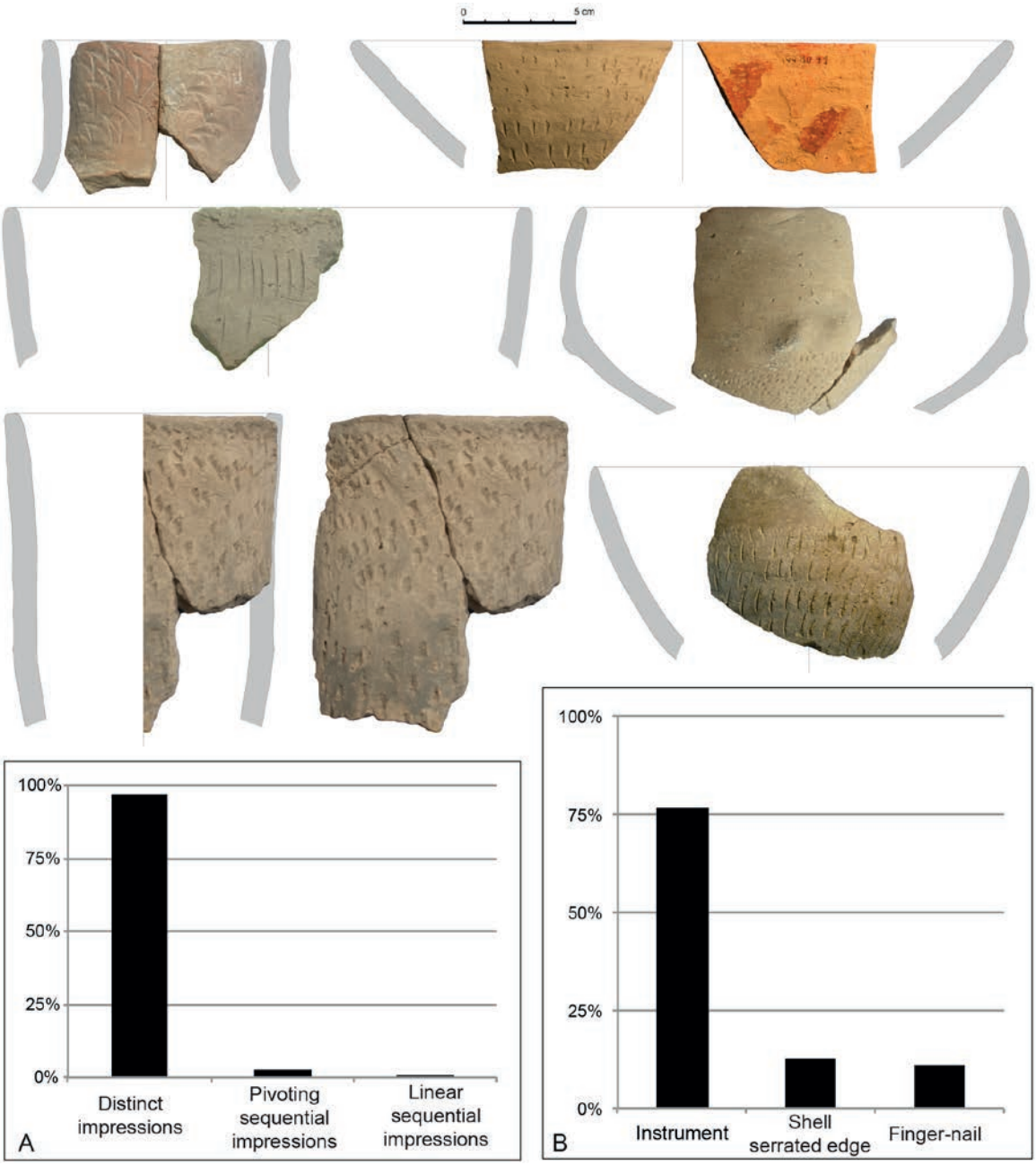


Fig. 9 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Ripatetta I (Lucera, Apulia). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Colombo and Tozzi, 2017.

Fig. 9 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Ripatetta I (Lucera, Pouilles). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions distinctes sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Colombo et Tozzi, 2017.*

restricted to decorations on dry clay (*rocker*, addition of coloured material and *graffito*). Phase II (RTII) comprised 3,928 fragments, of which 2,314 are decorated. Decorations (fig. 10 and SD-7) on wet clay are predominant (89 %) but in decline in relation to the previous phase (impressions (86 %) decrease whereas incisions are constant). Distinct impressions are still predominant (89 %), made with a non-determined instrument (83 %), whereas the use of shells with serrated edges (9 %) and the finger (8 %) diminishes. Linear or pivoting sequential impressions increase (11 %). The same is true of decorations on dry clay (10 %), which take the form of painted decorations with red or brown bands.

In order to attain an overall vision of the decorative attributes of the pottery in this set of sites and to go beyond the simple, merely descriptive statistics mentioned above, we carried out a multivariate analysis (FCA). The contingency table required the simplification of the descriptive criteria due to problems related to the non-harmonisation of descriptive and quantitative methods. Only the decorative processes were considered: distinct digital-nail impression, distinct impression with an instrument, distinct

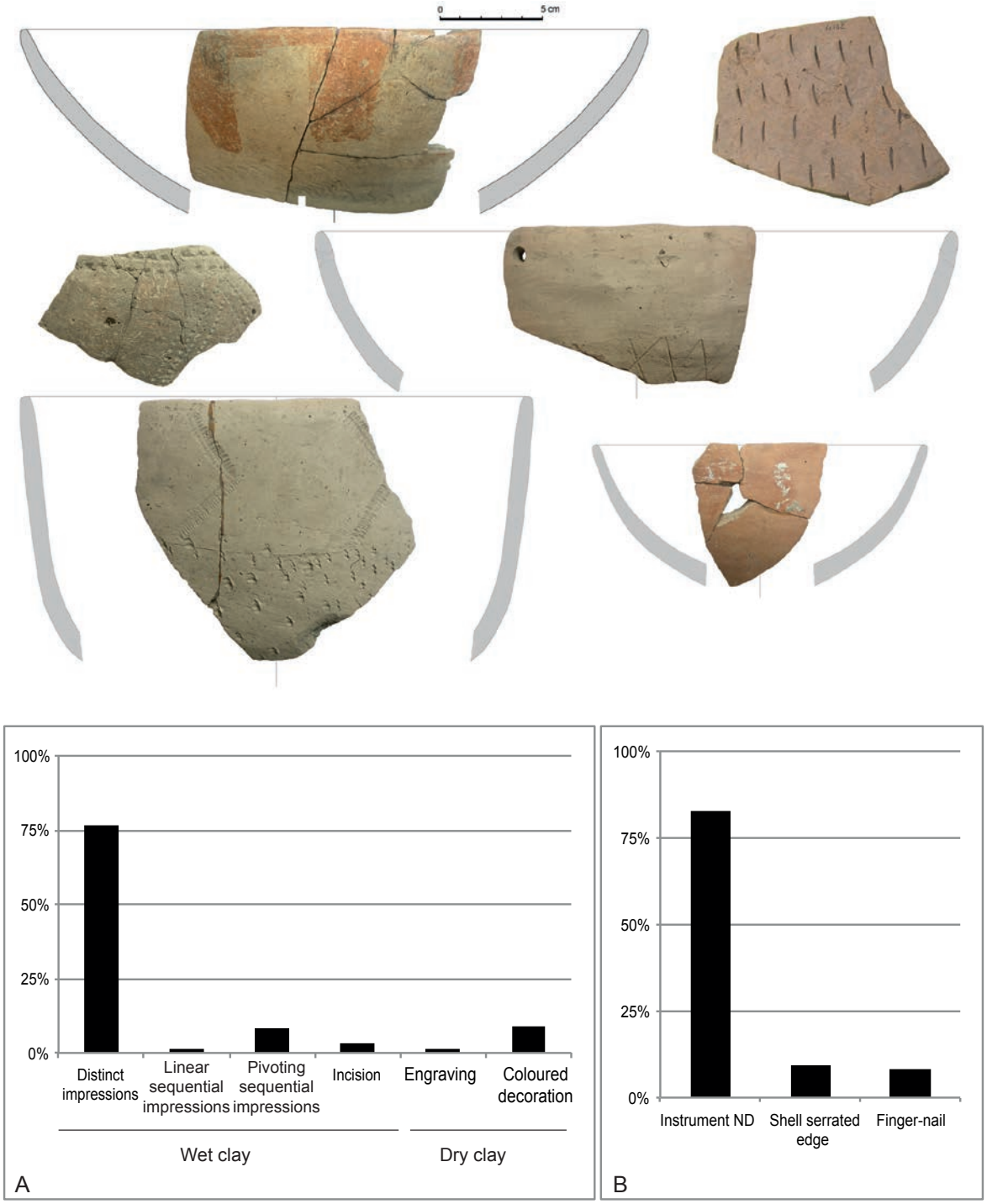


Fig. 10 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Ripatetta II (Lucera, Apulia). A: the different types of decorative processes on wet and dry clay; B: the different type of tools used for simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Colombo and Tozzi, 2017.

Fig. 10 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Ripatetta II (Lucera, Pouilles). A : les différents types de procédés décoratifs sur pâte humide et sèche ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions distinctes sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Colombo et Tozzi, 2017.*

impression with a shell with a serrated edge, linear sequential impression with an instrument, pivoting sequential impression with a shell, pivoting sequential impression *microrocker* type, incision, modelling, engraving, application of coloured material. We first of all note (fig. 11 and SD-8) a good representation of the dataset on the first two factorial axes (83 % expressed variability). The first factor, F1, recruits 60 % variance and receives the contribution of distinct digital-nail impressions (41 %) and linear sequential impressions with an instrument (24 %). The second factor, F2, recruits 22 % inertia. The projection of specimens and variables on factorial designs 1 and 2

shows a double parabola organisation (Guttman effect), a priori characteristic of ordered series. The diverse sets are distributed according to their stratigraphic order which enables us to propose a chronological significance for the first factorial axis. The earliest assemblages (F-Favella and FA-Fondo Azzollini) are mainly characterized by distinct impressions on wet clay using fingers and shells. Torre Sabea (T), Trasano I (TI) and Ripatetta I (RTI) – which contribute more to axis 2 – form a second coherent set, structured around distinct impressions on wet clay using an indeterminate instrument. We note that in this chronological structuration, the position of Ripatetta I, attributed to the evolved *Impressa* phase (Guadone phase), on the basis of its decorative style, is coherent with data from the absolute chronology which are partly mixed up with the archaic *Impressa* phase (Binder *et al.*, 2017), represented here by Torre Sabea and Trasano I. The position of Ripatetta II is determined by the increase in painted decoration which is the distinctive element of the recent phase of local impressed pottery. Finally, Trasano II (TII) is very different from the two preceding assemblages, mainly due to decorations on wet clay consisting of linear sequential impressions made with an indeterminate instrument (*sequenza*) and decorations on dry clay (*graffito a linea fine*). In general, Ripatetta II and Trasano II indicate the emergence or the development of decorative forms which become markers of regional evolution: painted decoration in Northern Apulia and engraved decoration in Salento and Materane. This first attempt based solely on decorative processes should be backed up by taking into consideration the general structure of decoration on vessels. But it presents the advantage of objectifying data and setting several

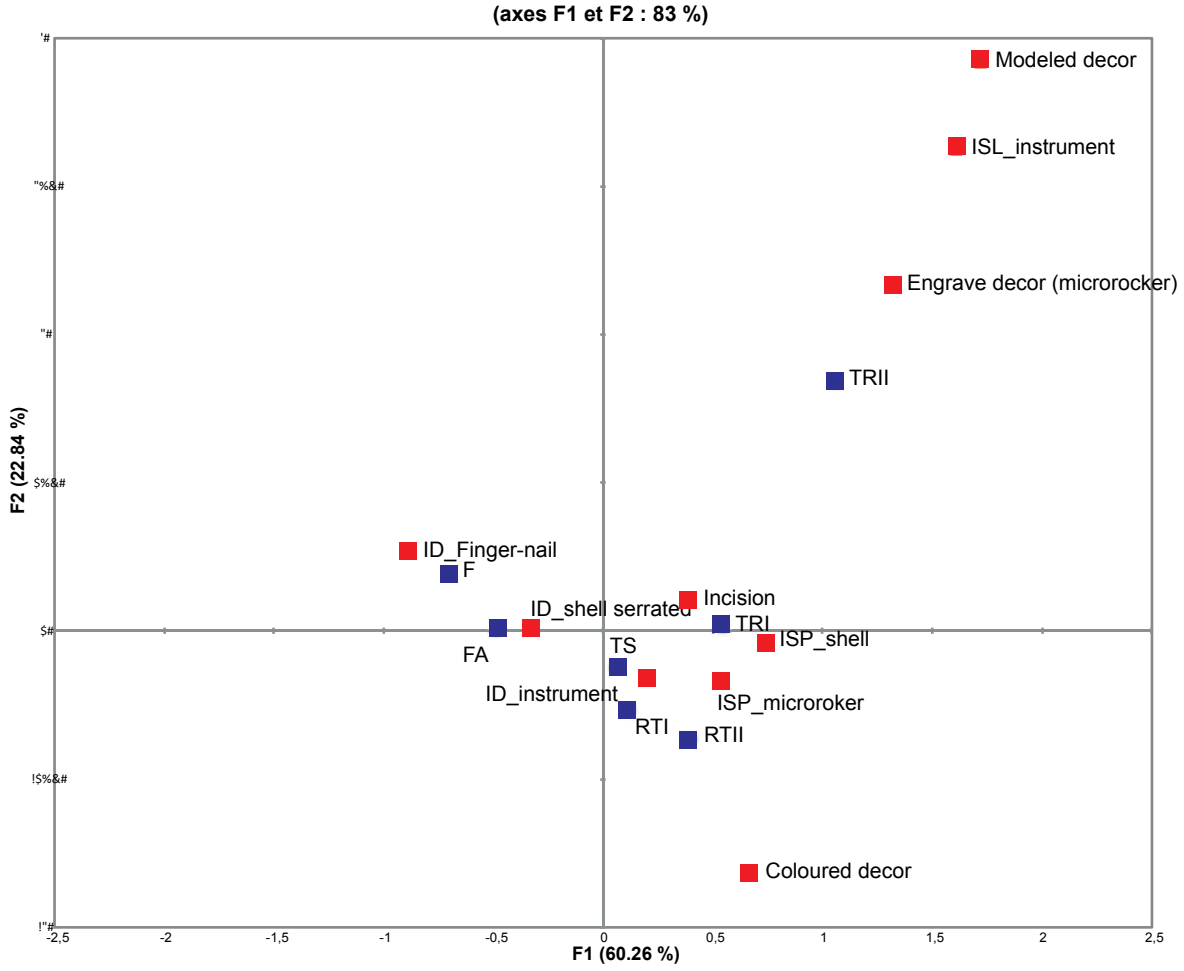


Fig. 11 – Correspondence analysis (CA) based on the counts (number of sherds) of the main ceramic decorative processes of the sites from Southern Italy. The projection of individuals and variables on factorial designs 1 and 2 is organized according to a double parabola (Guttman effect), characteristic of the ordered series a priori. The various sets are distributed in stratigraphic order thus making it possible to propose a chronological significance for the first factorial axis. ID: simple impression; ISL: linear sequential impression; ISP: pivoting sequential impression. The quantitative data are available in the supplementary data.

***Fig. 11** – Analyse factorielle des correspondances (AFC) fondée sur le décompte en nombre de restes des principaux procédés décoratifs des céramiques des gisements d'Italie du Sud. La projection des individus et des variables sur les plans factoriels 1 et 2 s'organise selon une double parabole (effet Guttman), caractéristique des séries ordonnées a priori. Les divers ensembles s'y distribuent en respectant l'ordre chronologique ou stratigraphique, permettant ainsi de proposer une signification chronologique au premier axe factoriel. ID : impression distincte ; ISL : impression séquentielles linéaire ; ISP : impression séquentielle pivotante. Les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires.*

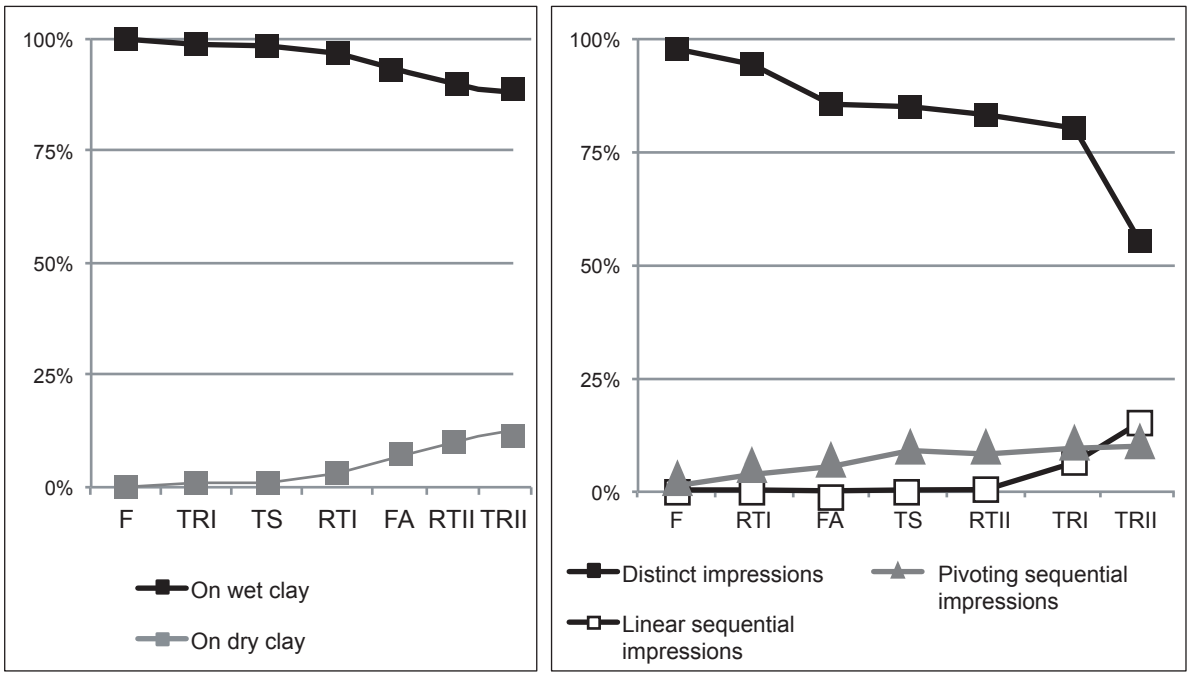


Fig. 12 – Simplified distribution of the main ceramic decorative processes of the sites from Southern Italy illustrating the shared patterns and the minority decorative processes distinguishing each assemblage.

Fig. 12 – *Distribution simplifiée des principaux procédés décoratifs des céramiques Impressa d'Italie du Sud illustrant les éléments partagés et les éléments plus minoritaires distinguant chaque assemblage.*

benchmarks. If we observe the distribution of these decorative processes in more detail, we observe that certain criteria are common to all sites (fig. 12). In other words, we can postulate that these very predominant characters in all the series correspond to the collective signature of communities. These are, in particular, distinct impressions on wet clay (> 80% except at Trasano II) and the non-zoned architecture of the decoration. In addition, the diversity of the matrices used for impressed decorations could be linked to regional styles. Conversely, other characters are very marginal in all the series and embody the individuality of assemblages in relation to each other. These are, in particular, linear or pivoting sequential impressions (*sequenza* and *rocker*) or decorations on dry clay (engraving or coloured matter). This presents a major problem in the interpretation of decoration systems which corresponds to our incapacity to distinguish between individual, functional or collective signatures. The minority elements represented here by zoned architectures, decorations on dry clay (engraving and painting) and sequential impressions can be interpreted in terms of exchanges, transfers between groups of consumers and producers, but may also signify a functional specificity of the vessels. In this way, we can consider that these 'exceptional' decorations are related to the added value of the vessel and/or its contents, and are indirect markers of still unknown social realities. Of course, the chronological factor can also be cited to explain the emergence of these new decorative styles, namely for the painting and engraving observed at Trasano II. Regardless, it appears to be fitting to question the pertinence of the use of these minority decorations to assess large-scale settlement dynamics…

Decorative *Impressa* styles of Central Adriatic Italy

First of all, it is important to underline that quantitatively significant and correctly contextualised corpuses are very rare between 5900-5600 cal. BCE in this region. Only the site of Colle Santo Stefano (Ortucchio, Abruzzes), excavated between 1988-1993 and 1997-2006 by Giovanna Radi (Angeli *et al.*, 2019), yielded sufficient data for proposing to interpret the pottery as a secondary diffusion from communities from the Tavoliere (Guadone facies) towards the Abruzzes. Indeed, numerous decorative traits provide evidence of affiliations with the Guadone facies: *protome*, *sequenza*, *rocker*, serrated shell edge impressions, etc. Colle Santo Stefano is subdivided into two phases – CSSI and CSSII (Angeli *et al.*, 2019). No difference is perceptible between these two phases in terms of the morpho-functional categories of vases. The decorative system of CSSI vases (fig. 13 and SD-9) is mainly based on a non-zoned non-syntactic structure and on the distinct impression of non-determined instruments on wet clay. Sequential impression is also used (16% of the impressed decorations). Incised (3%), modelled and coloured decorations (less than 1% respectively) are very rare. These trends do not change in the CSSII phase. But we observe, on the other hand, a decrease in the decoration of vessels (from 20% to 10% of decorated vessels), a diminution of the southern Guadone component and the appearance of specific (exogenous?) decorative styles, including marginal negative painted decoration (fig. 14 and SD-10).

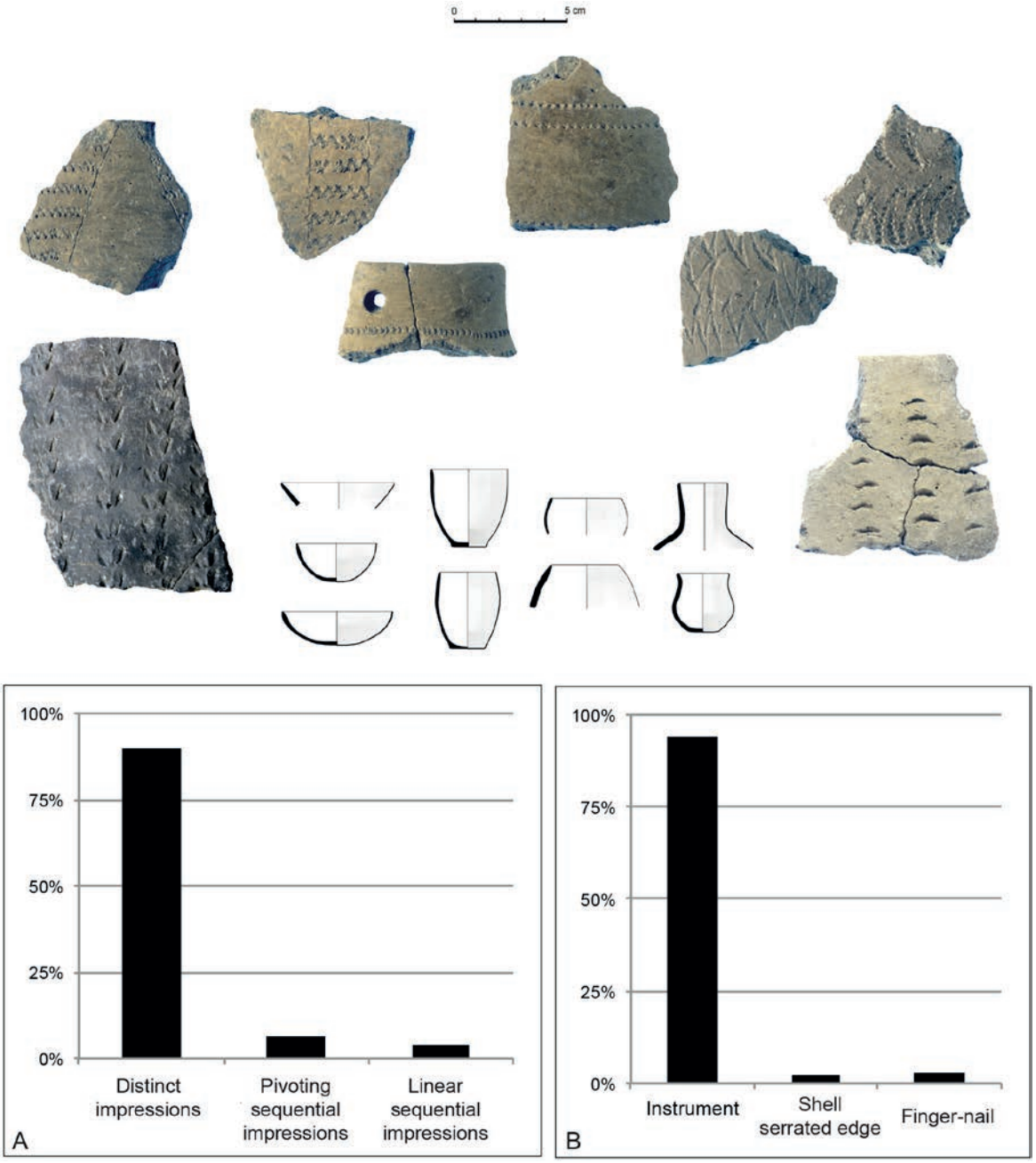


Fig. 13 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Colle Santo Stefano I (Ortucchio, Abruzzo). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Angeli *et al.*, 2019.

Fig. 13 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Colle Santo Stefano I (Ortucchio, Abruzzes). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions distinctes sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Angeli* et al.*, 2019.*

The data from this site were added to the previous contingency table processed with a new FCA (fig. 15 and SD-11). We observe a good representation of the dataset of the first two factorial axes which expresses 75% of the total variance. The first factor, F1, displays 61% of the variance and receives, on the one hand, the contribution of digital-nail distinct impressions (58%) and shell distinct impressions (10%) and, on the other hand, linear sequential impressions with an instrument (12%) and distinct impressions with an instrument (11%). We can thus emphasise an opposition between decorations made with instruments and decorations made with a shell or the finger. The second factor, F2, displays 17% inertia. The results are more difficult to interpret, as the two phases of Colle Santo Stefano are not significantly different from each other or from the other sites (it is important to specify that they only contribute in a very marginal way to the structure of the FCA). This can be explained by the fact that the criteria used to establish this contingency table were chosen in accordance with the characteristics of the pottery from the South of

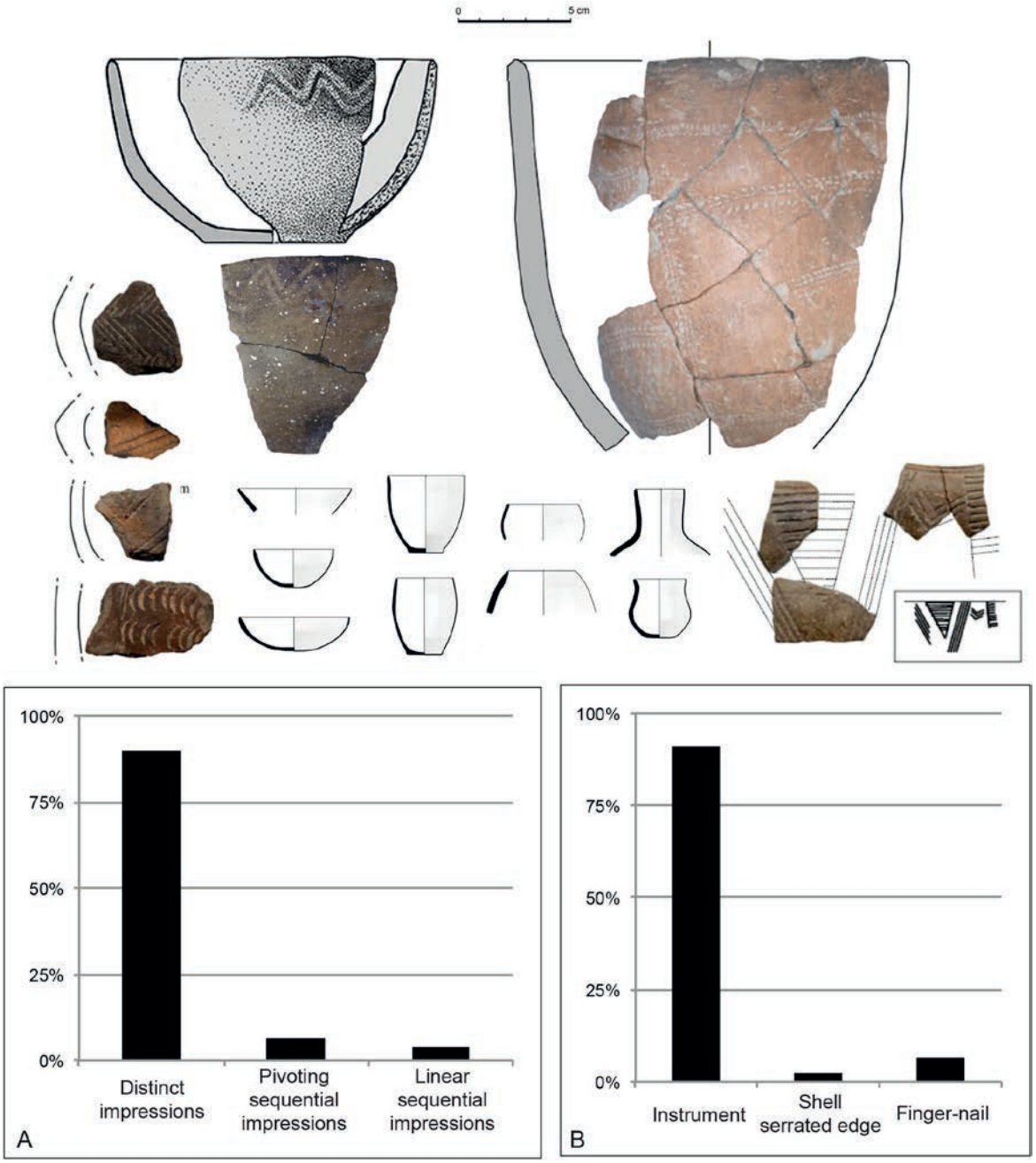


Fig. 14 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Colle Santo Stefano II (Ortucchio, Abruzzo). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Angeli *et al.*, 2019.

Fig. 14 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Colle Santo Stefano II (Ortucchio, Abruzzes). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions distinctes sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Angeli* et al.*, 2019.*

Italy, for which decoration plays a very important role in the pottery system and probably in the '*chaîne opératoire*': nearly 70% of the vessels are decorated at Torre Sabea, Favella and Ripatetta and less than 20% and 10% at CSSI and CSSII. Nonetheless, we note that both the CSSI and CSSII assemblages present stylistic parallels with the dataset from Ripatetta I and Trasano I, based on the criteria used here. But these data are not sufficient for assessing stylistic links with Southern Italy.

Decorative *Impressa* styles in the Northwestern Mediterranean

As previously mentioned, *Impressa* impacts in the Northwestern Mediterranean occur very early on, in relation to the new chronometric framework and considering the distance separating them from Southern Italy. In the chronological period of interest here, the question of cultural affiliations can be assessed for five sites.

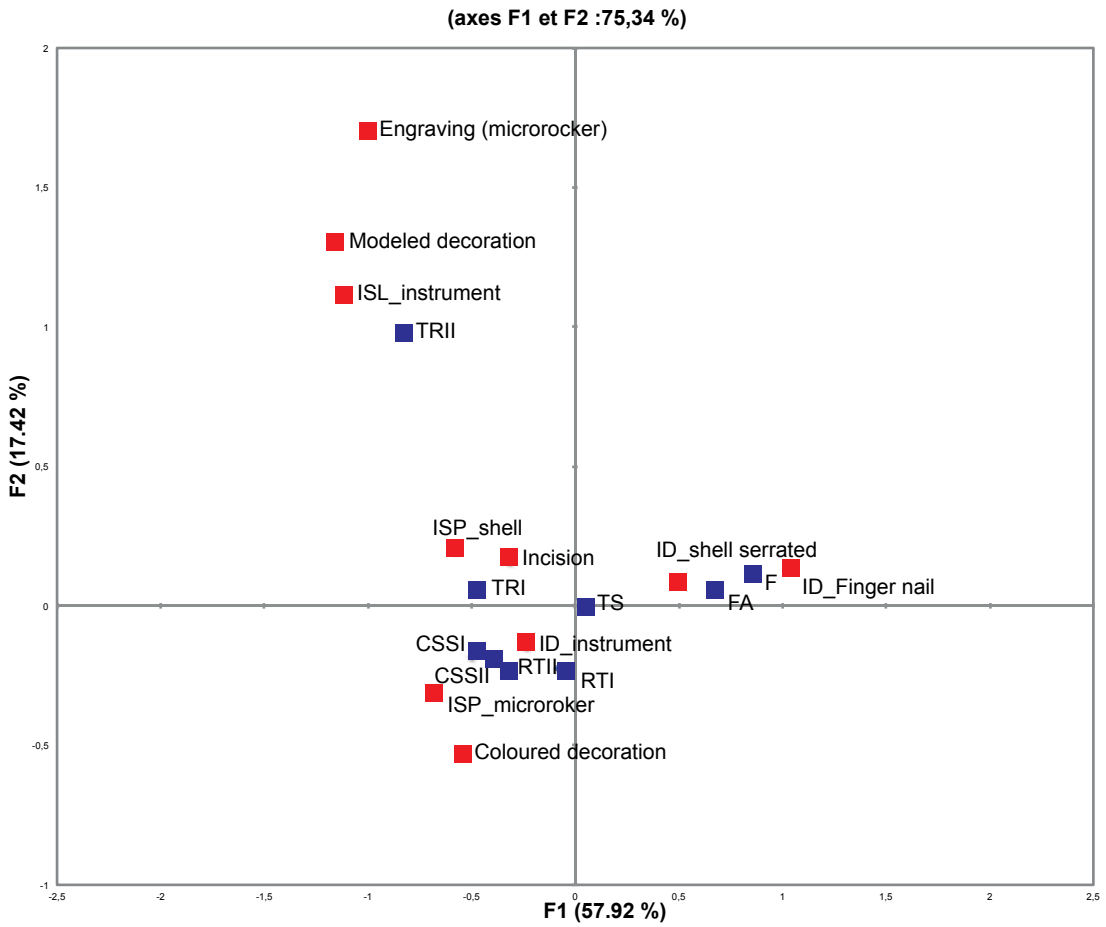


Fig. 15 – Correspondence analysis (CA) based on the counts (number of sherds) of the main ceramic decorative processes of the sites from Southern Italy and Central Adriatic Italy. Colle Santo Stefano assemblages have been considered as supplementary individuals in order to observe their situation in relation to those of Southern Italy. ID: simple impression; ISL: linear sequential impression; ISP: pivoting sequential impression. The quantitative data are available in the supplementary data.

Fig. 15 – *Analyse factorielle des correspondances (AFC) basée sur le décompte en nombre de restes des principaux procédés décoratifs des céramiques des gisements d'Italie du Sud et de l'Italie centrale adriatique. Les deux horizons de Colle Santo Stefano ont été placés en individus supplémentaires afin d'observer leur disposition par rapport aux ensembles de l'Italie du Sud. ID : impression distincte ; ISL : impression séquentielles linéaire ; ISP : impression séquentielle pivotante. Les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires.*

The site of Le Secche on the island of Giglio (Tuscany) does not provide the required contextual qualities. Indeed, the pottery from this site was merely collected without an excavation (Brandaglia, 1991). Nonetheless, this is the only site liable to be dated to 5900-5600 BCE in the Tyrrhenian zone with a significant pottery corpus for which we have direct data. For this reason, we retained it here in spite of the fact that we cannot be totally sure of the homogeneity of the corpus. The analysis of the 706 decorated fragments shows that the structuration of the decoration is covering, non-zoned non-syntactic, but also zoned in bands and panels. Decoration (fig. 16 and SD-12) is exclusively carried out on wet clay and mostly by impression (97 %). The vast majority of the impressed decorations are distinct impressions (97 %) made with a shell with a serrated edge (88 %), or an indeterminate instrument (6 %), or fingers (6 %). Linear sequential impressions are very rare (3 % of impressed decorations).

At Arene Candide, recent fieldwork directed by Roberto Maggi, Stefano Rossi and Chiara Panelli enabled us to totally revise the *Impresso-Cardial* stratigraphic sequence and to propose a temporal and cultural periodisation divided into different horizons (Panelli, 2019). The pottery corpus from the lower horizon AC1A includes 46 vases, of which 31 are decorated (236 fragments, of which 140 are decorated). The structure of the decoration is mainly covering, non-zoned syntactic. Decoration (fig. 17 and SD-13) is only carried out on wet clay and predominantly by linear sequential impressions (shell or instrument; 18 specimens; 82 % of decorated fragments) and distinct impressions (mainly shell; 12 specimens; 18 % of decorated fragments). In this latter case, the overall structure of the decoration is horizontally zoned.

At Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes), a stratified rock shelter excavated by Didier Binder, in-depth work on the decoration system of vessels combined with

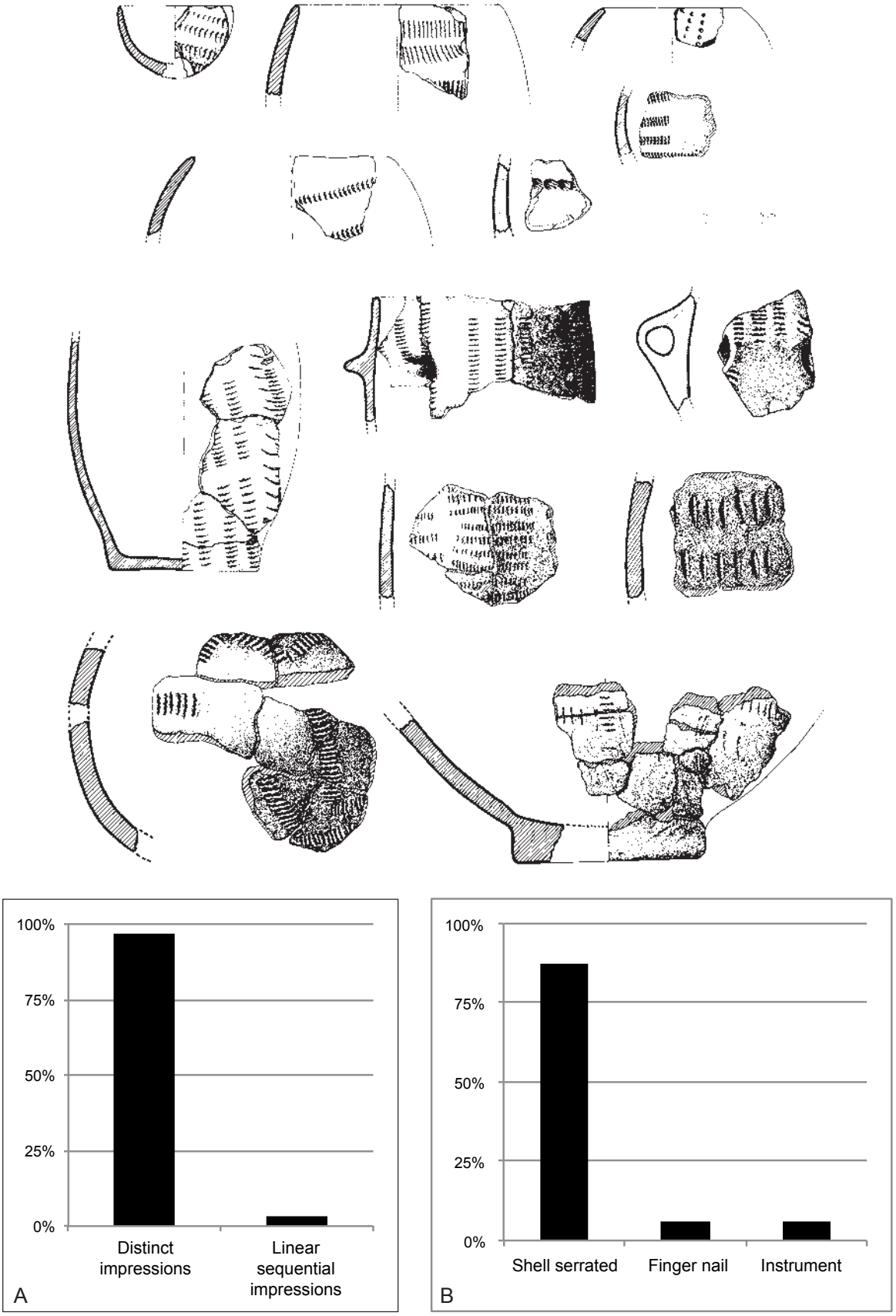


Fig. 16 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Le Secche (Giglio, Tuscany). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Brandaglia, 1991 and pers. obs.

Fig. 16 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Le Secche (Giglio, Toscane). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions distinctes sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Brandaglia, 1991 et obs. pers.*

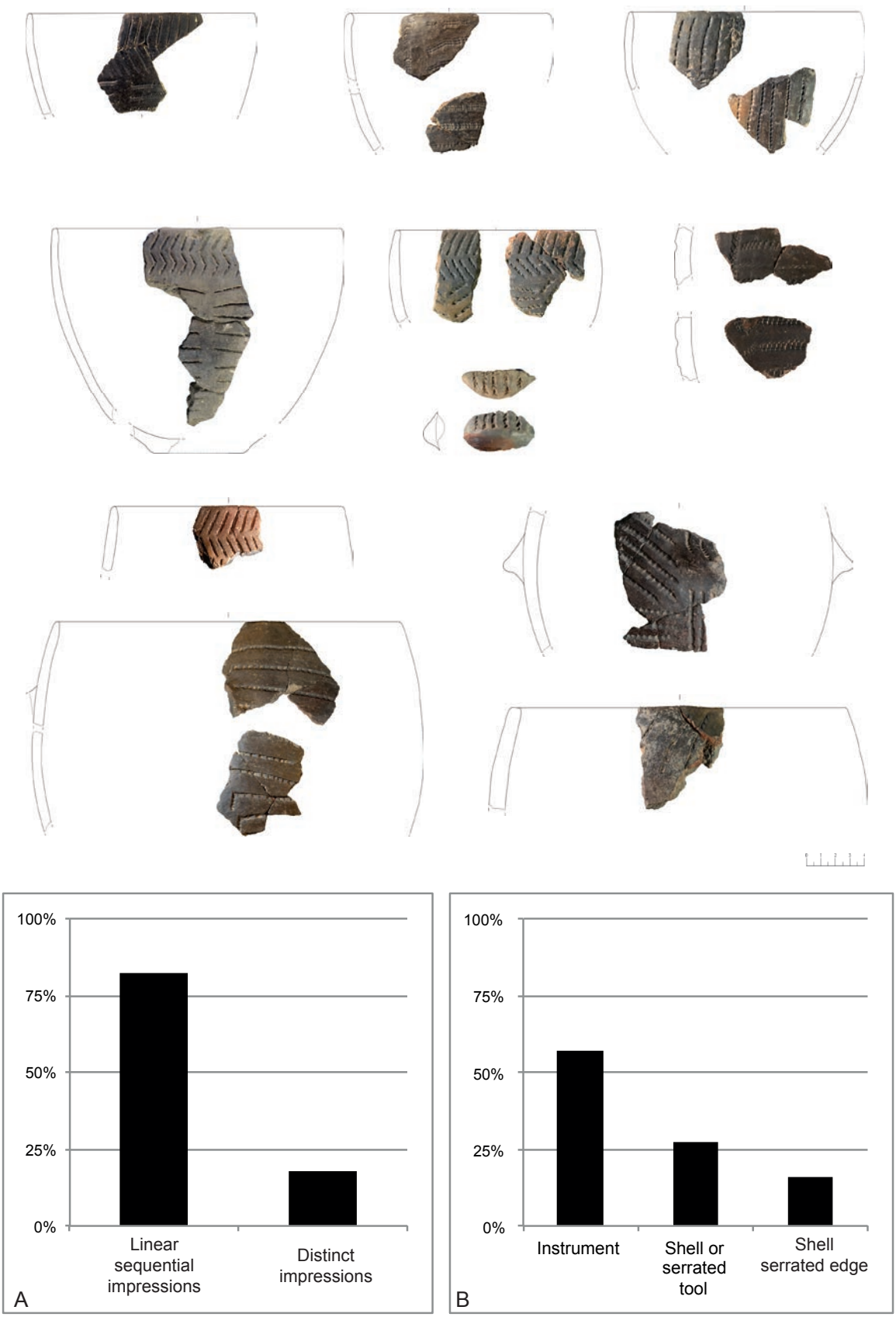
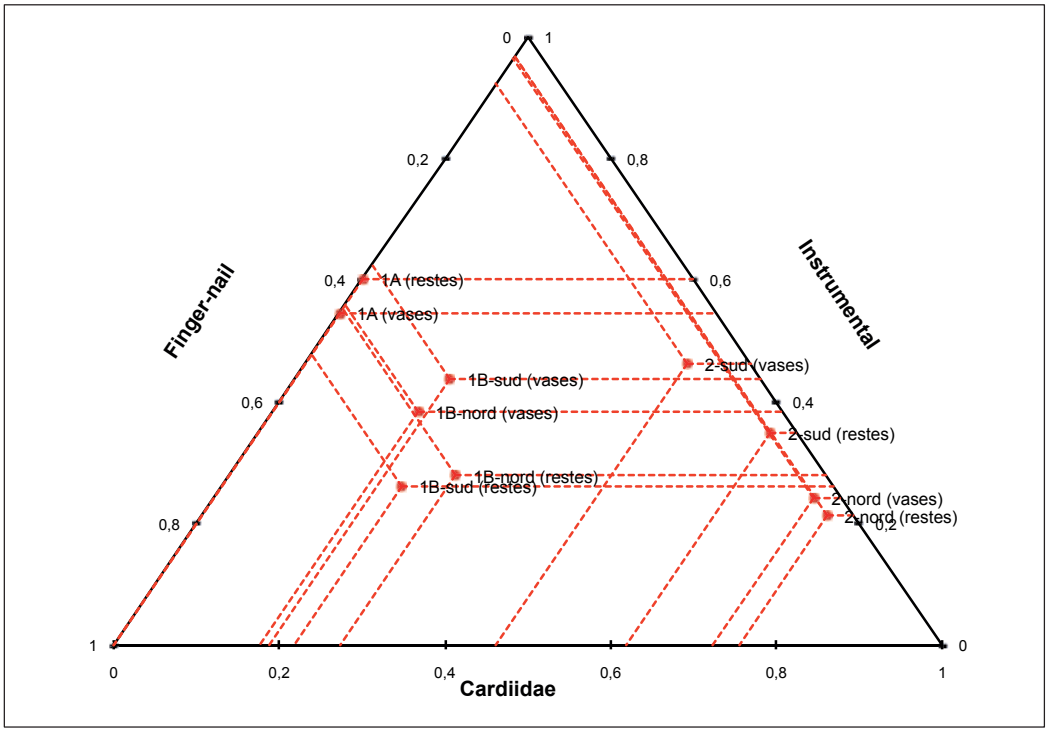


Fig. 17 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Arene Candide – level AC1A (Finale Ligure, Liguria). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for simple impressions on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Panelli, 2019.

Fig. 17 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique des Arene Candide – horizon AC1A (Finale Ligure, Ligurie). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions distinctes sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Panelli, 2019.*



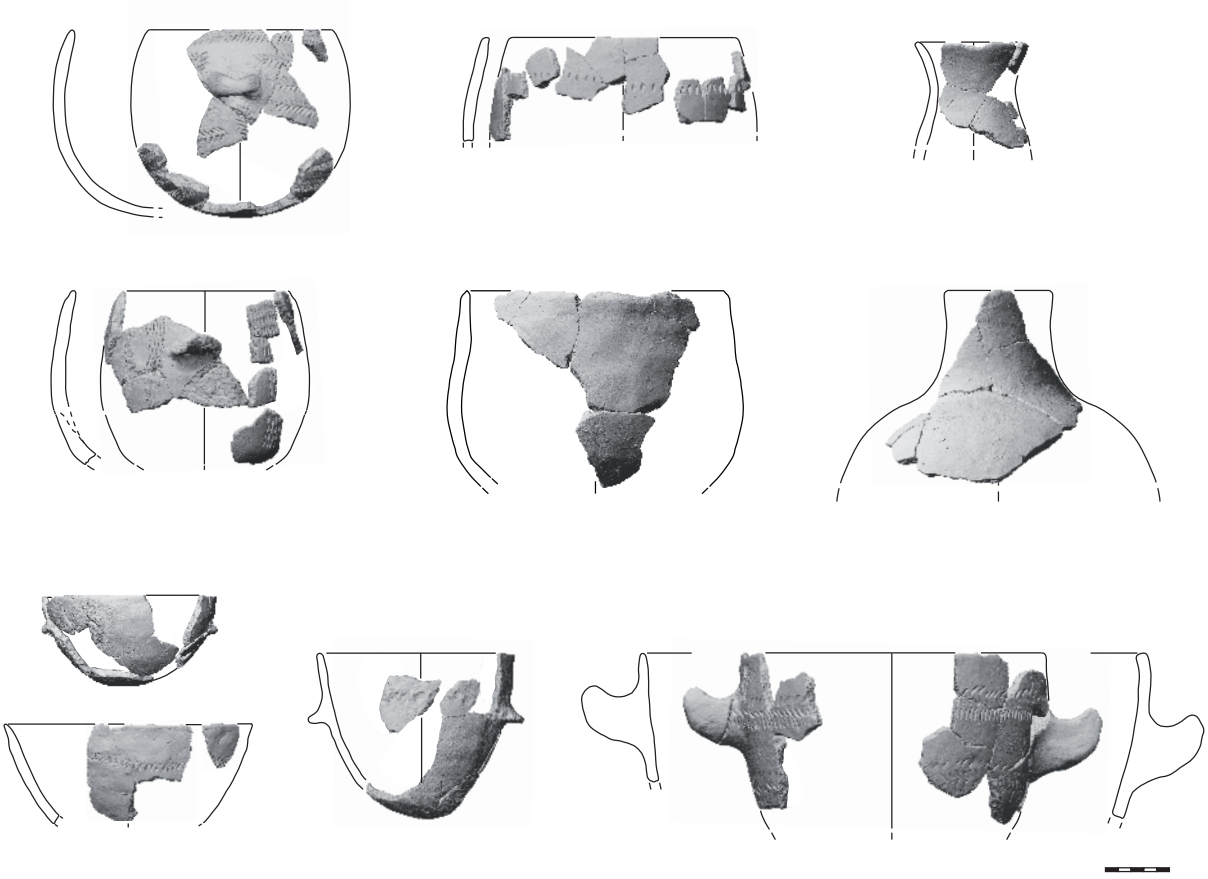


Fig. 18 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Pendimoun AP_1A (Castellar, Alpes-Maritimes). Ternary diagram of tools used for decoration per stratigraphic units.

Fig. 18 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique de Pendimoun AP_1A (Castellar, Alpes-Maritimes). Diagramme ternaire de la distribution des principales matrices utilisées pour la décoration en fonction des unités stratigraphiques.*

the chronostratigraphic data, enabled us to propose a three-stage seriation (fig. 18 and SD-14):

– AP_1A dated between 5720 and 5660 BCE; only present in the southern sector with a rather reduced number of vessels (19 specimens, including 11 decorated elements and isolated elements).
– AP_1B dated between 5650 and 5500 BCE; present in the southern (28 specimens and isolated elements) and northern sectors (66 specimens and isolated elements).
– AP_2A and 2B dated between 5480 and 5040/5020 BCE; in the southern (24 specimens and isolated elements) and northern sectors (49 specimens and isolated elements).

The differences in the decoration system are mainly identified on the basis of the types of matrices used for the impressions: digital-nail, instrument, *Cardiidae*. The AP1A stage yielded eleven decorated vessels, mostly with a decoration with a horizontal zoned structure. The decoration (fig. 18 and SD-15) is only made on wet clay by distinct impressions using an instrument or finger.

Several excavations were carried out at the site of Peiro Signado (Portiragnes, Hérault). The most recent, directed by François Briois (Briois and Manen, 2009), brought to light the remains of a domestic unit (house and adjacent pits). This site yielded a corpus of more than 3,000 fragments, 25% of which are decorated. Apart from very rare incrustations of colouring materials, decoration (fig. 19 and SD-15) was only carried out on wet clay by impressions (94%) and incision (6%). Among the impressed decorations, linear sequential impressions are predominant (78%) in relation to distinct impressions (16%). The matrices used consist of non-determined instruments (78%), shells with serrated edges or serrated instruments (20%) and fingers (2%). The general structure of decoration is covering non-zoned syntactic for linear sequential impressions and horizontally zoned for distinct impressions.

The site of Pont de Roque-Haute is an open-air site with different pits probably associated with a dwelling that no longer exists. The site was excavated by Jean Guilaine (Guilaine *et al.*, 2007), and contained a corpus of 566 fragments, 29% of which are decorated. This decoration (fig. 20 and SD-16) is only made on wet or leather-hard clay by distinct impressions (87%), linear sequential impressions (12%) and incisions (1%). The matrices used are non-determined instruments (54%), shells with serrated edges or serrated instruments (46%). The overall structure of decoration is mostly zoned in bands and panels, more rarely covering non-zoned non-syntactic.

We organised these data as a contingency table to describe their structure then to compare them to the dataset from Southern Italy. The FCA (fig. 21 and SD-17) for the Northwestern Mediterranean sites provides a good representation of the dataset on the first two factorial axes (89% expressed variability). The first factor, F1, recruits 57% of the variance and receives the contribution, on the one hand, of shell distinct impressions (30%) and distinct impressions with an instrument (10%) and, on the other hand, of linear sequential impressions with an instrument (46%). The second factor, F2, expressed 33% inertia. This analysis highlights a division between AC1A-PS on one hand and PRH-LS-AP1A on the other (the corpus from Le Secche is positioned as a supplementary data due to its low contextual reliability, which does not change the results). This division is constructed by the opposition on axis 1 between linear sequential impressions on one hand and distinct impressions on the other; the sets LS-PRH and AP1A are differentiated by the type of matrix used (respectively shell with serrated edges and instruments/fingers). This bipartition could not be integrated in quantitative terms, but we can nonetheless underline that it is also perceptible in terms of the architecture of the decorations, separating the non-zoned syntactic decorations of PS-AC1A from the non-zoned non-syntactic and zoned decorations of LS-PRH-AP1A. We must however emphasise that for the AC1A-PS group, distinct impression decorations also present a zoned organisation. This FCA does not enable us to discuss the chronological organisation of these styles; it simply expresses the partitions mentioned above.

In sum, our analysis of the shared characters of Northwestern Mediterranean *Impressa* styles (fig. 22 and SD-18), shows that decoration is systematically carried out on wet clay by impression (95% of decorations are impressed). The distinctive characters are found in the general structure of the decoration and the decorative processes used: distinct impressions (ID) on one hand and linear sequential impressions (ISL) on the other.

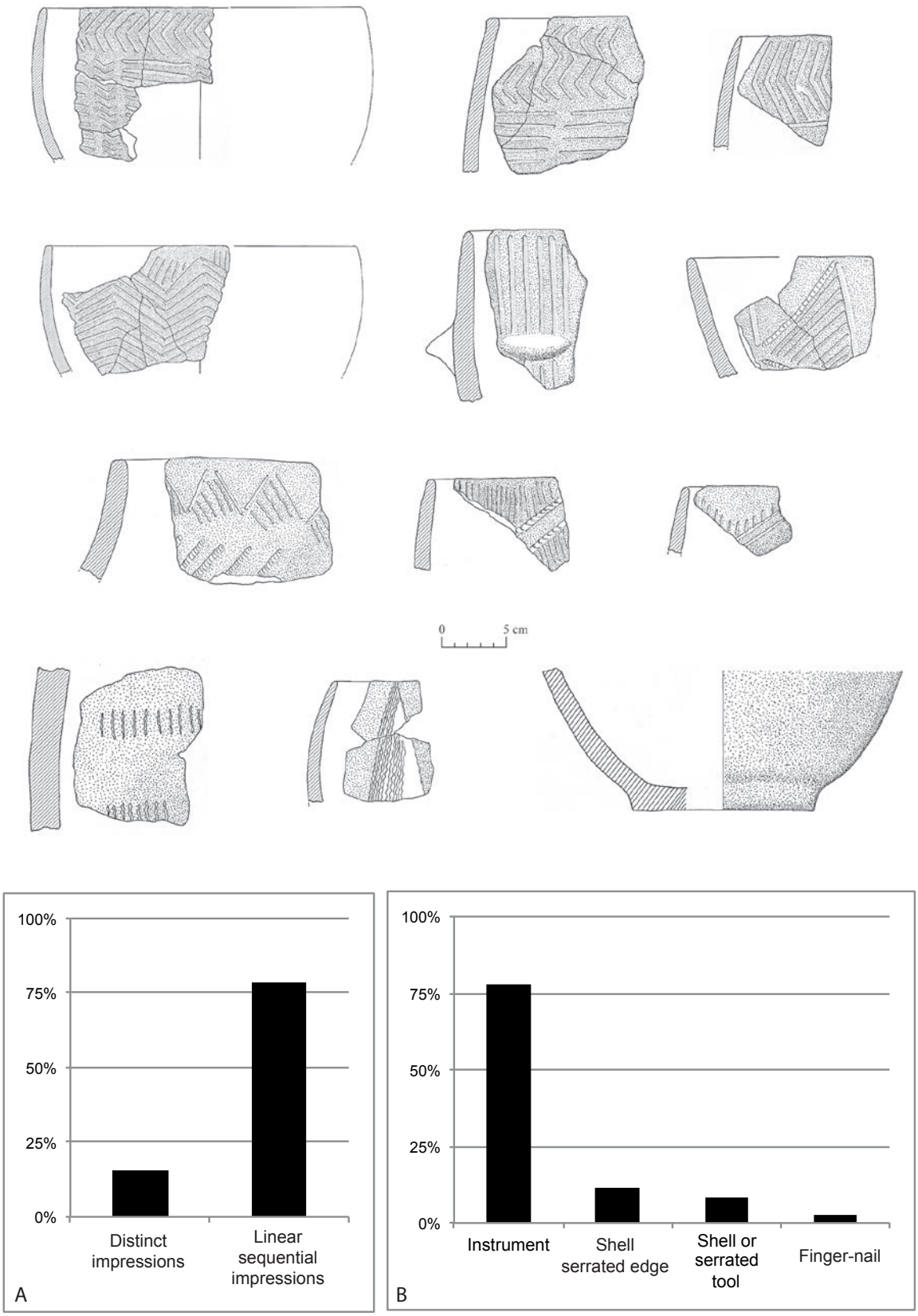


Fig. 19 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Peiro Signado (Portiragnes, Hérault). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for impressed decoration on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Manen, 2002.

Fig. 19 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique Peiro Signado (Portiragnes, Hérault). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors d'impressions sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Manen, 2002.*

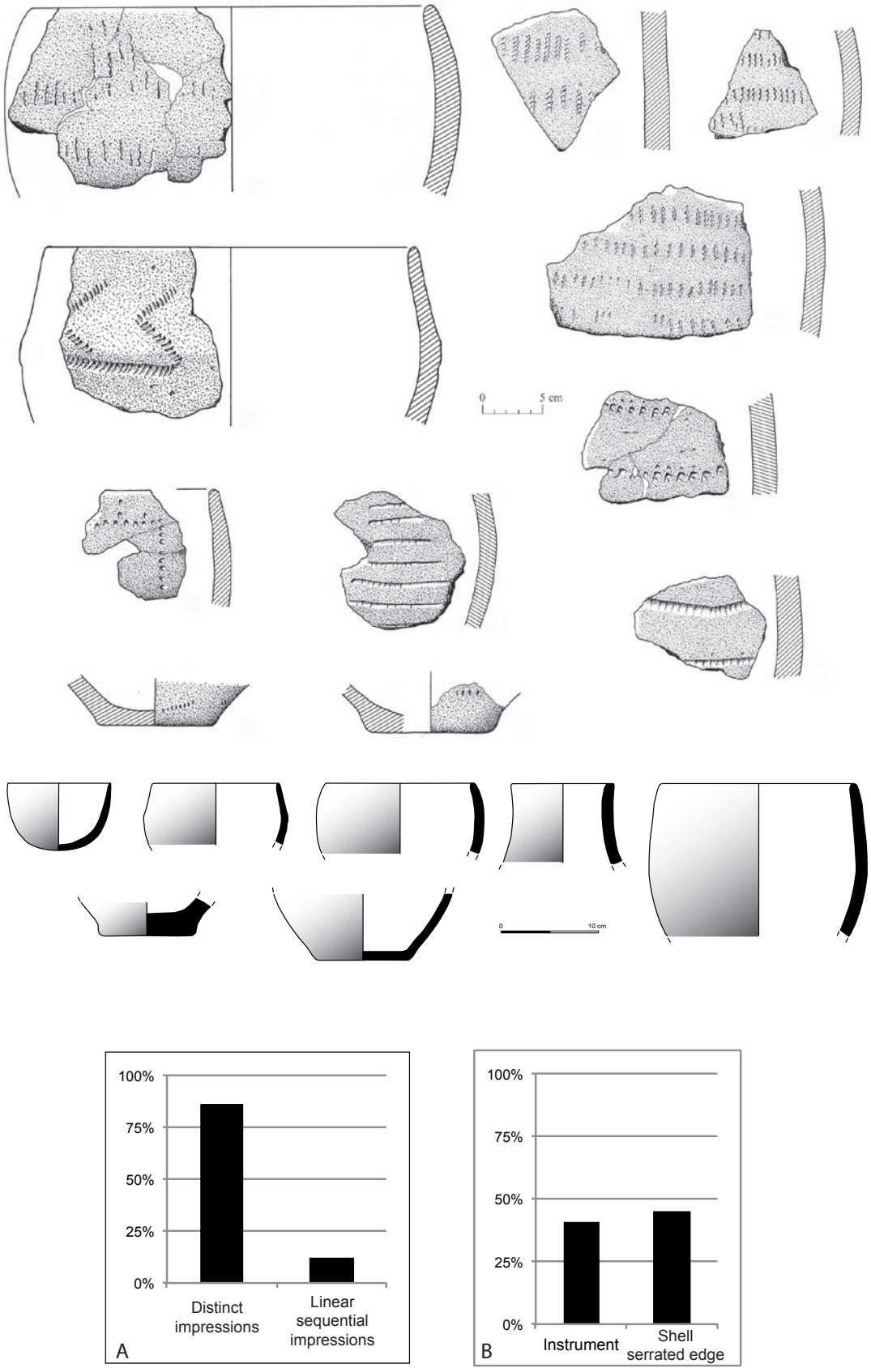


Fig. 20 – Main characteristics of ceramic decorative styles of the pottery of Pont de Roque-Haute (Portiragnes, Hérault). A: the different types of impression on wet clay; B: the different types of tools used for impressed decoration on wet clay (the quantitative data are available in the supplementary data). After Manen, 2007.

Fig. 20 – *Résumé des principales caractéristiques des styles décoratifs de la céramique Pont de Roque-Haute (Portiragnes, Hérault). A : les différents types d'impressions sur pâte humide ; B : les différentes matrices utilisées pour les décors imprimés sur pâte humide (les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires). D'après Manen, 2007.*

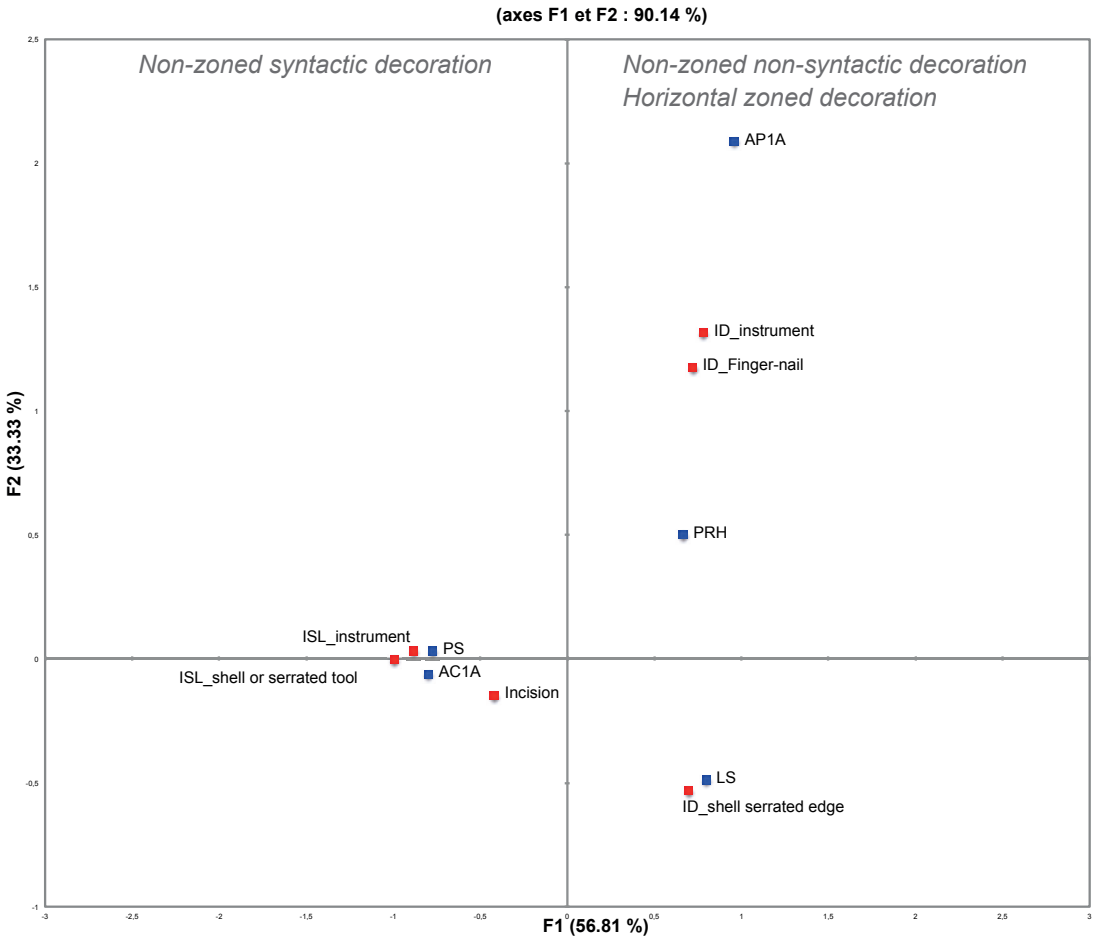


Fig. 21 – Correspondence analysis (CA) based on the counts (number of sherds) of the main ceramic decorative processes of the sites from the North-Western Mediterranean. ID: simple impression; ISL: linear sequential impression. The quantitative data are available in the supplementary data.

Fig. 21 – *Analyse factorielle des correspondances (AFC) basée sur le décompte en nombre de restes des principaux procédés décoratifs des céramiques des gisements du Nord-Ouest méditerranéen. ID : impression distincte ; ISL : impression séquentielles linéaires. Les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires.*

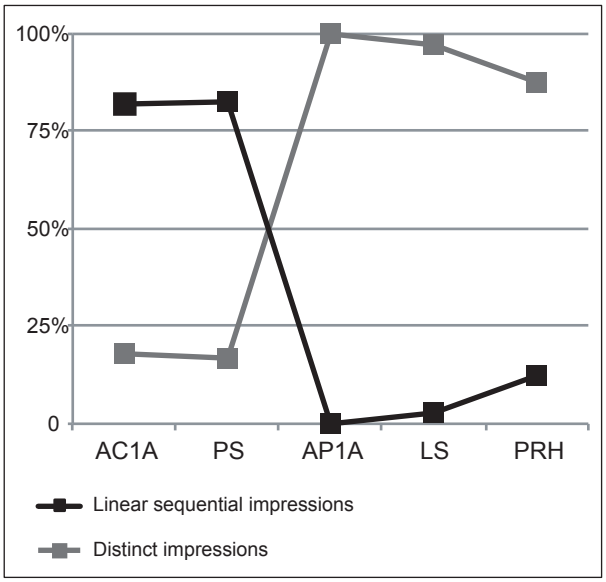


Fig. 22 – Simplified distribution of the main ceramics decorative processes of the sites from the North-Western Mediterranean illustrating shared patterns and the minority decorative processes distinguishing each assemblage.

Fig. 22 – *Distribution simplifiée des principaux procédés décoratifs des céramiques Impressa du Nord-Ouest méditerranéen illustrant les éléments partagés et les éléments plus minoritaires distinguant chaque assemblage.*

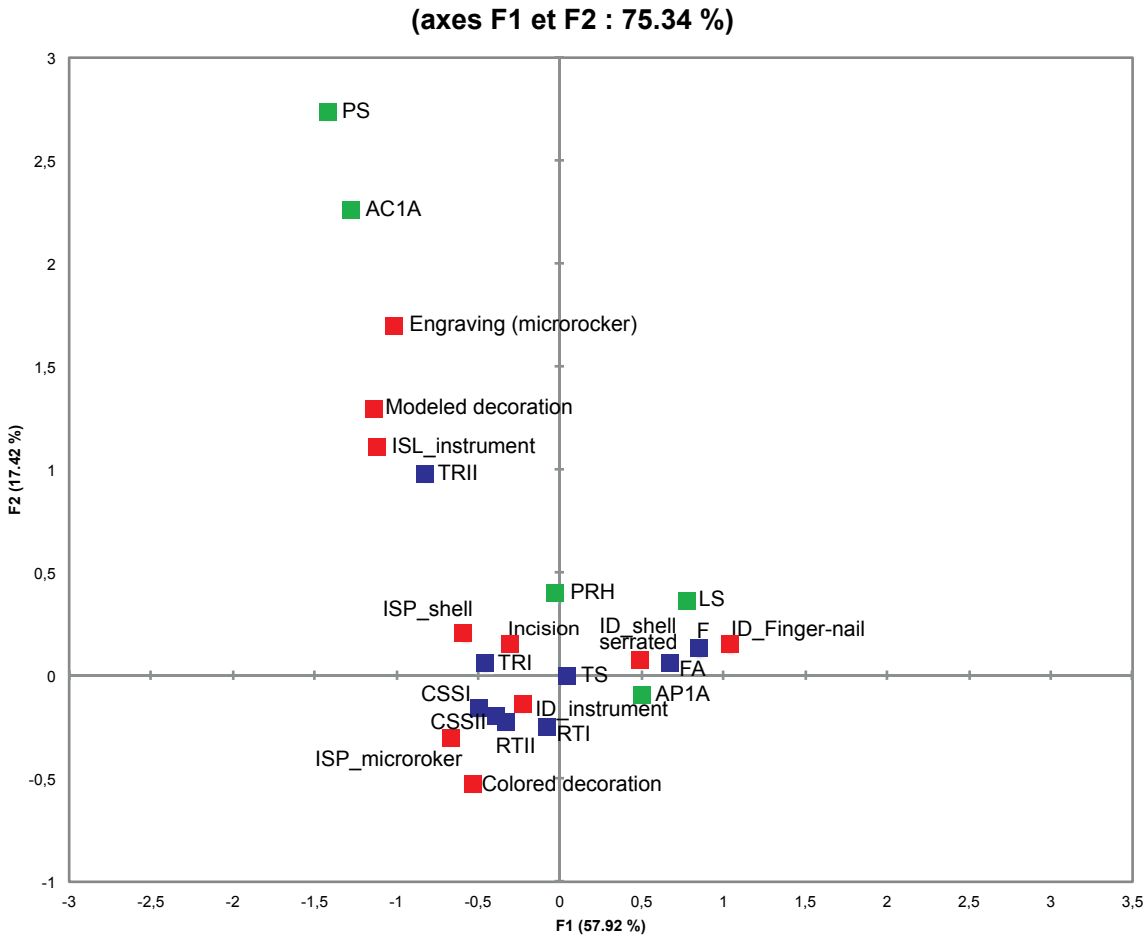


Fig. 23 – Correspondence analysis (CA) based on the counts (number of sherds) of the main ceramics decorative processes of the sites from Southern Italy, Central Adriatic Italy and the North-Western Mediterranean. The North-Western Mediterranean assemblages are considered as supplementary individuals (green square) in order to observe their situation in relation to those of Central and Southern Italy. ID: simple impression; ISL: linear sequential impression; ISP: pivoting sequential impression. The quantitative data are available in the supplementary data.

***Fig. 23** – Analyse factorielle des correspondances (AFC) basée sur le décompte en nombre de restes des principaux procédés décoratifs des céramiques des gisements d'Italie du Sud, de l'Italie centrale adriatique et du Nord-Ouest méditerranéen. Les ensembles du Nord-Ouest méditerranéens ont été placés en individus supplémentaires (carrés verts) afin d'observer leur disposition par rapport aux ensembles de l'Italie du Sud et centrale. ID : impression distincte ; ISL : impression séquentielles linéaire ; ISP : impression séquentielle pivotante. Les données quantifiées sont disponibles dans les données supplémentaires.*

DISCUSSIONS

What about affiliations?

In order to examine the potential links of the Northwestern Mediterranean sites with those of Southern and Central Italy, we combined the data for these regions in a new contingency table and processed them with a factorial correspondence analysis (fig. 23 and SD-18). The Northwestern Mediterranean sites were placed in supplementary data in order to simply observe their position in relation to those of Southern Italy. The FCA offers a good representation of the dataset on the first two factorial axes (75 % of expressed variability). The first factor, F1, shows 58 % of the variance and receives the contribution of the distinct digital-nail impressions (52 %) and distinct shell impressions (10 %) in positive mode and the linear sequential impressions with an instrument (12 %) and distinct impressions with an instrument (11 %) in negative mode. The second factor, F2, displays 17 % of the inertia and indicates a very strong contribution of engraved decorations (43 %). The chronological structuration brought to light by the FCA only regrouping data from Southern Italy (cf. *supra*) is not visible in this new analysis. Only simple, poorly-defined, partitions are observable. Based on this, several hypotheses concerning stylistic affinities can be put forward:

– the assemblage of Abri Pendimoun 1A is similar to those from Fondo Azzollini and Favella in terms of similar decorations by distinct finger impressions;
– the assemblages from Pont de Roque-Haute, Torre Sabea and Ripatetta I are similar in terms of the decorations by simple impressions made with a shell with serrated edges;
– Peiro Signado and Arene Candide 1A are placed on the margin of the group of sites, and are grouped

together in the positive part of axis 1, with linear sequential impressions.

In sum, we can thus emphasise the fact that Abri Pendimoun 1A and Pont de Roque-Haute present similarities with Southern Italy, but only on the basis of generic criteria: distinct impressions on wet clay with shells, fingers or instruments. Distinctive minority decorative elements (painting, *rocker* and engraving) which appear progressively in Southern Italy are absent in the Northwestern Mediterranean. Note that pivoting impression decorations, painting and engraving are also absent in pottery productions in the archaic Favella phase, which underlines the variability of decorative systems in Southern Italy and could explain the non-diffusion of these decorative processes towards the north. The structuration of decorations is dissimilar in both regions, as in Southern Italy, decoration very often covers the whole surface of the vase whereas in the northwest, it is generally organised into zones or panels. We can assume that the context of segmentation of the communities and group mobility (Gabriele *et al.*, 2019) partly explain why certain decorative styles do not subsequently become widespread, especially if these decorations have a particular status or are made by a restricted number of people (specialists?) in or outside the community. But too many indicators are missing in the Tyrrhenian zone, as they remain under documented for these first *Impressa* aspects, to consider other hypotheses based on more complex mechanisms (re-composition under the influx of outside factors, innovation, etc.).

The specific case of sequential impression decorations

As specified above, the decorative style of the PS and AC1A groups is totally different from the others. This style was recognised many years ago (Roudil and Soulier, 1983; Bagolini and Biagi, 1990; Maggi and Starnini, 1997; Binder and Courtin, 1987) but its specificity still raises questions regarding its status and origin. We recall its main characteristics here:

– linear sequential impressions (or "*sillon d'impressions*");
– covering decoration, syntactic geometric, extremely standardised and complex;
– possible post-firing treatment on hot surface brought to light macroscopically at Peiro Signado and Arene Candide. Preliminary biomolecular analyses conducted at Arene Candide suggest that animal fats could have been used as part of these treatments (Drieu *et al.*, 2020). In addition to these shared traits, the technical process presents high formal variability (tool function, gestures, etc.), which it would be fitting to systematise in future works. The distribution of this decorative style is very discontinuous, and quantitatively very variable, in the Northwestern Mediterranean: Le Secche, La Lucciola, Arene Candide, Grotta Pollera, Caverna della Fontana o dell'Acqua, Caverna del Morto, Riparo di Pian del Ciliegio, Caverna Mandurea and Arma di Nasino in Tuscany, Umbria and Liguria, Abri Albertini on Corsica, Caucade in Provence as well as Peiro Signado, La Farigoule and Pont de Roque-Haute in Languedoc. Although the value of these corpuses is disparate (Manen *et al.*, 2019), they define a coherent set. But it remains very difficult to find comparative elements in Southern Italy.

What about the potential archetypes/prototypes for this decorative style? Does it constitute a Western Mediterranean creation or does it have a more eastern origin? Similarities with '*a sequenza'* decoration are regularly cited. This decorative process was defined at the site of Trasano where the stratigraphic sequence enables us to observe an evolution of the technique from distinct impression with diverse matrices (instrument and shell) for Trasano I with 'continuous' impression, sequenza, for Trasano II. It is also widely used to decorate pottery at the sites of Rendina (phase II) and Guadone (Cipolloni Sampò, 1982; Guilaine *et al.*, 1991). It is true that the technical process designated here by the term "linear sequential impression" (*sillon d'impressions*) for the Northwestern Mediterranean sites presents several similarities with the *sequenza* at sites in Southern Italy. But, as is the case for the "*sillon d'impressions*", it presents high technical and formal variability, which also requires formalisation work if we wish to pursue this research on the potential '*sequenza – sillon d'impressions*' continuum. In the same way, the frequent presence of the incrustation of coloured matter and the geometrization of decorations may demonstrate partial similarities between the impressed pottery styles of Peiro Signado and Arene Candide (1A), referred to as evolved (Guadone style and *Graffito* of Materano). Nonetheless, the confirmation of these similarities requires a more precise analysis of contexts and especially a quantified analysis. This hypothesis of technical affiliation thus remains tenuous for now. Finally, the chronological layout of these southern and northern datasets is not compatible, as most of the *a sequenza* assemblages are positioned after Peiro Signado and the AC1A horizon of Arene Candide.

Is the origin of these differences between the pottery styles of the Northwestern Mediterranean and those of the *Ceramica Impressa* of Southern Italy to be found in a simple mechanism of cultural re-composition ('of genetic drift') or should we seek affiliations in other geocultural spheres? The Italian Central Adriatic side comprises very few pertinent elements of comparison, as the first Neolithic occupations are all positioned, in the current state of knowledge, after the chronological range retained for Peiro Signado and the AC1A horizon of Arene Candide. New research carried out at the site of Sidari (Corfu) recently presented the opportunity to identify a vase decorated with this typical decorative process (Guilaine *et al.*, 2016). But it remains isolated. In the Mediterranean sphere, the Sicilian and Calabrese productions of Stentinello, and namely those of San Michele di Saracena (Natali and Agrostelli, 2021), also present

several interesting similarities in terms of the technical process (linear sequential impression), but also for heated post-firing treatments. But these observations are very sporadic and should be systematised in the future in a coherent chronological framework.

CONCLUSION

To conclude this attempt to establish cultural affiliations at the beginning of the sixth millennium in the Western Mediterranean, we underline first of all that, like for manufacture techniques (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume), it is difficult to establish links between the Southern Italian corpuses and those from the Northwestern Mediterranean. We must thus envisage an early cultural bush-like development denoting still poorly characterized historic and social trajectories. In addition, the scarcity of data in Sicily and in the Tyrrhenian and Adriatic spheres complexifies the comprehension of diffusion routes, zones of origin and intermediary benchmarks. Many sequences of the history, and thus of re-composition episodes of decorative styles, are still undeniably unknown.

We can also emphasize several biases and avenues of work to pursue in the future. Among the main biases, we can cite:

– disparate documentation and geographic areas with no data;
– a chronological resolution that requires refining;
– the representativity of pottery assemblages requires testing (equivalent nature and function?);
– the harmonisation of descriptive data for decorations needs to be improved;
– data need to be combined with the other stages of the operative chain.

Finally, it seems indispensable to develop a more general reflection on the decoration system. We can underline, for example, that decorative variability is sometimes dependent on specific morpho-functional categories in Italy (like at Favella or Trasano for example). Coarse pottery constitutes a common basis for all the groups whereas fine pottery seems to be a privileged means of expression for each of those groups. In addition, the longer life cycle of large vessels from the coarse class may explain their increased inertia. It is thus necessary to enrich the interpretative reference frameworks to treat questions of individual *versus* collective variability, mechanisms of transmission, conservatism or again of innovation in decorative traditions: what heritage stems from a neighbouring group and what is the contribution of creation to each of them? In the context of particular interest here, it is also necessary to take into consideration the question of group segmentation and maritime 'colonisation' and their consequences (loss of specialised know-how which is not diffused during group segmentation?) on the diffusion of decorative styles and their interpretation in terms of settlement dynamics.

Acknowledgments

This research was conducted as part of the following projects: CIMO "Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale : recherches interdisciplinaires sur le Néolithique ancien" (ANR-14-CE31-009, direction D. Binder).

LIST OF SUPPLEMENTARY INFORMATION AND DATA / *LISTE DES INFORMATIONS ET DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES*

SD-1 – Quantified data of decorative styles of Favella / *Données quantifiées des styles décoratifs de Favella*.
SD-2 – Quantified data of decorative styles of Torre Sabea / *Données quantifiées des styles décoratifs de Torre Sabea*.
SD-3 – Quantified data of decorative styles of Fondo Azzolini / *Données quantifiées des styles décoratifs de Fondo Azzolini.*
SD-4 – Quantified data of decorative styles of Trasano I / *Données quantifiées des styles décoratifs de Trasano I.*
SD-5 – Quantified data of decorative styles of Trasano II / *Données quantifiées des styles décoratifs de Trasano II.*
SD-6 – Quantified data of decorative styles of Ripatetta I / *Données quantifiées des styles décoratifs de Ripatetta I.*
SD-7 – Quantified data of decorative styles of Ripatetta II / *Données quantifiées des styles décoratifs de Ripatetta II.*
SD-8 – Quantifed data used in the CA of the main ceramic decorative processes of the sites from Southern Italy / *Données quantifies utilisées pour l'AFC des principaux procédés décoratifs des gisements du sud de l'Italie.*
SD-9 – Quantified data of decorative styles of Colle Santo Stephano I / *Données quantifiées des styles décoratifs de Colle Santo Stephano I.*
SD-10 – Quantified data of decorative styles of Colle Santo Stephano II / *Données quantifiées des styles décoratifs de Colle Santo Stephano II.*
SD-11 – Quantifed data used in the CA of the main ceramic decorative processes of the sites from Southern Italy and Central Adriatic Italy / *Données quantifies utilisées pour l'AFC des principaux procédés décoratifs des gisements du sud de l'Italie et de l'Italie centrale adriatique.*
SD-12 – Quantified data of decorative styles of Le Secche / *Données quantifiées des styles décoratifs de Le Secche.*
SD-13 – Quantified data of decorative styles of Arene Candide AC1A / *Données quantifiées des styles décoratifs de Arene Candide AC1A.*
SD-14 – Quantified data of decorative styles of Pendimoun AP_1A / *Données quantifiées des styles décoratifs de Pendimoun AP_1A.*
SD-15 – Quantified data of decorative styles of Peiro Signado / *Données quantifiées des styles décoratifs de Peiro Signado.*
SD-16 – Quantified data of decorative styles of Pont de Roque-Haute / *Données quantifiées des styles décoratifs de Pont de Roque-Haute.*

SD-17 – Quantifed data used in the CA of the main ceramic decorative processes of the sites from the North-Western Mediterranean/ *Données quantifies utilisées pour l'AFC des principaux procédés décoratifs des gisements du Nord-Ouest méditerranéen.*
SD-18 – Quantifed data used in the CA of the main ceramic decorative processes of the sites from Southern Italy and Central Adriatic Italy and the North-Western Mediterranean/ *Données quantifies utilisées pour l'AFC des principaux procédés décoratifs des gisements du sud de l'Italie et de l'Italie centrale adriatique et du Nord-Ouest méditerranéen* https://doi.org/10.34847/nkl.49f302ea

REFERENCES

ANGELI L. (2012) – *Il Neolitico antico nel Materano: le sequenze stratigrafiche di Trasano e Trasanello Cementificio. Studio tecno-tipologico della Ceramica impressa*, Università degli Studi di Pisa, Pisa.

ANGELI L., FABBRI C., RADI G. (2019) – La produzione ceramica di Colle Santo Stefano (Ortucchio, L'Aquila) nel quadro del Neolitico antico medio-adriatico, *Rivista di Scienze Preistoriche*, LXVIII, p. 3-34.

BAGOLINI B., BIAGI P. (1990) – The Radiocarbon Chronology of the Neolithic and Copper Age of Northern Italy, *Oxford Journal of Archaeology*, 9, 1, p. 1-23.

BERNABEU AUBÀN J. (1989) – *La tradicion cultural de las ceramicas impressas en la zona oriental de la Peinisula iberica*, Valencia, Servicio de investigacion prehistorica de l'Universitat (Trabajos varios, 86), 158 p.

BERNABEU AUBÀN J., MANEN C., PARDO S. (2017) – Spatial and Temporal Diversity during the Neolithic Spread in the Western Mediterranean : the First Pottery Productions, in O. García Puchol and D. C. Salazar García (eds.), Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean, Cham, Springer (Fundamental Issues in Archaeology), p. 373-397.

BERNABÒ BREA L. (1956) – *Gli scavi nella caverna delle Arene Candide, Finale Ligure. Parte 1a : Gli strati con ceramiche. Vol. 2 : Campagne di scavo 1948-50*, Bordighera, Istituto internazionale di studi liguri (Collezione di monografie preistoriche ed archeologiche , 1), 300 p.

BINDER D. (1991) – *Une économie de chasse au Néolithique ancien : la grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographie du CRA , 5), 244 p.

BINDER D. (1995) – Eléments pour la chronologie du Néolithique ancien à céramique imprimée dans le Midi, in J.L. Voruz (ed.), *Chronologies néolithiques. de 6000 à 2000 avant notre ère dans le bassin rhodanien*, proceedings of the international conference (Ambérieu-en-Bugey, 1992), Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne (Documents du Département d'Anthropologie et d'Ecologie de l'Université de Genève), p. 55-66.

BINDER D., CONVERTINI F., MANEN C., SÉNÉPART I. (2010) – Les productions céramiques du Néolithique ancien : proposition d'un protocole d'analyse, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, proceedings of the international conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 29-42.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I.M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BRANDAGLIA M., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., MARINVAL P., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017) – Modelling the Earliest North-Western Dispersal of Mediterranean Impressed Wares: New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta Praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., COURTIN J. (1987) – Nouvelles vues sur les processus de néolithisation dans le sud-est de la France : « Un pas en avant, deux pas en arrière », in J. Guilaine, J.L. Roudil and J.L. Vernet (eds.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale*, proceedings of the international conference (Montpellier, 26-29 avril 1983), Paris, CNRS, p. 491-499.

BOSCH-GIMPERA P. (1965) – La significación del Neolitico circummediterráneo, *Pyrenae*, 11, p. 21-30.

BRANDAGLIA M. (1991) – Il Neolitico a ceramica impressa dell'Isola del Giglio. La ceramica, *Studi per l'Ecologia del Quaternario*, 13, p. 43-104.

BRIOIS F., MANEN C. (2009) – L'habitat néolithique ancien de Peiro Signado à Portiragnes (Hérault), in A. Beeching and I. Sénépart (eds.), *De la maison au village : l'habitat néolithique dans le Sud de la France et le Nord-Ouest méditerranéen*, proceedings of the round table (Marseille, 23-24 May 2003), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 48), p. 31-37.

CIPOLLONI SAMPÒ M. (1982) – Scavi nel villaggio neolitico di Rendina (1970-1976) : relazione preliminare, *Origini*, 11, p. 183-254.

CIPOLLONI SAMPÒ M., TOZZI C., VEROLA M.L. (1999) – Le Néolithique ancien dans le sud-est de la péninsule italienne : caractérisation culturelle, économie, structures d'habitat, in J. Vaquer (ed.), *Le Néolithique du Nord-ouest méditerranéen*, proceedings of the international conference (Carcassonne, 1994) Paris, Société préhistorique française (Congrès, 24), p. 13-24.

COLOMBO M., TOZZI C. (2017) – Ripatetta (Lucera-FG): la nascita del gusto delle bande rosse in un villaggio della Ceramica Impressa Evoluta, in F. Radina (ed.), *Preistoria e Protostoria della Puglia*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Studi di Preistoria e Protostoria, 4), p. 245-252.

CREMONESI G., GUILAINE J. (1996) – La chronologie du Néolithique ancien à Trasano dans le contexte de la Méditerranée centrale, in V. Tinè (ed.), *Forme e tempi della neolitizzazione in Italia meridionale e in Sicilia*, proceedings of the international conference (Rossano, 29 April - 2 May

1994), Rossano, Istituto regionale per le antichità calabresi e bizantine and Genova, Istituto italiano Archeologia sperimentale, p. 433-441.

DRIEU L., LEPÈRE C., REGERT M. (2020) – The Missing Step of Pottery chaîne opératoire: Considering Post-Firing Treatments on Ceramic Vessels Using Macro- and Microscopic Observation and Molecular Analysis, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 27, 2, p. 302-326.

FONTÓ O., RADI G. (2003) – La céramique néolithique de Torre Sabea : étude quantitative, in J. Guilaine and G. Cremonesi (eds*.), Torre Sabea : un établissement du Néolithique ancien en Salento*, Rome, École française de Rome (Collection de l'École française de Rome, 315), p. 186-200.

FUGAZZOLA DELPINO M. A., D'EUGENIO G., PESSINA A. (1999) – Le Néolithique ancien et moyen de l'Italie centro-occidentale, in J. Vaquer (ed.), *Le Néolithique du Nord-ouest méditerranéen*, proceedings of the international conference (Carcassonne, 1994), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 24), p. 25-34.

GABRIELE M., CONVERTINI F., VERATI C., GRATUZE B., JACOMET S., BOSCHIAN G., DURRENMATH G., GUILAINE J., LARDEAUX J.M., GOMART L., MANEN C., BINDER D. (2019) – Long-Distance Mobility in the North-Western Mediterranean during the Neolithic Transition Using High Resolution Pottery Sourcing*, Journal of Archaeological Science: Reports*, 28, p. 102050.

GRIFONI CREMONESI R., RADI G. (1999) – Le Néolithique de l'Italie centrale adriatique, in J. Vaquer (ed.), *Le Néolithique du Nord-ouest méditerranéen*, proceedings of the international conference (Carcassonne, 1994), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 24), p. 39-50.

GUILAINE J. (1976) – Premiers bergers et paysans de l'Occident méditerranéen, Paris, Mouton (Civilisations et Sociétés, 58), 286 p.

GUILAINE J., CREMONESI G. (1987) – L'habitat néolithique de Trasano (Matera, Basilicate) : premiers résultats, in *Il Neolitico in Italia*, proceedings of the international conference (Florence, 7-10 November 1985), Florence, Istituto italiano di preistoria e protohistoria, p. 707-719.

GUILAINE J., CREMONESI G. (2003) – Torre Sabea : un établissement du Néolithique ancien en Salento, Rome, École française de Rome (Collection de l'École française de Rome, 315), 396 p.

GUILAINE J., CREMONESI G., RADI G., COULAROU J. (1991) – Trasano et la céramique gravée matérane, in J. Guilaine and X. Gutherz (eds.), *Autour de Jean Arnal*, Montpellier, université de Montpellier, p. 123-137.

GUILAINE J., MANEN C., VIGNE J.D. (2007) –Pont de Roque-Haute : nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, 332 p.

GUILAINE J., METALLINOU G., BERGER J.F. (2016) – La néolithisation de la Méditerranée occidentale : sur la piste des pionniers ? in H. Bonet Rosado (ed.), *Del Neolític a l'Edat del Bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*, València, Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de València (Trabajos varios, 119), p. 27-34.

GUILAINE J., CREMONESI G., RADI G., ANGELI L. (2018) – Le Néolithique ancien à Trasano (Matera, Basilicate). Nouvelles données chronologiques, in M. Bernabò Brea, M. Cultraro, M. Gras, M. C. Martinelli, C. Pouzadoux and U. Spigo (eds.), *Á Madeleine Cavalier*, Naples, Centre Jean Bérard (Collection du Centre Jean Bérard, 49), p. 91-100.

GUILAINE J., RADI G., ANGELI L. (2019) – La néolithisation de l'Italie du Sud-Est, *Eurasian Prehistory*, 15, 22, p. 101-144.

MAGGI R., STARNINI E. (1997) – Some Aspects of the Pottery Production, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calamo (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), p. 279-337.

MANEN C. (2002) – Structure et identité des styles céramiques du Néolithique moyen entre Rhône et Ebre, *Gallia Préhistoire*, 44, p. 121-166.

MANEN C., PERRIN T., RAUX A., BINDER D., LE BOURDONNEC F.X., BRIOIS F., CONVERTINI F., DUBERNET S., ESCALLON G., GOMART L., GUILAINE J., HAMON C., PHILIBERT S., QUEFFELEC A. (2019) – Le sommet de l'iceberg ? Colonisation pionnière et néolithisation de la France méditerranéenne, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 116, 2, p. 317-361.

MUNTONI I. M. (2003) – *Modellare l'argilla. Vasai del Neolitico antico e medio nelle Murge pugliesi*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria, 353 p.

NATALI E. (2009) – Ceramica Impresse Arcaiche, in V. Tinè (ed.), *Favella. Un villaggio neolitico nella Sibaritide*, Rome, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (Studi di paletnologia), p. 227-311.

NATALI E. (2010) – Typologie des décors de la céramique imprimée archaïque du Sud-Est de l'Italie, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, proceedings of the international conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 43-55.

NATALI E., AGROSTELLI M. (2021) – I livelli neolitici della grotta San Michele di Saracena (CS), in G. Mittica, C. Colelli, A. Larocca and F. Larocca (eds.), *Dal Pollino all'Orsomarso. Ricerche archeologiche fra Ionio e Tirreno*, Rome, Quasar, p. 33-59.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide. productions céramiques et dynamiques du peuplement en Liguerie occidentale au cours du VI millénaire AEC*, thèse de doctorat, université Côte d'Azur, Nizza, 590 p.

PARDO-GORDÓ S., GARCÍA RIVERO B., BERNABEU AUBÁN J. (2019) – Evidences of Branching and Blending Phenomena in the Pottery Decoration During the Dispersal of the Early Neolithic Across Western Europe, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, p. 252-264.

RADI G. (2010) – Les séquences de la céramique imprimée en Italie, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, proceedings of the international conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 133-147.

ROUDIL J.L., SOULIER M. (1983) – Le gisement néolithique ancien de Peiro Signado (Portiragnes, Hérault). Étude préliminaire, in *Congrès préhistorique de France, XXIe session Montauban-Cahors, Septembre 1979, volume 2*, proceedings of the XXIe Congrès préhistorique de France (Montauban – Cahors, 3-9 September, 1979), Paris, Société préhistorique française, p. 258-279.

TINÈ V. (2009) – *Favella. Un villaggio neolitico nella Sibaritide*, Rome, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato (Studi di Paletnologia, 3), 629 p.

TOZZI C. (2001) – Ripa Tetta et Catignano, établissements néolithiques de l'Italie adriatique, in J. Guilaine (ed.), *Communautés villageoises du Proche-Orient à l'Atlantique (8000-2000 avant notre ère) : séminaire du Collège de France*, Paris, Errance (Hespérides), p. 153-168.

TOZZI C. (2002) – Ripa Tetta, in M. A. Fugazzola Delpino, A. Pessina and V. Tinè (eds.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico : Italia e Mediterraneo*, Rome, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato (Studi di paletnologia , 1), p. 579-588.

Claire Manen
Université Toulouse 2 – Jean Jaurès
CNRS, UMR 5608 « TRACES »
5, allées Antonio Machado
F-31058 TOULOUSE cedex 09
claire.manen@cnrs.fr

Lucia Angeli
Università di Pisa
Dipartimento Civiltà e Forme del Sapere
Via dei Mille 19
I-56126 PISA
luciaangeli78@yahoo.it

Didier Binder
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06357 NICE cedex 04
didier.binder@cnrs.fr

Laura Cassard
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
laura.cassard@univ-cotedazur.fr

Marta Colombo
Soprintendenza Archeologia Belle Arti e il Paesaggio
per le province di Lucca e Massa Carrara
Piazza della Magione
I-55100 LUCCA
marta.colombo@beniculturali.it

Léa Drieu
University of York,WentworthWay, Heslington
BioArCh, Department of Archaeology
UK-YO10 5NG YORK
lea.drieu@york.ac.uk
et
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE

Cristina Fabbri
Università di Pisa
Dipartimento Civiltà e Forme del Sapere
Via dei Mille 19
I-56126 PISA
cristina.fabbri1@virgilio.it

Elena Natali
Via Firenze, 36
I-17100 SAVONA
elena.natali71@gmail.com

Chiara Panelli
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
chiara.panelli@gmail.com

Giovanna Radi
Università di Pisa
Dipartimento Civiltà e Forme del Sapere
Via dei Mille 19
I-56126 PISA
giovanna.radi@unipi.it

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 177-211
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

An assessment of Early Farmers' pottery, pastes and raw materials transfers in the Ligurian-Provençal region (*Impressa*, first half of the 6th millennium BCE)

Marzia Gabriele, Didier Binder, Fabien Convertini, Michel Dubar, Gilles Durrenmath, Louise Gomart, Jean-Marc Lardeaux, Roberto Maggi, Chiara Panelli and Chrystèle Verati

Abstract: Over the last two decades the neolithisation of the Liguro-Provençal arc has been studied mainly through the characterisation and provenance of long-distance materials, which are likely to provide information about the settlement dynamics of the very first Neolithic societies. Like obsidian, the circulation of raw materials and ceramics makes it possible to trace the itineraries of mobile populations and their exchanges between different places at different cultural, spatial and temporal scales. An integrated assessment of the results of provenance studies on pottery, carried out in the framework of a comparative and dynamic exchange of the CIMO Project, currently makes it possible to define a complex socio-cultural framework for the first phases of the Neolithic in the North-Western Mediterranean. In general, due to the contrasting geology of the Ligurian-Provençal arc, pottery pastes can be very diverse and have very specific technological aspects; for example, rock alteration soils are often preferred to alluvial sediments and the use of grog is already characteristic of the very earliest pioneer settlements, unlike in south-eastern Italy. Moreover, some sites are characterised by a higher proportion of non-local pottery. In general, the non-local production is imports over long distances from east to west, but surprisingly also from west to east on a smaller spatial scale. An exception, for example, is the site of Pendimoun, where significant imports of raw materials rather than pots are attested and the intentional mixing in the preparation of pottery pastes is highlight. This framework of mobility on a regional and multidirectional scale results in a complex and dynamic Neolithic process that needs to be refined. At the same time, the presence of multiple imports from the same geological mountain source on several sites in the studied area raises the question of the control of a very extended landscape and a deep knowledge of the resource availability, as early as the pioneer Neolithic stage, and/or the possibilities of connexion between earliest farmers and late hunter-gatherers.

Keywords: Impressa Ware, Mediterranean Neolithic, regional networks, ceramic technology, ceramic petrography, intentional mixing, vertical mobility, mountain environment, shared sources

Résumé : Depuis deux décennies, les processus de néolithisation de l'arc liguro-provençal ont été abordés en particulier à partir de la caractérisation de matériaux circulant sur de grandes distances. C'est ainsi que l'identification des sources d'obsidienne a fourni des informations sur les dynamiques de peuplement au cours du tout premier Néolithique. De la même façon, les circulations de terres et/ou de vases permettent de retracer non seulement les itinéraires de ces populations et de leurs échanges mais également de discuter des identités culturelles à différentes échelles spatio-temporelles.
Un bilan intégré des études sur ces céramiques et de nouvelles recherches mises en œuvre dans le cadre du projet CIMO participent à la description, pour les premières étapes du Néolithique en Méditerranée nord-occidentale, d'un contexte socio-culturel complexe, avec des aspects insoupçonnés jusqu'ici. L'approche comparative – qualitative et quantitative – retenue ici pour les études technologiques et de provenance révèle en effet de nouveaux aspects de ces productions potières et soulève de nouvelles questions sur l'importance des transferts et sur les réseaux sociaux qui leur sont liés.
L'étude présentée ici s'appuie sur les données pétrographiques acquises par l'analyse exhaustive de trois assemblages céramiques clés pour les systèmes techniques de cette période que sont : la grotte des Arene Candide (Finale Ligure, Savone), l'abri de Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes) et le site de plein air de Caucade (Nice, Alpes-Maritimes). Elle met en évidence des aspects techniques de

préparation des pâtes et des systèmes de mobilité multidirectionnelles dans différents milieux.
Un premier constat d'importance est la forte diversité des matières premières utilisées et des contextes géologiques exploités, diversité qui s'amenuise au fil du temps. Sur les trois assemblages céramiques considérés, nous avons en effet pu identifier seize groupes de pâtes présentant des marqueurs exogènes. Il s'agit, d'une part, de pâtes entièrement composées de matières premières non locales et, d'autre part, de pâtes associant des matériaux tirés de l'environnement proche des sites à de la chamotte fabriquée à partir de pots produits avec des matériaux étrangers aux contextes des sites de découverte. Bien que chaque site révèle un schéma spécifique, avec des groupes de pâtes particuliers ainsi que des variabilités intra-groupe singulières, des similitudes ont été reconnues entre les sites.
Au cours de la première étape del'Impressa, les sites de Caucade et Arene Candide présentent une grande diversité de pâtes céramiques et de matières premières non locales, lesquelles orientent vers au moins sept contextes géologiques : le massif des Maures-Tanneron, les affleurements andésitiques côtiers, les affleurements crétacés de la Provence orientale, le massif de l'Argentera-Mercantour, le massif de Savona-Calizzano, le groupe de Voltri et les formations ophiolitiques de basse pression de Ligurie orientale. Le massif de l'Argentera-Mercantour est la seule zone d'origine commune aux deux sites. Dans l'ensemble, les zones sources identifiées dessinent un réseau de circulations et de contacts multidirectionnels sur de moyennes et longues distances.
Pendant les étapes suivantes de l'Impressa, les assemblages de Pendimoun et des Arene Candide montrent moins de diversit,é avec des réseaux concentrés sur un nombre plus restreint de zones géologiques concernées. Parmi celles-ci, on observe le maintien de deux sources déjà exploitées pendant la phase précédente, les Massifs de l'Argentera-Mercantour et de Savona-Calizzano. La situation révélée par ces deux sites montre également une augmentation des transferts de l'ouest vers l'est, augmentation qui pourrait illustrer une consolidation des contacts intrarégionaux.
L'exploitation du massif de l'Argentera-Mercantour apporte des informations inédites sur l'utilisation, encore sous-estimée, des milieux montagnards au début du Néolithique. La fréquentation de ce massif, seule zone d'affleurement commune aux trois sites-clés de notre étude, témoigne d'une connaissance approfondie de la disponibilité des ressources, et ceci dès le stade pionnier du Néolithique, ce qui soulève la question des connexions entre ces premiers agriculteurs et les derniers chasseurs-cueilleurs susceptible de peupler ces territoires.
Outre la pluralité des territoires dessinée par l'identification des zones sources, l'analyse pétro-archéologique révèle une diversité de choix dans le traitement des pâtes, avec l'emploi conjoint de matières premières homogènes et de matières premières hétérogènes, elles-mêmes issues de mélanges naturels ou anthropiques (mélange de terres et ajout de dégraissants). La démonstration d'un mélange anthropique de terres locales et non locales est l'une des rares situations attestant à la fois d'une production locale de céramique et du transfert de matières premières plutôt que de produits finis. L'exemple de Pendimoun est assez éloquent à cet égard. Sur ce site, trois types de pâtes céramiques ont été identifiés : l'un correspond à une terre locale à glauconie, un autre à une terre mylonitique exogène provenant de l'Argentera-Mercantour et une troisième montre l'association de glauconie et de mylonite. Cette dernière, qui ne peut être produite naturellement dans le système géomorphologique environnant, fournit un témoignage unique d'un mélange intentionnel de matériaux d'origines différentes, pour une production à proximité immédiate du site.
Si la circulation des produits finis est le plus souvent envisagée à partir de la présence sporadique de récipients exogènes dans les assemblages céramiques, un autre argument peut être considéré : celui de la présence, dans un même contexte chrono-culturel et spatial, de productions locales comparables aux productions importées sur le plan typologique et dans celui des compositions. Cela pourrait être le cas sur les sites de Pertusello et Pollera (Ligurie) qui ont livré des pots fabriqués à partir de terres non locales (à glauconie) et présentant des similitudes stylistiques avec les productions locales de Pendimoun.
Le transfert de poteries en tant que produits finis est aussi indirectement attesté par la réutilisation de récipients non locaux pour la production de chamotte utilisée dans les productions locales. Aux Arene Candide, l'utilisation de chamotte dérivée de pots produits avec des matières premières provenant de régions situées plus à l'est, à longue voire très longue distance, comme les terres ophiolitiques de basse pression ou les terres volcaniques potassiques, suggère la circulation de produits finis plutôt que de matières premières.
Ainsi, les différentes modalités de préparation des pâtes céramiques sont en mesure de fournir des informations : (i) sur le transfert des matières premières et des produits finis ; (ii) sur les contextes locaux ou non de production ; (iii) sur les pratiques techniques, et potentiellement les traditions techniques, intégrées dans la préparation des pâtes céramiques.

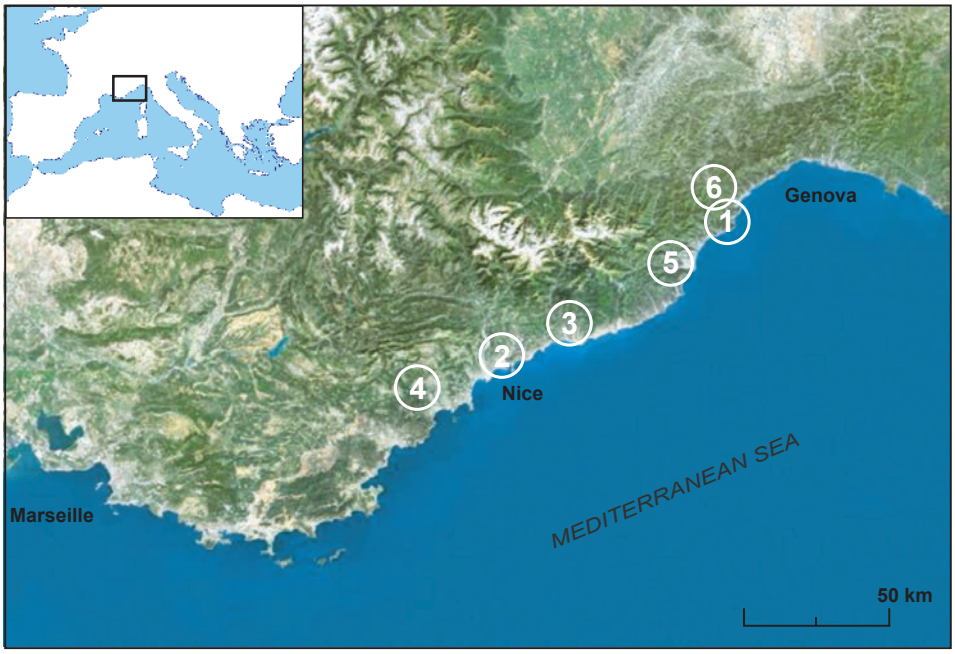
Mots-clés : Céramique Impressa, Néolithique méditerranéen, réseaux régionaux, technologie céramique, pétrographie céramique, mélange intentionnel, mobilité verticale, environnement montagneux, sources partagées.

INTRODUCTION

In the frame of the pioneer Impressed Wares Neolithic dispersal in the Central and Western Mediterranean, mainly during the first half of the 6th millennium BCE, transfers of raw materials, by-products, tools and vessels, play a key-role for tracing potential routes and milestones of diffusion (Binder, Gomart *et al.*, this volume, with references therein). Among those materials and goods, obsidians from Western Mediterranean Islands have revealed Early Neolithic networking throughout a wide area, supporting the idea that maritime voyages were the backbone of this scheme, which lead to an extended Neolithic settlement web mainly confined to coastal environments (Ammerman and Polglase, 1997; Lugliè *et al.*, 2007; Le Bourdonnec *et al.*, 2010; Binder *et al.*, 2012). Recent studies in pottery technology and high-resolution sourcing reinforced those data, demonstrating transfers at similar scales and along the same presumed roads; in addition, they revealed the frequentation of areas where there was previously no other evidence of farmer's settlement (Gabriele *et al.*, 2019).

In parallel, recent developments in the analysis of manufacturing processes in the Central and Western Mediterranean have shown a strong cultural opposition between the Adriatic and Tyrrhenian areas, based on radically different technical traditions regarding pottery forming (Gomart *et al.*, 2017 and Gomart, Binder, Gabriele *et al.*, this volume). Those distinct technical behaviours, revealing distinct communities of practice, are in line with several other distinctive markers, *e.g.* pottery decoration techniques (Manen *et al.*, this volume), symbolic representations (Radi, 2010; Binder *et al.*, 2014), herding and agricultural choices and practices (Vigne, 2007; Rowley-Conwy *et al.*, 2013; Binder *et al.*, 2020), settlement pattern and density, craft specialisation (Guilbeau, 2010; Binder, 2013; Mazzucco *et al.*, 2020). In addition, current data concerning the genomics of the first farmers in Southern France demonstrate the importance of biological admixture between incoming Aegean-Anatolian farmers and western hunter-gatherers (Rivollat *et al.*, 2020), an admixture that could be at the roots of the cultural shift observed on either side of the Apennines.

Looking at the initial steps of pottery "*chaînes opératoires*", *i.e.* raw-material procurement and pastes processing, both regions also seem to provide differences during the first half of the 6th millennium BCE. In Apulia and Dalmatia, potters used to collect local clayey deposits, generally avoiding non-plastic rich geomaterials (Spataro, 2002; Muntoni, 2003; Laviano and Muntoni, 2006; Muntoni, 2012), while in most of the western regions, pottery assemblages provide a wider diversity of pastes often bearing a significant mineral charge (Échallier and Courtin, 1994; Martini *et al.*, 1996; Capelli *et al.*, 2006a; Binder *et al.*, 2010; Convertini, 2010; Paolini-Saez, 2010; Gabriele, 2014; Capelli *et al.*, 2017). This diversity, which reflects the complexity of the Western Mediterranean geological mosaic compared to the Adriatic plaque, also questions the specific skills and technical choices of the potters from both areas, and the specificity of technical gestures attached to such different types of raw materials.



1 - Arene Candide cave
2 - Caucade settlement
3 - Pendimoun rockshelter
4 - Grasse settlement
5 - Pertusello cave
6 - Pollera cave

Fig. 1 – Area of interest and distribution of archaeological sites for this study.
***Fig. 1** – Région considérée et distribution des sites archéologiques dans cette étude.*

Beyond this, this western diversity highlights the possible transfers of raw-materials, pastes or vessels as well as the social networks that could have supported them.

Between the Gapeau river (Var district) to the west, and the Arno river (Northern Tuscany) to the east, the Ligurian-Provençal arc which this paper focusses on (fig. 1), is a hotspot for the pioneer wave of farming dispersal as soon as *c.* 5850 BCE. This area displays a small but rather consistent set of *Impressa* sites, including caves, rock shelters and few open air sites, placed in a robust chronocultural sequence (Binder and Maggi, 2001; Biagi and Starnini, 2016; Binder *et al.*, 2017; Manen *et al.*, 2019; Panelli, 2019; Binder, Gomart *et al.*, this volume).

This region also offers an ideal geological framework (fig. 2) for the sourcing of geomaterials, thanks to a patchwork of tectonically juxtaposed structural units, of different genesis, age and lithology (Kerckhove *et al.*, 1979; Rouire *et al.*, 1980; Vannossi *et al.*, 1984; Bigi *et al.*, 1990; Carmignani *et al.*, 2013).

Accordingly, since the 1990s, this area benefited from several petro-archaeological pottery studies focussed on the first stages of the Neolithic (Mannoni, 1983; Échallier, 1991; Échallier and Courtin, 1994; Ferraris and Ottomano, 1997; Mannoni, 1999; Capelli *et al.*, 2006b; Manen *et al.*, 2006; Capelli *et al.*, 2008; Gabriele, 2014; Capelli *et al.*, 2017; Gabriele *et al.*, 2020). Most of these studies have concluded to a high degree of diversity of the pottery assemblages and have pinpointed the importance of transfers at different scales, including long or even very long distance ones. Further on, petro-archaeological data have been used among other proxies for assessing sites' status, regimes of mobility and territorial patterns, as well as networking practices in the first stages of the Neolithic transition (Martini *et al.*, 1996; Binder, 1998; Gabriele and Boschian, 2009; Manen and Convertini, 2012; Capelli *et al.*, 2017).

This paper presents the petrographic and mineralogical data acquired from the exhaustive analysis of three key pottery assemblages which are considered today as references for the early farmers' technical systems in this part of the North-Western Mediterranean: principally the cave of Arene Candide (Finale Ligure, Savona) and the rock shelter of Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes), and secondary the open air settlement of Caucade (Nice, Alpes-Maritimes). Punctual data offered by sites surveys or older excavations will be added to the discussion.

These data are used as proxies for the sourcing of geomaterials involved in pottery production and beyond as proxies for networking patterns. In this perspective, it is critical to consider the successive technical operations that potters could have realised between the raw-materials acquisition and the roughing-out of pots, *i.e.* paste processing, including the addition of temper and even the mixing of different geomaterials. This operational

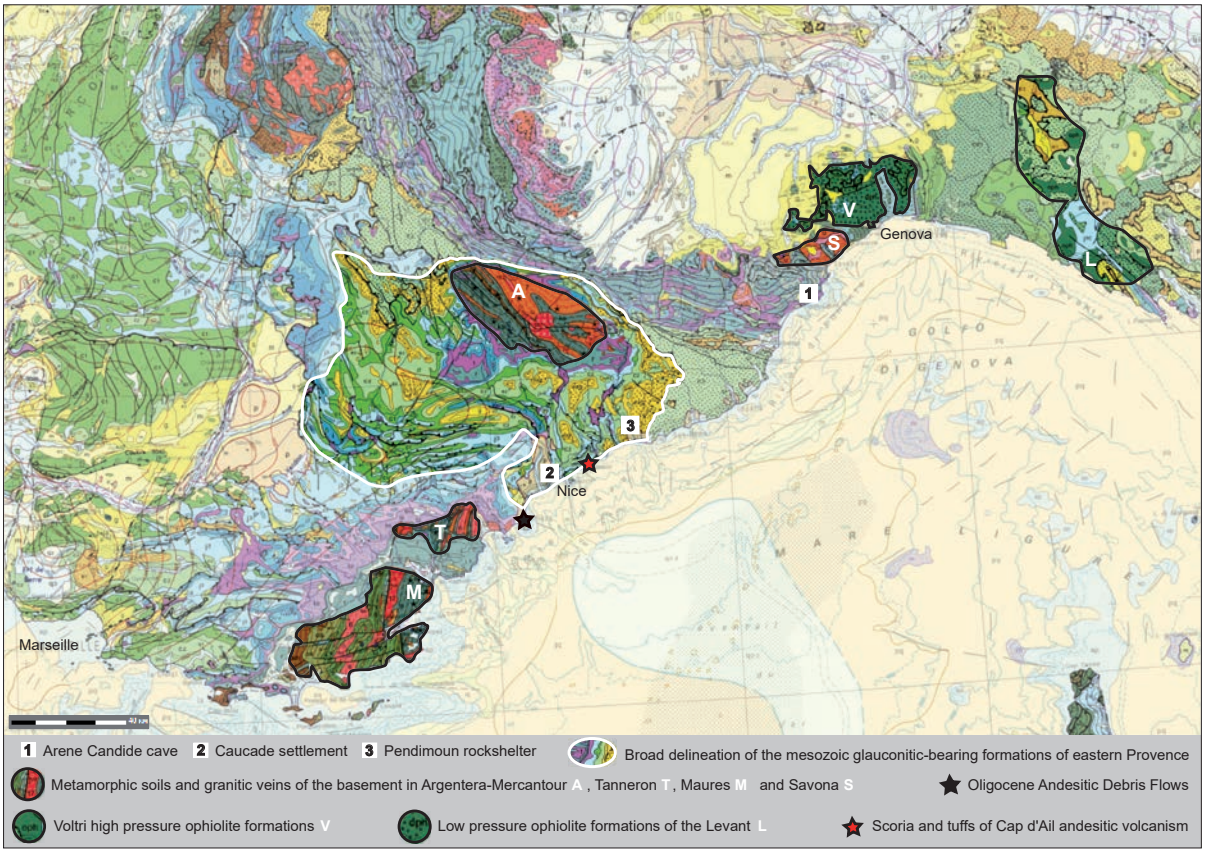


Fig. 2 – Geological map of the considered region highlighting the geological districts of particular relevance for this study.
***Fig. 2** – Carte géologique de la région considérée. Les districts géologiques présentant un intérêt particulier pour cette étude sont mis en évidence.*

complexity is compounded by the difficulties of identifying mixtures of materials of different geological origins that may have occurred in the natural environment.

SAMPLING STRATEGY AND ANALYTICAL METHODS

Pottery pastes can be produced from one or more raw materials, at least one of which must have the plastic properties to obtain a given shape (*e.g.* Rye, 1981; Rice, 1987; Santacreu, 2014; Roux, 2016).

Raw materials used are usually clayey sediments from diverse geological origins – *e.g. in situ* marls, soils, colluvial or alluvial deposits – for which we use hereafter the generic term of *terrae* (following Échallier, 1984; Mannoni, 1990). To those *terrae,* the potters may have added a wide range of other mineral or biological elements that increase the inherent heterogeneity of the composition (Eramo, 2020). Considering the difficulty of discriminating between anthropogenic and natural microstructures, such as in the case of tempering and clay mixing (Ho and Quinn, 2021), at this level of investigation, we refer in this study to the composition of the pottery pastes and not to their fabric when addressing their "homogeneity" or "heterogeneity". Thus, this study focuses on the nature of non-plastic inclusions, considering their high proportions within coarse or very coarse pastes that are the most common in the study area.

Observation and description

The characterisation of the raw materials used for pottery production is first based on the stereomicroscopic examination (with magnifications up to 50X) of the entire pottery assemblages available for the studied sites. The corpus consists in sherds, whatever their size, decorated or not, bearing morphologic elements or not, isolated or belonging to reconstructed pot. In exceptional cases, crude paste residues have been observed and studied the same way. This step of the study was carried out in the different museums and archaeological depots with various available stereomicroscopes.

As a result, the sampling for thin section analyses is representative of paste families identified on a mesoscopic scale. In very few cases, for which destructive analysis had to be excluded, the stereomicroscopic observation is the sole source of information accessible. The number of samples is correlated to the abundance of each family and its informative potential; thus the thin sections were obtained from typologically and compositionally representative sherds or pots. At least one thin section per pot has been made; but in some cases a second one (covered/uncovered and perpendicular/tangential) has been cut in order to allow specific analyses using scanning electron microscope coupled with energy dispersive X-ray spectroscopy (Gabriele *et al.*, 2019; Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume). The analyses of thin sections have been performed at the CEPAM laboratory with a Leica MD2700 optical microscope. Besides, all observations broadly follow the guidelines of soil micromorphology (Stoops, 2003) and ceramic petrography (Whitbread, 1989; Quinn, 2013).

In many cases, a mesoscopic check was carried out on the material after examination of the thin sections.

The identified paste groups and families were named on the basis of the observation of distinctive and characteristic rock fragments, individual minerals and/or anthropogenic inclusions.

Sourcing interpretation

The identification of potential sources relies on an extended geological knowledge and databases available in the different areas concerned by this study, and thanks to an active interaction between geologists and archaeologists.

Since the study region was dramatically affected by sea level rise during the considered archaeological period (*c.* 10-15m; Dubar and Anthony, 1995), the question of ignored outcrops, currently submerged, may seem legitimate. However, the extremely steep shape of the coastal relief and the excellent knowledge of regional geodynamics make it possible to exclude this eventuality.

Basically, for rejecting the hypothesis of local raw material procurement, and consequently for making the assumption of a regional or exogenous procurement, the decision was generally first made by exclusion, considering all the possibilities offered by geological and geomorphological contexts around the consumption sites.

The distinction between a natural and anthropogenic mixture of raw materials, based on their composition and textural criteria, is very challenging with the exception of the inclusion of anthropogenic particles (*e.g.* grog, crushed calcite, etc.). For rejecting the hypothesis of natural mixing, the decision is also made by exclusion on the same contextual bases than *supra*. In this perspective, particular attention will be paid in this paper to mixed pastes, resulting from mixtures of *terrae* of different geological origins.

In addition of the exploitation of geological data, major raw material surveys and samplings, and subsequent firing experimentations, have been carried out in order to reduce the most challenging issues, and especially in order to obtain robust documentation for demonstrating exogenous procurement (*e.g.* this paper fig. 3; Lardeaux *et al.*, this volume; Mouralis *et al.*, this volume).

Sourcing *vs* production place

When part of the pottery assemblage is defined as exogenous, the most frequent hypothesis is that of the circulation of finished products, *i.e.* pots; indeed, local production made from imported raw materials is rarely documented (Arnold, 2005 and 2017). Specific cases of pastes that give evidence of an exogenous provenience of

finished products, are the pottery tempered with non-local grog (Convertini, 2007 and 2010; Capelli *et al.*, 2017; Gabriele *et al.*, 2020 and *infra*) or other non-local material *(e.g.* crushed spathic calcite, Binder *et al.*, 2010).

The assumption of the local production of pottery is generally based on the principle of parsimony for the provenience of the raw materials observed.

The definition of production sites is based on concrete criteria demonstrating which segment(s) of the "chaîne opératoire" are attested *in situ* and which are not, as theorized for chipped stone productions (Perlès 1991; Tixier, 2012). In the case of the stage of pottery forming, it is the presence of production remains which attests of the processing of the raw material on site, particularly in the form of paste aggregates or residues on tools dedicated to pottery making (Binder *et al.*, 1994).

Robust evidence for local pottery production is scarce in the North-Western Mediterranean Impresso-Cardial contexts. First-rate evidence is provided at the Lombard cave (residues of crude paste with crushed calcite temper; Binder, 1991b) and Pendimoun rock-shelter (crude blocks of kneaded paste; this paper fig. 3). Second-order evidence is provided by tools involved in pottery making at Arene Candide as blades used for shaping (De Stefanis, 2018; Binder, De Stefanis *et al.*, this volume) or burnishers used for final surface treatments (De Stefanis, 2018; De Stefanis *et al.*, in press). Beyond these strong arguments, firing structures are sometimes allocated to pottery production but such inferences are sometimes questionable: *e.g.* in the *Impressa* site of Portonovo Fossa Fontanaccia (Ancona, Marche, 6th millennium BCE) recent analyses denied the initial interpretation of structures as being pottery kilns (Conati Barbaro *et al.*, 2019).

Mobility range

The basis for tracing provenience of raw materials and finished products, and more specifically to define the geographical limits of sources and pottery productions, is the "resource area model" of D. E. Arnold, drawn on the basis of ethnographic observations (Arnold, 2005), which we adapted to our study area. We therefore consider as local the raw materials available in a radius of 7km around the site, and as non-local those that are found in geological outcrops outside this area. Beyond this "local" area one can fix the radius of 30km as a limit for the "neighbouring area/medium distance", based on the Home range defined within farming populations (Higgs and Vita-Finzi, 1972; Gallay, 1983). Further, the radius of 100km is conserved as the limit between "long" and "very long" distances, *i.e.* "regional" and "exotic" areas (Binder, 1998).

We are aware of the unsatisfactory - and therefore tentative - nature of the current representation of these territories in the form of circular acquisition areas. It is obvious that, in a maritime region with a particularly contrasting relief (0 to 3297m asl), the acquisition areas must be modelled taking into account access times and not estimations of distance as the crow flies.

PETRO-ARCHAEOLOGIC STUDY OF *IMPRESSA* KEY SITES IN THE LIGURO-PROVENÇAL ARC

For our study, the key sites of Castellar – Pendimoun (Binder *et al.*, 1993) and Finale Ligure – Arene Candide (Bernabò Brea, 1946; Maggi, 1997), meet the following conditions: well understood archaeological contexts, fully extended *Impressa* chronology; extensive petrographic studies of pottery pastes.

A third site, Nice – Caucade, has been retained because it is clearly linked to the considered chronocultural *Impressa* sequence (cf. Arene Candide, early *Impressa* phase ACN-1A) and had already benefited from extensive pottery analyses (Manen *et al.*, 2006).

We also considered other sites on the basis of typological arguments, but as complementary information due to the absence of robust contextual data, among them Aquila d'Arroscia – Pertusello cave (Leale Anfossi, 1961a and 1961b; Panelli, 2019) and Finale Ligure – Pollera cave (Odetti, 1990; Panelli, 2019).

The presentation of each key-site includes first, brief outlines of the archaeological and geological contexts, second, extensive descriptions of the non-local pottery pastes, conceived as references for future regional studies and third, sourcing of raw materials.

Finale Ligure – Arene Candide cave

Context

Archaeological context

The Arene Candide cave (Finale Ligure, Savona) is located in Western Liguria, in the Finalese karstic area, giving a complete archaeological stratigraphy spanning from the Upper Palaeolithic to the Byzantine Age (fig. 1). Recent investigations (1997 to 2012) have provided more detail on the Neolithic stratigraphic sequence, which is attributable to the *Impresso*-Cardial Complex (ICC) and to the Square Mouth Pottery Culture (SMP; Maggi *et al.*, 2020).

The earliest Neolithic occupation of the site is associated with ceramics attributed to the *Impressa* horizon, divided into two chronocultural phases: phase ACN-1A, dated to 5830-5640 BCE is characterised by *sillon d'impressions* pottery decoration and phase ACN-1B, dated to 5710-5540 BCE is characterised by instrumental or finger-nail impressed decorations and related to Pendimoun phases PND-1A and PND-1B (Panelli, 2019).

Previous petrographic studies have shown evidence of medium- to long-distance pottery mobility/imports (Ferraris and Ottomano, 1997; Capelli *et al.*, 2017). Our study partly confirms the latter and adds some new elements, both in the circulation patterns and in the quantitative data for chronocultural stratigraphic phase (Gabriele *et al.*, 2020).

For the *Impressa* horizon, we took into account 125 pots, equivalent to more than 700 ceramic fragments,

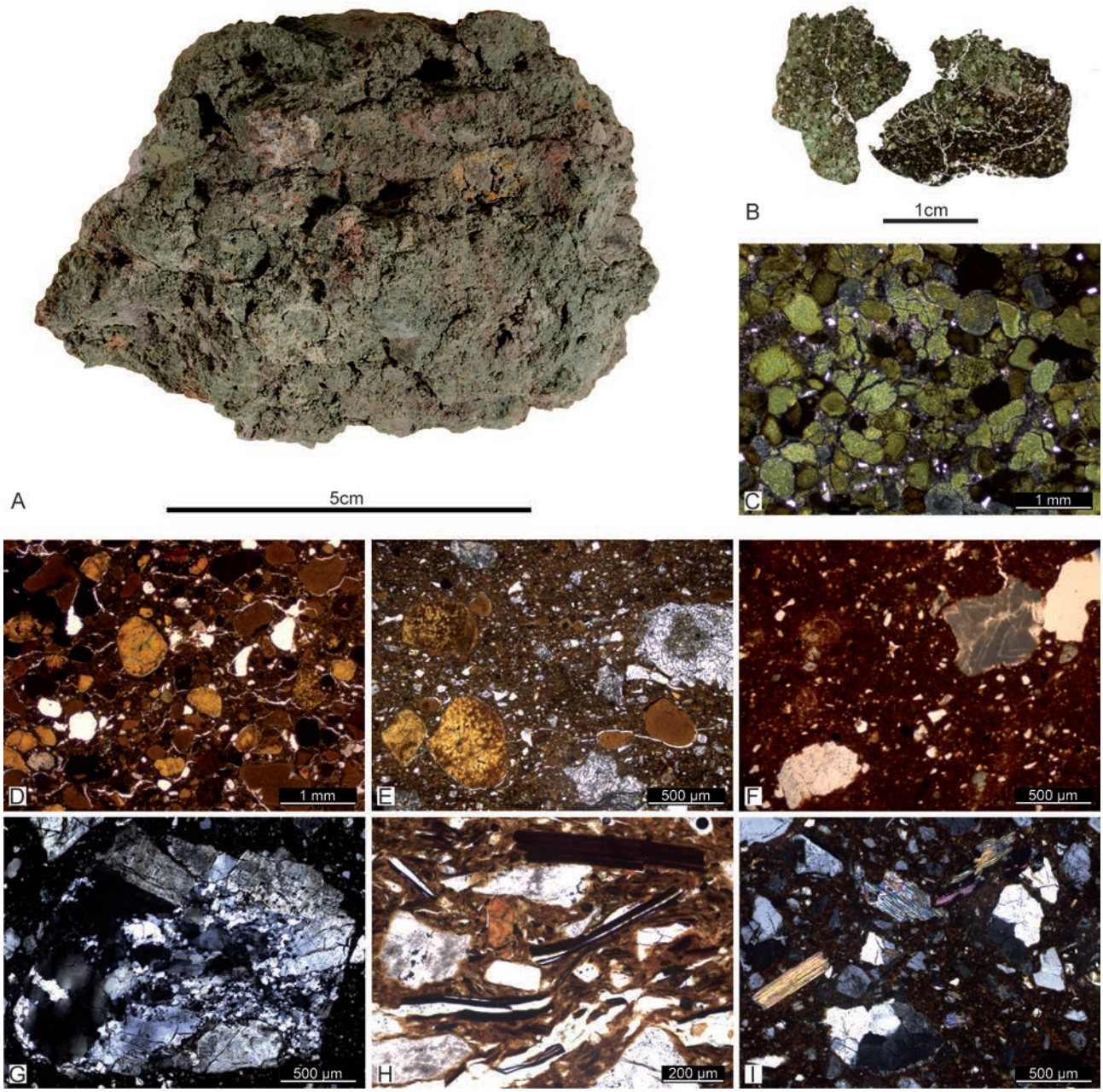


Fig. 3 – A) Crude block of kneaded glauconitic paste from Pendimoun rock-shelter; B) High-Resolution scan of a thin section from one of the glauconitic crude blocks (sample APMCLM01NC; PPL); C) microphotograph of one glauconitic crude block's thin section (sample APMCLM01NC; XPL); D) microphotograph of an experimental briquette's thin section of glauconitic paste made from one of the crude blocks (sample APEXPLM02; PPL); E) microphotograph of an experimental briquette's thin section of glauconitic clay sampled near Pendimoun rockshelter (sample ORM03a 500°C; PPL); F) microphotograph of an experimental briquette's thin section made from terra rossa sampled near Pendimoun rockshelter (sample APS14IISP 650°C; PPL); G) microphotograph of an experimental briquette's thin section of mylonitic granite earth from the Argentera Massif rich in deformed granite grains (sample ARG44 700°C; XPL); H) microphotograph of an experimental briquette's thin section of granitic earth from the Maures Massif rich in biotite inclusions (sample MAU01 700°C; PPL); I) microphotograph of an experimental briquette's thin section of granitic earth from the Tanneron Massif rich in muscovite inclusions (sample TAN04 700°C; XPL). PPL: Plane Polarized Light. XPL: Cross Polarized Light.

Fig. 3 – *A) Pain de pâte glauconieuse malaxée provenant de l'abri Pendimoun ; B) Scanner à haute résolution d'une lame mince de pain de pâte glauconieuse malaxée (échantillon APMCLM01NC; LPNA) ; C) Microphotographie de lame mince de pain de pâte glauconieuse (cfr B ; LPA) ; D) Microphotographie d'une lame mince de briquette expérimentale de pâte glauconieuse provenant d'un des pains (échantillon APEXPLM02; LPNA) ; E) Microphotographie d'une lame mince de briquette expérimentale de terre glauconieuse prélevée près de l'abri Pendimoun (échantillon ORM03a 500°C; LPNA) ; F) Microphotographie d'une lame mince de briquette expérimentale de terra rossa près de l'abri Pendimoun (échantillon APS14II SP 650°C; LPNA) ; G) Microphotographie d'une lame mince de briquettes expérimentales de terre du Massif de l'Argentera riches en grains de granite mylonitique (échantillon ARG44 700°C; LPA); H) microphotographie d'une lame mince d'une briquette expérimentale de terre granitique du Massif des Maures riche en inclusions de biotite (échantillon MAU01 700°C; LPNA) ; I) microphotographie d'une lame mince d'une briquette expérimentale de terre granitique du Massif du Tanneron riche en inclusions de muscovite (échantillon TAN04 700°C; LPA). LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

analysed in stereoscopic microscope, and 52 thin sections, analysed in optical microscopy. Thin sections have been obtained from 36 pots (maximum two sections per pot), of which 16 from phase AC1A and 20 from phase AC1B. However, in this research, we focus particularly on pottery with non-local paste features allowing inter-sites comparison and tracing transfer.

Local geology

The cave of interest is located in the Ligurian "Briançonnais zone", a major internal tectonic unit of the Alpine belt (Cortesogno *et al.*, 1982; Vannossi *et al.*, 1984).

In this area the observed Briançonnais sequences include (see Vannossi, 1990 and Goffé *et al.*, 2004 with references therein):

– pieces of a polymetamorphic crystalline basement, thus Variscan (pre-Pennsylvanian) metamorphic and magmatic rocks (ortho and paragneisses, micaschists, amphibolites, etc.) reworked under High-Pressure/Low-Temperature (HP/LT) conditions during Alpine orogeny;
– the so-called "Briançonnais tegument" composed of Upper Carboniferous-Lower Triassic volcano-sedimentary units metamorphosed under Alpine HP/LT conditions (meta-rhyolites, prasinites, phyllites, quartzites, quartz-schists, porphyroids, etc.);
– low grade to non-metamorphic Lower Triassic-Paleogene sedimentary units (dolostones, dolomitic limestones, limestones, sandstones and conglomerates).

Post-tectonic marine sediments unconformably overlie the Briançonnais sequences (Giammarino *et al.*, 2002), with first Upper Oligocene-Middle Miocene deposits (marly and sandy clays, bioclastic limestones, sandstones and conglomerates) and second Pliocene sediments (marly and silty to sandy clays and rare conglomerates). Lastly, the occurrence of Holocene sedimentary deposits (alluvial, eluvial, colluvial and beach deposits) should be noted (fig. 4).

Pottery pastes description

Petrographic observation reveals high differences within non-local pottery pastes and raw materials. At least six pottery pastes, made from non-local raw materials or by adding non-local grog-temper to local raw materials, indicate transfers (fig. 5-7 ; table 1).

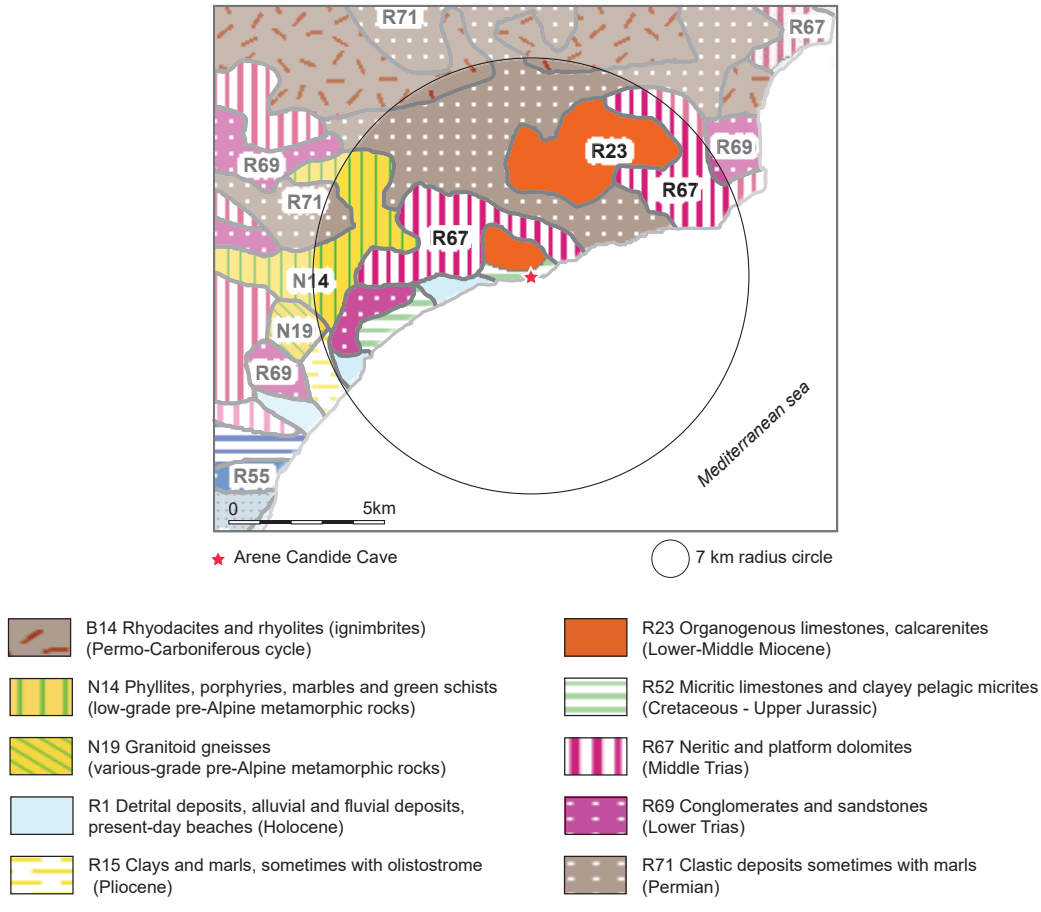


Fig. 4 – Local geological map of Finale Ligure - Arene Candide site.
***Fig. 4** – Carte de la géologie locale du site de Finale Ligure - Arene Candide.*

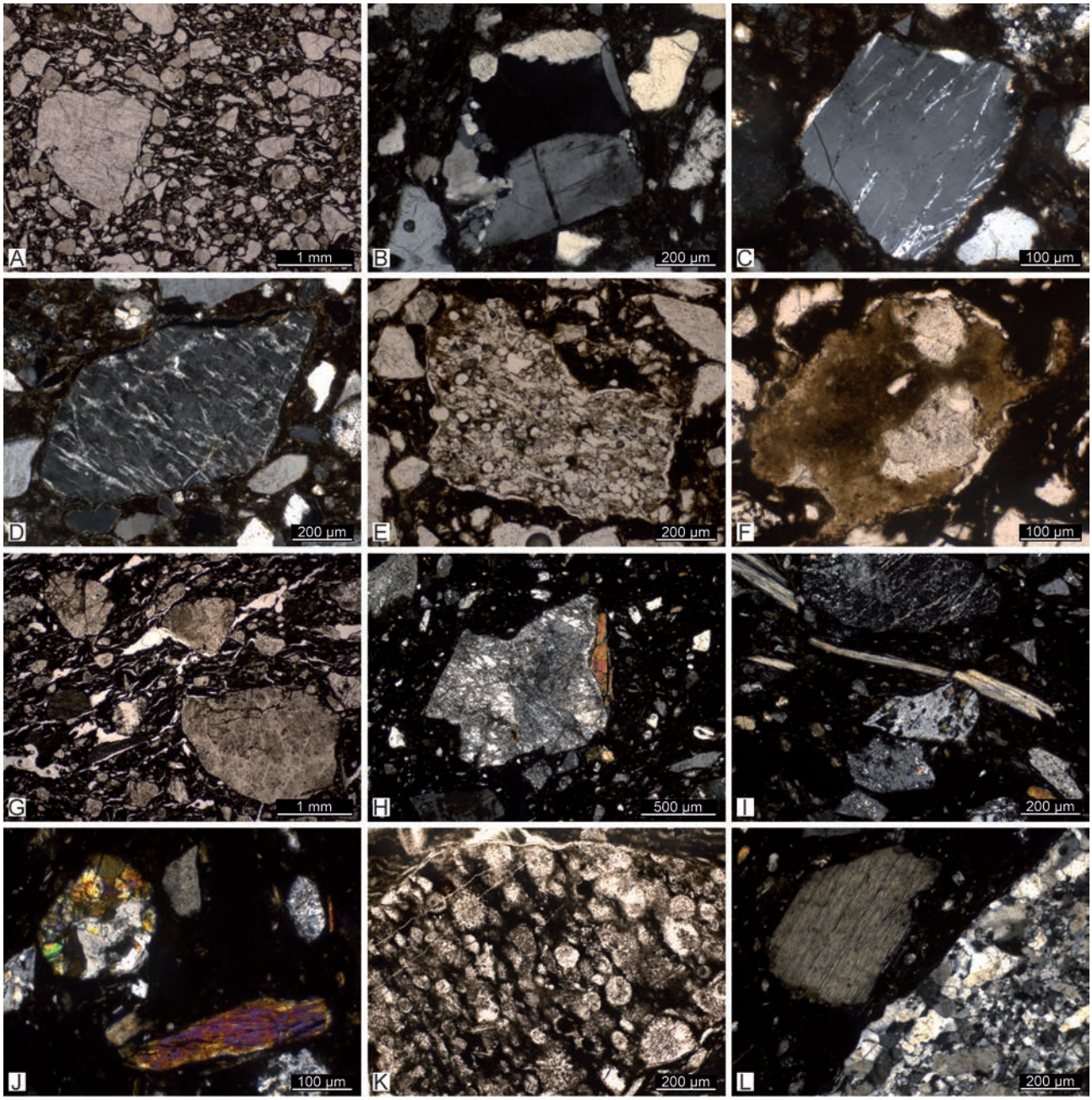


Fig. 5 – Thin section microphotographs of archaeological pottery pastes from the site of Finale Ligure-Arene Candide. A-F: *Mylonitic meta-granite and sedimentary inclusions paste*. A: general view and inclusion textural features (PPL); B: Quartz with undulatory extinction, amoeboid boundaries, recrystallization and intragranular deformation (XPL); C: quartz associated with sillimanite (XPL); D: perthite (XPL); E: spongolite (PPL); F: amorphous aggregate include quartz and micrite (PPL). G-L: *Diallage-bearing gabbro paste*. G: general view and inclusion textural features (PPL); H: gabbroic rock fragment composed by feldspars and diallage (XPL); I: diallage often fractured and weathered, ophiolitic rocks (XPL); J: amphibole, epidosite, feldspar and very fine diallage inclusions (XPL); K: radiolarite (PPL); L: diallage and quartzite (XPL). PPL: Plane Polarized Light. XPL: Cross Polarized Light.

Fig. 5 – *Microphotographies en lame mince des pâtes de céramiques archéologiques du site de Finale Ligure-Arene Candide. A-F : Pâte à méta-granite mylonitique et inclusions sédimentaires. A : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions (LPNA) ; B : quartz à extinction roulante, à limites amiboïdes, recristallisation et déformation intragranulaire (LPA) ; C : quartz à sillimanite (LPA) ; D : perthite (LPA) ; E : spongolite (LPNA) ; F : agrégat amorphe comprenant du quartz et de la micrite (LPNA). G-L : Pâte à gabbro à diallage. G : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions (LPNA) ; H : fragment de roche gabbroïque composé de feldspaths et de diallage (LPA) ; I : diallage fracturé, roches ophiolitiques (LPA) ; J : amphibole, épidosite, feldspath et inclusions très fines de diallage (LPA) ; K : radiolarite (LPNA) ; L : diallage et quartzite (LPA). LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

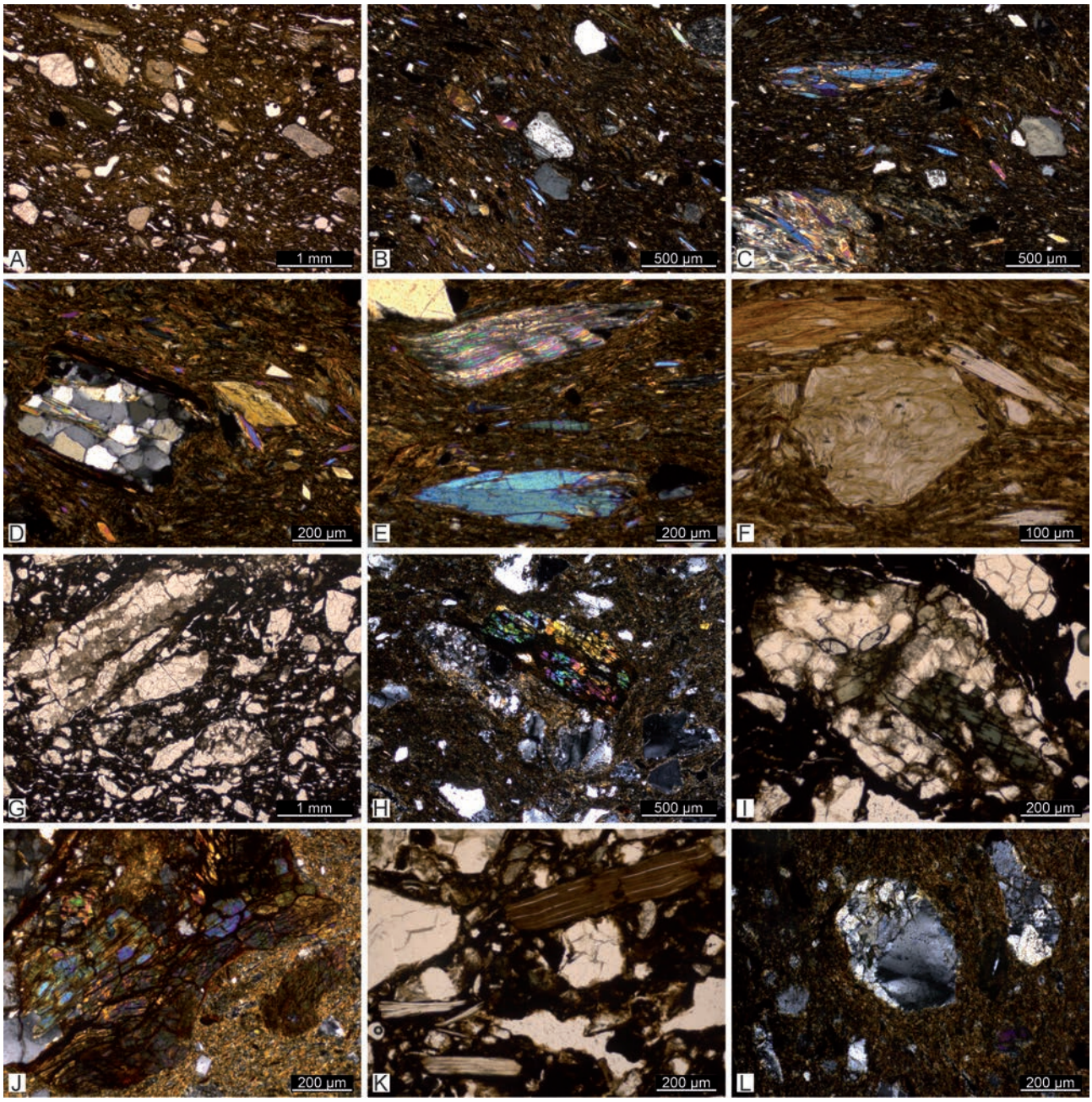


Fig. 6 – Thin section microphotographs of archaeological pottery pastes from the site of Finale Ligure-Arene Candide. A-F: *Serpentinite and amphibole-bearing schist paste*. A: general view and inclusion textural features (PPL); B: amphiboles (probably tremolite-actinolite series), feldspar and quartz (XPL); C: amphibole-bearing schists, amphiboles and quartz; D: metamorphic micas-rich rocks fragment and amphiboles (XPL); E: mica-bearing schist, amphiboles and quartz (XPL); F: serpentinite, amphibole-bearing schist and amphiboles (XPL). G-L: *Amphiboles-bearing gneiss paste*. G: general view and inclusion textural features (PPL); H: metamorphic rock fragments (quartz, clinopyroxene) and deformed quartz (XPL); I: metamorphic rock fragments (quartz, amphibole and titanite) (PPL); J: metamorphic rock fragments (quartz and amphibole) (XPL); K: quartz, black and white micas (PPL); L: metamorphic rock fragments (deformed quartz with rutile) (XPL). PPL: Plane Polarized Light. XPL: Cross Polarized Light.

Fig. 6 *– Microphotographies en lame mince des pâtes de céramiques archéologiques du site de Finale Ligure - Arene Candide. A-F : Pâte à serpentinite et schiste à amphiboles. A : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions (LPNA) ; B : amphiboles (probablement série trémolite-actinote), feldspath et quartz (LPA) ; C : schistes à amphiboles, amphiboles et quartz ; D : amphiboles et roche métamorphique riche en micas (XPL) ; E : schiste micacé, amphiboles et quartz (LPA) ; F : serpentinite, schiste amphibolique et amphiboles (LPA). G-L : Pâte à gneiss à amphiboles. G : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions (LPNA) ; H : fragments de roche métamorphique (quartz et clinopyroxène) et quartz déformé (LPA) ; I : fragments de roche métamorphique (quartz, amphibole et titanite) (LPNA) ; J : fragments de roche métamorphique (quartz et amphibole) (LPA) ; K : quartz, micas noirs et blancs (LPNA) ; L : fragments de roche métamorphique (quartz déformé avec rutile) (LPA). LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

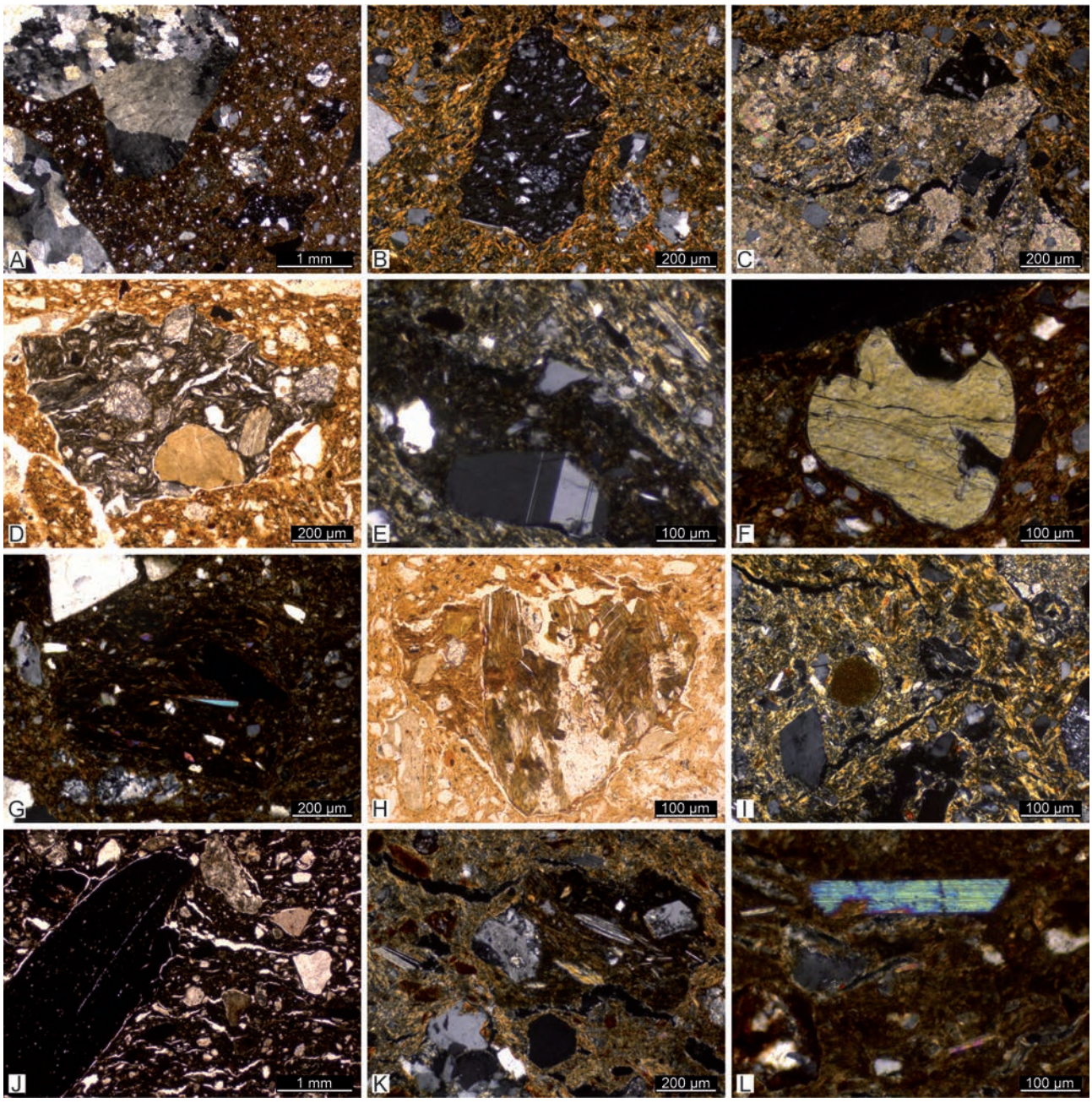


Fig. 7 – Thin section microphotographs of archaeological pottery pastes from the site of Finale Ligure - Arene Candide. A-I: *Acid metamorphic rocks with carbonatic, metamorphic, ophiolitic and volcanic grog-temper paste.* A: general view and inclusion textural features (XPL); B: acid metamorphic grog-temper paste, iron-rich amorphous matrix and low-birefringence white micas (XPL); C: carbonatic grog-temper paste with second grog generations (XPL); D: ophiolitic grog-temper paste (PPL); E: volcanic grog-temper paste (XPL); F: inclusion of rounded clinopyroxene (XPL); G: metabasite grog-temper paste, characterized by fine elongated non colored and high birefringent minerals, probably actinolite amphibole (XPL); H: Gneiss grog-temper paste with biotite gneiss (PPL); I: glauconite and metamorphic rocks grog-temper paste represented only by a grog inclusion with only a supposed glauconite grain (XPL). J-L: *Sedimentary rocks with diallage grog-temper paste.* J: general view and inclusion textural features: rounded and angular sedimentary rocks, quartz and feldspar (PPL); K: ophiolitic grog-temper paste, generally consisting of a diallage-rich paste, quartz and diallage inclusions (XPL); L: diallage monomineral grains, scattered in the matrix, probably comes from the grog production and addition process (XPL). PPL: Plane Polarized Light. XPL: Cross Polarized Light.

***Fig. 7** – Microphotographies en lame mince des pâtes de céramiques archéologiques du site de Finale Ligure - Arene Candide. A-I : Roches métamorphiques acides avec chamotte à pâte carbonatée, métamorphique, ophiolitique et volcanique. A : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions (LPA) ; B : chamotte à pâte métamorphique acide, matrice amorphe et micas blancs à faible biréfringence (LPA) ; C : chamotte à pâte carbonatée avec inclusion de chamotte (LPA) ; D : chamotte à pâte ophiolitique (LPNA) ; E : chamotte à pâte volcanique (LPA) ; F : inclusion de clinopyroxène arrondi (LPA) ; G : chamotte à pâte à métabasites, caractérisée par des minéraux allongés non colorés et à une biréfringence élevée, probablement des amphiboles (LPA) ; H : chamotte à pâte à gneiss à biotite (LPNA) ; I : chamotte à pâte à probable glauconite et roches métamorphiques (LPA). J-L : Roches sédimentaires avec chamotte à pâte à diallage. J : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions, roches sédimentaires arrondies et anguleuses, quartz et feldspath (LPNA) ; K : chamotte à pâte ophiolitique, généralement constituée d'une pâte riche en diallage, inclusions de quartz et diallage (LPA) ; L : grain de diallage, dispersés dans la matrice, provenant probablement du processus de production et d'ajout de la chamotte (LPA). LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

Pottery pastes groups	Non Plastic Inclusions																													
	Minerals																Rocks												Bioclasts	Anthropic
	NPI %	Qtz	T Qtz	Kfs	Pl	Px/Cpx	Am	Ms	Bt	Glt	Sil	Grt	Tur	Zrn/Ttn	Ep	Cal	Granite	Mylonitic meta-granite	Sil-rich gneiss	Am-bearing gneiss	Am-bearing schist	Serpentinite	Diallage-bearing gabbro	Andesite	Silicites	Terrigenous clastic sedimentary rocks	Glt-rich rocks	Microfossils	Grog
Mylonitic meta-granite	30-40%	••••	_	•••	••	_	_	••	•	_	+	+	+	+	_	_	•	••	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Mylonitic meta-granite and glauconite	30-40%	••••	_	•••	••	_	_	••	•	•••	+	+	+	+	_	+	+	••	_	_	_	_	_	_	_	_	+	_	_
Mylonitic meta-granite, glauconite and grog-temper	30-40%	••••	_	•••	••	_	_	••	•	•••	+	_	+	+	_	+	+	••	_	_	_	_	_	_	_	+	+	_	•••
Mylonitic meta-granite and sedimentary inclusions	30-40%	••••	_	•••	•	_	_	•	•	_	+	_	+	+	+	_	•	•••	_	_	_	_	_	_	+	_	_	+	_
Mylonitic meta-granite, carbonates and Triassic quartz	20%	••	+	•	+	_	_	•	_	••	_	_	_	_	_	+	_	•••	_	_	_	_	_	_	_	_	•••	_	_
Gneiss, meta-granite and sedimentary inclusions ± grog-temper	30-40%	•••	+	•••	••	+	_	••	•••	_	+	_	_	+	_	_	••	••	••	_	_	_	_	_	•	_	_	+	•
Gneiss, meta-granite and glauconite ±grog-temper	30-40%	•••	+	•••	••	+	_	••	•••	•••	+	+	_	+	_	_	••	••	••	_	_	_	_	_	•	_	_	+	••
Granitic	30-40%	••••	_	•••	•	_	_	•••	••	_	_	_	_	_	_	_	••	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Granitic and two micas	30-40%	•••	_	••	•	_	_	••••	•••••	_	_	_	_	_	_	_	••	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Glauconite	40-60%	••	_	•	•	_	_	+	+	•••••	_	_	_	+	_	+	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	••	+	_
Diallage-bearing gabbro	30-40%	+	_	•	•••	•••	•	+	+	_	_	+	_	_	+	_	_	_	_	_	_	+	•••	_	+	+	_	_	_
Serpentinite and amphibole-bearing schist	20%	•	_	_	+	_	••••	•	+	_	_	+	_	_	+	_	_	_	_	_	•••	•	_	_	_	_	_	_	_
Amphiboles-bearing gneiss	30-40%	•••	_	•	••	•	•••	•••	•••	_	_	+	+	+	•	_	_	_	_	•••	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Andesitic	30-40%	_	_	_	••••	•••	•	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	•••	_	_	_	_	_
Andesitic and deformed quartz	20-30%	•	_	_	••••	•••	•	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	••	_	_	_	_	_
Acid metamorphic rocks with local and non-local grog-temper	30-40%	•••	_	•	•	•	•	•	•	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	•	•	•	_	_	_	_	_	_	•••
Sedimentary rocks with diallage grog-temper	30%	••	_	••	•	••	_	•	•	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	••	•••	_	_	•••

Table 1 – Summary table of the major non-local ceramic pastes identified for the different sites. Qtz: Quartz; T Qtz: Triassic Quartz; Kfs: KFeldspar; Pl: Plagioclase; Px/Cpx: Pyroxene/Clinopyroxene; Am: Amphibole; Ms: Muscovite; Bt: Biotite; Glt: Glauconite; Sil: Sillimanite; Grt: Garnet; Tur: Tourmaline; Zrn/Ttn: Zircon/Titanite; Ep: Epidote; Cal: Calcite. NPI: Non Plastic Inclusions. ••••••: very dominant (>70%); •••••: dominant (50-70%); ••••: frequent (30-50%); •••: common (15-30%); ••: few (5-15%); •: very few (<5%); +: occasional; - : absent.

***Tabl. 1** – Tableau récapitulatif des principales pâtes céramiques non locales identifiées pour les différents sites. Qtz: Quartz; T Qtz: Triassic Quartz; Kfs: KFeldspath; Pl: Plagioclase; Px/Cpx: Pyroxène/clinopyroxène; Am: Amphibole; Ms: Muscovite; Bt: Biotite; Glt: Glauconite; Sil: Sillimanite; Grt: Garnet; Tur: Tourmaline; Zrn/Ttn: Zircon/Titanite; Ep: Epidote;Cal: Calcite. NPI : Inclusions non plastiques. •••••• : très dominant (>70%) ; •••••: dominant (50-70%) ; •••• : fréquent (30-50%) ; •••: commun (15-30%) ; •• : rare (5-15%) ; • : très rare (<5%) ; + : occasionnel ; - : absent.*

Mylonitic meta-granite and sedimentary inclusions paste

Non-plastic inclusions occur with a frequency of 30-40%, with a grain size generally up to coarse and very coarse sand, rarely very fine gravel, angular-subangular and poorly sorted (fig. 5A-F).

Grains mainly consist of frequent metamorphic mono- and polycrystalline quartz and less abundant alkali feldspar and deformed meta-granite (mylonitic granite). Quartz typically show undulatory extinction, amoeboid boundaries, dynamic recrystallization and intragranular deformation (fig. 5B). Quartz may occasionally be associated with sillimanite (fig. 5C) or be undeformed with straight extinction.

Orthoclase is commonly pertitic (fig. 5D), with different degree of alteration (non-alteration; phyllosilicates or opaques). Granitic rock fragments (quartz ± feldspars ± micas) show different degree of deformation features (*i.e.* dynamic recrystallization), as intragranular deformation, recrystallization and decreasing mineral size. Related to granitic rocks, graphic texture, granophyre and aplite are also sporadically attested.

Inclusions comprise other very rare minerals and lithic grains such as plagioclase, occasionally deformed and weathered, as well as microcline, sillimanite, white mica, biotite, accessory minerals (*e.g.* epidotes, tourmaline and titanite), chalcedony, micro-cryptocrystalline silica and spongolite (fig. 5E). Black mica can reach the grain size of fine sand, whereas white mica is usually present in the grain size of silt. In addition, sporadic microfossils (*e.g.* radiolarian?) and plant remains are present.

Pedofeatures are certainly represented by concentric or clay nodules, while the origin of carbonate (often-identified micrite and microsparite) and amorphous nodules and aggregates remains uncertain. These may or may not include mineral grains (*e.g.* quartz; fig. 5F).

Diallage-bearing gabbro paste

Non-plastic inclusions occur with a frequency of 30-40%, generally with a grain size up to coarse and very coarse sand, rarely very fine gravel, angular-subrounded and unsorted (fig. 5G-L).

Mineral grains are mainly composed of abundant feldspars, clinopyroxene and gabbroic rock fragments. Feldspars are frequent and made up of plagioclase and in a lesser extent of alkali feldspar. Weathering often affects feldspars in different ways (clays, phyllosilicates and opaque concentrations). Diallage is the common mafic mineral, often fractured and weathered (fig. 5I-L); moreover, yellow-green amphibole is rarely present, also showing red color (fig. 5J). Gabbroic rock fragments, composed by feldspars and diallage grains, are common, weathered and can reach the maximum grain size (fig. 5H).

Further non-plastic inclusions also include very few or occasionally green to yellow epidote (probably pistacite), quartz, micas and opaque minerals, as well as fragments, often sub-rounded, of rocks such as serpentinite, epidosite, radiolarite, chert-like, basalt (pillow-lavas), quartzite and probably argillaceous rocks (fig. 5J-L).

Lastly, very few plant remains are identified in elongated and rounded section, also associated to probably short cell phytoliths.

Serpentinite and amphibole-bearing schist paste

Non-plastic inclusions occur with low frequency, *c.* 20%, generally with a grain size up to medium sand, and more rarely up to coarse sand-very fine gravel, angular to subrounded, low-high sphericity, and moderately-poorly sorted (fig. 6A-F).

Grains are mainly composed by non-coloured or slightly green amphibole (probably tremolite-actinolite series), which can also occur as fibrous and reddish-brown in colour, as well as amphibole-, serpentine- and minor micaschists (fig. 6A-F). Among mineral inclusions, the following also appear with different textural features: deformed quartz, plagioclase, epidotes, garnet, and white and black micas. Finally, occasionally plant and indeterminate organic remains are also present.

Amphiboles-bearing gneiss paste

This paste group includes three samples that, although similar in composition, show variable textural patterns. At this level of investigation, it was preferred to consider them as a single group, given also the compositional variability that seems to fade from sample to sample (fig. 6G-L).

In sample ACC20 and ACC07, non-plastic inclusions occur with a frequency of 30-40%, with a grain size generally up to coarse and very coarse sand, rarely very fine gravel, angular-subangular and poorly/unsorted (fig. 6G-H). In sample ACC52, the non-plastic fraction occurs with lower frequency, smaller particle size (up to medium-coarse sand) and higher sorting.

White and black micas are common (fig. 6K), with a grain size up to medium-coarse sand in sample ACC20, while decreasing in the other two samples: in particular, white mica is very rare and silt-sized in sample ACC52. Generally, oxidized black mica shows low or no pleochroism and birefringence, especially in ACC52, and can occurs in red colour, as well as some amphibole grains.

Other common components of this paste are amphiboles (green/yellow-green, brown and green-blue amphiboles; fig. 6I-J), deformed quartz, as well as metamorphic rock fragments with varying compositions (quartz ± rutile ± amphiboles ± clinopyroxenes ± feldspars ± micas ± epidote ± garnet ± titanite ± opaques; fig. 6G-L).

Other inclusions are present in smaller quantities, as feldspars (especially plagioclase), epidotes, clinopyroxenes and occasionally tourmaline. Plagioclase and epidotes are particularly presents in samples ACC07 and ACC20. Finally, bioclasts, as plant remains were also found in very small quantities in all samples.

Acid metamorphic rocks with carbonate, metamorphic, ophiolitic and volcanic grog-temper paste

Despite the similar paste composition of the samples of this group, marked textural differences exist: e.g. in sample ACC06 the mineral inclusions can be rounded

and up to very fine gravel in size (fig. 7A), whereas in ACC09 they are more angular and smaller. Nevertheless, for this study, and at this level of investigation, we prefer to consider these samples in the same group, due to the presence of various kinds of grog-temper (fig. 7A-I). Indeed, different compositional paste features marked grog-temper. Overall at least six grog-temper pastes have been definitely recognized:

– Acid metamorphic paste, mainly characterized by deformed quartz and white mica; moreover, this grog-temper paste may present typical features of high temperature firing, such as iron-rich amorphous matrix and low-birefringence white mica (fig. 7B); this grog paste looks like the including pottery paste (fig. 7A);
– Carbonate paste, mainly characterized by calcium carbonate matrix and inclusions. In turn, this paste can also contain other different grog-temper pastes, namely second grog generations are attested (fig. 7C);
– Ophiolitic paste, mainly characterized by serpentinite fragments, diallage, yellow-green amphibole and weathered plagioclase (fig. 7D); this paste looks like the "diallage-bearing gabbro paste" (fig. 5G-L);
– Volcanic paste, mainly characterized by plagioclase, sanidine, clinopyroxene and glassy rock; this paste looks like the one found in other coeval sites (Gabriele *et al.*, 2019; here fig. 7E-F);
– Metabasite paste, mainly characterized by fine elongated non colored and high birefringent minerals, typically amphibole (actinolite) (fig. 7G); this paste looks like the "serpentinite and amphibole-bearing schist paste" (fig. 6A-F);
– Gneiss paste, mainly characterized by biotite-rich gneiss, green-blue amphiboles bearing gneiss and biotite (fig. 7H); this paste looks like "Amphiboles bearing gneiss paste" (fig. 6G-L);

Moreover, one more grog-temper paste could be supposed:

– Glauconite and metamorphic rocks paste; this is represented only by a grog inclusion with only a supposed glauconite grain (fig. 7I).

In this pottery paste group in addition to the grog-temper, the analysed samples mainly include acid metamorphic rocks (e.g. quartz-schists, micaschists and quartzites) and derived minerals, as well as rock and mineral inclusions possibly derived from the different grog-temper pastes (green-blue amphibole bearing gneiss, serpentinite, amphibole-schist, volcanic rocks, glass, diallage, rounded green clinopyroxene (fig. 7F), sanidine, plagioclase and micas).

Finally, bioclasts and pedofeatures, such as plant remains and concentric nodules, are also occasionally present.

Sedimentary rocks with diallage grog-temper paste

In this paste group, the non-plastic inclusions are about 30%, with a grain size up to very fine gravel, unsorted, angular to rounded and with medium to low sphericity (fig. 7J-L).

In particular, inclusions mainly consist of rock fragments, such as argillites and phyllites, subrounded-rounded, and chert-like (micro-cryptocrystalline silica), angular-subangular (fig. 7J). Occasional grains of carbonate rocks are also present. Among the monomineralic grains, metamorphic quartz, diallage, feldspars and in smaller quantities white and black mica are present. Micas are very rare and silt size, occasionally up to fine sand. In addition, grog is common, generally consisting of a diallage-rich paste (fig. 7K). Indeed, diallage monomineral grains, scattered in the matrix, probably comes from the grog production and addition process (fig. 7L). Finally, occasional plant remains are observed.

Sourcing raw materials

Alpine metamorphic, low-pressure ophiolite and volcanic formations are suitable sources for the above-mentioned pottery and grog pastes. Such geological formations are not present within a radius of 7km around the site (fig. 4).

One of the sources of raw material for the silicate component of the pottery pastes should be a deformed meta-granite with two feldspars (subsolvus). This type of outcrop is not identified in the Maures-Tanneron massif towards the west or of the Savona-Calizzano massif, towards the east, but rather in the Argentera-Mercantour massif towards the north-west. In fact, here mylonitic subsolvus meta-granites are involved within ductile shear zones, linked to the Alpine orogeny (Sanchez *et al.*, 2011; Lardeaux *et al.*, this volume). Moreover, the absence of Alpine HP/LT minerals and meta-granites deformed under HT conditions in pottery pastes leads to exclude the Savona-Calizzano massif (Chantraine *et al.*, 1996) and Maures-Tanneron massif (Schneider *et al.*, 2014 with references therein) as sources respectively.

Source outcrop for the raw materials of mylonitic meta-granite and sedimentary paste could be identified in the deformed meta-granite of the Argentera-Mercantour massif, about 90km north-west of the site (fig. 2 and fig. 3G). However, the occasional presence of bio-sedimentary inclusions raises the possibility of different source, even if it is difficult to circumscribe geographically. In fact, there is no geographical area close to the Argentera-Mercantour massif, where it is possible to find such a natural mixing of *terrae*. Moreover, the presence of concentric nodules, markers of evolved soils, leads us to look for the source of the raw material, not in a mountain environment or to consider the possibility of an intentional mixing. Evolved soils could be found e.g. in the Maures-Tanneron massif, where it would be possible to find them on granitic formations. However, the mineralogical composition and the absence of marked metamorphic imprint on these formations lead to its exclusion as the source of raw materials.

Unlike the mylonitic meta-granite and sedimentary paste, the other ones were probably produced with raw

materials from source outcrops mainly to the east of the site.

In particular, alpine metamorphic raw materials characterized by amphibole-bearing schist and serpentinite (fig. 6A-F) or by amphiboles-bearing gneiss (fig. 6G-H) could come from the formations of the Voltri group and the Savona Calizzano Massif (fig. 2). Indeed, crystalline basement formations with green-blue amphiboles-bearing gneiss and amphibolite are present around 15km to the north and northeast from the site, in the Savona-Calizzano Massif. Instead, alpine meta-ophiolites with serpentinites and actinolite-schists outcrops are extensively present more than 30km to the east in the Voltri group in central Liguria. However, we cannot completely exclude north-eastern Corsica as a possible source area for these "Alpine metamorphic" raw materials.

With regard to diallage-bearing gabbro pastes, Apennine ophiolites characterised by a metamorphic low-pressure footprint, could be the source of the raw materials used in such a pottery production. These outcrops are present in eastern Liguria, more than 90km from the site, but also further afield in central Tuscany and in Tuscan Archipelago.

Finally, it is more difficult to circumscribe the sources of raw material for volcanic and glauconite components of grog pastes. For the glauconite grog pastes, it is possible to consider outcrops in eastern Provence (more than 50km); while for the volcanic pastes, the most indicative minerals (green clinopyroxene and sanidine) suggest the volcanic-potassic outcrops between southern Tuscany and Campania, more than 300km southeast from the site (Peccerillo, 2005). Even if at this research level it is not possible to completely exclude another provenance or multiple sources.

As for technological features, it must be pointed out that two local pottery production, made with local raw materials (acid metamorphic and sedimentary rocks respectively), present the use of non-local and local grog-temper; moreover, these local grog, made of carbonates or deformed quartz ± white mica raw materials, may present some significant technological features, such as second-generation grog and overcooking.

Nice – Caucade

Context

Archaeological context

Caucade (Nice) is a stratified coastal open-air site (fig. 1). In the late seventies, rescue excavations have uncovered an *Impressa* layer corresponding to the first half of the 6th millennium BCE, beneath series of structures belonging to the Chassey culture, mainly dated from the very beginning of the 4th millennium BCE. The *Impressa* horizon is as early as the first phase of the Arene Candide, based on a typological comparison of pottery (Binder and Maggi, 2001; Binder, Gomart *et al.*, this volume).

The small *Impressa* pottery assemblage consist of 67 small sherds after refitting; and the minimum number of pottery individuals (MNI) is to be considered as least equal to the number of decorated rests; to these can be added another six undecorated pots, identified according to the their pottery paste composition. Among the twenty-seven decorated fragments fourteen show typical geometric decoration obtained by the *sillon d'impressions* technique (Binder and Maggi, 2001).

The first petrographic observations (Manen *et al.*, 2006) have shown a great variety in pottery pastes and raw materials, beside a high mobility pattern. In this study, we have considered the previous data and increased the number of samples for thin sections analysis.

Overall, petrographic analyses were carried out on the entire ceramics set and on twenty-nine thin sections from twenty-three representative shard samples.

Local geology

The studied site is located in an area within which numerous sedimentary series are well defined (Gèze and Nestéroff, 1968) and particularly Triassic marls and gypsum, Jurassic limestones, Cretaceous marly limestones, including Upper Cretaceous glauconitic deposits and Quaternary alluvial formations (Irr, 1984; Dubar, 2012; fig. 8).

Limestones, marls, sandstones, pelites, magmatic and metamorphic elements, mainly compose the Quaternary alluvial deposits of the Var valley (Irr, 1984) and the terraces of Nice (Dubar, 2012).

Pottery paste description

Petrographic observations show great differences among pottery pastes and raw materials, as for the Arene Candide cave. Specifically, with regard to non-local sources, at least six pastes can be outlined (fig. 9-10 and table 1). Some of these pastes have strong similarities in their petrographic composition, fading into each other, thus making it difficult to differentiate them clearly (fig. 9-10; table 1).

Gneiss, meta-granite and sedimentary inclusions paste

This pottery paste includes sedimentary, plutonic and metamorphic elements (fig. 9A-F). As a heterogeneous group, it includes all three petrographic components in varying proportions and textural features.

At this level of investigation, it is not possible to clearly identify several pastes in this heterogeneous group, but some differences in composition are highlighted below:

– Mica-rich pastes: micas represent an important but never dominant fraction. Generally, biotite is more abundant than white mica, except for one sample (Cau16). In one case, black and white micas can reach the size of the medium sand (Cau08). Other inclusions are present, angular to rounded and generally up to very coarse sand. Among them, quartz is frequent, generally with intra-crystalline deformation (fig. 9A). In at least in one sample (Cau02) euhedral

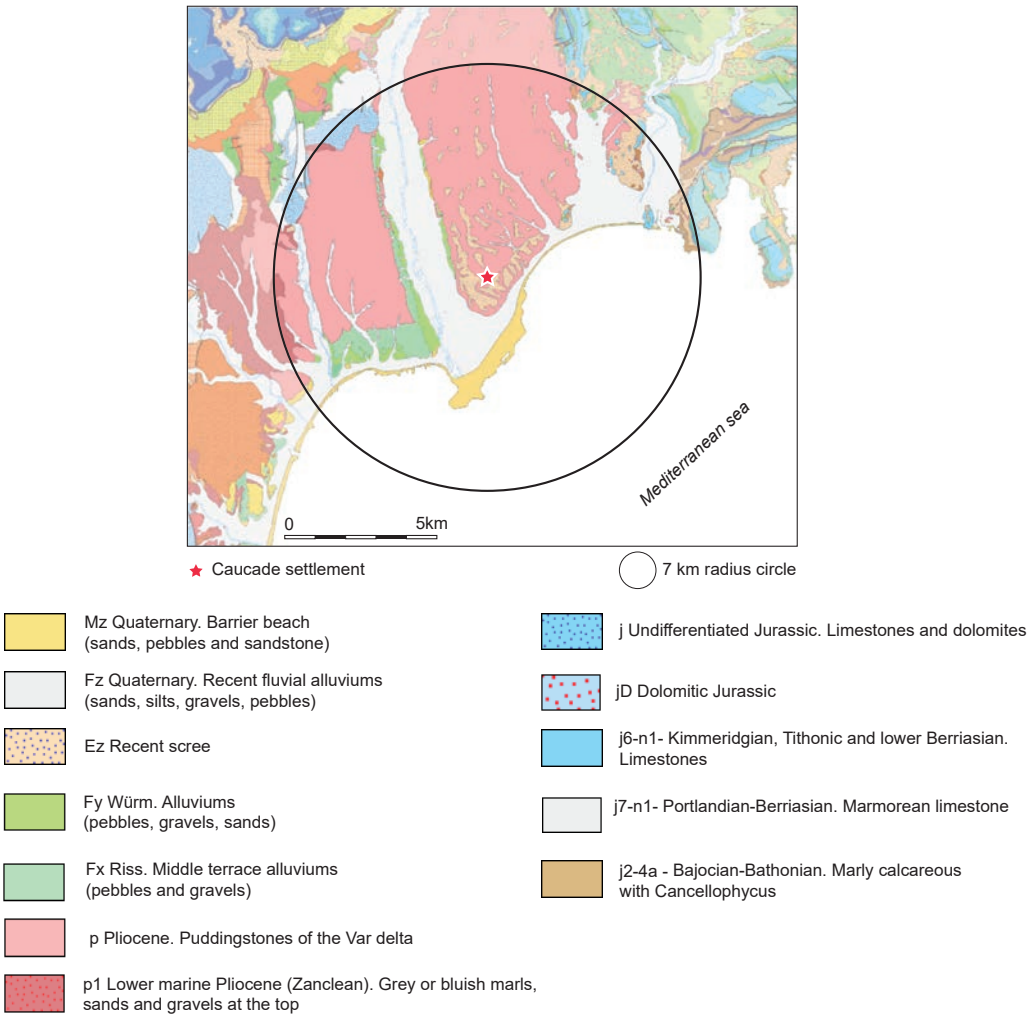


Fig. 8 – Local geological map of the Nice - Caucade site.
***Fig. 8** – Carte de la géologie locale du site de Nice - Caucade.*

Triassic quartz grains are also present (fig. 9D-E). Alkali feldspars are common, while plagioclase is rare. Some of which show microstructures of plastic deformation. Other minerals are occasionally present, such as Fe-Mg minerals and sillimanite. Lithic granules are common, such as plutonic and metamorphic rock fragments and to a lesser extent sedimentary ones. Lithoclasts include granite, meta-granite, sillimanite-rich gneiss (fig. 9B), silicite and spongolites. Finally, microfossils, as likely spicules, were identified in at least three samples (Cau04, 07 and 08). With regard to anthropic inclusions, grog is difficult to identify, but may be present in at least one sample (Cau04; fig. 9C). Clay aggregates are generally present in other samples (*e.g.* Cau08 and 16);

– Mica-poor pastes: in four samples micas are rare with respect to the previously described ones. However, the other components of the non-plastic fraction have different textural aspects. In particular, while sample Cau09 is very similar to the samples described above, but with less abundant inclusions, sample Cau11 has both frequent and well-rounded inclusions. In this sample, the plutonic component seems to be more important than in the other samples. In fact, straight undeformed quartz (fig. 9F), feldspars and aplites are present in this sample. In sample Cau20, the matrix appears to be different, with very few micas and fine fraction. In this sample, non-plastic inclusions may be up to very fine gravel and rounded, with an apparent bimodal distribution. In addition, in this sub-group, Triassic quartz (fig. 9E), Fe-Mg minerals and sedimentary siliceous rocks have also been identified. Finally, pedofeatures concentric nodules are also present.

Gneiss, meta-granite and glauconite paste

This paste is characterized by very similar mineral and lithic inclusions as those found in the previous paste group, but here associated with glauconite peloids, glauconite-rich rocks, glauconite clay aggregates and grog-temper (fig. 9G-L). Even in this case, the textural features of

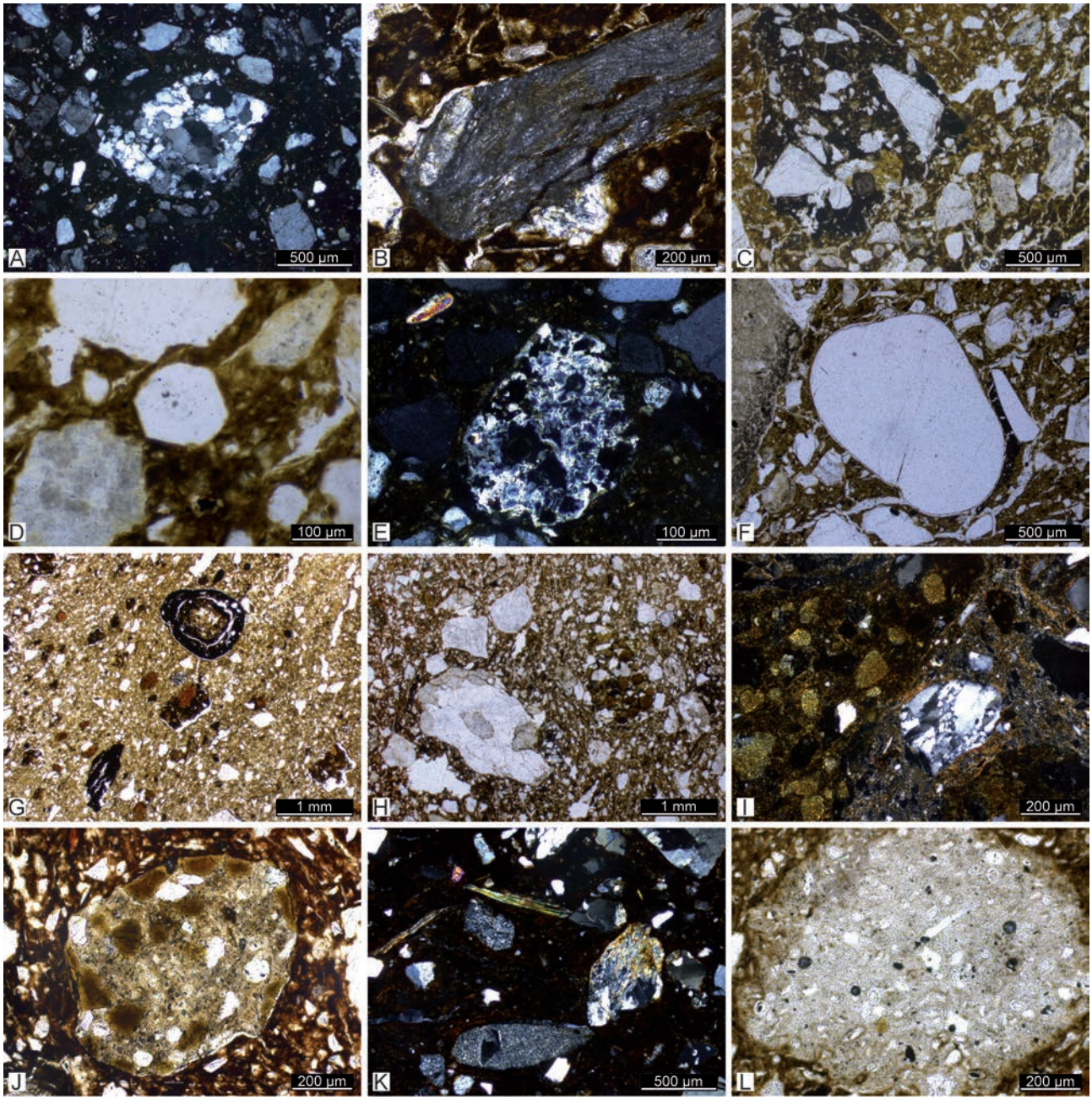


Fig. 9 – Thin section microphotographs of archaeological pottery pastes from the site of Nice - Caucade. A-F: *Gneiss, meta-granite and sedimentary inclusions paste*. A: quartz with intra-crystalline deformation (XPL); B: sillimanite gneiss (PPL); C: grog-temper with similar composition to the embedded pottery, and probably with second generation grog (PPL); D: Triassic quartz, feldspar and quartz (PPL); E: Triassic cariated quartz, feldspar, quartz and white mica (XPL); F: rounded straight undeformed quartz (PPL). G-L: *Gneiss, meta-granite and glauconite* paste. G: general view and inclusion textural features: glauconite, glauconitic rocks and concentric nodule (PPL); H: glauconite, glauconitic rocks and gneiss fragments (PPL); I: glauconitic grog-temper and quartz with intra-crystalline deformation (XPL); J: phosphate cement glauconite rock (PPL); K: deformed quartz, white mica and gneiss inclusions (XPL); L: bio-sedimentary rock, probably spongolite (PPL). PPL: Plane Polarized Light. XPL: Crossed Polarized Light.

***Fig. 9** – Microphotographies en lame mince des pâtes de céramiques archéologiques du site de Nice - Caucade. A-F : Pâte à gneiss, méta-granite et inclusions sédimentaires. A : quartz avec déformation intra-cristalline (LPA) ; B : gneiss à sillimanite (LPNA) ; C : chamotte à pâte de composition similaire à celle de la pâte de la poterie au sein de laquelle elle a été incorporée, et incluant elle-même probablement de la chamotte (LPNA) ; D : inclusions de quartz, feldspath et quartz du Trias (LPNA) ; E : quartz carié du Trias, feldspath, quartz et mica blanc (LPA) ; F : quartz arrondi non déformé (LPNA). G-L : Pâte à Gneiss, méta-granite et glauconite. G : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions, glauconite, roches glauconitiques et nodule concentrique (LPNA) ; H : glauconite, roches glauconitiques et fragments de gneiss (LPNA) ; I : chamotte glauconitique et quartz avec déformation intra-cristalline (LPA) ; J : roche glauconitique à ciment phosphaté (LPNA) ; K : inclusions de quartz déformé, mica blanc et gneiss (LPA) ; L : roche bio-sédimentaire, probable spongolite (LPNA). LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

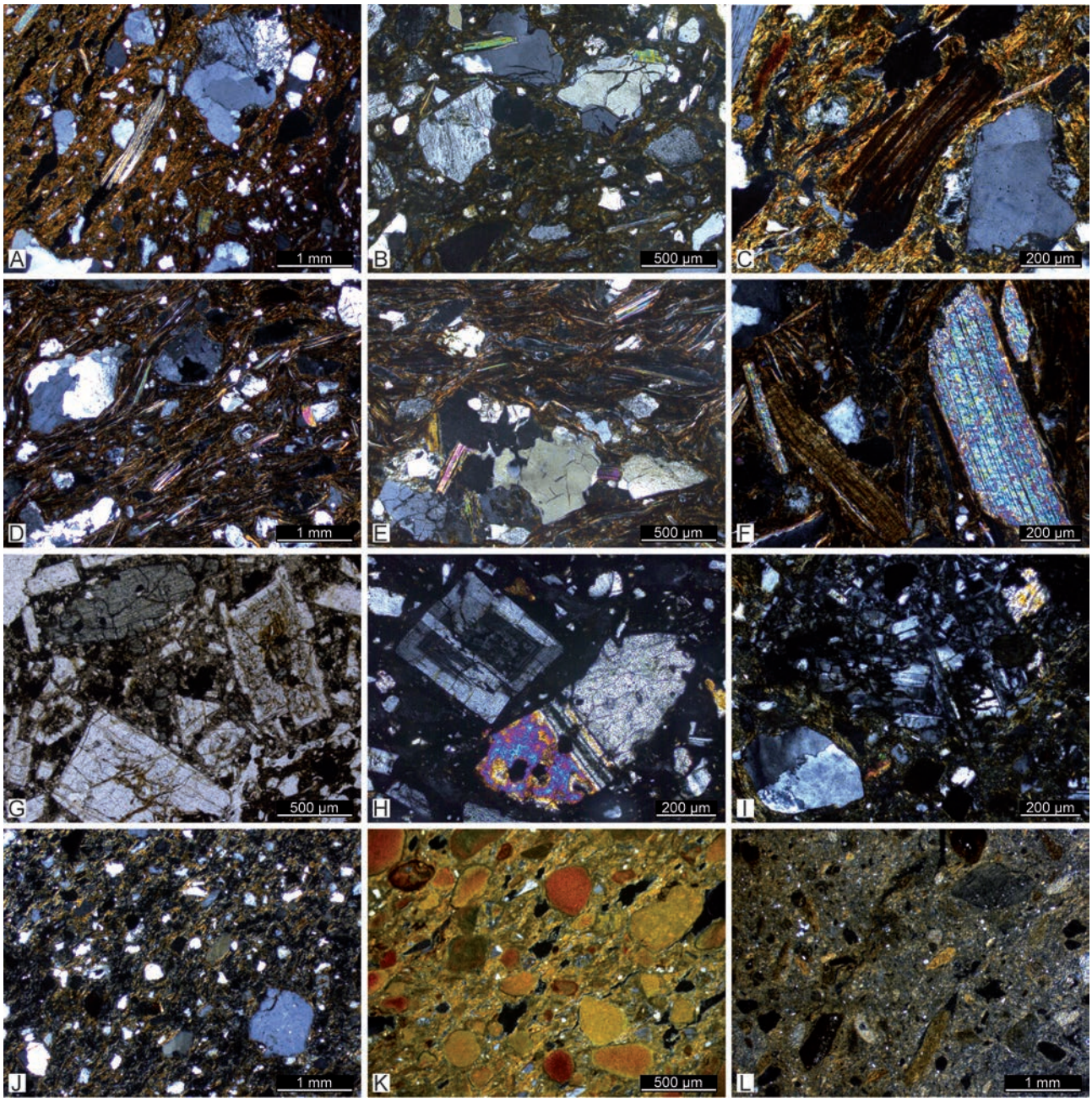


Fig. 10 – Thin section microphotographs of archaeological pottery pastes from the site of Nice-Caucade. A-C: *Granitic paste*. A: general view and inclusion textural features: common quartz, granitic rock and white mica (up to coarse sand sizes) (XPL); B: white mica granite, white mica, quartz and feldspar (XPL); C: oxidised black mica, granitic rock, quartz and feldspar (XPL). D-F: *Granitic and two micas paste*. D: general view and inclusion textural features, dominant black mica and, to a lesser extent, white mica, granitic rock and quartz (XPL); E: white mica granitic rock, black and white micas, quartz and feldspar (XPL); F: preserved white and black micas (XPL). G-H: *Andesitic paste*. G: andesitic rock with andesine plagioclase, pyroxenes in plagioclases-oxydes groundmass (PPL); H) zoned plagioclase and twinned clinopyroxene (XPL). I-L: *Andesitic and deformed quartz paste.* I: andesitic rock and dynamically recrystallised quartz (XPL); J: Pottery paste characterised by the presence of common quartz (XPL); K: glauconite paste (XPL); L: sedimentary rock paste. PPL: Plane Polarized Light. XPL: Cross Polarized Light.

***Fig. 10** – Microphotographies en lame mince des pâtes de céramiques archéologiques du site de Nice-Caucade. A-C : Pâte granitique. A : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions : quartz, roche granitique et mica blanc (jusqu'à des tailles de sable grossier) (LPA) ; B : granite à mica blanc, mica blanc, quartz et feldspath (LPA) ; C : mica noir oxydé, roche granitique, quartz et feldspath (LPA). D-F : Pâte granitique et deux micas. D : vue générale et caractéristiques texturales de l'inclusion, mica noir dominant, suivi par mica blanc, roche granitique et quartz (LPA) ; E : roche granitique à mica blanc, micas noirs et blancs, quartz et feldspath (LPA) ; F : micas blancs et noirs (LPA). G-H : Pâte andésitique. G : roche andésitique avec plagioclase, pyroxènes dans une matrice à plagioclases-oxydes (LPNA) ; H : plagioclase zoné et clinopyroxène maclé (LPA). I-L : Pâte à andésitique et à quartz déformé. I : roche andésitique et quartz recristallisé (LPA) ; J : Pâte à quartz (LPA) ; K : Pâte à glauconite (LPA) ; L : Pâte à roche sédimentaire. LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

mineral components can be very different from sample to sample, although plutonic, metamorphic (fig. 9H-I and K), and sedimentary (fig. 9J and L) components are always present. For example, sample Cau01 has abundant inclusions, with common glauconite and black mica, and less abundant white mica, heavy minerals (*e.g.* garnet, zircon, clinopyroxene) and chalcedony spongolite. Samples Cau14 has only one glauconite granule. Sample Cau12 has rare inclusions, including silicite, chalcedony, microfossils (spicules) and pedofeatures (concentric nodules; fig. 9G).

Granitic paste

The non-plastic inclusions have a content of 30-40% and a grain size up to the very coarse sand, with rare elements to fine gravel; these are poorly sorted or unsorted, generally angular with low sphericity (fig. 10A-C). Grains consist of frequent quartz and subordinated alkali feldspar. Plagioclase is very few and often much weathered. White and black micas are also present: white mica are common and up to coarse sand sizes, whereas black mica is smaller in size and abundance (fig. 10A-C). In addition, the black mica appears to be oxidised, without colour or birefringence, making it sometimes difficult to recognise (fig. 10C). Lithic grains of white mica granite are present and can reach the largest size.

Granitic and two micas paste

This paste is very similar to the previous one as regards the composition of the non-plastic inclusions (fig. 10D-F). Nevertheless, it deserves to be distinguished from the previous one by the presence of dominant black mica and, to a lesser extent, white mica (fig. 10D-F). These, of very variable size generally up to medium sand size, characterise and constitute a large part of the matrix.

Andesitic paste

Non-plastic inclusions are abundant, approximately 30-40%, of a grain size up to the very coarse sand, rarely to fine gravel, unsorted and generally angular with low sphericity (fig. 10G-H).

Inclusions are apparently exclusively of volcanic origin. Among them highly zoned and generally angular andesine plagioclase dominates (fig. 10G-H). Green and yellowish-brown clinopyroxene (fig. 10H) is common while colourless orthopyroxene is less abundant. Brown amphibole is rare. Rock fragments of andesite are common, consisting in the association of phenocrysts of plagioclases and pyroxenes in a plagioclases-oxydes groundmass (fig. 10G). Finally, fragments of volcanic glass are also present.

Andesitic and deformed quartz paste

Unlike the previous one, this paste is composed of volcanic and metamorphic inclusions. In addition to andesite rocks grains and derived minerals, such as plagioclase and clinopyroxene, mainly inclusions of dynamically recrystallised quartz are present (fig. 10I). It is difficult to propose a certain origin, but it could be compared to metamorphic elements found in other pottery pastes.

Sourcing raw materials

Analysed pottery pastes with plutonic, metamorphic and volcanic inclusions refer to geological contexts more than 7km away from the Caucade site. The only mineral component that refers to local outcrops is glauconite clay. This is associated with material that is not available locally, such as meta-granite, or used as is to produce glauconite pottery paste (fig. 10K). Other local pastes, consisting of only local raw materials, are not considered in detail in this study, as not indicative of transfers (fig. 10J and L).

Plutonic and metamorphic rocks, as well as derived minerals, although possibly present in the quaternary alluvial deposits of the Var valley and the Nice terraces, are here always associated with inclusions of different origin, such as calcareous rocks and tertiary pelites. Indeed, the composition of these alluvial formations, which may have provided raw material for ceramic production, closely mirrors the formations present along the Var valley and its tributaries. This set of rocks is never found in the analysed pottery pastes. In particular, pelites and limestones are not found: even assuming the use of highly leached and evolved soils as raw materials, as shown by concentric nodules, at least occasionally pelites grains should be present and recognized.

As is the case for the Arene Candide site, the closest possible source to Caucade site could be the Argentera-Mercantour massif, for pastes with plutonic and metamorphic components (fig. 3G). In addition, also in these pastes the presence of sedimentary elements, leads to exclude source areas close to the Argentera-Mercantour massif where it is no possible to find a natural mixing of the above-mentioned components, and to consider the possibility of an intentional mixing.

Instead, for pastes with granite and micas, the most likely source seems to be the Maures-Tanneron massif that displays the requested diagnostic mineral-petrographic compositions (fig. 3H-I).

On the other hand, for the andesitic volcanic component, it is possible to propose as a source the outcrops present to the east and west of the site along the coast at a relatively short distance (around 15 km). Finally, the association of andesite with plastically deformed quartz grains does not allow for a secure determination of a possible source of raw material. Whatever, it is not possible to identify a natural heterogeneous source for this type of pottery paste and seems fair to consider an intentional mixing by the potter.

Castellar – Pendimoun

Context

Archaeological context

Pendimoun (Castellar, Alpes Maritimes) is a rock shelter distant about 3km from the sea (fig. 1). This stratified site was occupied from the Early Mesolithic (9th millennium BCE) to the Bell Beakers (end of the 3rd millennium BCE (Binder *et al.*, 1993). Excavations

have brought to light a detailed and extensive Neolithic sequence date to the 6th millennium BCE, from the Impresso-Cardial Complex (ICC) and the transition to the Square Mouth Pottery Culture (SMP) (Binder and Sénépart, 2010; Binder *et al.*, 2020).

For the earliest Neolithic occupations, associated with the *Impressa* wares, two successive phases have been identified: PND-1A dated from 5720-5660 BCE and characterized by instrumental and digital-ungual decoration technique; PND-1B dated from 5650-5440 BCE and characterized by digital-ungual and instrumental decoration with addition of few pots in the Basi-Filiestru-Pienza style (Binder, Gomart *et al.*, this volume; Cassard, 2020 and this volume; Manen *et al.*, this volume).

Among a total of 125 *Impressa* pots (MNI), we took into account for this study a total of 104 pots from phases PND-1A and 1B, and eleven individuals attributed to the phase PND-1-undivided; the studied pots are equivalent to several hundreds of sherds, stereo-microscopically analysed.

The first phase of occupation yielded a low number of potteries, compared to the second phase: pots represent 17% and 83% of the total analysed, respectively. Optical microscope observations involved fourteen pots (MNI) and twenty-five thin sections (maximum two sections per pot). In addition, remnants of molded clay blocks and experimental briquettes were sampled for thin-section comparative analysis of as-is material (fig. 3A-D).

Local geology

Outcrops 7km around the site are characterised by different geological formations, principally by Upper Cretaceous (marly–calcareous rocks), Lower Cretaceous units (marly limestones, calcareous marls and layered marls interbedded with glauconite-rich layers), Tithonian units (massive limestones), Upper Jurassic units (pseudo-oolitic massive limestone) and Triassic units (limestone, dolomite and marl; Gèze and Nestéroff, 1968; here: fig. 11).

In particularly, the geology of the Pendimoun site area is mainly characterised by limestone outcrops of the Upper Jurassic and by marly limestones, marls and schistose marls with glauconitic beds of the Lower Cretaceous. These outcrops form the top and base of the shelter respectively (Gèze and Nestéroff, 1968).

In front of the site, less than 1km as the crow flies, are the extensive undifferentiated Upper Cretaceous marl-limestone formations, in which limestones can be found in small beds, containing silicites or with glauconitic horizons (fig. 3E). In addition, residual karst clay deposits (*terra rossa*) are common in the local area of the site in association with carbonate rocks (fig. 3F).

Other different formations are present more than 1km as the crow flies from the site: to the north-east and west there are limited outcrops of Triassic marl; to the south and east outcrops of Neocene limestone and marl; to the south-west the extensive formations of the Eocene- Oligocene Annot Sandstone system (Lanteaume, 1962). The latter sedimentary formation is characterized by quartz, feldspars, micas and various fragments of rocks, such as granitic rocks (*e.g.* Hercynian leucogranites and two-micas granites, Permian alkaline granites and syenites), metamorphic rocks (*e.g.* gneiss and micaschists), volcanic rocks (*e.g.* rhyolite, andesite, alkaline basalts and ignimbrites) and sedimentary rocks (*e.g.* limestone and marl). Glauconite is also occasionally present (Stanley, 1961).

Pottery paste description

For the *Impressa* horizon, pastes analyses in thin sections show few differences within the pottery assemblage since only five pottery pastes have been identified (fig. 12-13 ; table 1), among which four present non-local markers.

Mylonitic meta-granite paste

The non-plastic inclusions generally occur in percentages varying from 30-40%, with grain sizes up to very coarse sand, rarely very fine gravel; the roundness and sphericity are variable, generally angular-subangular with medium-low sphericity (fig. 12A-B).

Grains are composed of frequent quartz, followed by orthoclase, plagioclase, microcline, micas and accessory minerals. The latter, such as zircon and tourmaline, are scarce but always present (fig. 12A-C). Monomineral grains of anhedral quartz show, in rare cases, inclusions of sillimanite (fig. 12E). K-feldspars can be perthitic while plagioclase can be altered (sericitized). Typical microstructures such as graphic/granophiric texture and myrmekite are also present (fig. 12D). White mica is apparently more abundant and bigger than black mica; which is often altered, with low or no birefringence. All these minerals display intra-crystalline deformation textures indicating ductile behaviour for quartz and ductile/brittle conditions of deformation for feldspars (see detailed discussion in Lardeaux *et al.*, this volume).

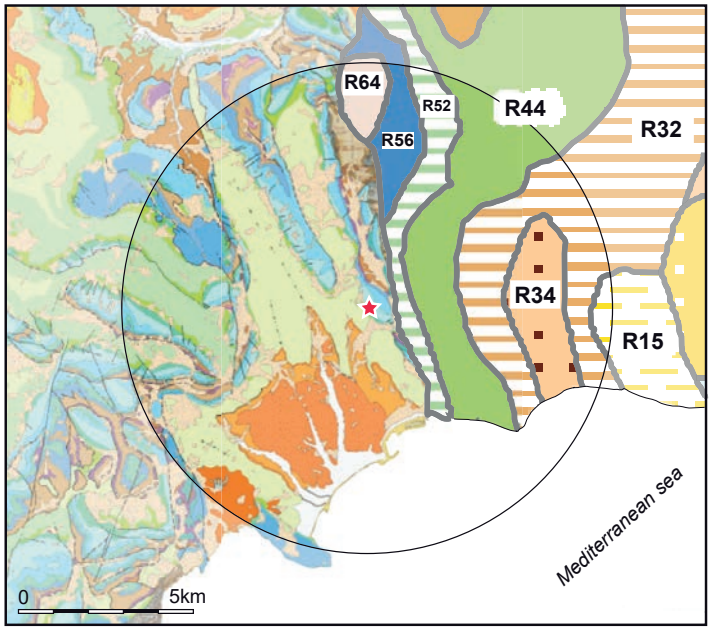
Fragments of meta-granite (quartz ± feldspath ± micas ± zircon) are abundant and are severely deformed and transformed into mylonites under Greenschist facies conditions (see Lardeaux *et al.*, this volume). The presence of granophyre and aplite is recorded. Plant bioclasts, i.e. plant remains and probably short cell phytoliths, are also sporadically present.

Additionally, indeterminate and generally optically inactive (amorphous) aggregates (also associated with micrite) are presents (fig. 12F). Finally, as far as pedofeatures are concerned, iron, clay nodules (also with mineral inclusions) and incomplete dense calcite infillings (neoformations) are also occasional.

Glauconite paste

The non-plastic inclusions have a variable content of up to more than 50%, grain size up to the medium sand, rarely coarse and very coarse sand, moderately to poorly sorted, sub-rounded to rounded and medium to high sphericity (fig. 12G-H).

Grains consist of dominant glauconite, in the form of peloids, ooids, with a vermiform aspect or with a nucleus of other minerals such as quartz, at various stages of



★ Pendimoun rockshelter

7 km radius circle

Mz Quaternary: barrier beach (sands, pebbles and sandstone)

Fz Quaternary: recent fluvial alluviums (sands, silts, gravels, pebbles)

Ez Recent scree

m5_P Marine Tortonian: very coarse molasse or molasse poudingues

e7_gA Priabonian: "Annot sandstone"

e7_ca Priabonian: clayey limestones and marls

e5c-6a Upper Lutetian - Auversian: Nummulitic limestone with N. striatus and large Nummulites

c2-3 Turonian-Coniacian: limestones with echinoderm and sponge, grey marls

c2 Turonian: limestones

c1-2_(3) Cenomanian-Turonian: limestones, marly limestones, marls

n1-3_mc Neocomian: undifferentiated marly calcareous

j Undifferentiated Jurassic: limestones and dolomites

j5-7_(2) Malm: limestones

j7 Portlandian: tithonian facies, sublithographic limestones

j6-n1- Kimmeridgian, Tithonic and lower Berriasian: limestones

j5-6 Oxfordian et Kimmeridgian: sublithographic limestones

j1-5b Dogger and middle Oxfordian: limestones and marls

j4-5 Undifferentiated Callovian et Oxfordian: limestones and marly calcareous

j2-4a Bajocian-Bathonian: marly calcareous with Cancellophycus

t7 Rhétian: platy limestones, cargneuls, green marls

t6-7 Keuper: red clays, gypsum, dolomites, cargneuls

According to the Geological Map 1/50 000 (BRGM) Sheet N°1579 - Project: Alpes-Maritimes

R15 Clays and marls, sometimes with olistostrome (Pliocene)

R32 Pelagic marls and calcareous marls (Paleogene)

R34 Arenaceous and arenaceo-marly units (turbidites) (Paleogene)

R44 Organogenic and biodetritic neritic and platform limestones (Upper Cretace)

R52 Pelagic micritic limestones and claye micrites (Cretace - Upper Jurassic)

R56 Limestones and sometimes neritic and platform dolomites (Jurassic)

R64 Evaporites often with marls (Upper Trias)

According to : http http://www.pcn.minambiente.it/viewer/

Fig. 11 – Local geological map of the Castellar - Pendimoun site.
***Fig. 11** – Carte de la géologie locale du site de Castellar - Pendimoun.*

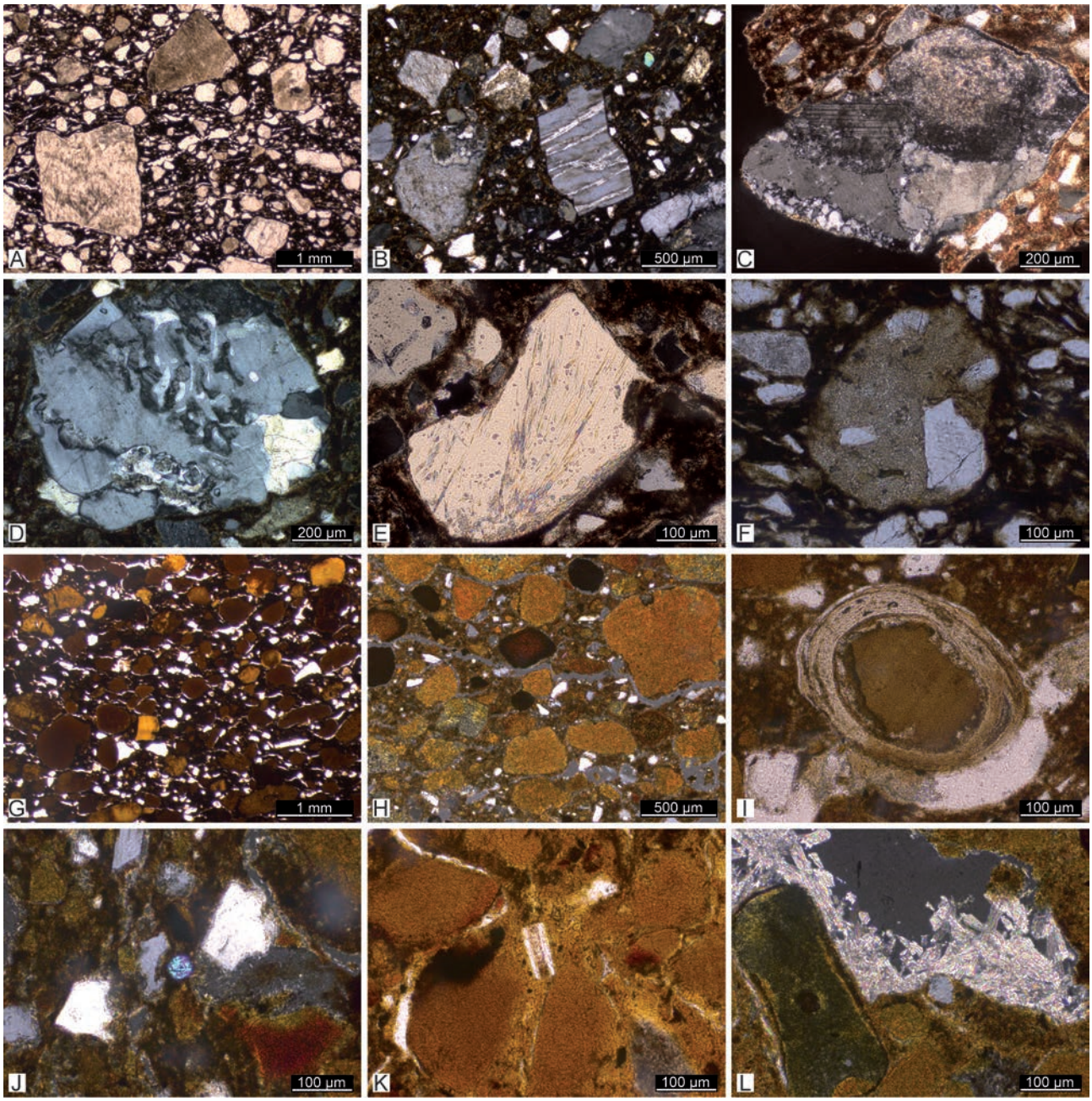


Fig. 12 – Thin section microphotographs of archaeological pottery pastes from the site of Castellar-Pendimoun. A-F: *Mylonitic meta-granite paste*. A: general view and inclusion textural features: meta-granitic rock, feldspar and quartz (PPL); B: Perthite, quartz and tourmaline (XPL); C: mylonitic meta-granite rocks (XPL); D: intergrowth of quartz in feldspar, probably myrmekite microstructure (XPL); E: quartz with sillimanite inclusions (XPL); F: amorphous aggregate also associated with quartz and micrite (PPL). G-L: *Glauconite paste*. G: general view and inclusion textural features (PPL); H: glauconite birefringence range from orange to orange-brown, more rarely from green to yellow or from dark red-brown to black (XPL); I: phosphate nodule (PPL); J: glauconite, angular quartz and zircon (XPL); K: undetermined microfossil (PPL); L: infilling of neoformed calcite in porosity and glauconite (XPL). PPL: Plane Polarized Light. XPL: Cross Polarized Light.

***Fig. 12** – Microphotographies en lame mince des pâtes de céramiques archéologiques du site de Castellar - Pendimoun. A-F : Pâte à méta-granitique mylonitique. A : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions méta-granitique, feldspath et quartz (LPNA) ; B : Perthite, quartz et tourmaline (LPA) ; C : méta-granite mylonitiques (LPA) ; D : intercroissance de quartz dans le feldspath, probable myrmékite (LPA) ; E : quartz à sillimanite (LPA) ; F : agrégat amorphe associé à quartz et micrite (LPNA). G-L : Pâte à glauconite. G : vue générale et caractéristiques texturales des inclusions (LPNA) ; H : biréfringence de la glauconite allant de l'orange au brun-orange, plus rarement du vert au jaune ou du brun-rouge foncé au noir (LPA) ; I : nodule de phosphate (LPNA) ; J : glauconite, quartz anguleux et zircon (LPA) ; K : microfossile indéterminé (LPNA) ; L : calcite néoformée dans la porosité et glauconite (LPA). LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

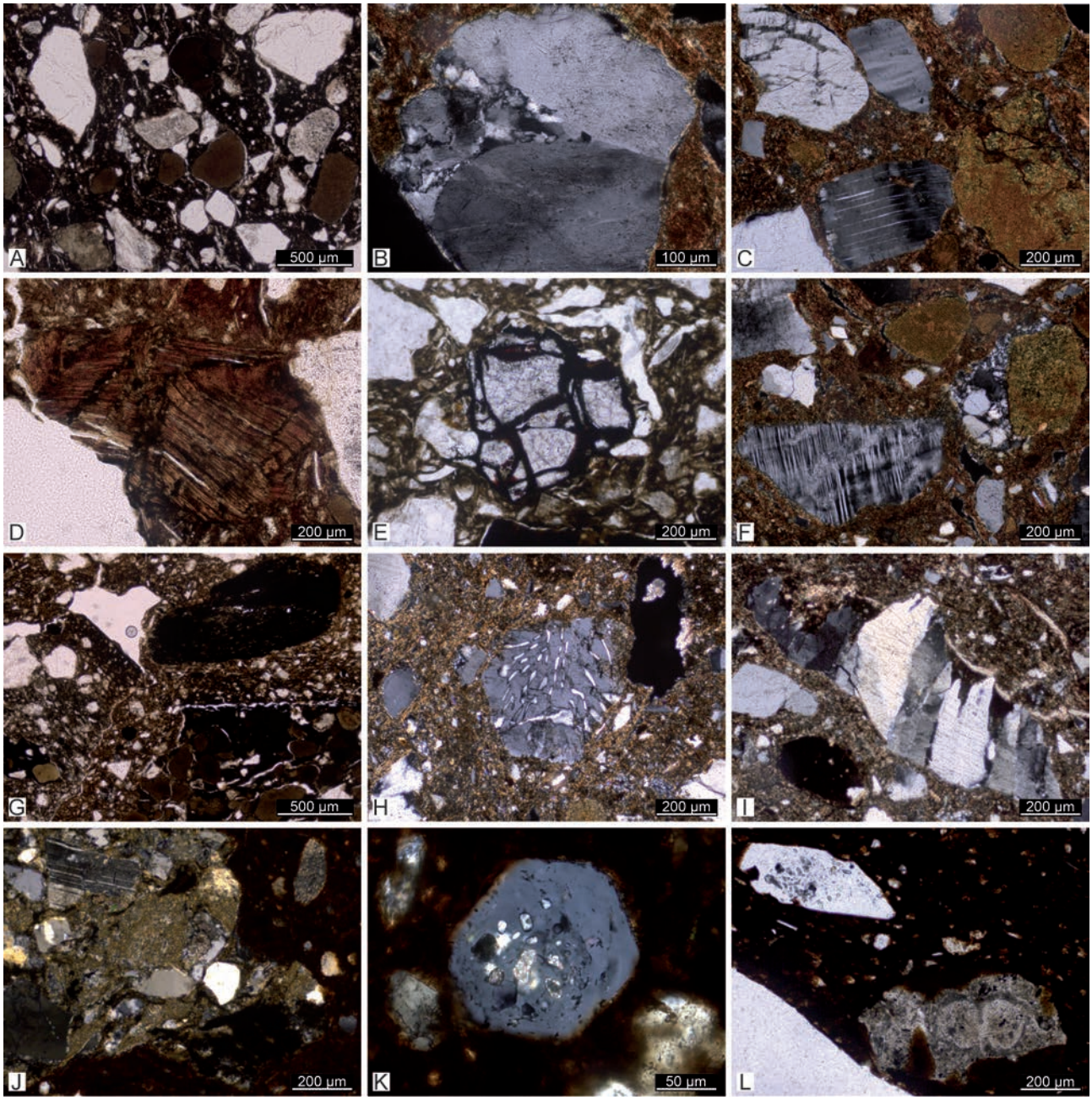


Fig. 13 – Thin section microphotographs of archaeological pottery pastes from the site of Castellar - Pendimoun. A-F: *Mylonitic meta-granite and glauconite paste*. A: glauconite, quartz and feldspar (PPL); B: polycrystalline quartz recrystallisation and amoeboid boundaries (subgrain bandaries and new grains) (XPL); C: plagioclase twins deformation and undulatory extinction, quartz, feldspar and glauconite (XPL); D: deformed slightly oxidised black mica (PPL); E: garnet and opaque, quartz and feldspar (PPL); F: perthitic microcline with undulatory extinction (XPL). G-I: *Mylonitic meta-granite, glauconite and grog-temper paste*. G: glauconite grog-temper paste, meta-granite grog-temper paste with glauconite second grog-temper generation and pelite (PPL); H: intergrowth of quartz in feldspar, probably graphic texture microstructure (XPL). J-L: *Mylonitic meta-granite, carbonates and Triassic quartz paste*. J: mylonitic meta-granites (fractured feldspars within a fine-grained and highly recrystallized matrix of quartz) (XPL); K: Triassic quartz (XPL); L: Triassic quartz and glauconitic limestone (PPL). PPL: Plane Polarized Light. XPL: Cross Polarized Light.

Fig. 13 *– Microphotographies en lame mince des pâtes de céramiques archéologiques du site de Castellar - Pendimoun. A-F : Pâte à méta-granite mylonitiques et glauconite. A : glauconite, quartz et feldspath (LPNA) ; B : recristallisation polycristalline du quartz et limites amiboïdes (LPA) ; C : plagioclase à macles déformées et extinction ondulante, quartz, feldspath et glauconite (LPA) ; D : mica noir déformé et légèrement oxydé (LPNA) ; E : grenat et opaque, quartz et feldspath (LPNA) ; F : microcline perthitique avec extinction ondulante (LPA). G-I : Pâte à méta-granite mylonitique, glauconite et chamotte. G : pélite, chamotte à pâte à glauconite, chamotte à pâte à méta-granite avec probable chamotte de deuxième génération à glauconite (LPNA) ; H : intercroissance graphique de quartz dans le feldspath (LPA). J-L : Pâte à méta-granite mylonitique, carbonates et quartz du Trias. J : méta-granite mylonitique (feldspaths fracturés dans une matrice de quartz à grain fin et fortement recristallisée) (LPA) ; K : quartz du Trias (LPA) ; L : quartz du Trias et calcaire glauconieux (LPNA). LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée. LPA : Lumière Polarisée Analysée.*

evolution (Huggett, 2005). It is preferred to use the term peloids, as it is not possible to determine whether glauconite has a faecal origin, in which case the name to be used would be pellets (Huggett, 2005). Glauconite can also occur in aggregates of several peloids.

Glauconite is variable in colour depending on the state of oxidation and the firing temperatures reached (Basso *et al.*, 2008); generally, colours range from orange to orange-brown, more rarely from green to yellow or from dark red-brown to black (fig. 12G-L).

Lithoclastes related to glauconitic formations are occasional and composed of glauconite peloids in silicate-phosphatic cement with quartz, mica and microfossils. Phosphates are also present in well-rounded forms (fig. 12I).

Quartz is not abundant, mono- and polycrystalline, with a grain size up to fine sand (150µm), generally angular (fig. 12G-J). Other minerals are very few and generally have a grain size less than or equal to very fine sand: anhedral and angular K-feldspar and plagioclase; acicular white mica; lamellar or small packets black mica, which can be partly oxidized and glauconised; zircon (fig. 12J). Some bone fragments, microfossils (fig. 12K), spathic calcite, opaques and plant remains are also present.

Finally, pedofeatures are recognized, such as clays nodules (also with mica, quartz and glauconite) and infilling of neoformed calcite in porosity (fig. 12L).

Mylonitic meta-granite and glauconite paste

The non-plastic inclusions have a content of 30-40% and a grain size up to the coarse sand, with rare elements from very coarse sand to fine gravel; these are poorly sorted or unsorted, angular to rounded with low to high sphericity, depending on grain nature (fig. 13A-F).

In this paste, mineral elements found in the two previous pastes are together. In fact, grains mainly consist of glauconite, sialic minerals and mylonitic meta-granite.

Glauconite is common, in the form of peloids and occasionally in aggregates (fig. 13A). Mono- and polycrystalline quartz is frequent, anhedral, with undulatory extinction, intragranular deformation, recrystallisation and amoeboid boundaries (subgrain bandaries and new grains) (fig. 13B). Very rarely it can be rounded and with uniform extinction.

Alkali feldspar/orthoclase is perthitic, may show alterations (sericite). Plagioclase often shows alterations (sericite) and intragranular deformations, especially twins deformation and undulatory extinction (fig. 13C). Microcline can be perthitic, with undulatory extinction (fig. 13F). White mica appears more abundant than black mica, which, however, if altered may be masked by the colour of the matrix (fig. 13D).

Grains of mylonitic meta-granite (quartz ± feldspars ± micas) also present intragranular deformation textures. Occasional granophyre and silicoclastic rocks (sandstone ± glauconite) are found.

In addition, amorphous aggregates, spathic calcite, garnet (fig. 13E), plant bioclasts and a small bone fragment (30µm) are also occasionally present, as well as pedofeatures such as nodules oxides and calcite infilling.

Mylonitic meta-granite, glauconite and grog-temper paste

This paste is similar to the previous one both for composition and for texture (fig. 13G-I). However, the presence of grog obtained both from glauconite and from mylonitic meta-granite-glauconite pottery pastes was detected, and second grog generation has also been recognised as a particular technological feature (fig. 13G). Furthermore, in this sample, the occasionally occurrence of pelites was highlighted (fig. 13G).

Mylonitic meta-granite, carbonates and Triassic quartz paste

The non-plastic inclusions have a content of about 20% and a grain size up to very fine gravel; these are unsorted, generally angular to sub-rounded with medium-low sphericity (fig. 13J-L).

Mylonitic meta-granites (fractured feldspars within a fine-grained and highly recrystallized matrix of quartz) and glauconitic limestones and sandstones mainly compose lithic inclusions (fig. 13J-L). In addition, grains of Triassic quartz (fig. 13K), glauconite, calcite and probably dolomite, as well as other few minerals, such as feldspars and white mica, were identified.

Sourcing raw materials

The identified pottery pastes were characterized by at least three materials of different origin: (i) an alteration earth, probably alterite of mylonitic meta-granite, as indicated by intracrystalline deformations of non-plastic inclusions under Greenschist facies conditions; (ii) sedimentary deposits of glauconite clays; (iii) clay sediments, carbonates and Triassic formations, probably *terra rossa*.

Considering the local geology, glauconite clays and *terra rossa* can be widely found in the local area (fig. 3E-F). There is no outcrop of meta-granite within a 7km radius around the site. We can therefore also exclude a local sourcing of a natural heterogeneous mylonitic meta-granite and glauconite raw material. Moreover, it is possible to exclude the local Annot sandstone formation, given the absence of rocks such as andesites, ignimbrites, alkaline granites or syenites, alkaline basalts and micaschists from all the thin sections ceramic samples.

Beyond the local area, the geological formation closest to Pendimoun site that could be recognised as a source for mylonitic granitic raw materials is the Argentera-Mercantour massif, more than about 30km away as the crow flies to the north (fig. 2). Furthermore, the sporadic occurrence of granophyres and mafic rocks in pottery pastes may be connected to the presence of aplite and mafic dykes in the Argentera meta-granite (Filippi *et al.*, 2019). Lastly the absence of HP/LT or HT metamorphic imprints in pottery pastes allows us to exclude Savona-Calizzano and Maures-Tanneron massifs respectively.

Considering the closest source to the site, i.e. the Argentera-Mercantour massif, where soil formations suitable for providing clayey materials are evidently contrasted by climatic-environmental conditions, there are nevertheless in situ alterations (arenitization), poorly developed soils and sands (fig. 3G). Indeed, a high tendency for decomposition and argillification (kaolinisation) of mylonitic granites due to the small size of the rock grains and the greater circulation of fluids makes these outcrops suitable for sourcing (Lardeaux *et al.*, this volume).

Moreover, the investigations carried out certainly lead to the exclusion of the local site area as the source of origin of the meta-granitic raw materials, suggesting that they came from the Argentera-Mercantour area (*ibidem*; this paper fig. 3G).

However, considering paste characterized by meta-granitic earth and glauconite, in the Argentera-Mercantour massif, no formations with glauconite clays directly associated with granitic formation are found. The association of glauconite and granitic rocks could find a potential area of origin to the north of the site along the Vesubie and Sospel valleys, where the Cretaceous outcrops, commonly rich in glauconite clays, are closer to the granitic outcrops of the Argentera-Mercantour massif. Nevertheless, the absence in the ceramic pastes of rocks or minerals derived from other formations present in the valley between granite, migmatite and glauconite outcrops, and necessarily included in the alluvial or colluvial deposits hypothetically used as raw materials, excludes these hypotheses.

Similarly, if we look at the formations to the north and north-west of the Argentera-Mercantour massif, where upper Jurassic formations are closer to the migmatites, not only are no banks of glauconite clays detected, but other formations such as cretaceous (limestone), Jurassic (marl) and Triassic (argillites and pelites) are present and imbricated in the geomorphology (Gidon *et al.*, 1977). This geological variability should also be detected in the natural mixing of the secondary formations, potentially used in the pottery manufacture. On the other hand, the greater quantity of migmatite inclusions, compared to those of mylonitic granites, which should characterise the local sediments, is not found in the considered pottery.

In conclusion, glauconite and meta-granite raw materials seem to come from two different and distant areas, not belonging to a circumscribed territory, where a natural mixing of the above-mentioned mineral components could be found. By extension, the identified pottery pastes are not classifiable as belonging to a single and highly variable group, but are quite distinct between them.

On the other hand, the presence of pelites in the pottery paste with grog-temper could indicate a provenance closer to the site, at least for part of the material used, which could be identified with secondary deposits downstream of the meta-granite and glauconite formations (fig. 2).

For the paste characterised by Triassic quartz, the raw materials could be of local origin, coming from red earth formations on Triassic carbonate rocks. The presence of glauconite is not surprising, unlike the occurrence of sporadic fragments of mylonitic meta-granite rocks, as for the other heterogeneous pastes. However, in this case as for the previous one, the unique sample does not allow a detailed and exhaustive evaluation of the raw material origin.

TERRITORIES AND MOBILITY: PROVENANCE AND TRANSFERS OF RAW MATERIALS AND POTTERY PRODUCTS

Preliminary remarks

The analysis of *Impressa* pottery in the Liguro-Provençal region from a petro-archaeological point of view, reveals a diversity of choices in paste acquisition and processing (table 2): the use of homogeneous raw materials; the use of heterogeneous raw materials (natural or intentional mixing); and the use of homogeneous or heterogeneous raw materials and grog-temper (intentional mixing).

Those patterns are able to provide various information, especially: on the transfer of both raw materials and finished products; on the local or non-local contexts of production; and on the technical practices, and potentially technical traditions, embedded within paste preparation, *e.g*. the natural or intentional origin of materials mixing.

For the considered site pottery assemblages, seventeen groups of pottery pastes providing exogenous markers have been identified (table 1). Those are, on the one hand, pastes entirely composed of non-local raw materials and, on the other hand, pastes characterised by non-local component(s), *e.g*. grog-temper made itself from exogenous pots. Each site reveals a different variability pattern, with significant differences between paste groups as well as intra-group variability.

In several cases, pastes with similar characteristics, *i.e*. mineral inclusions referring to the variability of a unique geological context of origin, have been recognized among different sites, leading us to classify them in the same family of *terrae*. These can be broadly considered as follows: deformed granites (mylonites and gneiss); undeformed granites; low-pressure ophiolites; andesites; glauconitic clays; mafic rocks.

Long distance and shared sources: chronological trend

Among the exogenous productions, the place of products acquired over long distances has to be emphasized.

The case of rare pots made from volcanic (potassic affinity) raw materials from Central Tyrrhenian outcrops (Gabriele *et al.*, 2019) is very specific. Their transport over very long distances (*c.* 600km) is of the same order as that of obsidians (Binder, De Stefanis *et al.*, this volume). However, to date, it concerns an *Impressa* facies (*i.e.* Pont-de-Roque-Haute/PRH), which differs from early Arene Candide/Peiro Signado style (Manen et al, this volume) and could even predate it (Binder, Gomart *et al.*, this volume). This "volcanic"

Sites	Pottery pastes		
	homogeneous raw materials	heterogeneous raw materials natural mixing	heterogeneous raw materials intentional mixing
Finale Ligure-Arene Candide			Mylonitic meta-granite and sedimentary inclusions
Nice-Caucade			Gneiss, meta-granite and sedimentary inclusions (±grog-temper)
Castellar-Pendimoun			Mylonitic meta-granite and glauconite (±grog-temper)
Nice-Caucade			Gneiss, meta-granite and glauconite (±grog-temper)
Castellar-Pendimoun			Mylonitic meta-granite, carbonates and Triassic quartz
Nice-Caucade			Andesitic and deformed quartz
Finale Ligure-Arene Candide			Sedimentary rocks with diallage grog-temper
Finale Ligure-Arene Candide			Acid metamorphic rocks with carbonatic, metamorphic, ophiolitic and volcanic grog-temper
Castellar-Pendimoun		Mylonitic meta-granite	
Finale Ligure-Arene Candide		Serpentinite and amphibole-bearing schist	
Finale Ligure-Arene Candide		Amphiboles-bearing gneiss	
Finale Ligure-Arene Candide		Diallage-bearing gabbro	
Nice-Caucade	Granitic		
Nice-Caucade	Granitic and two micas		
Castellar-Pendimoun	Glauconite		
Nice-Caucade			
Nice-Caucade	Andesitic		

Table 2 – Pottery technological features for the key-sites and pottery pastes.
Tabl. 2 – Caractéristiques technologiques des céramiques pour les sites clés et les pâtes à poterie.

Sites	Pottery pastes groups	Terrae petrographic families	Potential source of raw materials	
Finale Ligure-Arene Candide	Mylonitic meta-granite and sedimentary inclusions	Deformed granites	Argentera-Mercantour Massif	Shared sources
Nice-Caucade	Gneiss, meta-granite and sedimentary inclusions (±grog-temper)			
Castellar-Pendimoun	Mylonitic meta-granite			
Nice-Caucade	Gneiss, meta-granite and glauconite (±grog-temper)	Deformed granites and glauconitic clays	Argentera-Mercantour Massif	
Castellar-Pendimoun	Mylonitic meta-granite and glauconite (±grog-temper)		East-South Provence	
Nice-Caucade	Glauconite	Glauconitic clays	East-South Provence	
Castellar-Pendimoun				
Finale Ligure-Arene Candide	Diallage-bearing gabbro	LP ophiolites	Northern Apennines/Northern Tyrrhenian area	
Nice-Caucade	Granitic	Undeformed granites	Maures-Tanneron Massif	Not shared sources
	Granitic and two micas			
Nice-Caucade	Andesitic	Andesites	Provencal andesitic outcrops	
	Andesitic and deformed quartz			
Finale Ligure-Arene Candide	Serpentinite and amphibole-bearing schist	Mafic rocks	Voltri Group	
	Amphiboles-bearing gneiss		Savona-Calizzano Massif	

Table 3 – Pottery pastes and related potential raw material sources for the key-sites.
Tabl. 3 – Pâtes céramiques et leurs sources potentielles de matières premières pour les sites-clés.

production could be a signature of a very pioneering mobility, and therefore beyond the scope of this paper, which is mainly focussed on inter-regional interactions and the construction of the socio-environmental landscape.

Within the regional area, tree important domains are identified. The Hercynian and Alpine domains in the centre of the Ligurian-Provençal region, which provide metamorphic raw materials (Manen *et al.*, 2006; Convertini, 2010) and the Ophiolitic domain of the Ligurian Appennines (Capelli and Mannoni 1998; Capelli *et al.* 2017). Those were also exploited during the *Impressa* phases but are known to recur in this region during later periods (at least late 6th and 5th millennium BCE, *e.g.* Gabriele, 2014).

During the early *Impressa* phase, the Caucade and Arene Candide (ACN-1A) sites show a great diversity of non-local pottery pastes and raw materials, linked at least to seven geological districts (from west to east): the Maures-Tanneron massif, the coastal andesite outcrops, Cretaceous outcrops of Eastern Provence, the Argentera-Mercantour Massif, the Savona-Calizzano Massif, the Voltri group and the low-pressure ophiolitic formations (fig. 2; table 3).

The Argentera-Mercantour massif is the only outcropping area that is linked to both sites. Overall, the geological districts, linked to the Caucade and Arene Candide sites, draw a network of circulations and contacts over medium and long distances in different directions. For instance, the sites of Caucade and Arene Candide and the Argentera-Mercantour massif are respectively distant of *c.* 50km to the north and *c.* 90km to the north-west.

During the late *Impressa* phases, the assemblages of Pendimoun (PND-1A, PND-1B) and Arene Candide (ACN-1B, ACN-2A) show less diversity. However, one can observe a repeated exploitation of two geological districts, *i.e.* the Argentera-Mercantour and the Savona-Calizzano massifs, already exploited during the previous phase (*supra* fig. 2; table 3).

The punctual data from Pertusello and Pollera sites, where some non-local glauconitic potteries indicates the exploitation of the Cretaceous outcrops of Eastern Provence (fig. 2), can also be attributed to this cultural phase (fig. 14). These glauconitic *terrae*, which feature prominently at Pendimoun (this study), are also observed at Caucade (Manen *et al.*, 2006 and this study) as well as in Sospel – Éole cave, north to Pendimoun (Binder and Maggi, 2001). These clues suggest transfers from the west to the east, towards Liguria. The high quality of glauconitic pastes for pottery making has to be emphasized, justifying their increasing use during the *Impressa* (*supra*), the Cardial phase (Échallier, 1991; Échallier and Courtin, 1994; Gabriele, 2014) and later (Basso *et al.*, 2006). This quality could also explain their subsequent transfers as by-products or pots.

Furthermore, the low-pressure ophiolitic formations of the Eastern Liguria could continue to be exploited, even in this phase: as shown by the presence of diallage grog-temper in some pottery from the Arene Candide cave (Capelli *et al.*, 2017; Gabriele *et al.*, 2020; this study).

A single, badly contextualised, sherd from Grasse – Sans-Peur (Alpes-Maritimes) is made from the same paste (this study); it belongs to a pot decorated in the Tyrrhenian Basi-Pienza-Filiestru style (Binder, Gomart *et al.*, this volume), a style showing connexions with the late aspects of the *Impressa* at Pendimoun (PND-1B, Cassard, 2020), Arene Candide (ACN-1B/2A, Panelli, 2019) and San Sebastiano di Perti (Starnini and Vicino, 1993; Panelli, 2019). Over time, this type of paste will play a key-role in Central Italy, *i.e. Ceramica lineare tosco-laziale*, often in association with volcanic pottery pastes (Martini *et al.*, 1996; Gabriele and Boschian, 2009; Gabriele, 2014; Gabriele and Tozzi 2007).

Considering the different chronocultural phases, the number of geological districts exploited during the first *Impressa* stage seems to decrease in the following stage.

The proportion of exogenous raw materials (including non-local grog-temper and supposed imported pastes) are (table 4): *c.* 26% at Arene Candide 1A and 79% at Caucade; *c.* 4% at Arene Candide 1B, 26% at Pendimoun 1A and 38% at Pendimoun 1B.

If all the supposed locally processed raw materials are excluded, the proportions of exogenous supposed to be imported as pots are (table 4): *c.* 13% at Arene Candide 1A and 9% at Caucade; *c.* 14% at Arene Candide 1B, 42% at Pendimoun 1A and 14% at Pendimoun 1B.

Transfers of raw materials vs transfers of pots: local *vs* exogenous production

The demonstration of intentional mixing of local and non-local raw materials (excluding grog-temper) is one of the rare evidence of a local pottery production using

	Early Impressa Phase				Late Impressa Phase							
	Arene Candide 1A		Caucade		Arene Candide 1B		Pendimoun 1A		Pendimoun 1B		Pendimoun 1 undivided	
	MNI	%	MNI	%	MNI	%	MNI	%	MNI	%	MNI	%
MNI minimum number of individuals	46	100%	33	100%	79	100%	19	100%	91	100%	15	100%
Imported raw materials	12	26%	26	79%	3	4%	5	26%	35	38%	9	60%
Imported pots	6	13%	3	9%	11	14%	8	42%	13	14%	1	7%
Local raw materials	28	61%	4	12%	65	82%	6	32%	43	47%	5	33%

Table 4 – Quantities of imported and local materials for key-sites and two Impressa phases.
Tabl. 4 – *Quantités de matériaux importés et locaux pour les sites-clés et les deux phases Impressa.*

exogenous raw materials, and of the transfer of raw materials rather than finished products. The example of Pendimoun is quite eloquent since intimate mixing of materials from different origins could be demonstrated.

At this site, *in situ* production using glauconitic *terrae* is demonstrated by the presence of crude paste blocks whose composition is identical to glauconitic pottery pastes, and which can be further interpreted as reserves for pottery manufacturing.

In this respect, the characterization of the pastes resulting from a mixture of local glauconitic *terrae* and exogenous mylonitic *terrae* coming from the Argentera-Mercantour slopes, which cannot be found in the regional geosystem, provides a unique demonstration of intentional mixing of clayey materials since natural mixing in the nearby area seems to be excluded.

Thanks to the precision of the excavations carried out at Pendimoun, this site yielded, in addition to large paste blocks, tenths of small aggregates and residues of glauconitic pastes (*c.* 0.5-1mm) spread within the slicks of remains from the *Impressa* (PND-1A) to the Postcardial/Vhò deposits (PND-3A); but this is not the case for other types of *terrae* residues. There is no demonstration of the transport of crude mylonitic paste on the site. Since "the absence of evidence is not an evidence of absence", this issue remains wide open. Besides, the possibility for producing this kind of pots at intermediate distance of "mylonitic" and "glauconitic" outcrops remains fully open too.

Further on, if one admitted that "mylonitic" pastes or raw materials had been transported at Pendimoun, there would be no reason to exclude that the "mylonitic" pots were also produced locally.

One of the common arguments put forward to assume the transfer of pots is the sporadic presence of exogenous vessels within the ceramic assemblage. Another argument to consider for supporting such a hypothesis is the occurrence in the same "culturally defined landscape" (Arnold, 2017) of local productions that are comparable in typology and composition to the imported ones (Gabriele, 2014 and 2015). This could be the case for instance at the Pertusello and Pollera caves, where non-local pots made from glauconitic pastes show similarities with the local productions of Pendimoun, in the phase 1B (fig. 14). However, this assumption remains to be confirmed thanks to petrographic characterisations at a higher resolution.

The transfer of pottery as finished products is indirectly testified by the re-use of non-local vessels for the production of grog-temper in local productions. At the Arene Candide cave, LP ophiolitic and volcanic grog-temper have been added to local raw materials for the production of several pots (table 1-2; fig. 6). The use of grog-temper derived from pots produced with raw materials from long to very long eastern distances, such as low-pressure ophiolite and potassic volcanic *terrae*, suggests the circulation of finished products rather than raw materials.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS

The technological and provenience study of pottery assemblages from *Impressa* key sites in the Liguro-Provençal region reveals new aspects of pottery production in the context of the dispersal of early farming and raises new questions on the significance of transfers and their related social networks.

As a first main result, one has to note the significant diversity of pottery production during the earliest Neolithic stage in this region, *c.* 5850-5700 BCE, in terms of raw materials used. Moreover, a large part of the pottery final products provides evidence of multidirectional contacts very far from the early farmers' home range, *i.e.* beyond the area devoted to their daily and subsistence activities (Higgs and Vita-Finzi, 1972). In several cases, the distances involved, up to 90km, are higher than those that used to be suggested for seasonal herding activities. The acquisition of exogenous raw-materials or pots has thus to be understood as "indirect" in the perspective of the consumers, *i.e.* as the contribution of part-time specialists, itinerant pedlars, involved in such "trade" (Perlès, 2007). These indirect connexions form branches of the social network, which in some way determines the Cultural Landscape (Arnold, 2017).

During the successive stages, *c.* 5750-5450 BCE, a tightening of the networking, then focussed on a lesser number of geological districts, and the apparent increase

Fig. 14 – A: Pottery made from non-local glauconitic paste from the Pertusello site (modified from Panelli, 2019); B: photograph of the pottery paste of the same individual as A (taken with Dino-Lite digital microscope).

Fig. 14 – *A : individu céramique produit avec une pâte glauconieuse non locale du site de Pertusello (modifié depuis Panelli, 2019); B : photographie de la pâte céramique du même individu que A (prise avec Dino-Lite digital microscope).*

of west-to-east transfers, illustrate a consolidation of intra-regional connexions. The reduced proportion of exogenous materials within the pottery assemblages goes the same way. The latter is in line with a stronger appropriation of the local territory and resources.

Secondly, this study has provided novel information on the use of mountain environments in the early Neolithic period, which was largely underestimated until now. In this instance, the Argentera - Mercantour massif (over 2,000m asl), which is the only outcropping area linked to the three key-sites at different time-periods, is very distant from them and difficult to access, especially during the cold season. This raises the question of the control of a very extended landscape and a deep knowledge of the resource availability, as early as the pioneer Neolithic stage, and/or the possibilities of connexion between earliest farmers and late hunter-gatherers. Indeed, the latter are known for their constant tropism towards high-altitude landscapes (Biagi *et al.*, 1985). This assumption is in line with recent palaeogenomic results demonstrating intense biological links and admixture between early farmers and hunter-gatherers before the Cardial stage, particularly at Pendimoun (Rivollat *et al.*, 2020).

These trends observed overtime for the networking pattern revealed by pottery are very similar to those observed for the chipped-stone industries (Binder, De Stefanis *et al.*, this volume).

A challenging issue arising from the present study concerns the aims of the transfers and the justification of the use of different pastes. The question of choices in pastes preparation determined by their intrinsic properties and, beyond, their suitability for a specific use, is a "*marronnier*" of pottery technological studies (*inter alia* Vitelli, 1993; Binder, 1991a; Binder *et al.*, 1994; Le Mière and Picon, 1994 and 2003). Recent work performed in the frame of the CIMO project indicates that, in the study area, and in the current state of research, first, forming methods are identical, regardless of the raw materials used (Gomart *et al.*, 2017; Gomart, Binder, Gabriele *et al.*, this volume), second, decoration techniques are diverse, but not correlated with raw materials (Panelli, 2019; Cassard, 2020) and third, uses of the pots are diverse, but not correlated with decoration and to raw-materials (Drieu *et al.*, 2021). By the way, the hypothesis that a significant part of the vases was transported because of their specific content, and not for themselves, is not supported by data either.

In other words, there are apparently neither technical, functional nor obvious symbolic reasons that determine the collection of different types of *terrae*. In some way, one can understand the differentiation of groups and families of paste among the pottery assemblages as a feedback of the networks' implementation and complexity, and not a predetermined target of the networking.

Looking at such complex networks, especially in a region offering a high diversity of landscapes, connected by the sea as well as by high altitude passes, the identification of pathways is a very stimulating perspective and a key-target for future research. At present, various obstacles need to be overcome in order to achieve a more accurate and robust view of these phenomena.

For reaching such objective, a great deal of work remains to be done in terms of geomatics and modelling. The main prerequisite is related to the possibility of dealing with ceramic assemblages in a comprehensive way, in terms of sourcing. This perspective, which in a way goes again any sampling strategy, however well-reasoned, is justified because several of our results suggest a possible intra-pottery paste variability. Indeed, the latter is linked to the variability of anthropogenic pastes mixture (this paper) and the variability induced by the implementation of the Spiralled Patchwork Technology (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume).

In addition to a fundamental parsimonious naturalist approach, non-invasive tomography, *i.e.* µCT, on the one hand (*ibidem*) and non-invasive geochemistry, *i.e.* pXRF on the other hand (Mouralis *et al.*, this volume), seem to be promising for collecting enough proxies and run robust modelling.

Acknowledgements

This research was conducted as part of the CIMO project (ANR-14-CE31-009, under the direction of Didier Binder, CNRS, Nice. Part of the analyses was carried out as part of Marzia Gabriele's doctoral thesis, jointly supported by the Universities of Pisa and Nice Sophia Antipolis and also founded by the Italo-French University (Bando Vinci 2010). Roberto Maggi with Stefano Rossi and Chiara Panelli directed the 1997-2012 excavation at Finale Ligure-Arene Candide, funded by the Ministero della Cultura, with a sponsorship by the company Freddy s.p.a. The authors wish to thank the Museo Archeologico del Finale (Finale Ligure, Savona), the Museo Navale Romano Nino Lamboglia – Palazzo Peloso Cepolla (Albenga, Savona), the CEPAM laboratory and the Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Genova e le province di Imperia, La Spezia e Savona for allowing us to study the ceramic materials presented in this study. The authors are also very grateful to the reviewers for their helpful comments.
Marzia Gabriele, Didier Binder, Louise Gomart and Jean-Marc Lardeaux wrote the paper with contributions from Gilles Durrenmath, Chrystèle Verati and Chiara Panelli.
The stereomicroscopic observation and documentation were carried out by: Marzia Gabriele and Chiara Panelli for Finale Ligure-Arene Candide; Didier Binder and Marzia Gabriele for Nice-Caucade; Marzia Gabriele, Didier Binder and Gilles Durrenmath for Castellar-Pendimoun; Marzia Gabriele and Chiara Panelli for Aquila d'Arroscia – Pertusello; Chiara Panelli for Finale Ligure-Pollera. Marzia Gabriele carried out the interpretation and documentations of thin sections with contributions from Jean-Marc Lardeaux, Chrystèle Vérati, Fabien Convertini, and Michel Dubar. All the authors have read and approved the article.

REFERENCES

AMMERMAN A.J., POLGLASE C. (1997) – Analyses and descriptions of the obsidian collections from Arene Candide, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-50)*, Rome, Il Calamo (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana), p. 573-592.

ARNOLD D.E. (2005) – Linking Society with the Compositional Analyses of Pottery: a Model from Comparative Ethnography, in A. Livingstone Smith, D. Bosquet, and R. Martineau (eds.), *Pottery Manufacturing Processes: Reconstitution and Interpretation*, proceedings of the 14th UISPP congress (Liège, 2-8 September 2001), Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1349), p. 15-21.

ARNOLD D. E. (2017) – Raw material selection, landscape, engagement, and paste recipes: insights from ethnoarchaeology, in L. Burnez-Lanotte (ed.), *Matières à Penser : sélection et traitement des matières premières dans les productions potières du Néolithique ancien // Raw Materials Acquisition and Processing in Early Neolithic Pottery Productions*, proceedings of the International Workshop (Namur, 2015), Paris, Société préhistorique française (Séance de la société préhistorique française, 11), p. 15-27.

BASSO E., BINDER D., MESSIGA B., RICCARDI M. P. (2006) – The Neolithic Pottery of Abri Pendimoun (Castellar, France): a Petro-Archaeometric Study, in M. Magetti and B. Messiga (eds.), *Geomaterials in Cultural Heritage*, London, Geological Society Publishing (Special Number, 257, 1), p. 33-48.

BASSO E., CAPELLI C., RICCARDI M. P. (2008) – A Particular Temper: Mineralogical and Petrographic Characterisation of Ceramic Fabrics with Glauconitic Inclusions, *ArchéoSciences*, 32, 1, p. 93-97.

BERNABÒ BREA L. (1946) – *Gli scavi nella caverna delle Arene Candide. Parte I. Gli strati con ceramiche*, Bordighera, Istituto di Studi Liguri (Collezione di Monografie Preistoriche e Archeologiche, 1), 364 p.

BIAGI P., MAGGI R., NISBET R. (1985) – Liguria, 11,000-7000 BP, in C. Bonsall (ed.), *The Mesolithic in Europe*, Edinburgh, John Donald, p. 533-540.

BIAGI P., STARNINI E. (2016) – La cultura della Ceramica Impressa nella Liguria di Ponente (Italia Settentrionale): distribuzione, cronologia e aspetti culturali, *in Del Neolític a l'edat del Bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Martí Oliver*, Valence, Museu de Prehistòria de València (Trabajos Varios, 119), p. 35-49.

BIGI G., CASTELLARIN A., COLI M., DAL PIAZ G. V., SARTORI R., SCANDONE P., VAI G. B. (1990) – Structural Model of Italy 1:500.000, sheet 1, in *C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica*, Florence, SELCA.

BINDER D. (1991a) – *Une économie de chasse au Néolithique ancien. La grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographie du CRA, 5), 252 p.

BINDER D. (1991b) – La céramique. Étude stylistique, in D. Binder (ed.), *Une économie de chasse au Néolithique ancien. La grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographie du CRA, 5), p. 90-96.

BINDER D. (1998) – Silex « blond » et complexité des assemblages lithiques dans le Néolithique liguro-provençal, in A. D'Anna and D. Binder (eds.), *Production et identité culturelle, Rencontres méridionales de Préhistoire récente, Arles, 1996*, Antibes, APDCA, p. 111-128.

BINDER D. (2013) – Mésolithique et Néolithique ancien en Méditerranée nord-occidentale entre 7000 et 5500 cal. BCE: questions ouvertes sur les dynamiques culturelles et les procès d'interaction, *in* T. Perrin, C. Manen, G. Marchand, P. Allard, D. Binder et M. Ilett (dir.), *Autour du Néolithique ancien – Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire,* actes du 27e Congrès préhistorique de France (Bordeaux - Les Eyzies, 31 mai – 5 juin 2010), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 27, 2), p. 341-355.

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., HELMER D., MARINVAL PH., THIÉBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes). Nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire*, 35, 1, p. 177-251.

BINDER D., GASSIN B., SÉNÉPART I. (1994) – Eléments pour la caractérisation des productions céramiques néolithiques dans le sud de la France. L'exemple de Giribaldi, in D. Binder and J. Courtin (eds.), *Terre cuite et société. La céramique, document technique, économique, culturel*, proceedings of the 14e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (Antibes, 21-23 October 1993), Juan-les-Pins, APDCA, p. 255-267.

BINDER D., CLOP X., CONVERTINI F., MANEN C., SÉNÉPART I. (2010) – Les productions céramiques du Néolithique ancien entre Provence et Catalogne, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder, and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*, proceedings of the SPF conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 115-129.

BINDER D., GRATUZE B., VAQUER J. (2012) – La circulation de l'obsidienne dans le sud de la France au Néolithique, in M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop and M. Molist (eds.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, proceedings of the international conference (Gavà-Bellaterra, 2-4 February 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 189-200.

BINDER D., HAMON C., BELLOT-GURLET L., BEYRIES S., PRADEAU J.V., VAUTIER F., VOLDOIRE O. (2014) – First Sculpted Human Face in the Western Mediterranean Early Neolithic, *Cambridge Archaeological Journal*, 24, 1, p. 1-17.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I. M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BRANDAGLIA M., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., MARINVAL P., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017) – Modelling the Earliest North-Western Dispersal of Mediterranean Impressed Wares:

New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. É., ALAIN C., CUCCHI T., CLAIRE D., DE STEFANIS C., DRIEU L., EVIN A., FLINK L. G., GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIEBAULT S. (2020) – First Faming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar-Pendimoun During the Sixth Millennium BCE., in K. Gron, L. Sorensen, and P. Rowley-Conwy (eds.), *Farmers at the Frontier. A Pan-European Perspective on Neolithisation*, Oxford, Oxbow Books, p. 145-159.

BINDER D., MAGGI R. (2001) – Le Néolithique ancien de l'arc liguro-provençal, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98, 3, p. 411-422.

BINDER D., SÉNÉPART I. (2010) – La séquence de l'Impresso-Cardial de l'abri Pendimoun et l'évolution des assemblages céramiques en Provence, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder, and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*, proceedings of the SPF conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 149-167.

CAPELLI C., MANNONI T., STARNINI E. (2006a) – Tecniche produttive, materie prime e provenienza delle ceramiche preistoriche e protostoriche della Liguria, in D. Cochi Genick (ed.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana,* proceedings of the 39e Riunione scientifica (Florence, 25-27 November 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 1201-1208.

CAPELLI C., STARNINI E., CABELLA R., PIAZZA M. (2006b) – Archaeometric Research on the Early Neolithic Pottery Production in Liguria (Northern Italy): Preliminary Data from San Sebastiano di Perti (Savona), *ArchéoSciences. Revue d'archéométrie*, 30, p. 89-94.

CAPELLI C., CABELLA R., PIAZZA M., STARNINI E. (2008) – Archaeometric Analyses of Early and Middle Neolithic Pottery from the Pian del Ciliegio Rock Shelter (Finale Ligure, NW Italy), *ArchéoSciences*, 32, 1, p. 115-124.

CAPELLI C., STARNINI E., CABELLA R., PIAZZA M. (2017) – The Circulation of Early Neolithic Pottery in the Mediterranean: A Synthesis of New Archaeometric Data from the Impressed Ware Culture of Liguria (North-West Italy), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 16, p. 532-541.

CAPELLI C., MANNONI T. (1998) – Proposte per una classificazione degli impasti ceramici mediante gruppi minero-petrografici dello scheletro, correlabili alla geologia delle aree produttive, in C. D'Amico and C. Albore Livadie (eds.), *Le Scienze della Terra e l'Archeometria*, proceedings of the Quarta Giornata conference (Naples, 20-21 February 1997), Naples, CUEN, p. 123-125.

CARMIGNANI L., CONTI P., CORNAMUSINI G., PIRRO A. (2013) – Geological Map of Tuscany (Italy), *Journal of Maps,* 9, 4, p. 487- 497.

CASSARD L. (2020) – *Systèmes de production céramique des premiers paysans du domaine liguro-provençal (VIème millénaire BCE) : traditions techniques des décors*, doctoral thesis, université Côte d'Azur, Nice, 370 p.

CHANTRAINE J., AUTRAN A., CAVELIER C. (1996) – *Carte géologique de la France au 1/1 000 000*, Service géologique national, Orléans, BRGM.

CONATI BARBARO C., LA MARCA C., FORTE V., ERAMO G., MUNTONI I. M., ROSSI A. (2019) – Firing the Earth. The Early Neolithic Ovens of Portonovo (Marche, Italy), in D. Gheorghiu (ed.), *Architectures of Fire: Processes, Space and Agency in Pyrotechnologies*, Oxford, Archaeopress (Archaeopress Access Archaeology), p. 16-29.

CONVERTINI F. (2007) – Les matières premières argileuses, in J. Guilaine, C. Manen and J.D. Vigne (eds.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 133-140.

CONVERTINI F. (2010) – Bilan des études réalisées sur la provenance de la céramique du Néolithique ancien en Méditerranée nord-occidentale: mise au point d'un protocole analytique, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder, and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*, proceedings of the SPF conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 13-27.

CORTESOGNO L., GIANOTTI R., OXILIA M., VANNUCCI R., VANOSSI M. (1982) – Genesi ed evoluzione dello zoccolo pre-mesozoico in alcuni settori del Brianzonese ligure interno, *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 38, p. 219-260.

DE STEFANIS C. (2018) – *Systèmes techniques des derniers chasseurs-cueilleurs et des premiers agro-pasteurs du domaine liguro-provençal (7000-5500 av. J.C) : approche fonctionnelle*, doctoral thesis, université Côte d'Azur, Nice, 449 p.

DE STEFANIS C., VOYTEK B., MAGGI R., ROSSI S., PANELLI C. (in press) – Analisi funzionale dei brunitoi per la produzione ceramica dai livelli Impresso-Cardiali delle Arene Candide, in V. Tinè (ed.), *Preistoria e Protostoria della Liguria*, proceedings of the 53e Riunione Scientifica (Genova, 16-20 October 2018), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria.

DRIEU L., LUCQUIN A., CASSARD L., SORIN S., CRAIG O. E., BINDER D., REGERT M. (2021) – A Neolithic without Dairy? Chemical Evidence from the Content of Ceramics from the Pendimoun Rock-Shelter (Castellar, France, 5750-5150 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, p. 102692.

DUBAR M. (2012) – Les dépôts pliocènes et pléistocènes de la basse vallée du Var (Nice, Alpes-maritimes) : variations du niveau marin et néotectonique depuis 5 millions d'années, *Annales du Muséum d'histoire naturelle de Nice*, 26, p. 35-54.

DUBAR M., ANTHONY E. J. (1995) – Holocene Environmental Change and River-Mouth Sedimentation in the Baie des Anges, French Riviera, *Quaternary Research*, 43, p. 329-343.

ÉCHALLIER J.C. (1984) – *Éléments de technologie céramique et d'analyse des terres cuites archéologiques*, Lambesc, Association pour la Diffusion de l'Archéologie Méridionale (Document d'Archéologie méridionale, Méthodes et Technique, 3), 39 p.

ÉCHALLIER J.C. (1991) – La céramique. Les matières premières, in D. Binder (ed.), *Une économie de chasse au*

Néolithique ancien. La grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes), Paris, CNRS (Monographie du CRA, 5), p. 72-89.

ÉCHALLIER J.C., COURTIN J. (1994) – Approche minéralogique de la poterie du Néolithique ancien de la Baume Fontbrégoua à Salernes (Var), *Gallia Préhistoire*, 36, p. 267-297.

ERAMO G. (2020) – Ceramic Technology: How to Recognize Clay Processing, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12, 8, p. 164.

FERRARIS M., OTTOMANO C. (1997) – Pottery Analyses, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea-Cardini 1940-50)*, Rome, Il Calamo (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), p. 339-348.

FILIPPI M., ZANONI D., GOSSO G., LARDEAUX J.-M., VERATI C., SPALLA M. I. (2019) – Structure of Lamprophyres: a Discriminant Marker for Variscan and Alpine Tectonics in the Argentera–Mercantour Massif, Maritime, Alps, *Bulletin de la Société géologique de France*, 190, 12, p. 1-18.

GABRIELE M. (2014) – *La circolazione delle ceramiche del Neolitico nel medio e alto Tirreno e nell'area ligure-provenzale. Studi di provenienza // La circulation des céramiques néolithiques dans l'aire tyrrhénienne et dans l'aire liguro-provençale. Étude de provenance*, doctoral thesis, Università di Pisa and université Nice – Sophia Antipolis, 437 p.

GABRIELE M. (2015) – La circolazione delle ceramiche del Neolitico nel medio e alto Tirreno e nell'area ligure-provenzale. Studi di provenienza. La circulation des céramiques néolithiques dans l'aire tyrrhénienne et dans l'aire liguro-provençale. Étude de provenance, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, 3, p. 567-568.

GABRIELE M., CONVERTINI F., VERATI C., GRATUZE B., JACOMET S., BOSCHIAN G., DURRENMATH G., GUILAINE J., LARDEAUX J.-M., GOMART L., MANEN C., BINDER D. (2019) – Long-Distance Mobility in the North-Western Mediterranean During the Neolithic Transition Using High Resolution Pottery Sourcing, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 28, p. 102050.

GABRIELE M., PANELLI C., MAGGI R., BINDER D. (2020) – L'analisi tecnologica della produzione ceramica del VI millennio BC delle Arene Candide quale indicatore di scambi e interazioni culturali, , in M. Bernabò Brea (ed.), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, proceedings of the international meeting (Forlì, 12-15 October 2016), Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (*Rivista di Scienze Preistoriche*, 70), p. 419-425.

GABRIELE M., BOSCHIAN G. (2009) – Neolithic Pottery from Pianosa Island (Tyrrhenian Sea), Preliminary Provenance Data, *The Old Potter's Almanack*, 14, 1, p. 8-14.

GABRIELE M., TOZZI C. (2017) – Analisi tecnologica delle ceramiche del Neolitico antico della Valle del Serchio (Toscana settentrionale) e loro rapporti con le ceramiche della Liguria e del versante emiliano dell'Appennino, in M. Bernabò Brea (ed.), *Preistoria e Protostoria dell'Emilia-Romagna*, proceedings of IIPP conference (Modena, 27-31 October 2010), Pisa, Pacini (Studi di Preistoria e Protostoria, 3), p. 193-200.

GALLAY A. (1983) – *De la chasse à l'économie de production en Valais : un bilan et un programme de recherche*, Genève, Université de Genève (Document du Département d'anthropologie), 118 p.

GÈZE B., NESTÉROFF W. (1968) – *Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50.000), feuille Menton-Nice (973)*, Orléans, BRGM.

GIAMMARINO S., GIGLIA G., CAPPONI G., CRISPINI L., PIAZZA M. (2002) – *Carta Geologica della Liguria – Scala 1:200000***,** Laboratorio Cartografia digitale e GIS del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Siena, Litografia Artistica Cartografica, Firenze.

GIDON M., DUROZOY G., FERAUD J., VERNET J. (1977) – *Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50.000), feuille Larche (896)*, Saint Lambert Imprimeur, BRGM, Marseille.

GOFFÉ B., SCHWARTZ S., LARDEAUX J.-M., BOUSQUET R. (2004) – Metamorphic Structure of the Western and Ligurian Alps, in R. Oberhänsli (ed.), *Explanatory Note to the Map "Metamorphic Structure of the Alps"*, Vienna, Institute of Mineralogy and Petrography (Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft), p. 125-144.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork in Pottery Manufacture and the Introduction of Farming to Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501-1514.

GUILBEAU D. (2010) – *Les grandes lames et les lames par pression au levier du Néolithique et de l'Énéolithique en Italie*, doctoral thesis, université Paris 10 – Nanterre, 253 p.

HIGGS E. S., VITA-FINZI C. (1972) – Prehistoric Economies: a Territorial Approach, in E. S. Higgs (ed.), *Papers in Economic Prehistory*, Cambridge, University Press, p. 27-36.

HO J. W. I., QUINN P. S. (2021) – Intentional Clay-Mixing in the Production of Traditional and Ancient Ceramics and Its Identification in Thin Section, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 37, p. 102945.

HUGGETT J. M. (2005) – MINERALS | Glauconites, in R. C. Selley, L. R. M. Cocks, and I. R. Plimer (eds.), *Encyclopedia of Geology*, Oxford, Elsevier, p. 542-548.

IRR F. (1984) – *Paléoenvironnements et évolution géodynamique néogènes et quaternaires de la bordure nord du bassin méditerranéen occidental : un système de pente de la paléo-marge liguro-provençale*, doctoral thesis, université de Nice, 464 p.

KERCKHOVE C., GIDON M., MALARODA R., BARFETY J. C., BOGDANOFF S., LEMOINE M. (1979) – Feuille de Gap (35), in *Carte géologique de la France (1 /250.000)*, Orléans, BRGM.

LANTEAUME M. (1962) – *Contribution à l'étude géologique des Alpes Maritimes franco-italiennes*, Service de la Carte géologique de la France (Mémoires), Paris, 405 p.

LAVIANO R., MUNTONI I. M. (2003) – Early and Middle Neolithic Pottery Production at "Pulo di Molfetta" (Apulia, Italy): Social, Chronological and Functional Implications of Raw Materials Variability, in S. Di Pierro, V. Serneels, and M. Maggetti (eds.), *Ceramic and Society*, proceedings of 6th European meeting on Ancient Ceramics (Fribourg, 2001),

Fribourg, Dept. of Geosciences, Mineralogy and Petrography, p. 163-173.

LEALE ANFOSSI M. (1961a) – Conclusione degli scavi al "Pertusello" (Val Pennavaira, Albenga), *Quaternaria*, 5, p. 347-348.

LEALE ANFOSSI M. (1961b) – Revisione dei materiali fittili e faunistici provenienti dagli scavi nella Grotta del Pertusello (Val Pennavaira, Albenga), *Quaternaria*, 5, p. 318-320.

LE BOURDONNEC F.X., BONTEMPI J.M., MARINI N., MAZET S., NEUVILLE P. F., POUPEAU G., SICURANI J. (2010) – SEM-EDS Characterization of Western Mediterranean Obsidians and the Neolithic Site of A Fuata (Corsica), *Journal of Archaeological Science*, 37, 1, p. 92-106.

LE MIÈRE M., PICON M. (1994) – Early Neolithic Pots and Cooking, in R.B. Wartke (ed.), *Handwerk und Technologie im alten Orient: ein Beitrag zur Geschichte der Technik im Altertum*, proceedings of the international conference (Berlin, 12-15 March 1991), Mainz, Philipp von Zabern, p. 67-70.

LE MIÈRE M., PICON M. (2003) – Appearing and First Development of Cooking and Non-Cooking Ware Concepts in the Near East, in V. Serneez and M. Maggetti (ed.), *Ceramic and Society*, proceedings of the 6th European meeting on Ancient Ceramics (Fribourg, 2001), Fribourg, Department of Geosciences, Mineralogy and Petrography, p. 174-188.

LUGLIÈ C., LE BOURDONNEC F.-X., POUPEAU G., ATZENI E., DUBERNET S., MORETTO P., SERANI L. (2007) – Early Neolithic Obsidians in Sardinia (Western Mediterranean): the Su Carroppu Case, *Journal of Archaeological Science*, 34, 3, p. 428-439.

MAGGI R. (1997) – *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea-Cardini 1940-50)*, Rome, Il Calamo (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), 642 p.

MAGGI R., BINDER D., PANELLI C., GABRIELE M., PEARCE M., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P. (2020) – Liguria: aperture e chiusure di un'isola fra due pianure, in M. Bernabò Brea (ed.), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, proceedings of the international meeting (Forlì, 12-15 October 2016), Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (*Rivista di Scienze Preistoriche*, 70), p. 77-92.

MANEN C., CONVERTINI F., BINDER D., BEECHING A., BRIOIS L., BRUXELLES L., GUILAINE J., SENEPART I. (2006) – Premiers résultats du projet ACR. «Productions céramiques des premières sociétés paysannes». L'exemple des faciès impressa du Sud de la France, in P. Fouere, C. Chevillot, P. Courtaud, O. Ferullo, and C. Leroyer (eds.), *Paysages et peuplement. Aspects culturels et chronologiques en France méridionale. Actualité de la recherche*, proceedings of the 6e Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Périgueux, 2004), Périgueux, ADRAHP and PSO, p. 233-246.

MANEN C., PERRIN T., GUILAINE J., BOUBY L., BRÉHARD S., BRIOIS F., DURAND F., MARINVAL P., VIGNE J.-D. (2019) – The Neolithic Transition in the Western Mediterranean: a Complex and Non-Linear Diffusion Process - The Radiocarbon Record Revisited, *Radiocarbon*, 61, 2, p. 531-571.

MANEN C., CONVERTINI F. (2012) – Neolithization of the Western Mediterranean: Pottery productions, circulation and recombination, in M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop and M. Molist (eds.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, proceedings of the international conference (Gavà-Bellaterra, 2-4 February 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 363-368.

MANNONI T. (1983) – Dove e come venivano fabbricate le ceramiche preistoriche della Liguria orientale, in R. Maggi (ed.), *Preistoria nella Liguria Orientale*, Sestri Levante, Renato Siri Editore, p. 21-24.

MANNONI T. (1990) – Introduzione all'archeometria, in T. Mannoni and A. Molinari (eds.), *Scienze in archeologia. II ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia (Certosa di Pontignano, 7-19 novembre 1988),* Florence, All'Insegna del Giglio (Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti. Sezione archeologica), p. 27-39.

MANNONI T. (1999) – Caratterizzazioni petrografiche delle ceramiche neolitiche, in S. Tinè (ed.), *Il Neolitico nella Caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Bordighera (Collezione di Monografie Preistoriche e Archeologiche, 10), p. 214-218.

MARTINI F., PALLECCHI P., SARTI L. (1996) – *La ceramica preistorica in Toscana. Artigiani e materie prime dal Neolitico all'Età del Bronzo*, Florence, Garlatti e Razzai Editori, 356 p.

MAZZUCCO N., IBÁÑEZ J. J., CAPUZZO G., GASSIN B., MINEO M., GIBAJA J. F. (2020) – Migration, Adaptation, Innovation: The Spread of Neolithic Harvesting Technologies in the Mediterranean, *PLOS ONE*, 15, 4, p. e0232455.

MUNTONI I. M. (2003) – *Modellare l'argilla. Vasai del Neolitico antico e medio nelle Murge pugliesi*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Origines), 353 p.

MUNTONI I. M. (2012) – Circulation of raw materials, final products or ideas in the Neolithic Communities of Southern Italy: The contribution or archaeometric analyses to the study of pottery, flint and obsidian, in M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop and M. Molist (eds.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, proceedings of the international conference (Gavà-Bellaterra, 2-4 February 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 403-412.

ODETTI G. (1990) – Saggio nei livelli neolitici della grotta Pollera, *Rivista Ingauna e Intemelia*, 45, p. 107-147.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide : Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI millénaire AEC*, doctoral thesis, Università di Genova and université Côte d'Azur, 587 p.

PAOLINI-SAEZ H. (2010) – Les productions céramiques du Néolithique ancien tyrrhénien, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder, and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*, proceedings of the SPF conference

(Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 89-104.

PECCERILLO A. (2005) – *Plio-Quaternary Volcanism in Italy. Petrology, Geochemistry, Geodynamics*, Berlin, Springer-Verlag, 365 p.

PERLÈS C. (1991) – Économie des matières premières et économie du débitage : deux conceptions opposées ?, in *25 ans d'études technologiques en Préhistoire : bilan et perspectives*, proceedings of the 11e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (Antibes, 18-20 October 1990), Juan-les-Pins, APDCA, p. 34-45.

PERLÈS C. (2007) – Échanges et technologie : l'exemple du Néolithique, *in* J. Evin (dir.), *Congrès du centenaire : un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire*, proceedings of the 26e Congrès préhistorique de France (Avignon, 21-25 September 2004), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 26, 3), p. 53-62.

QUINN P. S. (2013) – *Ceramic Petrography. The Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section*, Oxford, Archaeopress, 260 p.

RADI G. (2010) – Les séquences de la céramique imprimée en Italie, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder, and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*, proceedings of the SPF conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 133-147.

RICE P. M. (1987) – *Pottery Analysis. A Sourcebook*, Chicago and London, University of Chicago Press, 559 p.

RIVOLLAT M., JEONG C., SCHIFFELS S., KÜÇÜKKALIPÇI İ., PEMONGE M.-H., ROHRLACH A. B., ALT K. W., BINDER D., FRIEDERICH S., GHESQUIÈRE E., GRONENBORN D., LAPORTE L., LEFRANC P., MELLER H., RÉVEILLAS H., ROSENSTOCK E., ROTTIER S., SCARRE C., SOLER L., WAHL J., KRAUSE J., DEGUILLOUX M.-F., HAAK W. (2020) – Ancient Genome-Wide DNA from France Highlights the Complexity of Interactions Between Mesolithic Hunter-Gatherers and Neolithic Farmers, *Science Advances*, 6, 22, p. eaaz5344.

ROUIRE J., AUTRAN A., PROST A., ROSSI P., ROUSSET C. (1980) – Feuille de Nice, in *Carte géologique de la France (1/250.000)*, Orléans, BRGM.

ROUX V. (2016) – *Des céramiques et des hommes : décoder les assemblages archéologiques*, Paris, Presses universitaires de Paris Ouest, 480 p.

ROWLEY-CONWY P., GOURICHON L., HELMER D., VIGNE J.-D. (2013) – Early Domestic Animals in Italy, Istria, the Tyrrhenian Islands and Southern France, in S. College, J. Conolly, K. Dobney, K. Manning, and S. Shennan (eds.), *The Origins and Spread of Domestic Animals in Southwest Asia and Europe*, Walnut Creek, California, Left Coast Press, (Publications of the Institute of Archaeology, University College London, 59), p. 161-194.

RYE O. S. (1981) – *Pottery Technology. Principles and Reconstruction*, Washington, Taraxacum (Manuals on Archeology, 4), 150 p.

SANCHEZ G., ROLLAND Y., SCHNEIDER J., CORSINI M., OLIOT E., GONCALVES P., VERATI C., LARDEAUX J.-M., MARQUER D. (2011) – Dating Low-Temperature Deformation by 40Ar/39Ar on White Mica, Insights from the Argentera-Mercantour Massif (SW Alps), *Lithos*, 125, 1–2, p. 521-536.

SANTACREU D. A. (2014) – *Materiality, Techniques and Society in Pottery Production: the Technological Study of Archaeological Ceramics through Paste Analysis*, Warsaw/Berlin, De Gruyter Open, 336 p.

SCHNEIDER J., CORSINI M., REVERSO-PEILA A., LARDEAUX J.M. (2014) – Thermal and Mechanical Evolution of an Orogenic Wedge During Variscan Collision: an Example in the Maures-Tanneron Massif (SE France), in K. Schulmann, J. R. Martínez Catalán, J.M. Lardeaux, V. Janoušek and G. Oggiano (eds.), *The Variscan Orogeny: Extent, Timescale and the Formation of the European Crust*, London, Geological Society (Special Publications, 405), p. 313-331.

SPATARO M. (2002) – *The First Farming Communities of the Adriatic: Pottery Production and Circulation in the Early and Middle Neolithic*, Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, 9), 256 p.

STANLEY D. J. (1961) – *Études sédimentologiques des grès d'Annot et de leurs équivalents latéraux,* doctoral thesis, université de Grenoble, 158 p.

STARNINI E., VICINO G. (1993) – Segnalazione di un sito neolitico in località S. Sebastiano di Perti (Finale Ligure – SV), *Rassegna di Archeologia*, 11, p. 37-43.

STOOPS G. (2003) – *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*, Madison, Soil Science Society of America, 184 p.

TIXIER J. (2012) – *A Method for the Study of Stone Tools // Méthode d'étude des outillages lithiques*, Luxembourg, Musée national d'Histoire et d'Art du Luxembourg (Archéologiques, 4), 196 p.

VANNOSSI M. (1990) – Guide geologiche regionali - Alpi Liguri, *Società Geologica Italiana,* BE-MA, Milano, 295 p.

VANNOSSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G., VANNUCCI R. (1984) – Geologia delle Alpi Liguri: Dati, problemi, ipotesi, *Memorie della Società Geologica Italiana*, 28, p. 5-75.

VIGNE J.D. (2007) – Exploitation des animaux et néolithisation en Méditerranée nord-occidentale, in J. Guilaine, C. Manen, and J.D. Vigne (eds.), *Pont-de-Roque-Haute (Portiragnes, Hérault) : nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 221-301.

VITELLI K. D. (1993) – *Franchthi Neolithic Pottery. Volume 1: Classification and Ceramic Phases 1 and 2*, Bloomington and Indianapolis, Indiana University Press (Excavations at Franchthi Cave, Greece, 8), 518 p

WHITBREAD I. K. (1989) – A Proposal for the Systematic Description of Thin Sections towards the Study of Ancient Ceramic Technology, in Y. Maniatis (ed.), *Archaeometry*, *Proceedings of the 25th International Symposium*, proceedings of the international meeting (Athens, 1986), Amsterdam, Elsevier, p 127-138.

Marzia Gabriele
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, GÉOAZUR (UMR7329)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 Nice
and
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, CNRS
Trajectoires (UMR 8215)
Centre de Recherche
9, rue Malher
F-75004 Paris
marzia.gabriele@cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0003-0934-366X

Didier Binder
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 Nice
didier.binder@cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0001-8232-5367

Fabien Convertini
Université Paul-Valéry Montpellier, CNRS, Ministère de la Culture, ASM (UMR5140)
Inrap Midi Méditerranée, Centre de recherche archéologique de Nîmes
561, rue Etienne Lenoir
F-30900 Nîmes
fabien.convertini@inrap.fr

Michel Dubar
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 Nice
michel.dubar@cepam.cnrs.fr

Gilles Durrenmath
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 Nice
gilles.durrenmath@ univ-cotedazur.fr

Louise Gomart
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, CNRS, Trajectoires (UMR8215)
Centre de Recherche
9, rue Malher
F-75004 Paris
louise.gomart@cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0003-0793-2292

Jean-Marc Lardeaux
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, GÉOAZUR (UMR7329)
Campus Azur
250, rue Albert Einstein
F.-06560 Valbonne
and
Center for Lithospheric Research, Czech Geological Survey
Klárov, 3
11821, Prague 1
Czech Republic
jean-marc.lardeaux@univ-cotedazur.fr
https://orcid.org/0000-0001-7666-7109

Roberto Maggi
Università di Genova, LASA (Laboratorio di Archeologia e Storia Ambientale),
via Balbi, 6
I-16126 Genova
romaggi2003@libero.it

Chiara Panelli
Università di Genova, DISTAV (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e della Vita)
Corso Europa, 26
I-16132 Genova
and
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 Nice
chiara.panelli@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-4431-5787

Chrystèle Verati
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, Géoazur (UMR7329)
Campus Azur
250, rue Albert Einstein
F-06560 Valbonne
chrystele.verati@univ-cotedazur.fr

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 213-276
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Matières premières, réseaux sociaux et diffusion du Néolithique en Méditerranée du nord-ouest : apports des industries lithiques taillées des horizons *Impressa* de Finale Ligure – Arene Candide et Castellar – Pendimoun

Didier Binder, Cristina de Stefanis, Paul Fernandes, Bernard Gratuze et Roberto Maggi

Résumé : En Méditerranée du nord-ouest, les tout premiers groupes néolithiques originaires d'Italie méridionale se sont notamment implantés dans l'arc tosco-liguro-provençal dans le courant de la première moitié du VI^e millénaire AEC, dans une région où une mosaïque géologique unique rend particulièrement visibles les transferts de matières premières utilisés pour la production des outillages, taillés ou polis, et des céramiques. Dans le cadre du projet CIMO, de nouvelles études technoéconomiques intégrées des industries lithiques ont été conduites pour les premiers horizons néolithiques (*Impressa*) de Finale Ligure – Arene Candide (Ligurie, Italie) et de Castellar – Pendimoun (Alpes-Maritimes, France), deux sites-clé qui offrent des séquences stratigraphiques détaillées et complémentaires.
Ce chapitre présente les résultats d'analyse des matières premières (silicites et obsidiennes) acquises pour la confection des outillages taillés ainsi, que des éléments concernant leurs modes de production et d'usage. Cette étude conduit à l'identification de très vastes espaces, parcourus par les premiers fermiers et/ou innervés par des réseaux sociaux assurant les transferts. Les géo-ressources aux dépens desquelles les assemblages lithiques ont été constitués illustrent l'intensité des connections entre les Arene Candide et Pendimoun au cours de la première moitié du VI^e millénaire et, au-delà, les liens établis entre les différentes aires au sein desquelles les premières implantations agropastorales ont d'ores et déjà été identifiées. En outre, ces résultats révèlent l'existence de contacts avec des régions qui, pour l'heure, n'ont pas livré de témoignages directs d'implantations néolithiques dans le courant de cette étape pionnière. En revanche, au cours de cette même étape, certaines régions d'origine des silicites sont encore occupées ou parcourues par des groupes de chasseurs de la fin du Mésolithique. Ces résultats offrent donc de nouvelles perspectives pour identifier les stratégies de réseautage impulsées par les premiers fermiers, pour discuter de la matérialité de leurs interactions avec les derniers chasseurs et, plus largement, des processus sociaux à l'œuvre lors de la transition néolithique en Méditerranée du nord-ouest.

Mots-clés : silicites, obsidienne, caractérisation, techno-économie, transferts, *Impressa*, interactions Mésolithique/Néolithique

Abstract: The earliest Neolithic pioneer groups in the North-Western Mediterranean, supposed to have originated from Southern Italy, settled around the Ligurian sea during the first half of the 6th millennium BCE. Identified on the basis of original methods of pottery-forming techniques, the North-Western Mediterranean groups seem to belong to a specific component of the Impressed Wares techno-complex located west of the Apennines. In addition, this component seems to provide different patterns of chipped stone productions compared to the south-eastern cluster where a higher degree of specialism is observed.
As part of the CIMO project, new integrated techno-economic analyses of lithic industries have been performed within the Liguro-Provençal region for the earliest Impressed Wares horizons from Finale Ligure – Arene Candide (Liguria, Italy) and Castellar – Pendimoun (Alpes-Maritimes, France). Taking advantage of recent excavations, new series of radiocarbon dates, new datasets and transdisciplinary pottery studies, these two to key-sites can be merged in a single chronocultural sequence. The Tuscan-Ligurian-Provençal region offers unique geological contexts which in an exceptional way display the transfers of raw materials used for chipped and polished stone tools and pottery productions. This chapter presents the details of the raw materials analysis (silicites and obsidians) used for the toolkits. Aspects of their management (production and uses) are highlighted by technological, typological and functional analysis. The core of the study is based on petrological stereoscopic analysis of silicites and geochemical analysis of obsidian, thanks to shared reference collections, shared databases and stimulating collaborative projects covering a wide region.

The *Impressa* levels of Arene Candide and Pendimoun provided small quantities of chipped stone elements, all in all about 1,200 pieces and fewer than three hundred if small chips and debris are not taken into account. The reduced number of tools and bladelets is indicative of a very low level of consumption at these sites; most of them were imported as single selected items, knapped by pressure and indirect percussion, and their scarcity contrasts with the amazing diversity of the raw materials acquired.
The local resources from Western Liguria and Alpes-Maritimes (mainly the Eocene conglomerates from the French-Italian border) provided only silicites of low quality, highly cracked and unsuitable for the production of blades or even large flakes. Use-wear analysis indicates that these materials were mostly unused.
Regional resources were unequally acquired. Radiolarites from Eastern Liguria / Emilia are only attested by a couple of flakes in Arene Candide, while excellent cherts from Central and Eastern Provence (Upper Jurassic, Valanginian, Turonian, Eocene/Oligocene) are present at both sites, mainly as bladelets and retouched tools.
Long distance procurement draws a wide interaction sphere. Almost all these materials are of an extremely good quality and particularly suited for pressure knapping or indirect percussion. Westwards, diverse Lower Cretaceous cherts, such as Barremian-Bedoulian and Aptian flints, come from Upper Provence or the Middle Rhône Valley and more exceptionally from Lower Provence or even the Vercors. Eastwards, flints were acquired from the Adriatic slopes of the Apennine: Jurassic *Scisti ad Aptici* and Cretaceous *Maiolica* from Emilia, Cretaceous and Eocene *Scaglia rossa* from the Umbro-Marchigiana basin or reworked in the Plio-Pleistocene *Sabbie gialle*. Obsidian imports from Palmarola and Sardinia are specific to the Arene Candide site.
These results allow us to identify vast territories roamed by the first farmers or embedded in transfer networks during the first half of the 6th millennium BCE. The geological resources identified highlight the connections between Arene Candide and Pendimoun and, beyond, the links between the different areas in which early farmers' settlement was clearly demonstrated.
Moreover, these results reveal contacts with areas in which no evidence for Neolithic settlement was attested so far. The contribution of the hinterland is very significant and changes the perception of territorial dynamics supposed to be mainly structured by maritime mobility. Some of these non-coastal areas, *i.e.* Tosco-Emilian Apennine and the Southern Alps, are highly suspected or even proven to have been still occupied or at least roamed by the last contemporary Mesolithic hunters. In addition to new issues concerning the networking strategies of the first farmers, these results address the materiality of their interactions with the hunter-gatherers and, more broadly, the social processes that led to the Neolithic Transition in the North-Western Mediterranean.
A tentative evolutionary trend indicates that the wide interaction sphere which characterises the earliest stage of the Neolithic dispersal in the North-Western Mediterranean (*i.e.* ACN-1A phase, Arene-Candide – Peiro Signado pottery style) tends to decrease later (*i.e.* PND-1A/1B), which can be interpreted as the sign of an intensification of hunter-farmer integration and of a subsequent remodelling and regionalisation.

Keywords: silicites, obsidian, characterisation, techno-economy, transfers, *Impressa*, Mesolithic/Neolithic interaction

INTRODUCTION

En Méditerranée du nord-ouest, les premières implantations néolithiques (fig. 1) résultent de la diffusion d'un courant de l'*Impressa* caractérisé notamment par des traditions céramiques spécifiques (*i.e.* méthode SPT) dont l'origine est encore inconnue (Gomart *et al.*, 2017, Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, ce volume). En l'état actuel des connaissances, ces pratiques le distinguent du courant égéo-balkanique qui atteint l'Italie méridionale au tout début du VI[e] millénaire AEC et avec lequel il partage en revanche de nombreuses composantes communes héritées d'un fonds anatolien et/ou proche-oriental, particulièrement la faune domestique (Vigne, 2007 ; Rowley-Conwy *et al.*, 2013) et les plantes cultivées (Bouby *et al.*, 2020). Le décalage temporel relativement réduit (de l'ordre de cinq à sept générations) observé entre les implantations les plus précoces enregistrées en Dalmatie et dans les Pouilles (étape PN3A, Binder, Gomart *et al.*, ce volume) et celles des littoraux liguro-provençal et occitan (étape PN3B, *ibidem*), de même que la discontinuité du premier peuplement néolithique au sein de la péninsule italienne, s'accordent mal avec des processus de diffusion fondés sur la recherche de terres favorables à l'agriculture comme réponse à une hypothétique pression démographique (Binder *et al.*, 2017b : Binder, Gomart *et al.*, ce volume).

Les indices directs ou indirects de fréquentation des îles de la Tyrrhénienne (îles éoliennes, îles pontines, archipel toscan, Sardaigne, Corse) au cours de la même période, plaident naturellement en faveur de déplacements maritimes (*inter alia* Binder et Guilaine, 1999 ; Isern *et al.*, 2017). Depuis les années 1980, ce sont principalement les analyses d'obsidienne, dont les sources sont discrètes et fort bien distinguées par la géochimie, qui ont apporté les preuves des transferts opérés depuis les îles de Méditerranée occidentale vers le continent, souvent sur de très longues distances (Binder *et al.*, 2012 ; Muntoni, 2012). Plus récemment, les découvertes de vases sur des sites continentaux parfois très éloignés des lieux d'origine des terres utilisées (Gabriele *et al.*, 2019), ont suggéré que les transferts aient pu concerner une plus large gamme de biens, au sein de laquelle les obsidiennes ne constitueraient que la partie la plus visible. Ce constat renforce l'hypothèse de transferts fondés sur le déploiement de réseaux structurés plutôt que résultant d'acquisitions occasionnelles au gré de voyages.

En Méditerranée centrale, l'hypothèse d'une forte contribution des productions sur silex provenant des minières du Gargano à des réseaux institués dès le début de l'implantation néolithique de part et d'autre de l'Adriatique (étapes PN3A-3B, *ca.* 6050 à 5750 AEC ; Binder, Gomart *et al.*, ce volume) a été formulée sur la base d'observations pétro-archéologiques plus ou moins systématiques et à différentes résolutions (Collina, 2009 ; Perhoč, 2009 ; Guilbeau, 2010 et 2012 ; Forenbaher et Perhoč, 2015 ; Kačar, 2019 ; Sivilli, 2020) ou d'analyses géochimiques (Delluniversità *et al.*, 2020) ; une situation

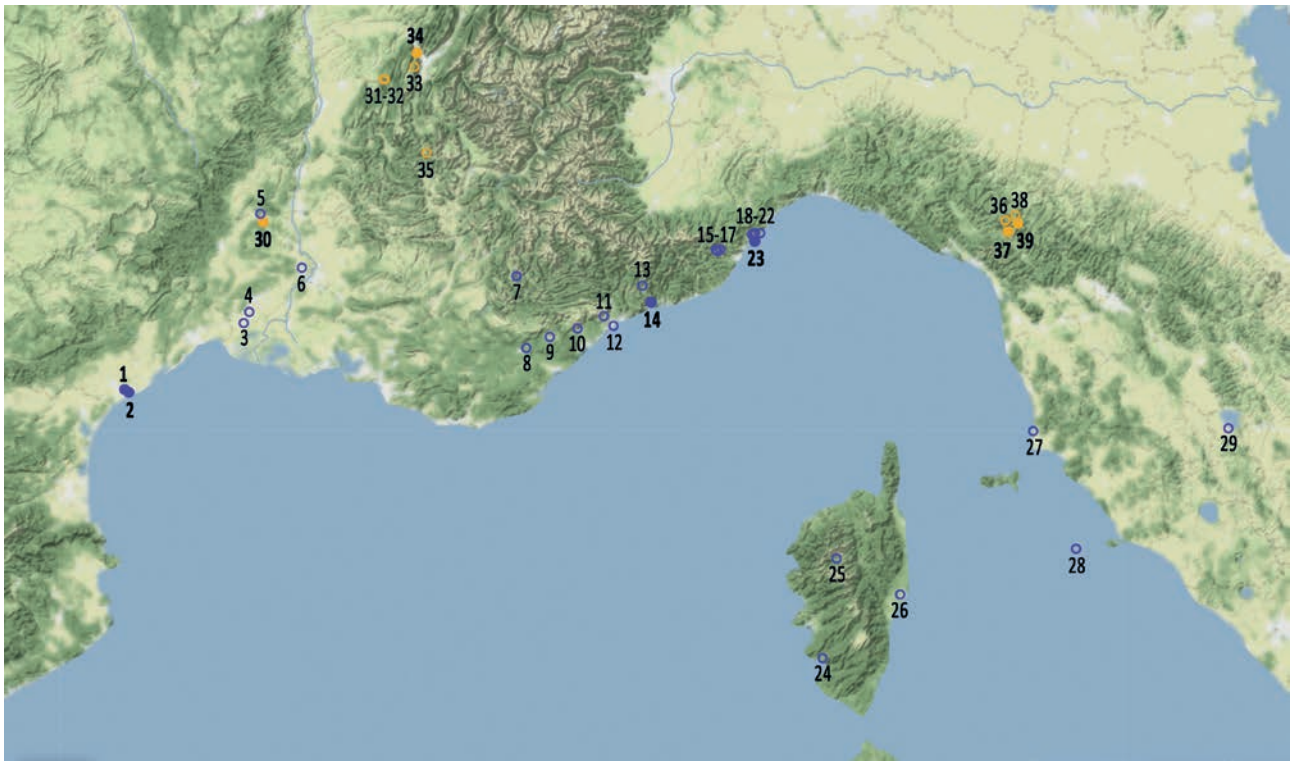


Fig. 1 – Principaux sites et indices de sites de la première moitié du VI[e] millénaire en Méditerranée du nord-ouest, étapes 3B-3D (disques : contextes datés les plus fiables ; cercles : autres sites et indices de sites). *Impressa* : 1 : Portiragnes – Peiro Signado ; 2 : Portiragnes – Pont-de-Roque-Haute ; 3 : Vauvert – Condamine ; 4 : Aubord – Farigoule ; 5 : Orgnac – Ronze (baume) ; 6 : Tavel – Codoyères ; 7 : Moriez – Bouquet-Haut (source salée) ; 8 : Figanières – Sainte-Catherine ; 9 : Tourrettes – Chautard ; 10 : Grasse – Sans-Peur ; 11 : Vence – Pioulier ; 12 : Nice – Caucade ; 13 : Sospel – Eole (grotte) ; 14 : Castellar – Pendimoun (abri) ; 15 : Aquila d'Arroscia – Stefanin (arma dello) ; 16 : Nasino – Pertusello (grotta del) ; 17 : Nasino – Nasino (arma di) ; 18 : Finale Ligure – San Sebastiano di Perti ; 19 : Finale Ligure – Pollera (grotta) ; 20 : Finale Ligure – Morto (caverna del) ; 21 : Orco Feglino – Aquila (arma del) ; 22 : Finale Ligure – Pian del Ciliegio (riparo di) ; 23 : Finale Ligure – Arene Candide (caverna delle) ; 24 : Sollacaro – Campu Stefanu ; 25 : Albertacce – Albertini (abri) ; 26 : Aleria – Hameau de la Gare ; 27 : San Vincenzo – Garden-Club Toscana ; 28 : Giglio – Secche ; 29 : Castiglione del Lago – Panicarola ; Castelnovien final et horizons « de transition » : 30 : Montclus – Baumes (les) ; 31 : Choranche – Balme Rousse ; 32 : Choranche – Coufin ; 33 : Rovon – Pas de l'Echelle (abri du) ; 34 : Sassenage – Grande Rivoire (abri de la) ; 35 : Lus-la-Croix-Haute – Corréardes (abri des) ; 36 : Ventasso – Passo della Communella ; 37 : San Romano in Garfagnana – Monte Frignone 2 ; 38 : Busana – Monte Bagioletto Alto ; 39 : Ventasso – Lama Lite 2.

***Fig. 1** – Main sites and site indications dated to the first half of the 6th millennium in the NW Mediterranean, stages 3B-3D (filled circles: most reliably dated contexts; circles: other sites and site indications). Impressa : 1: Portiragnes – Peiro Signado; 2: Portiragnes – Pont-de-Roque-Haute; 3: Vauvert – Condamine; 4: Aubord – Farigoule; 5: Orgnac –Ronze (baume); 6: Tavel – Codoyères; 7: Moriez – Bouquet-Haut (source salée); 8: Figanières – Sainte-Catherine; 9: Tourrettes – Chautard; 10: Grasse – Sans-Peur; 11: Vence – Pioulier; 12: Nice – Caucade; 13: Sospel – Eole (grotte); 14: Castellar – Pendimoun (abri); 15: Aquila d'Arroscia – Stefanin (arma dello); 16: Nasino – Pertusello (grotta del); 17: Nasino – Nasino (arma di); 18: Finale Ligure – San Sebastiano di Perti; 19: Finale Ligure – Pollera (grotta); 20: Finale Ligure – Morto (caverna del); 21: Orco Feglino – Aquila (arma del); 22: Finale Ligure – Pian del Ciliegio (riparo di); 23: Finale Ligure – Arene Candide (caverna delle); 24: Sollacaro – Campu Stefanu; 25: Albertacce – Albertini (abri); 26: Aleria – Hameau de la Gare; 27: San Vincenzo – Garden-Club Toscana; 28: Giglio – Secche; 29: Castiglione del Lago – Panicarola; Late Castelnovien final and transitional horizons: – 30: Montclus – Baumes (les); 31: Choranche – Balme Rousse; 32: Choranche – Coufin; 33: Rovon – Pas de l'Echelle (abri du); 34: Sassenage – Grande Rivoire (abri de la); 35: Lus-la-Croix-Haute – Corréardes (abri des); 36: Ventasso – Passo della Communella; 37: San Romano in Garfagnana – Monte Frignone 2; 38: Busana – Monte Bagioletto Alto; 39: Ventasso – Lama Lite 2.*

similaire a été envisagée autour des minières des monts Hybléens en Sicile orientale, sans qu'il soit encore possible d'en définir le contexte chronoculturel et l'ampleur (Guilbeau, 2010). En outre ces productions de grandes lames révèlent un niveau de spécialisme qui trouve probablement ses origines dans le Néolithique « initial » et « ancien » de Grèce (étapes PN1c à PN2c, *ca.* 6650 à 6050 AEC, Binder, Gomart *et al*., ce volume), plaidant pour une transposition des paradigmes techniques égéens, eux-mêmes héritiers de traditions PPN dans des conditions qui restent inexpliquées (Guilbeau et Perlès, 2019).

Vers l'ouest, au-delà des Apennins, rien de tel n'a été observé au cours des premières étapes de diffusion du Néolithique, en dépit du fait qu'il existe ici aussi d'importantes ressources mobilisables pour l'élaboration de grands débitages laminaires (silicites tertiaires du nord de la Sardaigne ; silicites secondaires et tertiaires de haute Provence et de la moyenne vallée du Rhône), ressources

	Lames, lamelles et fragments	Éclats	Nucléus (à éclats)	Débris indéterminés et petits éclats (dpE)	Totaux	% Lame(lle)s	% Lame(lle)s sans dpE
ACN-1A	26	8	1	12	47	55%	74%
ACN-1B	12	14	0	6	32	38%	46%
ACN-2A	18	17	0	27	62	29%	51%
Totaux	56	39	1	45	141	40%	58%

Tabl. 1 – Répartition des restes de taille du silex et de l'obsidienne aux Arene Candide, phases ACN-1A à ACN-2A.
***Table 1** – Distribution of flint and obsidian chipped stones at Arene Candide, phases ACN-1A to ACN-2A.*

dont une partie sera d'ailleurs mobilisée dans ce but dès le V^e millénaire AEC. Ce contraste peut illustrer une différenciation nette des niveaux de spécialisme de part et d'autre des Apennins et qui se manifeste, en sus des formes de débitage sophistiquées, par une moindre élaboration des productions céramiques ou par un appauvrissement considérable du registre des productions symboliques (Binder, 2015).

Dans un tel contexte, l'étude qui suit vise (i) à identifier des transferts de matières premières lithiques taillées dans l'arc liguro-provençal au cours des deux premières étapes de l'*Impressa*, avant l'émergence du Cardial, (ii) à en apprécier l'ampleur et (iii) à discuter de potentielles interactions culturelles s'opérant lors de la diffusion de l'agropastoralisme dans la région. Elle se fonde sur l'analyse des séries de silicites et, dans une moindre mesure, d'obsidiennes et de quartz, provenant des fouilles récentes au sein des premiers horizons néolithiques de l'arc liguro-provençal, région où l'on dispose par ailleurs de solides référentiels des ressources lithiques (Fernandes *et al*., 2016 ; Tomasso *et al*., 2016).

En Ligurie et en Provence orientale, les séquences de Finale Ligure – Arene Candide, ACN (fig. 1, n° 23 ; Panelli, 2019 ; Maggi *et al*., 2020) et de Castellar – Pendimoun, PND (fig. 1, n° 14 ; Binder *et al*., 2020), finement sériées grâce à la modélisation bayésienne de nombreuses dates fiables, permettent en effet de placer deux aspects successifs de l'*Impressa* du nord-ouest au cours des étapes PN3B à 3D, entre *ca.* 5850 et *ca.* 5450 AEC, avant le plein développement du Cardial dans l'ensemble du bassin nord-occidental (Binder, Gomart *et al*., ce volume). Une sériation inter-sites, qui reste à consolider, placerait la phase ACN-1A entre 5750 et 5660 AEC puis les phases PND-1A et 1B respectivement entre 5650 et 5620 AEC et entre 5630 et 5460 AEC, en parallèle avec ACN-1B/2A. Pour ce qui concerne les styles décoratifs de la céramique, la phase ACN-1A correspond au style Arene Candide/Peiro Signado (ACPS) caractérisé par la technique du sillon d'impressions suivi, en PND-1A/1B et en ACN-1B/2A par le style Pendimoun (PND) caractérisé par les impressions digito-unguéales (Manen *et al.*, ce volume).

Outre l'étude technoéconomique incluant la caractérisation petro-archéologique et technologique, les séries lithiques de ces deux sites ont également bénéficié d'une analyse fonctionnelle aussi exhaustive que possible (De Stefanis, 2018).

DESCRIPTION DES SÉRIES LITHIQUES : ASPECTS TECHNOLOGIQUES, TYPOLOGIQUES ET FONCTIONNELS

Arene Candide

La série provenant des fouilles récentes des Arene Candide (fig. 1, n° 23) comporte un total de cent-quarante-et-un (n = 141) éléments répartis de façon inégale au sein des trois épisodes, ACN-1A (n = 47), 1B (n = 32) et 2A (n = 62), qui s'inscrivent dans la première moitié du VI^e millénaire (tabl. 1).

Si l'on exclut une quarantaine de débris et petits éclats, les effectifs sont particulièrement réduits, de l'ordre d'une trentaine de pièces par épisode. D'une manière générale, il s'agit d'éléments lamino-lamellaires et d'éclats minces sélectionnés au sein d'ensembles produits en dehors de la zone fouillée et vraisemblablement hors du site. Il n'y a pratiquement aucune ressource taillable dans l'environnement proche à l'exception des minces plaquettes de « calcédoine » de Borgio Verezzi, et certainement pas pour la mise en œuvre des débitages lamellaires standardisés qui caractérisent les industries de cette période. Parmi les matériaux collectés lors des fouilles anciennes (Starnini et Voytek, 1997a), tout comme lors des fouilles récentes, l'apport de blocs dans la grotte au cours de l'Impresso-cardial est exceptionnel ; en effet, on ne peut citer qu'un nucléus à lamelles, débité dans un matériau indéterminé et attribué à l'ensemble 25-27 des fouilles Bernabò Brea (*ibidem*, fig. 6, #F61), et un nucléus à éclats dans du silex de Baiardo – Perinaldo, de la phase ACN-1A (ce travail).

En dépit de la modicité des effectifs, on peut estimer que l'indice laminaire est assez élevé : après exclusion des débris et petits éclats, les supports lamino-lamellaires bruts ou retouchés représentent de l'ordre des trois quarts (ACN-1A) ou la moitié des éléments (ACN-1B et 2A). L'utilisation de la pression pour ces détachements est une constante ; il s'agit d'une petite pression de mode 2 (Pelegrin, 2012), avec un cas potentiel de mode 3 (*ibidem*) au cours de l'épisode ACN-2A.

Toutes phases confondues, le nombre de pièces retouchées est très faible (n = 48) et plus réduit encore si l'on écarte les éléments à enlèvements irréguliers, produits le plus souvent lors de l'utilisation, qui sont en effet majoritaires (n = 25). La typologie [(1)], à peine plus variée au début qu'à la fin de l'*Impressa* (tabl. 2), est

	BG22	BG32/33	TR31/32	BA34	BA41/42	BC12	RA1/22	DI22/23	DI41/42	Totaux	Totaux sans DI
ACN-1A	2	0	4	1	1	1	1	2	5	17	10
ACN-1B	0	2	3	0	0	0	3	5	1	14	8
ACN-2A	2	0	0	0	1	0	2	10	2	17	5
Totaux	4	2	7	1	2	1	6	17	8	48	23

Tabl. 2 – Répartition des restes de taille retouchés ou à enlèvements irréguliers des Arene Candide, phases ACN-1A à ACN-2A. BG : bitroncatures géométriques ; TR : troncatures ; BA : pièces à bord(s) abattu(s) et perçoirs ; BC : burins ; RA : racloirs et pièces à retouches continues ; DI : divers (à enlèvements irréguliers et pièces esquillées).

***Table 2** – Distribution of chipped stones with retouch or irregular scars from the Arene Candide site, phases ACN-1A to ACN-2A. BG: geometric bitroncatures; TR: truncations; BA: backed pieces and borers; BC: burins; RA: scrapers and pieces with continuous retouch; DI: miscellaneous (with irregular scars and splintered pieces).*

dominée par des pièces esquillées (DI22-23) ou à enlèvements irréguliers (DI41-42) auxquelles sont associés quelques géométriques (BG22, BG31-34) et troncatures (TR31-32) et des éclats ou lamelles à retouches continues (RA1 et RA22). Ces effectifs – une quinzaine de pièces par phase si l'on compte les pièces esquillées ou à enlèvements irréguliers, mais entre dix et cinq seulement si l'on ne prend en compte que les outils mis en forme par retouches – sont beaucoup trop faibles pour permettre des commentaires autres que qualitatifs. Les armatures de projectiles sont peu nombreuses (n = 6) ; parmi elles, les trapèzes symétriques à troncatures directes, sans traces de piquants-trièdres (BG22), sont présents en ACN-1A et ACN-2A, tandis qu'en ACN-1B les géométriques sont à retouches semi-abruptes inverses, ou rasantes sur préparation inverse qui entrent dans la variabilité des « flèches de Montclus » (BG31 à BG34 de Binder, 1987 **;** Perrin, 2001). Si l'on prend l'*Impressa* des Arene Candide dans son ensemble, les armatures à retouches abruptes directes sont dominantes (4/6).

Pour l'ensemble des unités attribuées à l'*Impressa*, l'analyse fonctionnelle (De Stefanis, 2018) a permis d'identifier trente pièces portant des traces d'usage (onze pour la phase ACN-1A, neuf pour ACN-1B et dix pour ACN-2A). Parmi les géométriques ou débris d'outils tronqués ayant fait l'objet d'une analyse fonctionnelle, trois portent des traces diagnostiques de projectiles impactés et un quatrième présente des traces en percussion posée sur un matériau dur qui ne sont pas totalement incompatibles avec un usage comme armature à tranchant transversal. Les autres supports laminaires sont utilisés dans différentes tâches domestiques ou artisanales. La coupe des plantes autres que des céréales n'est attestée qu'en ACN-1A tandis que celle des céréales est présente dans les deux phases ACN-1A et 1B. La boucherie n'est identifiée qu'en ACN-1A et le raclage ou la découpe des peaux, respectivement en ACN-1B et 2A. Les outils des phases ACN-1A et ACN-2A présentent diverses traces de coupe, fendage, raclage et perforation de matières dures mais également plusieurs occurrences de travail de l'argile (raclage et action longitudinale, en liaison probable avec le façonnage de la poterie, De Stefanis *et al*., sous presse). L'incidence du recyclage est particulièrement faible : une faucille reprise en perçoir, une pièce esquillée utilisée pour le raclage de la peau. La présence croissante des pièces esquillées est le signe d'une économie de l'outillage et de la matière première dont les tenants et aboutissants sont parfois difficiles à cerner ; cependant, compte tenu de leurs dimensions réduites, il s'agit plus vraisemblablement d'outils utilisés en interposition (par ex. coins à fendre des matières dures, confection de l'outillage osseux, etc.) que de nucléus.

Pendimoun

Dans leur ensemble les horizons *Impressa* de Pendimoun (fig. 1, n° 14) ont livré un millier d'éléments (n = 1006), inégalement répartis entre les phases PND-1A (n = 210), PND-1B (n = 629) et PND-1, indivise (n = 167 ; tabl. 3). Cette abondance procède néanmoins d'un effet d'optique, en raison de la présence massive (85 %) de débris et de micro-éclats (de module inférieur au cm et décomptés avec les précédents) provenant pour l'essentiel de silicites de qualité médiocre, souvent exécrable,

	Lames, lamelles et fragments	Éclats et débris outils	Nucléus (à éclats)	Débris, indéterminés et petits éclats (dpE)	Totaux	% Lame(lle)s	% Lame(lle)s sans dpE
PND-1A	7	19	0	184	210	3%	27%
PND-1B	34	68	2	525	629	5%	33%
PND-1-ind	4	20	0	143	167	2%	17%
Totaux	45	107	2	852	1006	4%	29%

Tabl. 3 – Répartition des restes de taille du silex et du quartz à Pendimoun, phases PND-1A, PND-1B et PND-1-indivise.

***Table 3** – Distribution of flint and quartz chipped stones at Pendimoun, phases PND-1A, PND-1B and PND-1-undivided.*

	BG21/22	BG32/33	BG42	TR31/32	BA32	BA34	BA41/42	BC12	GR21	RA1/22	DI22/23	DI41/42	Totaux	Totaux sans DI
PND-1A	2	0	1	2	0	0	1	0	0	1	1	4	12	7
PND-1B	7	2	2	5	1	1	0	0	1	1	7	1	28	20
PND-1-ind	2	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	10	9
Totaux	11	3	4	7	2	2	2	1	2	2	8	6	50	36

Tabl. 4 – Répartition des restes de taille retouchés ou à enlèvements irréguliers de Pendimoun, phases PND-1A, PND-1B et PND-1-indivise. BG : bitroncatures géométriques ; TR : troncatures ; BA : pièces à bord(s) abattu(s) et perçoirs ; BC : burins (et chanfreins) ; GR : grattoirs ; RA : racloirs et pièces à retouches continues ; DI : divers (à enlèvements irréguliers et pièces esquillées).
***Table 4** – Distribution of chipped stones with retouch or irregular scars from Pendimoun, phases PND-1A, PND-1B and PND-1-undivided. BG: geometric bitroncatures; TR: truncations; BA: backed pieces and piercers; BC: burins; RA: scrapers and pieces with continuous retouch; DI: miscellaneous (with irregular scars and splintered pieces).*

parcourues par de nombreuses microfissures, provenant des conglomérats éocènes de Ciotti à proximité immédiate du site.

Aussi, si l'on exclut ces débris et petits éclats, les séries lithiques sont du même ordre de grandeur qu'aux Arene Candide : vingt-six pièces (n = 26) pour PND-1A, cent-quatre (n = 104) pour PNB-1B et vingt-quatre (n = 24) pour l'ensemble indivis.

En regard des Arene Candide et pour des surfaces fouillées similaires (quelques dizaines de mètres carrés), la différence en nombre de restes résulte du débitage sur place à Pendimoun des silex d'origine voisine pour la production d'éclats : ces chaînes opératoires sont sommaires, peu productives mais complètes. De ce fait la laminarité est beaucoup plus faible à Pendimoun : si l'on excepte les débris, les supports lamino-lamellaires bruts ou retouchés ne représentent qu'environ un tiers des artefacts. Les techniques de taille par pression (mode 2 de Pelegrin, 2012) sont clairement établies dans les deux horizons.

Les éléments retouchés se trouvent dans les mêmes quantités qu'aux Arene Candide (n = 50) ; en revanche les outils mis en forme par retouches (n = 36), sont nettement plus nombreux que les éléments à enlèvements irréguliers (n = 14). La plupart des types représentés (tabl. 4) sont voisins de ceux des Arene Candide : géométriques, troncatures et perçoirs sur lamelles, pièces esquillées sur éclats, pièces brutes ou à enlèvements irréguliers. Cependant plusieurs lames ou lamelles à enlèvements irréguliers présentent des aspects de denticulation plus prononcée, évoquant les « lames Montbani ».

Les armatures de projectiles forment le groupe dominant (n = 18). On observe au sein des deux séries successives la coexistence de géométriques à retouches abruptes du groupe BG2 et de géométriques présentant diverses combinaisons de retouches, semi-abruptes et rasantes avec des formes des groupes BG3 et BG4 (Binder, 1987). Pour l'ensemble de l'*Impressa* les armatures à retouches abruptes sont dominantes (11/18) mais – et c'est un élément important de contraste avec les Arene Candide – parmi les armatures à retouches semi-abruptes et rasantes, ce sont les pièces à retouches bifaciales symétriques (BG42, cf. Châtelet ou *doble bisel*) qui dominent (4/7), avec des formes plutôt triangulaires. Enfin il faut noter la récurrence des formes nettement dissymétriques et les dimensions réduites de certaines bitroncatures.

L'analyse des traces d'usage a permis d'identifier quatorze éléments portant des traces interprétables d'utilisation (De Stefanis, 2018). Elle indique en premier lieu que les silex locaux n'ont pratiquement pas été utilisés, confirmant l'idée qu'ils émettent un bruit de fond, procédant davantage de tests ou d'usages *ad hoc* que d'une exploitation systématique et témoignant de la grande difficulté à conduire des débitages productifs sur les matériaux locaux. Le spectre fonctionnel diffère de celui des Arene Candide avec une représentation équilibrée du travail de la peau (coupe, grattage et perforation) et de celui des plantes (raclage, coupe et perforation). Cette petite série se caractérise en outre par le recyclage des lames de faucilles pour le raclage de végétaux. Parmi les armatures géométriques identifiées, un tiers (n = 6) présentent des traces dont les dimensions, la disposition et la typologie ont été considérées comme diagnostiques d'un impact lié à leur usage comme projectiles.

Considérations générales sur les séries lithiques

Arene Candide et Pendimoun se placent dans un contexte géologique particulièrement intéressant, en raison du fait que les disponibilités en matières premières de qualité suffisante pour l'élaboration de produits laminaires y sont considérablement limitées. Ce constat a deux conséquences : les quantités de restes de taille y sont généralement très faibles et une partie extrêmement significative de l'approvisionnement est réalisée par transfert de ressources lointaines [2] (entre 30 et 100 km) et surtout très lointaines (au-delà des 100 km), très largement au-delà des distances généralement considérées pour définir le *home range* des populations d'agropasteurs réputés sédentaires (30 km). Comme cela a été déjà souligné (Binder et Perlès, 1990), ce dernier point admet généralement pour corollaire la circulation de matériaux sélectionnés, sous forme de produits semi-finis ou finis.

Cette situation offre ainsi une excellente opportunité pour esquisser une description des régimes de mobilité et des réseaux d'interaction à l'œuvre au cours de la première moitié du VI[e] millénaire AEC dans cette région.

Les quantités de matériel lithique mises au jour sur les deux sites sont très réduites. Ainsi, on dispose en tout et pour tout de cent-un (n = 101) supports lamellaires bruts ou retouchés : cinquante-six (n = 56) aux Arene Candide et quarante-cinq (n = 45) à Pendimoun, pour des surfaces fouillées de dimensions voisines. Dans tous les cas, la présence des éléments lamellaires résulte très clairement de prélèvements au sein d'un grand nombre d'ensembles lithiques constitués ailleurs, ce que l'analyse technoéconomique ci-dessous mettra particulièrement en évidence.

Si l'on se fonde sur des intervalles d'occupation théoriques [(3)], de l'ordre de trois siècles et demi pour le site ligure et de deux siècles pour le site maralpin, ces quantités correspondraient à des probabilités de consommation de l'ordre d'une lamelle tous les cinq ans, pour chacune des fractions de sites fouillées.

Ces quantités infimes peuvent néanmoins rendre compte de phénomènes d'ordre structurel : en l'occurrence un maillage des sites à finalités complémentaires constituant un réseau territorial. Cette complémentarité a généralement été plaidée sur des bases économiques (cf. *inter alia* Binder, 1991). Cette hypothèse est corroborée par les rares analyses de séries lithiques provenant de sites *Impressa* de plein-air, d'aspects proches d'ACN-1A (étape PN3B), qui se caractérisent notamment par la conduite sur place de débitages lamellaires par pression, sur silex voire sur obsidienne, documentés par la présence de tous les éléments de la chaîne opératoire. Ce fait est très bien établi en Languedoc méditerranéen à Portiragnes – Peiro-Signado (Briois, 2005), Portiragnes – Pont-de-Roque-Haute (Briois, 2007) et à Aubord – Farigoule 2 (Manen *et al*., 2019) où les galets de silex des Costières ont été préférentiellement exploités dans cette perspective. À Aubord – Farigoule 2, l'industrie qui, exception faite des débris et petits éclats, compte soixante-dix-huit (n = 78) éléments parmi lesquels quarante-quatre (n = 44) éléments lamellaires, provient du comblement d'une seule fosse (FS2059). À Portiragnes – Pont-de-Roque-Haute une quarantaine d'éléments, débris et petits éclats exceptés, et parmi eux une vingtaine de lamelles, provient principalement d'une des dix fosses identifiées sur le site (F1). Dans l'arc liguro-provençal, une situation similaire pourrait être offerte par le site de Tourrettes – Chautard (Binder *et al*., 2014) où une abondante production lamellaire par pression, réalisée sur des silex du Jurassique supérieur repris dans des conglomérats, a été récoltée en surface : le style du débitage tout comme la typologie des outils associés (géométriques BG22, troncatures TR31, TR2 et TR5 incluant des lames de faucilles, perçoirs sur lamelles BA33, etc.) renvoient sans équivoque aux aspects les plus anciens de l'*Impressa* du nord-ouest.

Dans un tel contexte, la représentativité des artefacts des Arene Candide et de Pendimoun doit être évidemment questionnée. Il faut admettre que la présence de tel ou tel élément peut résulter d'un tirage aléatoire au sein d'équipements personnels de composition variable, à raison de l'habitus du porteur (spécialisation, statut, genre, etc.). On se place bien au premier degré du fait « facultatif, imprévisible, fantaisiste » (Leroi-Gourhan, 1948). Le très faible taux d'outils présentant des traces diagnostiques d'usure (de l'ordre de 16 % de l'échantillon analysé aux Arene Candide et de 9 % à Pendimoun), ainsi que les quelques exemples de recyclage des outils dans des fonctions très différentes des fonctions premières, illustrent bien la difficulté à évaluer la représentativité des artefacts en regard des activités conduites sur les sites, tant les causes et les contextes de rejet sont variés. Il convient en outre d'ajouter que les horizons d'où ces matériels proviennent sont généralement des nappes de vestiges qui, pour stratifiées qu'elles soient, n'en sont pas moins des palimpsestes au sein desquels sont regroupés des objets abandonnés au cours d'épisodes de fréquentation distincts et de durées variables.

Il ne s'agit pas pour autant de données anecdotiques, mais de ce que l'on peut qualifier de signaux faibles dont la cohérence globale doit être soutenue par une analyse d'ensemble.

SILICITES

Contextes et méthodes d'analyse

La caractérisation des silex repose sur les référentiels mis en place et les méthodes développées dans le cadre de différents programmes – MPALP, Réseau des lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes – dont la mise en cohérence est aujourd'hui réalisée dans le cadre du GDR Silex (Bostyn *et al*., 2019).

La lithothèque MPALP (consultable au CEPAM, UCA, CNRS, Nice) rassemble la plupart des ressources en silex référencées pour la Provence, la Côte d'Azur, la Ligurie, la Toscane et une partie de l'Émilie (Tomasso *et al*., 2016 ; Conforti, 2020). Celle de Paléotime (consultable à Villard-de-Lans) offre, entre autres, l'ensemble des références concernant la moyenne vallée du Rhône et les Alpes du Sud (Fernandes *et al*., 2012). Pour ce qui concerne les autres régions d'Italie, les déterminations reposent sur les données bibliographiques (Bertola et Cusinato, 2004 ; Bertola *et al*., 2006 ; Bertola, 2012 et 2016).

Le mode de description des petro-faciès suit autant que possible les préconisations du GDR Silex (selon Fernandes, 2012), en se limitant toutefois à la grille de niveau 1 (définition du lithofaciès). En l'état actuel de description et de publication des référentiels il serait en effet prématuré d'intégrer systématiquement les aspects d'évolution secondaire des silicites (chaîne évolutive). La description détaillée des litho- et microfaciès enregistrés dans les différentes lithothèques est encore embryonnaire en dépit des efforts prodigués au cours de ces dernières années et plus particulièrement pour ce qui concerne les matériaux formés ou redistribués dans des contextes

continentaux, lacustres ou fluviatiles. La part des indéterminés n'est évidemment pas négligeable, pour des raisons assez évidentes : formations détruites ou non recensées, défaut de description, altérations d'origines diverses, etc.). Les travaux en cours dans le cadre du GDR Silex sont susceptibles de conduire à préciser ou modifier une partie des déterminations qui suivent.

Les silex ont été observés et documentés à la loupe binoculaire (Nikon modèle SMZ745T équipé d'une caméra Leica MC-190-HD du CEPAM et, pour quelques compléments, Leica M165C équipée d'un appareil photo de Paléotime) à des grossissements compris entre x6,7 et x100. Les microphotographies ont été réalisées à sec avec un éclairage rasant et sous une mince pellicule d'eau avec un éclairage frontal. Les images finales résultent de la compilation de vues à différentes focales, en utilisant la fonction *photomerge* d'Adobe Photoshop ou le logiciel Helicon focus.

Les différentes ressources potentielles sont présentées ci-dessous en considérant de grandes familles sur des bases paléogéographiques et paléo-environnementales au sein desquelles elles sont décrites en suivant un gradient d'accessibilité à partir des deux sites : des plus proches aux plus lointaines.

Silicites des milieux palustres, lacustres et laguno-lacustres du domaine provençal

Poudingues à Microcodium *des Ciotti et du col de Nice*

Ces matériaux ne sont actuellement connus qu'en position secondaire, sous forme de galets, dans les poudingues à *Microcodium* de l'Éocène inférieur, cf. Yprésien (formation des Ciotti, MPALP-305, fig. 2, n° 1, et du col de Nice, MPALP-307, fig. 2, n° 2).

Il s'agit principalement de silicites provenant de formations lacustres et lagunaires dont les gîtes de formation sont à rechercher vers le sud-ouest, avant la rotation du continent corso-sarde. Des galets de silex dont la formation est attribuée au Turonien leur sont également associés. Ainsi, l'âge de formation des silex de Ciotti se placerait entre le Crétacé supérieur (Coniacien à Maastrichien) et le Paléocène.

Fig. 2 – Localisation schématique des formations à silicites des milieux palustres, lacustres et margino-littoraux du domaine provençal. 1 : poudingues à *Microcodium* de l'Éocène inférieur (Ciotti) ; 2 : conglomérats et grès éocènes de l'arc de Nice ; 3 : formations tertiaires à silex et silcrètes des fossés nord-varois et de Provence orientale ; 4 : formations oligocènes à silex du bassin d'Apt-Forcalquier.

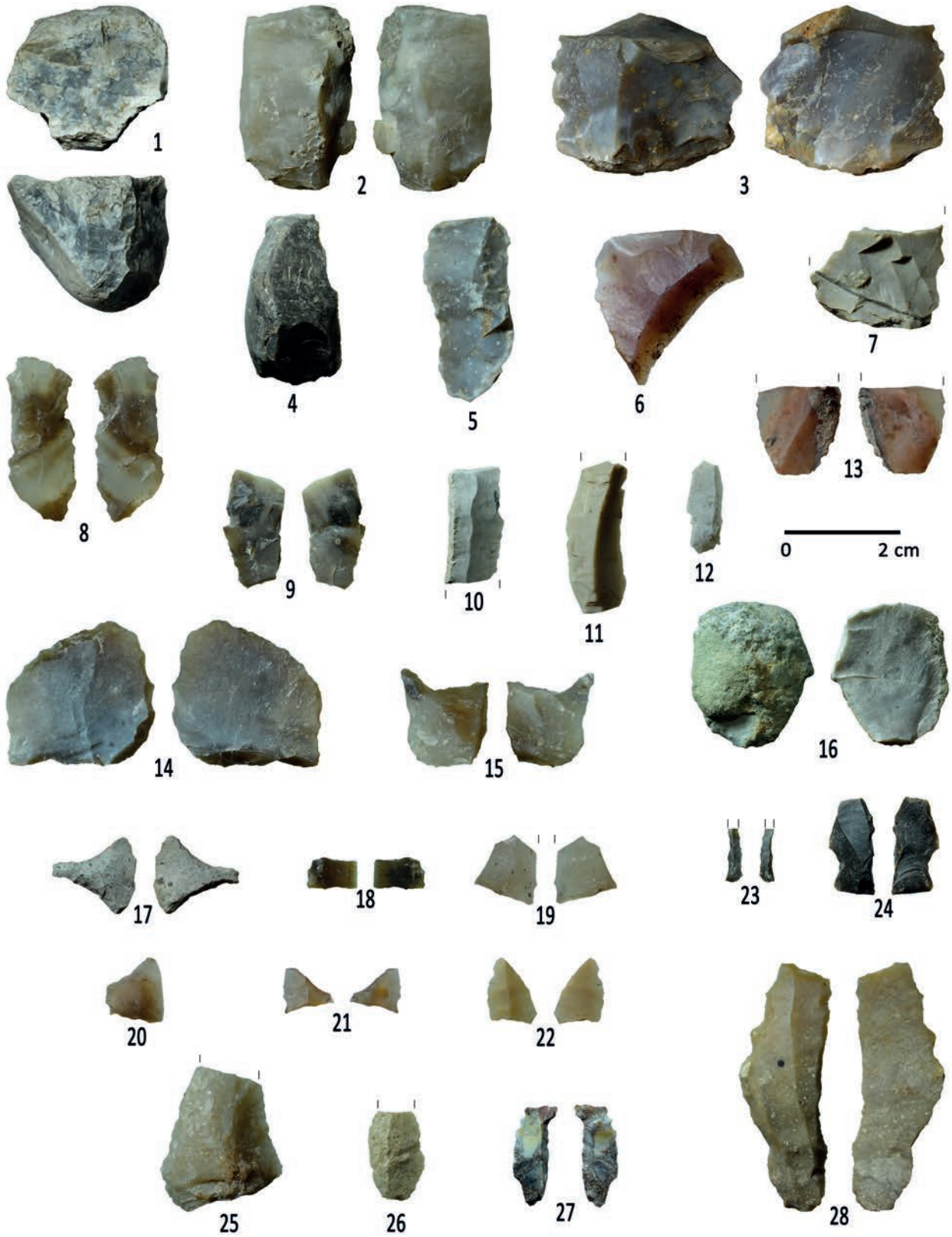
***Fig. 2** – Schematic location of the flint formations of the palustrine, lacustrine and margino-littoral environments of the Provençal domain. 1 :* Microcodium *poudingues of the Lower Eocene (Ciotti); 2 : Eocene conglomerates and sandstones of the Nice arc; 3 : Tertiary flint and silcrete formations of the northern Var and eastern Provence trenches; 4 : Oligocene flint formations of the Apt-Forcalquier basin.*

Ces galets sont particulièrement abondants à la frontière franco-italienne où des traces d'extraction ont été attribuées au Paléolithique (Del Lucchese *et al*., 2001).

Les silicites d'origine lacustre ou laguno-lacustres, très fréquemment parcourues de diaclases, parfois re-cimentées, peuvent être considérées dans bien des cas comme totalement inaptes à la taille ; elles sont de couleur et de translucidité très variées, avec différentes nuances de brun et de gris. La topographie de surface est généralement rugueuse, chagrinée, en corrélation avec une minéralogie authigène grossière. La matrice à dominante microcristalline présente une porosité intraclastique tapissée par des macro-quartz (notamment en remplissage d'oogones, d'ostracodes ou de tests de gastéropodes).

Fig. 3 – Industries sur silicites des milieux palustres, lacustres et margino-littoraux du domaine provençal – 1 à 12, 14 à 23 et 25 à 28 : Pendimoun ; 13 et 24 : Arene Candide. Poudingues éocènes des Ciotti – 1 : nucléus à éclats sur galet (PND-1B #3767) ; 2 et 3 : éclats épais, (PND-1B #2052 et #46555) ; 4 et 16 : entames de galets (PND-1B #ncO15 et PND-1 #ncP17) ; 5 et 13 : éclats minces à résidu cortical (PND-1B #47746 et ACN-1B #176) ; 6 à 8 : éclats minces (PND-1B #ncM20, #47695 et #45596) ; 9 : éclat mince à retouches abruptes bilatérales, potentielle armature à tranchant transversal (PND-1 #233N16) ; 10 à 12 : éléments lamino-lamellaires (PND-1B #47594 et #46656 ; PND-1 #ncN16) ; 14 : racloir sur éclat (PND-1B #45616) ; 15 : perçoir sur éclat tronqué (PND-1B #ncO15) ; 17, 19 et 21 : géométriques triangulaires à retouches rasantes et semi-abruptes (PND-1B #ncO15, type BG32, PND-1#ncM17, type BG31 et PND-1A #29261, type BG42) ; 18 et 20 : géométriques trapézoïdaux à retouches abruptes directes, type BG22 (PND-1B #46507 et PND-1#ncO16) ; 23 : lamelle étroite à bords abattus (PND-1B #46415, possible héritage depuis les niveaux du Mésolithique ancien). Orthoquartzites – 25 et 26 : fragments d'éclats (PND-1B #515N16 et #45975). Silcrètes ; 27 : éclat lamellaire (PND-1B #2054). Eocène des fossés nord-varois – 22 : géométrique trapézoïdal à retouches abruptes, type BG21 (PND-1B #45798) ; 28 : lamelle à enlèvements irréguliers, cf. Montbani (PND-1A #367O15). Oligocène du bassin d'Apt-Forcalquier – 24 : lamelle à bord abattu impactée (ACN-2A #011, possible héritage depuis les niveaux de l'Épigravettien terminal).

***Fig. 3** – Industries on silicites of palustrine, lacustrine and margino-littoral environments in the Provençal domain – 1 to 12, 14 to 23 and 25 à 28: Pendimoun ; 13 and 24: Arene Candide. Eocene poundingues (Ciotti): 1, flake core on pebble (PND-1B #3767); 2 and 3: thick flakes, (PND-1B #2052 et #46555); 4 and 16: first flakes on pebbles (PND-1B #ncO15 and PND-1 #ncP17); 5 and 13: thin flakes with cortical residues (PND-1B #47746 and ACN-1B #176); 6 to 8: thin flakes (PND-1B #ncM20, #47695 and #45596) ; 9: thin flake with abrupt bilateral retouch, possible transverse arrowhead (PND-1 #233N16); 10 to 12: lamino-lamellar elements (PND-1B #47594* ▶



and #46656; PND-1 #ncN16); 14: scraper on flake (PND-1B #45616); 15: borer on truncated flake (PND-1B #ncO15); 17, 19 and 21: triangular geometrics with flat and semi-abrupt retouch (PND-1B #ncO15, type BG32; PND-1#ncM17, type BG31; PND-1A #29261, type BG42); 18 et 20:, trapezoidal geometrics with direct abrupt retouch, type BG22 (PND-1B #46507 and PND-1#ncO16); 23: narrow bilateral backed bladelet (PND-1B #46415, possibly inherited from the Early Mesolithic levels). Orthoquartzites – 25 and 26: flake fragments (PND-1B #515N16 and #45975). Silcretes – 27: lamellar flake (PND-1B #2054). Eocene of the Northern-Var trenches – 22: trapezoidal geometrics with direct abrupt retouch, type BG21 (PND-1B #45798); 28: bladelet with irregular scars, cf. Montbani (PND-1A #367O15). Oligocene from the Apt-Forcalquier basin – 24: backed bladelet with impact (ACN-2A #011, possibly inherited from the Terminal Epigravettian levels).

Certains aspects montrent des *boxworks* rhomboédriques distribués de façon extrêmement irrégulière, parfois en amas, parfois tapissés d'oxydes. La structure visible à l'échelle mésoscopique est homogène ou litée, parfois bioturbée. Les clastes de nature autre que biologique sont quasiment inexistants ; cette absence marque notamment la différence avec les silicites lacustres tertiaires des fossés nord-varois.

En revanche les microfossiles y sont généralement nombreux. Certains aspects montrent des bioclastes particulièrement bien conservés associés à de nombreux débris, non triés, avec des densités élevées (30 à 50 %). Divers modes d'association de thalles et oogones de characées, de test de gastéropodes trochospiralés hauts et de foraminifères benthiques multiloculés (cf. *Trochamina* globigériniformes) indiquent des dépôts en contexte calme, lacustre et/ou lagunaire, en arrière d'une barrière. La diversité des faciès est sans doute liée à la celle des contextes paléogéographiques originels.

Ces silex sont extrêmement abondants à Pendimoun (fig. 3, n^{os} 1 à 12 et 14 à 23 ; fig. 4 ; fig. 5, n^{os} 1 à 9), sans doute en raison de leur accessibilité immédiate vers l'est, de l'ordre d'un kilomètre si l'on considère les poudingues démantelés de Castellar – Pian de l'Euze.

En PND-1A il s'agit principalement de débris et de petits éclats (n = 160) qui représentent *ca.* 92 % du total dans ce matériau. Les éclats (n = 14) sont minces, à une exception près, et l'on ne compte parmi eux qu'une pièce esquillée (DI22), et une petite armature géométrique triangulaire à retouches bifaciales (BG42).

Au sein de la phase PND-1B, les débris et petits éclats sont très largement dominants (n = 412, soit *ca.* 86 % du total). On compte deux nucléus à éclats. Ces derniers (n = 63) sont minces à quelques exceptions près (n = 5). Très peu de supports (n = 4) atteignent le seuil lamellaire ; ils sont détachés par percussion et entrent donc très certainement dans une chaîne de production d'éclats. Les pièces retouchées sont très peu nombreuses : cinq pièces esquillées (DI22), un racloir (RA1), un perçoir (BA34) et trois armatures de projectiles. Pour ce qui concerne ces dernières on observe une bitroncature trapézoïdale (BG22) défigurée par l'ampleur des impacts sur la grande base, un trapèze symétrique à troncatures concaves (BG22) fortement impacté, pris sur un support prismatique (code 212') et une armature triangulaire (BG32). Un des éclats porte des micro-traces de raclage de peau, un autre des traces de raclage de végétal, probablement du bois ; tous deux sont bruts de débitage.

Les unités se rapportant à une phase PND-1-indivise (1A et/ou 1B) regroupent essentiellement des débris et petits éclats (n = 127, soit *ca.* 89 %) et des éclats minces (n = 13) ou épais (n = 3) sans traces de retouches ou d'usage ; les quelques pièces retouchées sont un grattoir sur éclat (GR1) et des projectiles (BG22, BG31) ainsi qu'une potentielle flèche sur éclat à tranchant distal et retouches abruptes bilatérales (BG42).

Aux Arene Candide, à un peu plus de 100 km à l'est des sources potentielles, ces matériaux sont présents (n = 7) dans les trois phases de l'*Impressa* (fig. 3, n^{o} 13 et fig. 5, n^{os} 10 à 15). En ACN-1A, il s'agit d'un fragment proximo-médial de lamelle, à deux négatifs parallèles et résidu cortical, détachée par percussion directe et d'un petit éclat brûlé. Dans la phase ACN-1B, on observe un éclat épais et deux éclats minces ; l'un de ces derniers présente des traces d'usage comme armature de faucille et l'autre est un projectile détérioré par l'impact. La phase ACN-2A a livré un éclat et un débris de pièce esquillée (DI22).

Orthoquartzites éocènes de l'arc de Nice

Le Lutétien-Auversien (nummulitique) de l'arc de Nice livre des bancs de grès et orthoquartzites de couleurs variées, beige à rouge (MPALP-401). Il s'agit d'un assemblage de quartz détritiques plus ou moins roulés, pris dans une matrice siliceuse.

Deux éléments taillés dans ce matériau (un éclat épais laissé brut de débitage et un petit éclat) proviennent de l'horizon PND-1B (fig. 3, n^{os} 25 et 26 et fig. 6, n^{os} 1 et 2). Les sources sont voisines du site (fig. 2, n^{o} 2 ; col de Braus, *ca.* 20 km).

Silicites tertiaires des fossés nord-varois et de Provence orientale

D'importantes sources de silex d'âge tertiaire formés dans des milieux lacustres *lato sensu* se placent dans la zone des fossés nord-varois, entre Comps-sur-Artuby, Bauduen et Rians, au sud du cours du Verdon (fig. 2, n^{o} 3). Ces matériaux, généralement de très bonne qualité, ne sont connus en position primaire que de façon exceptionnelle et se retrouvent le plus souvent sous la forme de galets dans des conglomérats et terrasses d'âge éocène à quaternaire où ils sont associés à des matériaux repris de formations à silex plus anciennes, notamment du Crétacé supérieur.

Parmi les aspects les plus fréquents, d'âge éocène ou oligocène (MPALP-303, 306), on observe des matériaux caractérisés par une forte charge détritique (30 à 50 %), graveleux, avec des débris bioclastiques (notamment des fragments de valves d'ostracodes).

Des silcrètes, dont la texture prend l'aspect de microbrèches, avec plus de 50 % de clastes généralement arrondis, sont attribuées à l'Oligocène (MPALP-309) ; on les trouve dans différents contextes de Provence orientale, en position sub-primaire (par *ex.* Mons) ou secondaire.

Ces matériaux sont présents aux Arene Candide (n = 4) à une distance des sources de l'ordre de 190 à 220 km. En ACN-1B il ne s'agit que d'un débris brûlé (faciès à gravelles, non figuré). En ACN-2A on remarque, d'une part, un débris possible de pièce esquillée (DI22/23) en silex graveleux et, d'autre part, une pièce esquillée sur éclat (DI22) et un petit éclat provenant potentiellement de la réduction de la précédente (DI23) dans des microbrèches (cf. type Mons, fig. 6, n^{o} 3).

À Pendimoun (fig. 3, n^{os} 22 et 28 et fig. 6, n^{os} 5 à 6), dans la phase PND-1A, une lamelle prismatique en silex graveleux présente des micro-traces de raclage d'un

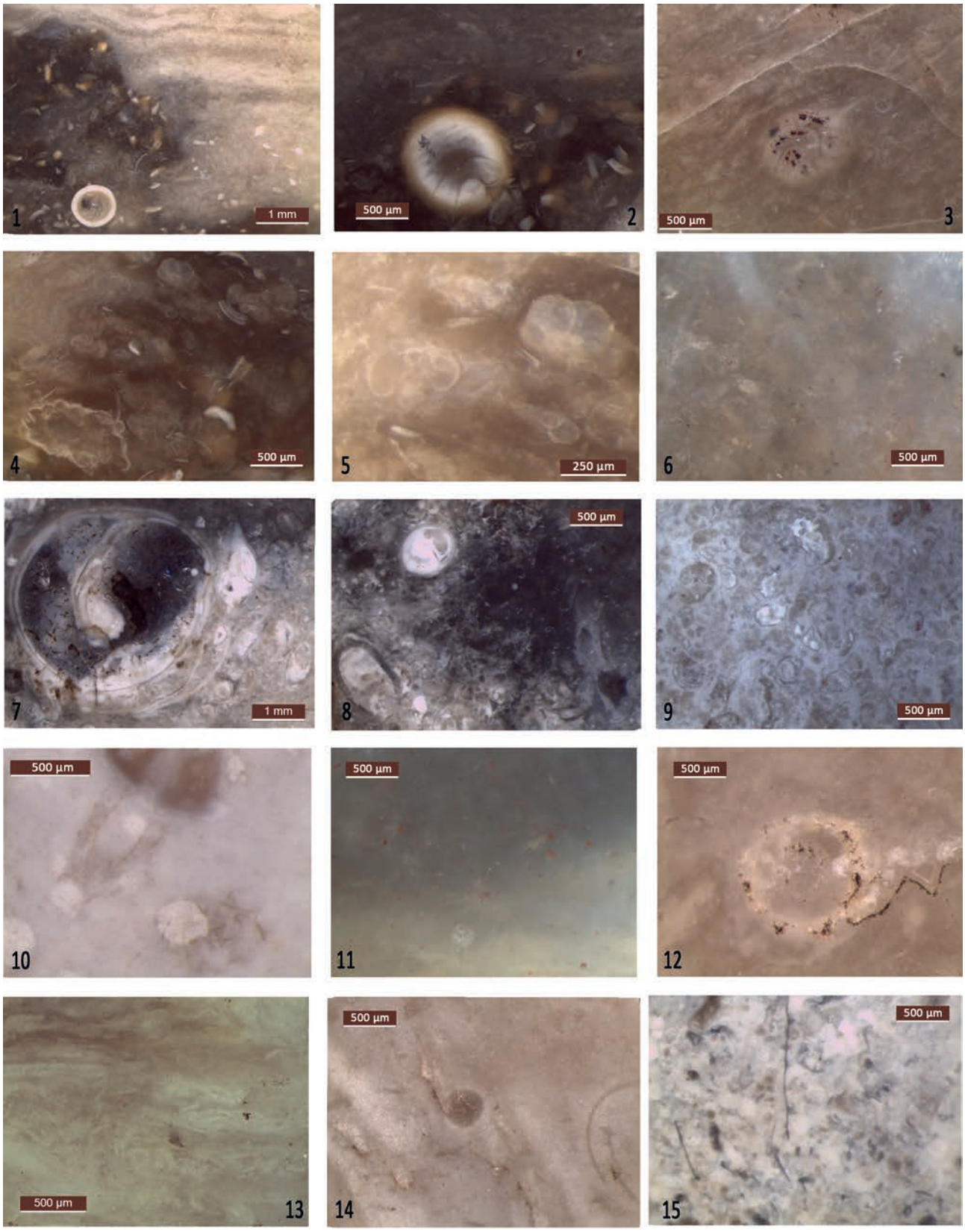


Fig. 4 – Silicites attribuées aux poudingues éocènes des Ciotti, Pendimoun. Faciès à oogones de characées, foraminifères benthiques, gastéropodes et débris de bioclastes ; 1 à 5 : PND-1 (#233N16) ; 6 : PND-1A (#ncO16) ; 7 à 9 : PND-1B (#3767 et #45616). Faciès à oogones et tapissages de macro-quartz ; 10 : PND1 (#ncN16) ; 11 : PND-1A (#29261) ; 12 à 15 : PND-1B (#2052, #47594, #ncM20 et #ncO15, brûlé).

***Fig. 4** – Silicites assigned to the Eocene poudingues of Ciotti, Pendimoun. Facies with oogones of characeae, benthic foraminifera, gastropods and debris of bioclasts; 1 to 5: PND-1 (#233N16); 6: PND-1A (#ncO16); 7 to 9: PND-1B (#3767 and #45616). Facies with oogones and macro-quartz lining; 10: PND1 (#ncN16); 11: PND-1A (#29261); 12 to 15: PND-1B (#2052, #47594, #ncM20 and #ncO15, burnt).*

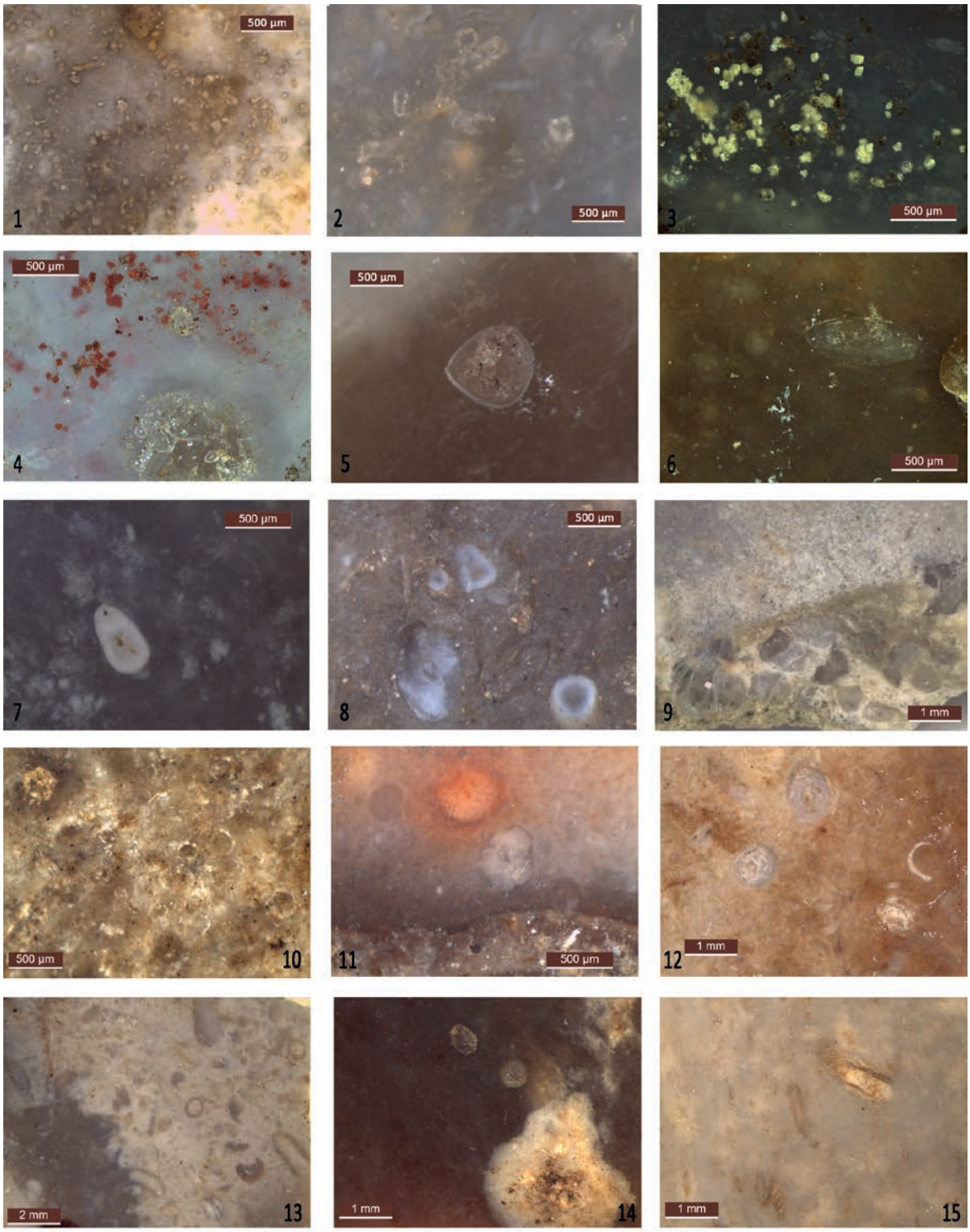


Fig. 5 – Silicites attribuées aux poudingues éocènes des Ciotti ; 1 à 9 : Pendimoun ; 10 à 15 : Arene Candide. 1 à 4 : faciès à boxworks, cavités tapissées de macro-quartz, fragments de thalles de characées, PND-1B (#2056, #46555 et #47695) ; 5 à 8 : à ostracodes en connexion avec tapissage de macro-quartz, PND-1B (#45596, #46507, #47746 et #ncO15) ; 9 : aspect du silex turonien gris à spicules et glauconie, repris dans les conglomérats, (PND-1 #ncP17) ; 10 : faciès à fragments de thalles, ACN-1A (#102) ; 11 : à foraminifères benthiques, phase ACN-1B (# 176) ; 12 : à oogones, ACN-1B (#200) ; 13 : à fragments de thalles, ACN-1B (#215) ; 14 et 15 : à oogones et fragments de thalles ACN-2A (#110).

***Fig. 5** – Silicites assigned to the Eocene poudingues of the Ciotti; 1 to 9: Pendimoun; 10 to 15: Arene Candide. 1 to 4: boxworks facies, cavities lined with macroquartz, fragments of characeous thalli, PND-1B (#2056, #46555 and #47695); 5 to 8: with ostracodes in connection with macro-quartz lining, PND-1B (#45596, #46507, #47746 and #ncO15); 9: aspect of grey Turonian flint with spicules and glauconia, taken up in conglomerates, (PND-1 #ncP17); 10: facies with fragments of thalli, ACN-1A (#102); 11: with benthic foraminifera, phase ACN-1B (#176); 12: with oogones, ACN-1B (#200); 13: with fragments of thalli, ACN-1B (#215); 14 and 15: with oogones and fragments of thalli ACN-2A (#110).*

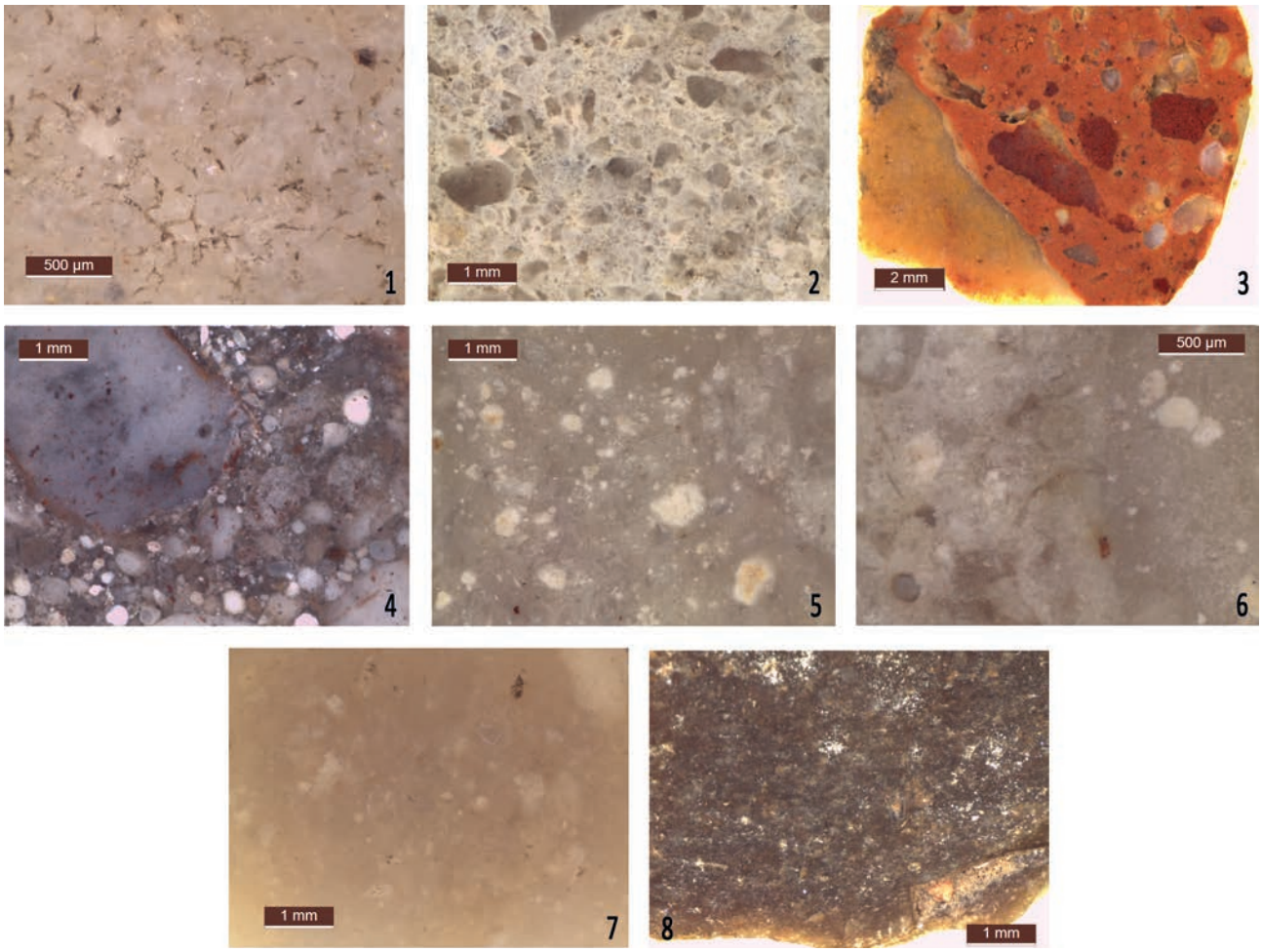


Fig. 6 – Autres silicites tertiaires du domaine provençal. 1, 2 et 4 à 7 : Pendimoun ; 3 et 8 : Arene Candide. Orthoquartzites attribuées au Lutétien de l'arc de Nice ; 1 et 2 : PNB-1B (#45975 et #515N16). Silcrètes tertiaires de Provence orientale ; 3 : ACN-2A (#018) ; 4 : PND-1B (#2054). Faciès attribués à l'Éocène des fossés nord-varois ; 5 et 6 : PND-1A (#367O15) ; 7 : PND-1B (#45798). Faciès à bouillie de thalles de characées attribué aux formations tertiaires du bassin d'Apt-Forcalquier ; 8 : ACN-2A (#011).

***Fig. 6** – Other tertiary silicites of the Provençal domain. 1, 2 and 4 to 7: Castellar - Pendimoun; 3 and 8: Finale Ligure - Arene Candide. Orthoquartzites attributed to the Lutetian of the Nice arc; 1 and 2: PNB-1B (#45975 and #515N16). Tertiary silcretes of eastern Provence; 3: ACN-2A (#018); 4: PND-1B (#2054). Facies attributed to the Eocene of the northern Var trenches; 5 and 6: PND-1A (#367O15); 7: PND-1B (#45798). Facies with debris of characeous thalli attributed to the Tertiary formations of the Apt-Forcalquier basin; 8: ACN-2A (#011).*

végétal ligneux. Au sein de la phase PND-1B, on observe, d'une part, deux éléments dans un silex rapporté aux formations éocènes des fossés nord-varois, un trapèze légèrement dissymétrique (BG21) sur lamelle à deux versants (code 12) et un petit éclat et, d'autre part une micro-lamelle dans un matériaux d'aspect micro-bréchique. Ces ressources restent dans la sphère lointaine à très lointaine (entre 90 et 120 km).

Silicites oligocènes du bassin d'Apt-Forcalquier

En haute Provence, le bassin d'Apt-Forcalquier (fig. 2, n° 4) offre une imposante stratigraphie de dépôts lacustres à silex (MPALP-301) couvrant l'ensemble de l'Oligocène (Rupélien/Stampien et Chattien). L'abondance et la qualité de la ressource en a fait une importante composante des outillages lithiques paléolithiques et néolithiques. Les matériaux les plus représentatifs sont bruns, le plus souvent opaques mais parfois translucides, le plus souvent laminés. Ce silex se caractérise notamment par l'extrême abondance de débris de thalles de characées.

Aux Arene Candide, trois éléments appartenant à la phase 2A sont susceptibles de se rapporter à ce petro-faciès qui affleure à *ca.* 330-340 km du site. Il s'agit notamment d'une lamelle à bord abattu (BA41), présentant des traces d'impact liées à son usage comme projectile, dans une variété brune opaque riche en débris de thalles (fig. 6, n° 8) ; cette typologie est inédite en contexte *Impressa* et il faut vraisemblablement envisager que cet élément puisse provenir d'un des horizons épigravettiens sous-jacents. Les deux autres éléments rattachés avec davantage de réserves à cet aspect sont des petits éclats taillés dans des variétés claires et plus translucides. L'exploitation de cette ressource au cours de l'*Impressa* n'est donc pas suffisamment étayée et ne sera donc pas retenue *in fine*.

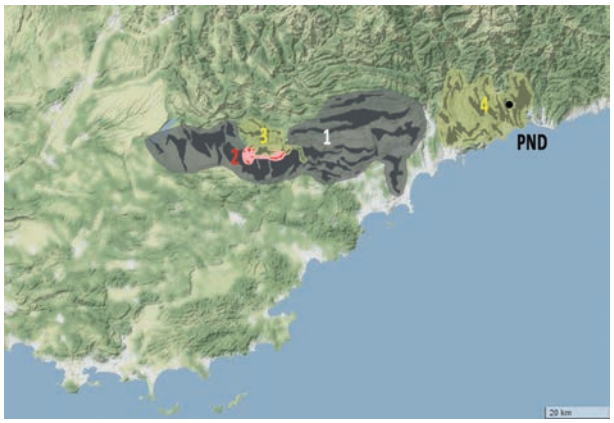


Fig. 7 – Localisation schématique des formations à silex marins de Provence orientale. 1 : Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ; 2 : Valanginien nord-varois ; 3 : Turonien nord-varois ; 4 : Turonien de de l'arc de Nice.

***Fig. 7** – Schematic location of the marine flint formations of Eastern Provence. 1: Upper Jurassic of the Grasse Pre-Alps; 2: Valanginian of the northern Var; 3: Turonian of the northern Var; 4: Turonian of the Nice Arc.*

À Pendimoun ces aspects n'ont pas été formellement identifiés dans l'*Impressa*.

Silex marins de Provence orientale

Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse

D'importantes ressources d'excellente qualité se trouvent dans les Préalpes de Grasse dans les formations du Jurassique supérieur dont les barres rocheuses dessinent schématiquement les limites sud-est du chevauchement de l'arc de Castellane entres les vallées du Verdon et de l'Estéron (fig. 7, n° 1). Les distances d'accès aux formations primaires sont de l'ordre de 80-90 km pour Pendimoun et 180-200 km pour les Arene Candide.

Ces silicites (MPALP-209) se présentent sous la forme de rognons souvent branchus pouvant dépasser les 20 cm de module, souvent fracturés. Leurs teintes et leurs textures sont extrêmement variées : gris-noir opaques à beige semi-translucide, homogènes ou fortement bioturbés, parfois à zonation concentrique. La séquence est particulièrement longue, incluant majoritairement des silex du Kimméridgien mais s'étendant probablement aux toutes premières étapes du Crétacé (Berriasien), justifiant largement la diversité des faciès regroupés dans la famille MPALP-209.

Deux aspects principaux, à texture homogène, peuvent être distingués au sein de cette famille.

Le premier présente une matrice microcristalline à clastes généralement abondants (30 à 50 %) et mal triés. La composante minérale détritique n'est pas clairement exprimée ; la composante chimique est formée de pelloïdes ou pellets sombres de plusieurs dizaines de microns. La composante bioclastique est composée principalement des spicules triaxones de spongiaires parfois tapissés de macro-quartz, et différentes formes de foraminifères benthiques parmi lesquels des biséries cf. *Frondicularia* et des formes plus complexes. L'hypothèse de la présence de Calpionelles (Tomasso, 2014) n'est pas totalement assurée au sein des échantillons observés ; il pourrait s'agir plutôt de pithonelles, voire de spicules de spongiaires.

Un autre aspect, brun-clair, se distingue par une matrice mieux cristallisée, à charge clastique faible, de l'ordre de 10 à 20 %. La composante minérale détritique n'est pas du tout exprimée et la composante chimique se limite à quelques amas d'oxydes. Les seuls clastes visibles sont des bioclastes parmi lesquels des fragments de spicules de spongiaires et des foraminifères benthiques (par ex. rotalidés cf. *Lenticulina*).

Plusieurs échantillons laissent penser que ce dernier aspect résulte de l'évolution du précédent, avec des teintes plus brunes et une translucidité parfois bien marquée.

En outre, ces lithotypes se retrouvent en position secondaire dans plusieurs contextes : cortèges plio-quaternaires des petits fleuves côtiers de Provence orientale (Siagne, Loup, Cagne), formations conglomératiques tertiaires. Ces formations livrent des blocs souvent débarrassés des parties les plus fracturées et montrant une évolution des textures vers des aspects plus homogènes et translucides pouvant présenter, à l'échelle macroscopique, des convergences avec certains silex barrémo-bédouliens de haute Provence.

Dans ce contexte, une abondante collection de surface sur le site de Tourrettes-de-Fayence – Chautard a livré des nucléus à lamelles débités par pression sur blocs roulés, avec trapèzes à retouches abruptes (BG22), longs perçoirs d'axe (BA33), lame tronquée (TR31) à poli de faucille oblique, lame à deux troncatures obliques (TR5), le tout sur des lamelles prismatiques, qui présentent une signature *Impressa* particulièrement claire (Binder *et al*., 2014). Les pétro-faciès observés sur ce site donnent une image du gradient d'évolution pour cette famille de matériaux (fig. 9, n^{os} 7 à 12).

Les silex du Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse atteignent les Arene Candide (fig. 8, n^{os} 1 à 3 et fig. 9, n^{os} 1 à 4) sous la forme de supports lamellaires plus ou moins transformés (n = 4). Dans la phase ACN-1A, on observe trois éléments sur lamelles centrales ; l'utilisation de la pression est probable dans deux cas : un trapèze à deux troncatures abruptes concaves, BG22, sans traces d'impact diagnostiques, sur un support 212 et un fragment mésio-distal de lamelle de code 2'123 portant des traces d'utilisation attribuées à la boucherie ; le troisième élément est un fragment mésial de lamelle à deux versants probablement détaché par percussion directe dure (avec une fracture Siret) qui ne présente ni retouches, ni traces d'usure.

En ACN-1B, on ne compte qu'un fragment mésial de lamelle prismatique (code 123) à retouches continues, utilisée pour le travail d'une matière dure indéterminée.

À Pendimoun, la phase PND-1B livre deux éléments rattachés à cette famille (fig. 8, n^{os} 4 et 5 et fig. 9, n^{os} 5 et 6). Une lamelle à deux versants (code 12) détachée par pression, avec un talon facetté à dévers antérieur et un trapèze (BG22) également pris sur lamelle à deux versants ont été taillés sur un silex riche en spicules.

Fig. 8 – Industries sur silex marins de Provence orientale ; 1 à 3 et 13 : Arene Candide ; 4 à 12 et 15 à 17 : Pendimoun. Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ; 1 et 4 : géométriques à retouches abruptes directes, type BG22 (ACN-1A #066, trapézoïdal ; PND-1B #ncN22, triangulaire) ; 2, 3 et 5 : fragments mésial, mésio-distal et proximo-mésial de lamelles prismatiques (ACN-1B #078, ACN-1A #116 et PND-1B #27244). Valanginien ; 6 à 8, 10, 11 et 17 : fragments distaux, proximal, proximo-mésial et grand mésial de lamelles (PND-1 #ncO16, PND-1B #45800, #47378, #46884, #ncO15 et #46059) ; 12 : lamelle à crête à un versant (PND-1B #48040) ; 16 : lamelle prismatique appointie et à en enlèvement irréguliers cf. Montbani sur une ancienne armature de faucille (PND-1 #61M17). Turonien ; 13 : fragment distal de lamelle prismatique à résidu cortical (ACN-1B #082) ; 14 : fragment mésio-distal de lamelle prismatique (PND-1B #28260) ; 15 : lamelle prismatique appointie (PND-1B #28283).

***Fig. 8** – Marine flint industries from Eastern Provence; 1 to 3 and 13: Arene Candide; 4 to 12 and 15 to 17: Pendimoun. Upper Jurassic of the Prealps of Grasse; 1 and 4: geometric with direct abrupt retouch, type BG22 (ACN-1A #066, trapezoidal; PND-1B #ncN22, triangular); 2, 3 and 5: mesial, mesio-distal and proximo-mesial fragments of prismatic bladelets (ACN-1B #078, ACN-1A #116 and PND-1B #27244). Valanginian; 6 to 8, 10, 11 and 17: distal, proximal, proximo-mesial and large mesial fragments of bladelets (PND-1 #ncO16, PND-1B #45800, #47378, #46884, #ncO15 and #46059); 12: single-sided crested bladelet (PND-1B #48040); 16: pointed prismatic bladelet with and irregular scars cf. Montbani on an ancient sickle element (PND-1 #61M17). Turonian; 13: distal fragment of prismatic bladelet with cortical residue (ACN-1B #082); 14: mesio-distal fragment of prismatic bladelet (PND-1B #28260); 15: pointed prismatic bladelet (PND-1B #28283).*

Valanginien de l'arc de Castellane

Dans l'arc de Castellane, entre les cours de l'Artuby à l'ouest et de la Siagne à l'est (fig. 7, n° 2), les formations proches de la base du Crétacé inférieur recouvertes par les calcaires à lumachelles, livrent des silex d'excellente qualité (MPALP-208) : la taille conséquente des blocs qui réduit les effets de la fracturation tectonique permet en effet d'obtenir des modules convenables pour la taille laminaire. En revanche, les formations d'âge identique ou voisin situées plus à l'ouest (notamment dans le massif de la Sainte-Baume) n'ont livré jusqu'à présent que des silex inaptes à la taille.

Les aspects des silex valanginiens de l'arc de Castellane identifiés dans les horizons *Impressa* de Pendimoun sont généralement opaques, parfois zonés avec des plages jaunâtres/rougeâtres et des plages grises/verdâtres. Ces matériaux sont caractérisés par une très forte charge en clastes (30 à 50 %) essentiellement composée de bioclastes fortement à très fortement brisés et altérés. Les éléments minéraux sont rares : rhomboèdres de calcite ou dolomite très dispersés, pyrites parfois en amas ; la composante chimique est principalement représentée par des pelloïdes d'oxydes de fer parfois en amas. Les microfossiles les plus fréquemment observés sont des fragments de coquilles très fines, interprétées comme des valves d'ostracodes, teintés en noir. De très nombreux éléments noirs parsèment la matrice : grains de matière organique, débris bioclastiques, fantômes de foraminifères, *incertae sedis*. Des fragments de radioles et des débris de tests d'échinidés et des foraminifères, notamment bisériés, sont teintés en rouge ou en blanc. Les spicules de spongiaires sont rares.

Ces silex ne sont présents qu'à Pendimoun, à 100-120 km des sources (fig. 8, n^{os} 6 à 8, 10 à 11 et 17 ; fig. 10).

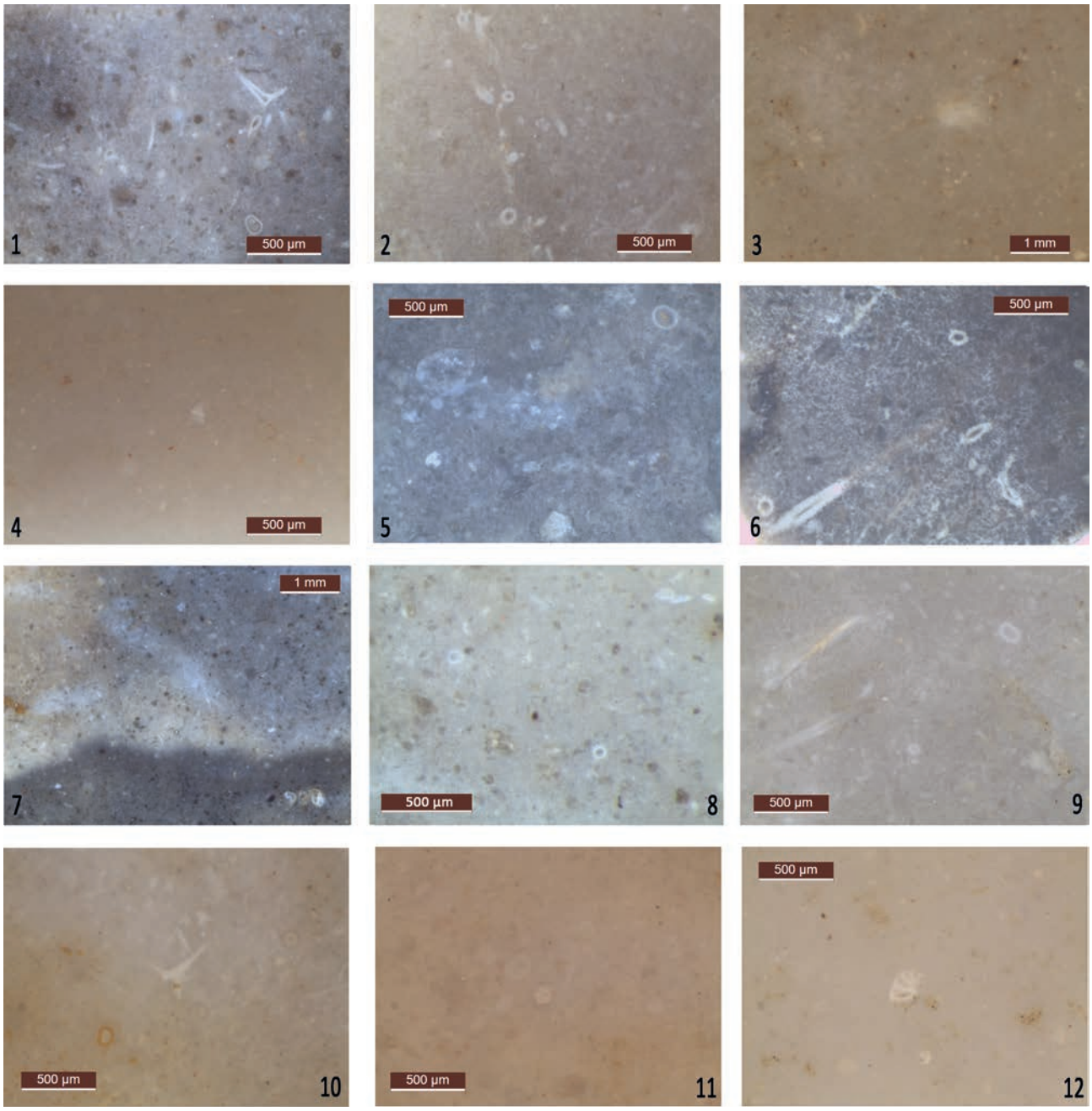


Fig. 9 – Silex attribués au Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ; 1 à 4 : Arene Candide ; 5 et 6 : Pendimoun ; 7 à 12 : Chautard. Aspects riches en spicules de spongiaires et pellets ; 1 : ACN-1B, (#78) ; 2 : ACN-1A (#116, bioturbé), 5 et 6 : PND-1B (#27244 et #ncN22). Aspects évolués à rares bioclastes et foraminifères ; 3 et 4 : ACN-1A (#64 et #66). Gradient d'évolution ; 7 à 9 : aspects riches en spicules de spongiaires et pellets (CHT#04 et #09) ; 10 à 12 : aspects plus évolués à rares bioclastes et foraminifères (CHT#06, #08 et #21).

***Fig. 9** – Flints assigned to the Upper Jurassic of the Prealps of Grasse; 1 to 4: Arene Candide; 5 and 6: Pendimoun; 7 to 12: Chautard. Aspects rich in sponge spicules and pellets ; 1: ACN-1B, (#78); 2: ACN-1A (#116, bioturbated), 5 and 6: PND-1B (#27244 and #ncN22). Evolved aspects with rare bioclasts and foraminifera; 3 and 4: ACN-1A (#64 and #66). Evolutionary gradient; 7 to 9: aspects rich in sponge spicules and pellets (CHT#04 and #09); 10 to 12: more evolved aspects with rare bioclasts and foraminifera (CHT#06, #08 and #21).*

En PND-1A, il s'agit d'un fragment distal de lamelle prismatique (code 4321) détachée par pression, sans retouches ni traces.

La phase PND-1B offre une série plus consistante (n = 11) comportant trois petits éclats, un éclat mince et sept fragments de lamelles. Un fragment distal de lamelle présente une crête à un versant mis en forme à partir d'une surface de diaclase. Les autres fragments proviennent de lamelles de plein débitage, probablement par pression (codes 2'123, 123 ou indéterminés) ; les deux talons conservés sont, facetté pour l'un et lisse concave pour l'autre. Une des lamelles est transformée en grattoir (GR23, fig. 8, n° 9) pris sur une ancienne lame de faucille et présente en outre un encoche active pour le raclage d'un végétal tendre ligneux qui constitue la dernière transformation de l'outil. Enfin un des débris

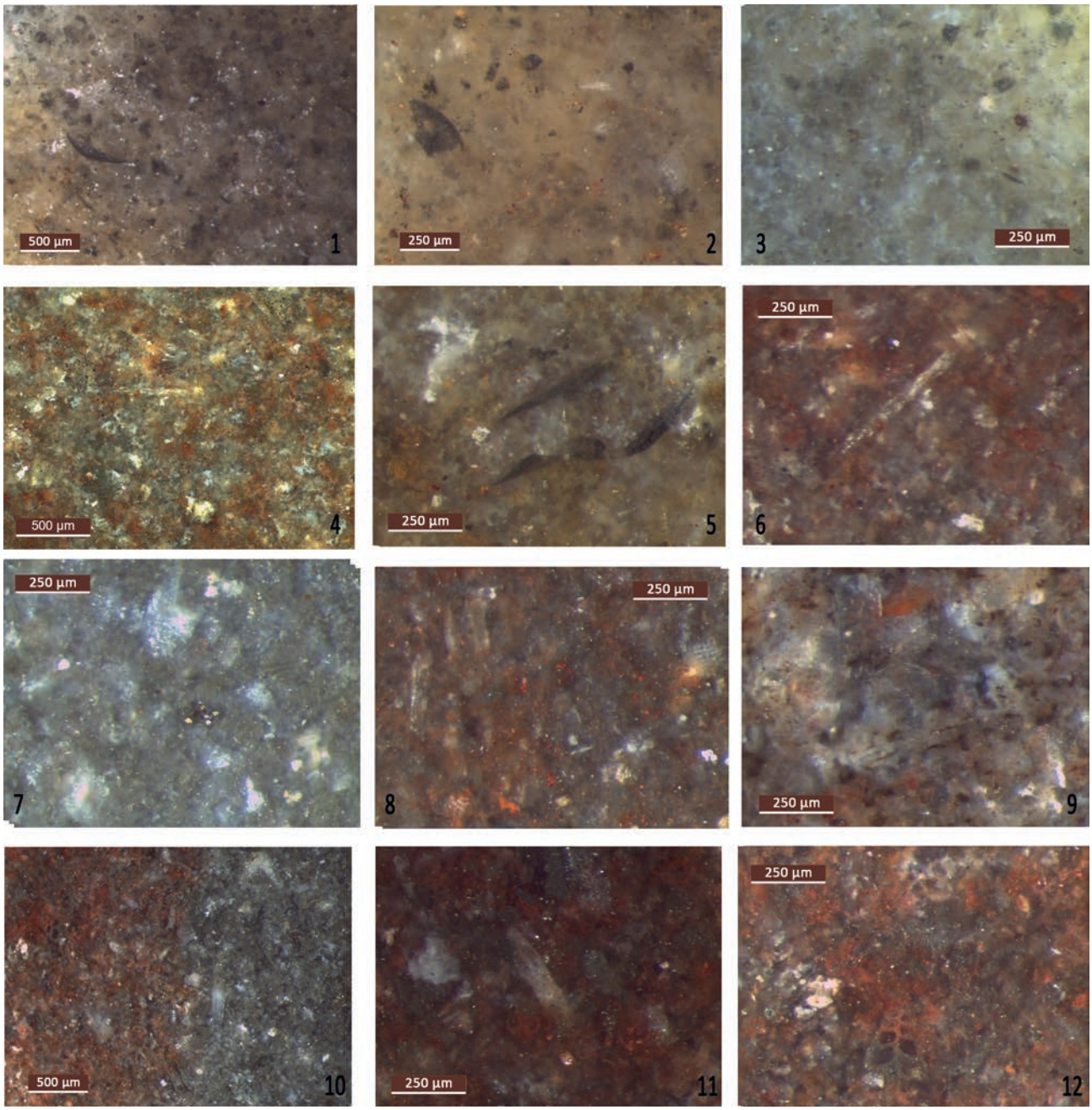


Fig. 10 – Silex attribués au Valanginien des fossés nord-varois, Pendimoun ; 1 et 2 : PND-1A (#ncO16) ; 4 à 12 : PND-1B (#45800, #46059, #46785, #46884 et #48040).

***Fig. 10** – Flints assigned to the Valanginian of the northern Var trenches ; Pendimoun: 1 and 2: PND-1A (#ncO16); 4 to 12: PND-1B (#45800, #46059, #46785, #46884 and #48040).*

de lamelle présente des traces similaires de travail d'un végétal ligneux.

La phase PND-1-indivise livre une lame prismatique débitée par pression, utilisée primitivement comme faucille, appointie (BA32, fig. 8, n° 16) et recyclée pour le raclage d'un végétal ligneux, avec une configuration des bords proche des aspects « Montbani ».

Turonien de Provence et de l'arc de Nice

Les horizons du Crétacé supérieur (Turonien) de Provence orientale offrent d'importantes ressources localisées principalement entre le massif de la Sainte-Baume et le bassin du Jabron-Artuby (MPALP-210, fig. 7, n° 3). Dans le nord du Var, il s'agit de silex de couleur généralement jaunâtre, se présentant parfois sous la forme de gros volumes à débiter avec une excellente aptitude à la taille, y compris par pression, et, secondairement dans l'arc de Nice (MPALP-211, fig. 7, n° 4) où les blocs de silex, de teinte généralement grise, présentent des dimensions réduites et une aptitude à la taille assez médiocre.

En position secondaire, ces silex ont une très vaste répartition : formations tertiaires des fossés nord-varois,

poudingues éocènes à *Microcodium* du col de Nice et de la frontière franco-italienne (MPALP-405), molasses détritiques tortoniennes des régions de Vence et Grasse (MPALP-410) et bien entendu, *in fine*, cortèges alluviaux plio-quaternaires (Jabron, Verdon, etc.). En outre il est probable que les silex turoniens contribuent de façon significative au cortège des galets affectés par le métamorphisme de contact avec les formations volcaniques oligo-miocènes de Biot-Villeneuve-Loubet (méta-silex MPALP-403).

Ces silex généralement opaques, de couleur jaune à orangée, sont caractérisés par une forte charge en clastes (30 à 50 %), dominée par des grains de quartz et des débris de spicules monoaxones de spongiaires ; quelques pellets de glauconie peuvent être observés ; la composante chimique est marquée par des pelloïdes d'oxydes de fer.

Des convergences sont possibles avec certains aspects de silex barrémo-bédouliens lorsque les matériaux sont évolués (au sens de Fernandes, 2012) et notamment après qu'ils aient été repris dans des formations secondaires. Aussi les matériaux dont l'attribution est trop incertaine seront décrits parmi les indéterminés.

Aux Arene Candide, cette famille n'est représentée que par deux éléments (fig. 8, n° 13 et fig. 11, nos 1 à 3) ; plusieurs éléments indéterminés pourraient cependant s'y adjoindre (*infra*). En ACN-1B, on compte un fragment distal de lamelle par pression (code 212') à enlèvements irréguliers (DI42) utilisée comme faucille et, en ACN-2A, une pièce esquillée sur éclat (DI22). L'aspect de ces matériaux est comparable à ceux des silex des formations primaires (*ca.* 210-220 km).

À Pendimoun, un aspect de Turonien très proche de celui des fossé nord-varois (*ca.* 110-120 km) est attesté en PND-1B par deux fragments, médio-distal et mésial, de lamelles débitées par pression (codes 212' et 123) ; l'une d'entre elles est un grand perçoir (BA33) utilisé pour le travail du bois (fig. 8, nos 14 et 15 et fig. 11, nos 4 à 9).

En revanche, en PND-1-indivise, on compte une entame mince sur galet dans un aspect de Turonien gris, dont le micro-faciès et le cortex à emballage gréseux indiquent une provenance depuis les conglomérats tertiaires voisins du site et qui a été de ce fait décompté *in fine* avec les silex tertiaires des conglomérats frontaliers (*supra* fig. 3, n° 16 et fig. 5, n° 9, *infra* tabl. 7)

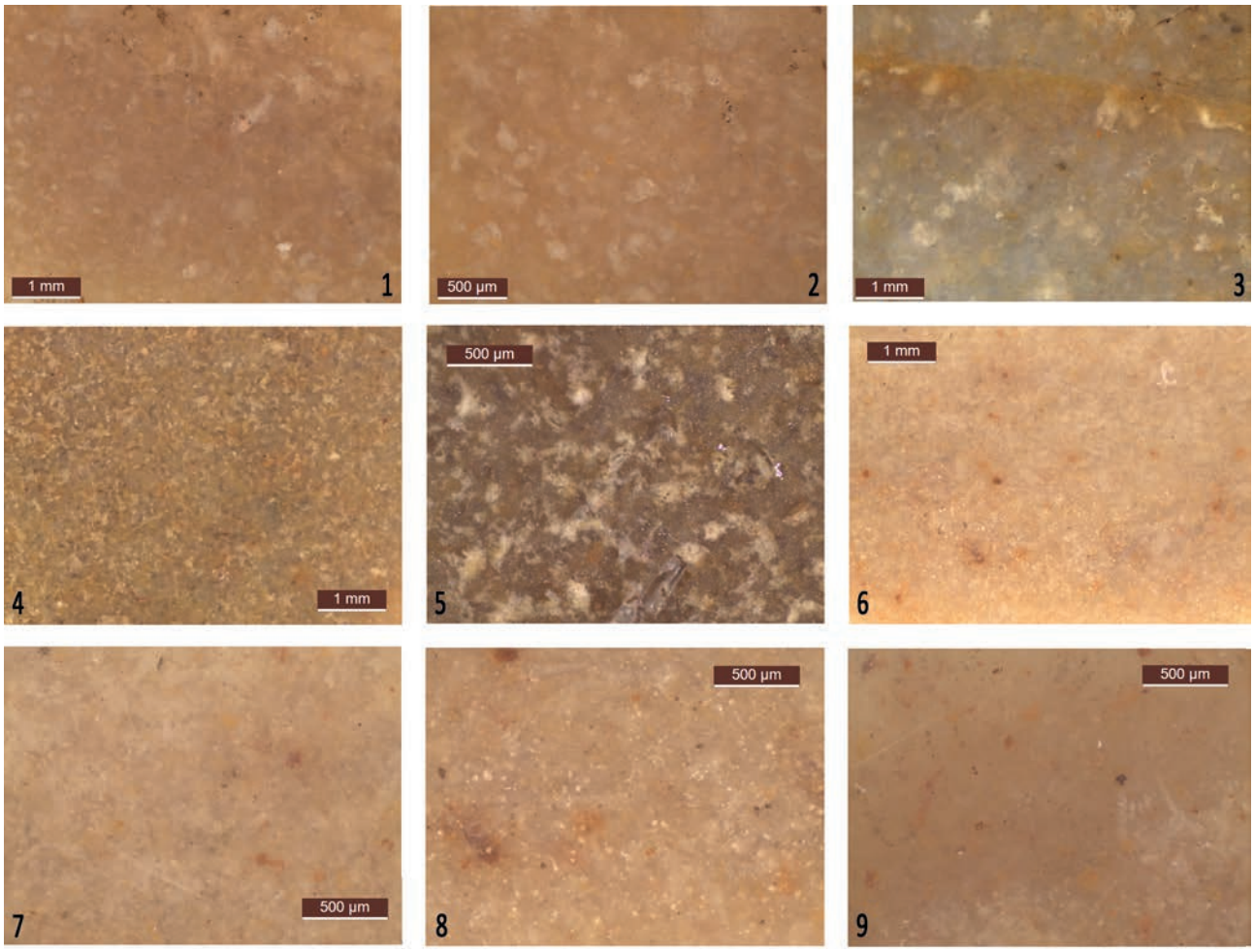


Fig. 11 – Silex attribués au Turonien de Provence orientale. Arene Candide – 1 et 2 : ACN-1B (#082) ; 3 : ACN-2A (#010). Pendimoun – 4 à 9 : PND-1B (#28260 et #28283).

***Fig. 11** – Flints assigned to the Turonian of Eastern Provence. Arene Candide – 1 and 2: ACN-1B (#082) ; 3: ACN-2A (#010). Pendimoun – 4 to 9: PND-1B (#28260 and #28283).*

Silex marins de Provence occidentale et de la moyenne vallée du Rhône

Les formations barrémo-bédouliennes qui recouvrent deux étapes du Crétacé inférieur (Barrémien et Aptien *pro parte*) se déploient dans l'axe de la vallée du Rhône entre le Vercors, le Ventoux, les Monts-de-Vaucluse et la basse Provence (fig. 12) ; elles offrent des ressources gigantesques (par ex. Binder, 1998) dont la variabilité est aujourd'hui mieux maîtrisée (Blet *et al*., 2000 ; Fernandes *et al*., 2012 ; Milot *et al*., 2017 ; Tomasso *et al*., 2019 ; Fernandes *et al*., sous presse). Il reste cependant un travail considérable de classification à réaliser dans la perspective d'une facilitation des attributions aux différentes entités chronologiques et paléogéographiques, en y incluant la caractérisation des ressources en position secondaire.

Ces matériaux ont été particulièrement attractifs pour les derniers chasseurs et les premiers paysans en raison de leur qualité exceptionnelle permettant des débitages par pression et par percussion indirecte.

Les silex barrémo-bédouliens constituent une des deux principales familles représentées aux Arene Candide (fig. 13) avec trente-six éléments, assez bien répartis entre les phases ACN-1A (n = 12), ACN-1B (n = 11) et ACN-2A (n = 13).

À Pendimoun (fig. 14), cette famille est moins bien documentée avec vingt-cinq éléments au sein des phases PND-1A (n = 8), PND-1B (n = 11) et PND-1-indivise (n = 6).

Aptien de basse Provence

Les formations aptiennes (Bédoulien et Gargasien) de basse Provence occidentale affleurent dans une aire limitée dans la périphérie de Toulon (fig. 12, n° 1)

Les silex qui en proviennent (MPALP-204) sont le plus souvent noirs à gris, plus rarement « blonds », opaques ou légèrement translucides, à matrice crypto- à microcristalline. La fraction clastique avec une densité faible (10 %) à modérée (30 %). La composante authigène est principalement constituée de rhomboèdres (calcite ou dolomite) de petite taille (15 à 30 µm) auxquels sont régulièrement associées de petites pyrites isolées ou en agrégats framboïdaux. La composante chimique est principalement représentée par de petits pelloïdes noirs isolés ou en chapelets. Les foraminifères sont fréquents ; il s'agit de petits benthiques spiralés et de planctoniques, incluant des uniloculés cf. *Lagena,* patinés en blanc ou en noir et généralement associés à des *incertae sedis* et débris noirs (zoécies, fibres, etc.).

L'exploitation de ces silex n'est attestée qu'à Pendimoun (fig. 14, nos 13 à 16 et fig. 15), à *ca.* 190-200 km des sources.

Dans la phase PND-1A, il s'agit d'une lamelle détachée par pression, à talon facetté large et à section trapézoïdale (code 123) ; elle présente une troncature normale distale et une denticulation bilatérale (DI42) évoquant celle des lames Montbani ; les traces d'usage indiquent un travail de raclage d'un végétal ligneux.

En PND-1B, on trouve six débris dont un débris d'outil (fragment de troncature inverse TR41) et trois lamelles

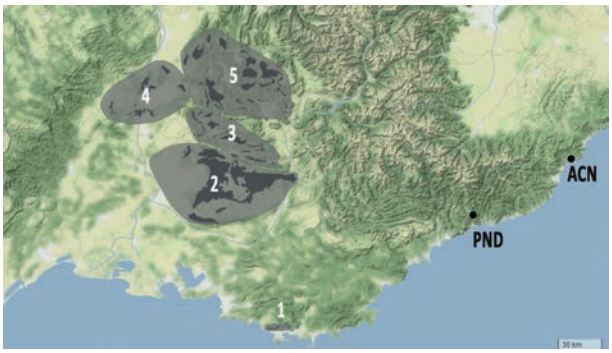


Fig. 12 – Localisation schématique des formations à silex barrémo-bédouliennes et aptiennes du sud-est de la France. 1 : Aptien de Basse-Provence ; 2 : Haute-Provence ; 3 : Baronnies et sud de la Drôme ; 4 : Valentinois et Vivarais ; 5 : Diois et Vercors.

Fig. *12* – *Schematic location of the Barremo-Bedoulian and Aptian flint formations of south-eastern France. 1: Aptian of Lower Provence; 2: Upper Provence; 3: Baronnies and Southern Drôme; 4: Valentinois and Vivarais; 5: Diois and Vercors.*

débitées par pression, toutes trois brûlées. L'une d'entre elles, un grand fragment proximo-mésial, présente une série de quatre négatifs (code 2'123) ; la seconde est un fragment d'armature sur une lamelle prismatique de code indéterminé. Un de ces échantillons, fortement altéré par le feu, a été rattaché à cette famille sur la base de la présence de petits foraminifères pétalloïdes blancs.

Barrémo-Bédoulien du Vaucluse et de la moyenne vallée du Rhône

Différents aspects des silex du Barrémo-Bédoulien du Vaucluse et de la moyenne vallée du Rhône (MPALP-201, fig. 12, nos 2 à 4), incluant des faciès urgoniens et de la bordure de la plate-forme externe, sont présents sur les deux sites. Les distances théoriques entre ces formations et les sites étudiés sont de l'ordre de 250 à 280 km pour Pendimoun et de 350 à 370 km pour les Arene Candide.

Deux familles de microfaciès dits « blonds », généralement translucides, peuvent être distinguées au sein des assemblages *Impressa* examinés. Cette distinction fondée sur l'abondance relative des rhomboèdres est cependant formelle, figeant sans doute une continuité entre deux pôles.

La première (fig. 16, nos 1 à 8 et fig. 17, nos 1 à 6) réunit des échantillons à charge faible ou modérée en éléments figurés (10 à 20 %) ; parmi les clastes, la composante minérale n'est représentée que par des quartz détritiques isolés et la composante chimique par des pelloïdes d'oxydes de fer. Certains échantillons, notamment à Pendimoun, montre une porosité intraclastique plus importante, exprimée par une teinte blanche. Les formes évoquant des rhomboèdres ne sont pas observées, ou très rares et fréquemment tapissées d'oxydes de fer (*boxworks*). Les bioclastes se limitent à des foraminifères souvent fantomatiques, teintés en jaune/orangé (à tapissage d'oxydes de fer) ; les moins altérés sont

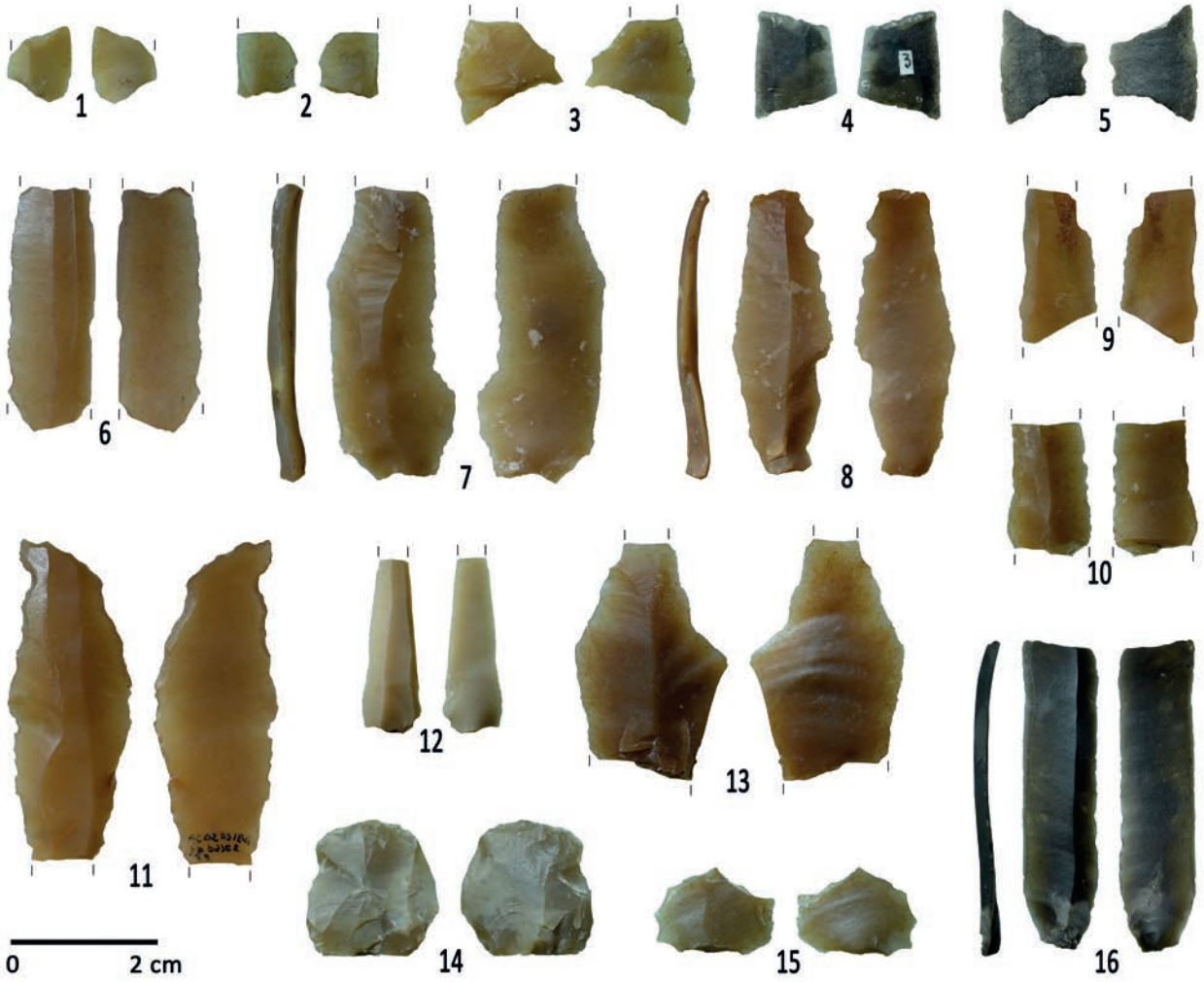


Fig. 13 – Silex des formations barrémo-bédouliennes et aptiennes du sud-est de la France, Arene Candide. 1, 3 et 5 : géométriques à retouches abruptes directes, type BG22 (ACN-1A #223, ACN-2A #158 et #159) ; 2 : géométrique à retouches semi-abruptes alternes, type BG33 (ACN-1B #167) ; 4 : géométrique à retouches rasantes sur préparations semi-abruptes, type BG32 (ACN-1B #183) ; 6 : fragment de lamelle prismatique à troncature normale distale (ACN-1B #186) ; 7 et 8 : lames probablement détachées par percussion indirecte (ACN-2A #015 et ACN-1A #071) ; 9 et 10 : fragments mésiaux de lames (ACN-2A #159 et ACN-1A #132) ; 11 : fragment de lame à troncature oblique distale utilisée comme armature de faucille (ACN-1B #186 et #189) ; 12 et 16 : lamelles prismatiques probablement détachées par pression (ACN-1A #220 et #208) ; 13 : fragment d'éclat mince (ACN-2A #106) ; 14, pièce esquillée sur éclat épais (ACN-2A #162) ; 15 : possible géométrique défiguré (ACN-1B #193).

***Fig. 13** – Flints from the Barremo-Bedoulian and Aptian formations of South-Eastern France, Arene Candide. 1, 3 and 5: geometrics with direct abrupt retouch, type BG22 (ACN-1A #223, ACN-2A #158 and #159); 2: geometrics with alternate semi-abrupt retouch, type BG33 (ACN-1B #167); 4: geometric with flat retouch on semi-abrupt preparations, type BG32 (ACN-1B #183); 6: fragment of prismatic bladelet with normal distal truncation (ACN-1B #186); 7 and 8: blades probably detached by indirect percussion (ACN-2A #015 and ACN-1A #071); 9 and 10: mesial fragments of blades (ACN-2A #159 and ACN-1A #132); 11: fragment of blade with distal oblique truncation used as a sickle element (ACN-1B #186 and #189); 12 and 16: prismatic bladelet probably removed by pressure (ACN-1A #220 and #208); 13: fragment of thin flake (ACN-2A #106); 14: splintered piece on thick flake (ACN-2A #162); 15: possible disfigured geometric (ACN-1B #193).*

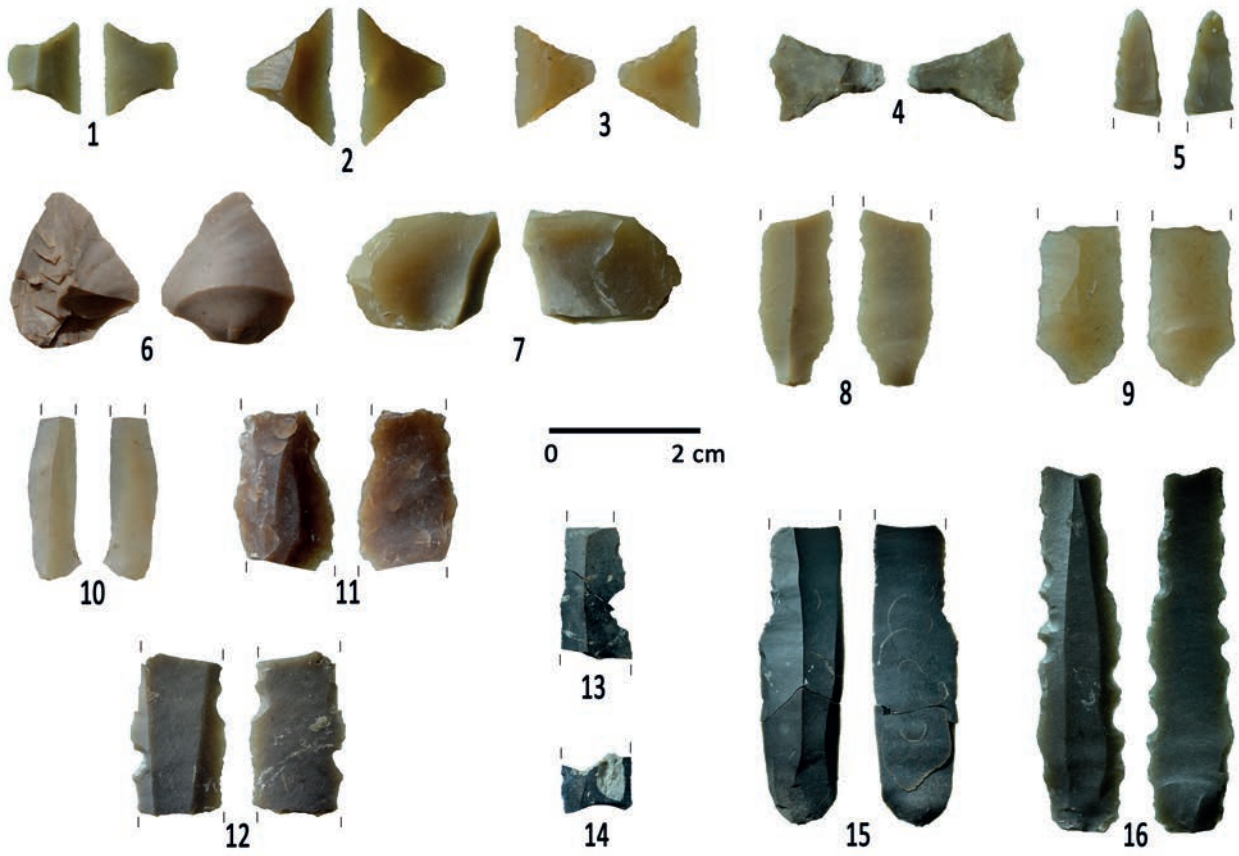


Fig. 14 – Silex des formations barrémo-bédouliennes du sud-est de la France, Pendimoun. 1 et 2 : géométriques à retouches abruptes directes, type BG22 (PND-1A #302P17 et #ncO16) ; 3 : géométrique à retouches rasantes, type BG32 (PND-1B #47805) ; 4 : géométrique à retouches semi-abruptes, type BG42 (PND-1B #ncN16) ; 5 : perçoir sur lamelle appointie par retouches abruptes (PND-1 #404N16) ; 6 et 7 : éclats (PND-1A #28724 et PND-1 #413N16) ; 8, 9, 10 et 15 : fragments proximaux et proximo-mésiaux de lames et lamelles (PND-1A #ncO15 et #nc1O16, PND-1B #48299 et #27230) ; 11 à 13 : fragments mésiaux de lames et lamelles, brûlés (PND-1B #48225, PND-1 #ncQ15, PND-1B #779L19) ; 14 : débris brûlé d'outil tronqué (PND-1B #ncL19) ; 16 : lamelle prismatique tronquée à enlèvements irréguliers cf. Montbani (PND-1A #194O16).

***Fig. 14** – Flints from the Barremo-Bedoulian formations of south-eastern France, Pendimoun. 1 and 2: geometrics with direct abrupt retouch, type BG22 (PND-1A #302P17 and #ncO16); 3: geometrics with flat retouch, type BG32 (PND-1B #47805); 4: geometric with semi-abrupt retouch, type BG42 (PND-1B #ncN16); 5: borer on pointed bladelet (PND-1 #404N16); 6 and 7: flakes (PND-1A #28724 and PND-1 #413N16); 8, 9, 10 and 15: proximal and proximo-mesial fragments of blades and bladelets (PND-1A #ncO15 and #nc1O16, PND-1B #48299 and #27230); 11 to 13: burnt mesial fragments of blades and bladelets (PND-1B #48225, PND-1 #ncQ15, PND-1B #779L19); 14: burnt debris of truncated tool (PND-1B #ncL19); 16: truncated prismatic bladelet with irregular scars cf. Montbani (PND-1A #194O16).*

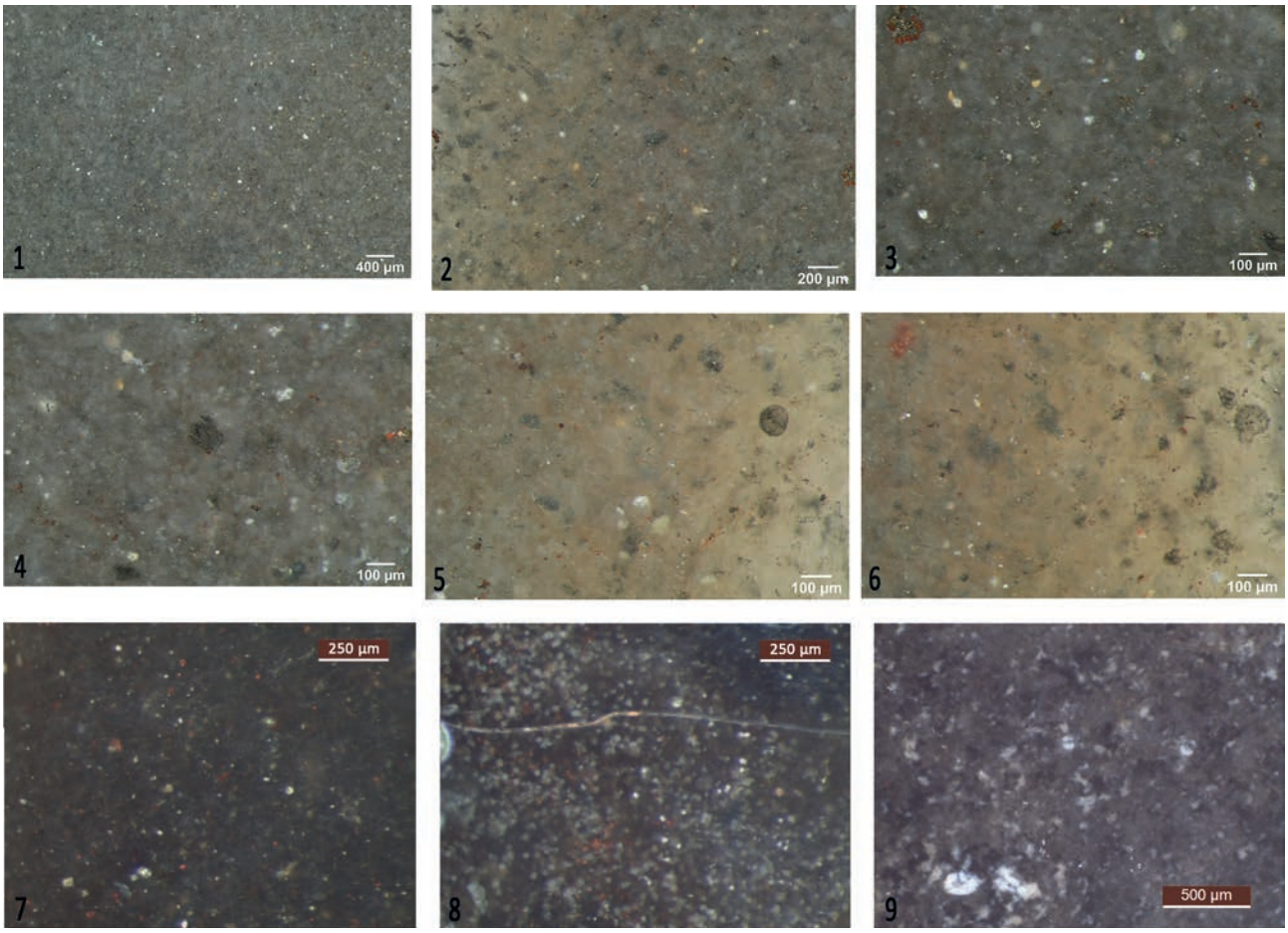


Fig. 15 – Silex attribués à l'Aptien de Basse-Provence, Pendimoun. 1 à 6 : faciès à foraminifères benthiques et planctoniques et débris noirs, PND-1A (#194O16) ; 7 : faciès à rhomboèdres, PND-1B (#27230) ; 8 : faciès à rhomboèdres abondants et boxworks, PND-1B (#ncL19, brûlé) ; 9 : faciès à petits foraminifères benthiques, PND-1B (#779L19, brûlé).

***Fig. 15** – Flints assigned to the Aptian of Basse-Provence, Pendimoun. 1 to 6: facies with benthic and planktonic foraminifera and black debris, PND-1A (#194O16); 7: facies with rhombohedra, PND-1B (#27230); 8: facies with abundant rhombohedra and boxworks, PND-1B (#ncL19, burnt); 9: facies with small benthic foraminifera, PND-1B (#779L19, burnt).*

des benthiques évoquant *Glomospira* et *Trochamina*, plus exceptionnellement, à Pendimoun, de grands benthiques (*ca.* 500 µm) qui restent à identifier. Ces aspects se rapprochent plus particulièrement des faciès urgoniens du mont Ventoux et des monts du Vaucluse.

La seconde famille (fig. 16, nos 8 à 12 et fig. 17, no 9) réunit des échantillons plus riches en clastes (20 à 30 %) et notamment en rhomboèdres de 30 à 60 µm rappelant la présence initiale de calcite ou de dolomite. La composante chimique est représentée par des pelloïdes d'oxydes de fer et des oxydes comblant des *boxworks* rhomboédriques ou des foraminifères fantomatiques. Les études les plus récentes (Fernandes *et al*., sous presse) ont montré que les silex blonds ou bruns les plus riches en rhomboèdres étaient davantage développés en rive droite du Rhône, notamment dans le Barrémien (par ex. Saint-Tomé).

Un aspect gris noir dit « de Murs » est représenté par deux pièces des Arene Candide. Il est caractérisé par une assez forte densité de clastes (20 à 30 %). L'échantillon représenté (fig. 13, nos 4 et 5 et fig. 17, nos 10 à 12) est translucide mais avec une porosité inter-clastique diffuse exprimée en blanc. La composante chimique est représentée par des pelloïdes généralement en amas ; quelques minéraux de très petite taille, fortement réfléchissants, évoquent des pyrites. Les bioclastes, pour la plupart teintés en noir, constituent la composante majoritaire ; on observe plusieurs types de foraminifères benthiques (entre autres *Glomospira* et des textularidés bien conservés), des tests d'ostracodes et débris divers.

D'autres aspects attribués au Barrémo-Bédoulien sont également présents sur les deux sites. Il s'agit pour la plupart de micro-faciès de couleur grise à brune, à clastes blancs, pelloïdes d'oxydes de fer et rares bioclastes épigénisés en blanc (spicules de spongiaires monaxones ou triaxones, foraminifères benthiques). Trois échantillons de Pendimoun (fig. 16, nos 13 à 15) et deux des Arene Candide (fig. 17, nos 13 à 15) ont été rattachés à cette famille. Leur attribution au Barrémo-Bédoulien, qui est de loin la plus plausible en l'état actuel des connaissances, reste cependant à préciser : deux éléments proviennent de la phase PND-1A et un de la phase PND-1-indivise, deux autres de la phase ACN-1B.

À Pendimoun (fig. 14 et fig. 16), le Barrémo-Bédoulien n'est représenté que par dix-sept pièces.

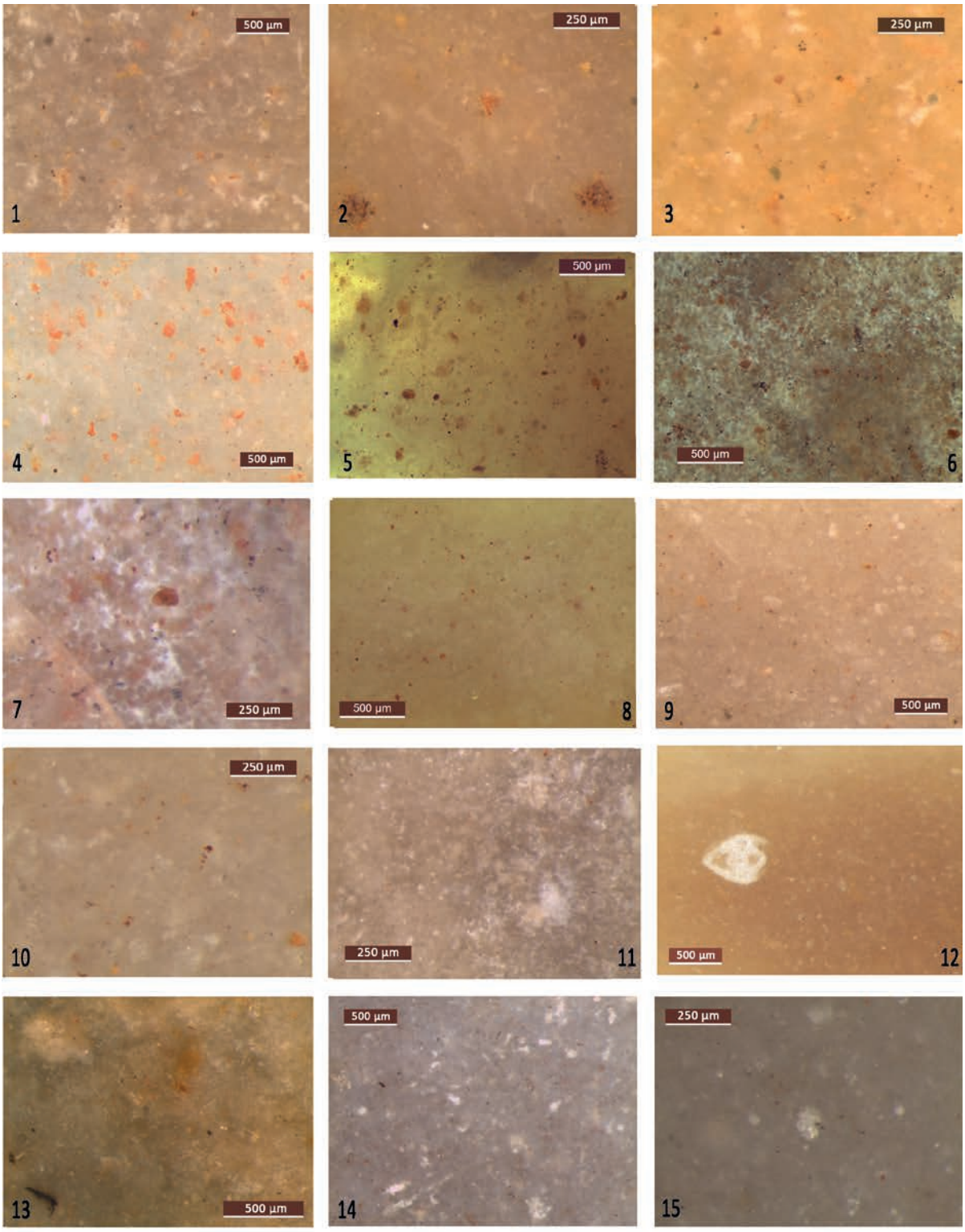


Fig. 16 – Silex attribués au Barrémo-bédoulien de Haute-Provence et de la Moyenne vallée du Rhône, Pendimoun. Faciès riches en pelloïdes d'oxydes de fer, à petits foraminifères benthiques ; 1 et 2 : PND-1 (#413N16) ; 3 et 4 : PND-1A (#ncO16 et #ncO16) ; 5 à 8 : PND-1B (#47805, #48225, brûlé, et #48299). Faciès riches en rhomboèdres et boxworks ; 9 : PND-1 (#ncO15) ; 10 et 11 : PND-1A (#ncO15 et #28724), 12 : PND-1 (#404N16, avec bioclaste indéterminé). Autres aspects attribués au Barrémo-bédoulien ; 13 : brun à spicules et pelloïdes, PND-1 (#ncN16) ; 14 : gris à spicules et pelloïdes, PND-1 (#ncQ15) ; 15 : gris à rares rhomboèdres et foraminifères cristallisés, PND-1A (#302P17).

***Fig. 16** – Flints assigned to the Barremo-Bedoulian of Upper Provence and the Middle Rhône valley, Pendimoun. Facies rich in iron oxide pelloids, with small benthic foraminifera; 1 and 2: PND-1 (#413N16); 3 and 4: PND-1A (#ncO16 and #ncO16); 5 to 8: PND-1B (#47805, #48225, burnt, and #48299). Facies rich in rhombohedra and boxworks: 9, PND-1 (#ncO15); 10 and 11: PND-1A (#ncO15 and #28724), 12: PND-1 (#404N16, with undetermined bioclast). Other aspects attributed to the Barremo-Bedoulian; 13: brown with spicules and pelloids, PND-1 (#ncN16); 14: grey with spicules and pelloids, PND-1 (#ncQ15); 15: grey with rare crystallized rhomboids and foraminifera, PND-1A (#302P17).*

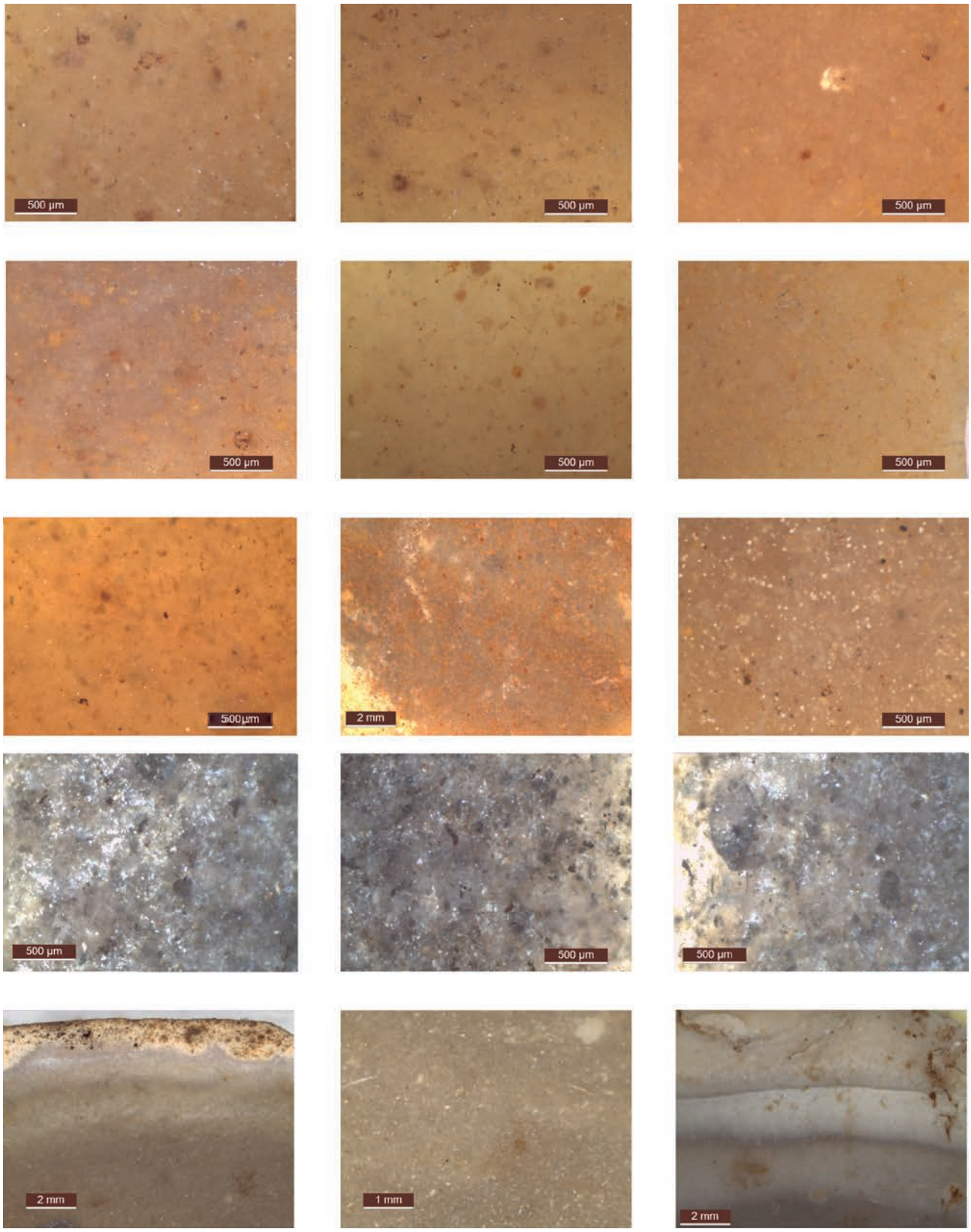


Fig. 17 – Silex attribués au Barrémo-bédoulien de Haute-Provence et de la moyenne vallée du Rhône, Arene Candide. Faciès riches en pelloïdes d'oxydes de fer, à petits foraminifères benthiques ; 1 à 4 : ACN-1B (#167, #186, #189 et #193) ; 5 à 6 : ACN-2A (#15, #158 et #159). Faciès riches en boxworks ; 7 et 8 : ACN-2A (#106 et #159). Aspect riche en rhomboèdres ; 9 : ACN-1A (#071). Faciès à textularidés et débris noirs ; 10 à 12 : ACN-2A (#172). Autres aspects, à spicules de spongiaires, particulièrement visibles dans la zone sous-corticale ; 13 à 15 : ACN-1B (#166 et #179).

***Fig. 17** – Flints assigned to the Barremo-Bedoulian of Upper Provence and the Middle Rhône valley, Arene Candide. Facies rich in iron oxide pelloids, with small benthic foraminifera; 1 to 4: ACN-1B (#167, #186, #189 and #193); 5 to 6: ACN-2A (#15, #158 and #159). Facies rich in boxworks ; 7 and 8: ACN-2A (#106 and #159). Rhombohedral-rich facies ; 9: ACN-1A (#071). Facies with textularids and black debris; 10 to 12: ACN-2A (#172). Other aspects, with sponge spicules, particularly visible in the subcortical zone; 13 to 15: ACN-1B (#166 and #179).*

En PND-1A, il s'agit de deux petits éclats, d'un éclat mince et de trois éléments lamellaires vraisemblablement détachés par pression. Le premier est un fragment proximal de lamelle à deux versants et talon facetté, sans retouches ni traces d'usage ; les deux autres sont des trapèzes à troncatures concaves (BG22) sur lamelles prismatiques (code 212').

En PND-1B, on ne compte qu'un petit éclat et trois éléments lamino-lamellaire. Un fragment mésial, brûlé, de lamelle à trois nervures (code 3212') présente des enlèvements irréguliers alternes (DI42). Une lame à trois nervures (code 2'123) a été transformée en trapèze à retouches rasantes sur préparations inverses (BG32). Le troisième est un fragment proximo-mésial de lamelle détachée par pression (code 123) à talon facetté, sans retouches ; il présente des traces de découpe de peau.

Enfin, on trouve dans PND-1-indivise deux débris, un petit éclat et une chute de burin (BC15). Trois pièces sont plus significatives : un fragment mésial de lamelle prismatique débitée par pression (code 212') présentant un burin réfléchi sur cassure (BC14) ; un fragment de perçoir (BA32) sur lame prismatique (code 321) avec des traces de travail du bois ; une armature triangulaire à retouches bifaciales symétriques (BG42).

Aux Arene Candide (fig. 13 et fig. 17), la phase ACN-1A a livré dix pièces dans ces matériaux ; il s'agit de silex « blonds » entrant dans la variabilité des aspects barrémo-bédouliens du Vaucluse et de la moyenne vallée du Rhône ; leur attribution aux différents aspects distingués ci-dessus à raison de la présence de rhomboèdres est malaisée, en raison d'une lisibilité médiocre probablement due aux conditions taphonomiques. Parmi eux, on observe huit fragments de lamelles, un éclat à négatifs multidirectionnels détaché par percussion indirecte et un petit éclat. Cinq lamelles prismatiques à deux, trois (codes 212' et 321) ou quatre négatifs parallèles (codes 3213', 1234) sont probablement débitées par pression avec, lorsqu'ils sont conservés, des talons facettés parfois surplombants. Les outils mis en forme se limitent à une lamelle à retouches inverses continues (RA22), et à un trapèze symétrique à deux troncatures directes légèrement concaves, avec bordage de la grande base (type BG22). Des traces d'utilisation ne sont observées que pour deux éléments, impliqués dans le travail de matières dures.

Onze pièces appartenant à cette famille proviennent d'ACN-1B. Il s'agit en particulier de cinq éléments lamellaires, à deux, trois (codes 212' et 123) ou quatre versants (code 3212') avec dans un cas seulement, un usage probable de la pression (lamelle de code 3212'). Ces cinq lamelles sont retouchées : il s'agit de trois lamelles tronquées (deux TR32 et une TR31) dont deux utilisées comme éléments de faucilles (la troisième sans traces) et de deux armatures trapézoïdales de projectiles, sans traces diagnostiques d'usage, l'une à retouches alternes (BG33) et l'autre à retouches rasantes directes sur préparation inverse (BG32). Cette phase livre par ailleurs cinq éclats, dont deux détachés au percuteur dur, une pièce esquillée (DI22) et un débris de pièce esquillée (DI23). On note également un débris thermique massif, repris après cet accident.

Enfin, ACN-2A livre treize éléments dont quatre fragments lamino-lamellaires, trois éclats minces, deux pièces esquillées (DI22), probablement sur éclat, et quatre petits éclats ou débris. Pour une des lamelles (code 123), l'usage de la pression est suggéré. Deux armatures de projectiles, dont l'une avec des impacts diagnostiques, ont été identifiées dans ce groupe : il s'agit de trapèzes symétriques à troncatures concaves par retouches abruptes directes (BG22), l'un a été façonné sur une lamelle prismatique et l'autre sur un éclat à négatifs multidirectionnels. Deux éclats, dont un avec tranchant aménagé par des retouches continues (RA1), ont travaillé l'argile ; une lamelle à enlèvements irréguliers (DI42) présente des traces de travail de la peau fraîche. Une des pièces esquillées présente des stigmates de travail d'une matière minérale.

Barrémo-Bédoulien du Vercors

Un élément provenant de la phase ancienne des Arene Candide, ACN-1A, (fig. 13, n° 16 et fig. 18) est attribué aux formations barrémo-bédouliennes de faciès urgonien du sud du Vercors (par ex. plateaux d'Ambel et de Vassieux-en-Vercors), à *ca.* 380-390 km du site (fig. 12, n° 5).

Il s'agit d'une lamelle débitée par pression, code 321, à petit talon facetté légèrement déversé, sans retouches et portant des microtraces de coupe de végétaux tendres autres que des céréales.

Ce silex brun-gris, homogène, à matrice cryptocristalline, présente une très faible porosité d'ensemble. La composante chimique est marquée par une pollution noire, visible notamment dans les irrégularités d'un test et par un semis continu de petits grains d'oxydes (<5 µm). La poronécrose est à l'origine de la distribution irrégulière de zones nuageuses blanchâtres.

La fraction détritique (clastique) est caractérisée par la rareté des minéraux et leur très petite taille (3-4 µm), et par l'absence de quartz et de carbonates. Elle est principalement composée de bioclastes bien classés et très diversifiés : foraminifères benthiques avec deux types d'orbitolines (plate et conique) et *Glomospira* (teintés en noir), petits foraminifères planctoniques (teintés en blanc) souvent fantomatiques, *incertae sedis*, algues, bryozoaires, débris coraliens et rares spicules épigénisés.

Ce type se distingue clairement des autres ensembles barrémo-bédouliens de haute et de basse Provence (*i.e.* Ventoux, Nerthe) livrant des silex à orbitolines et se rapproche plus particulièrement d'un des aspects du silex de Vassieux (type F440-1, Fernandes *et al*., 2012).

Silex d'origine marine et radiolarites du domaine ligure et tosco-émilien

Silicites oligo-miocènes du Finalese

Des silicifications (MPALP-104) ont été observées dans les grès placés à la base de la formation de la Pietra del Finale, à Borgio Verezzi, à proximité immédiate des Arene Candide (Starnini et Voytek, 1997b).

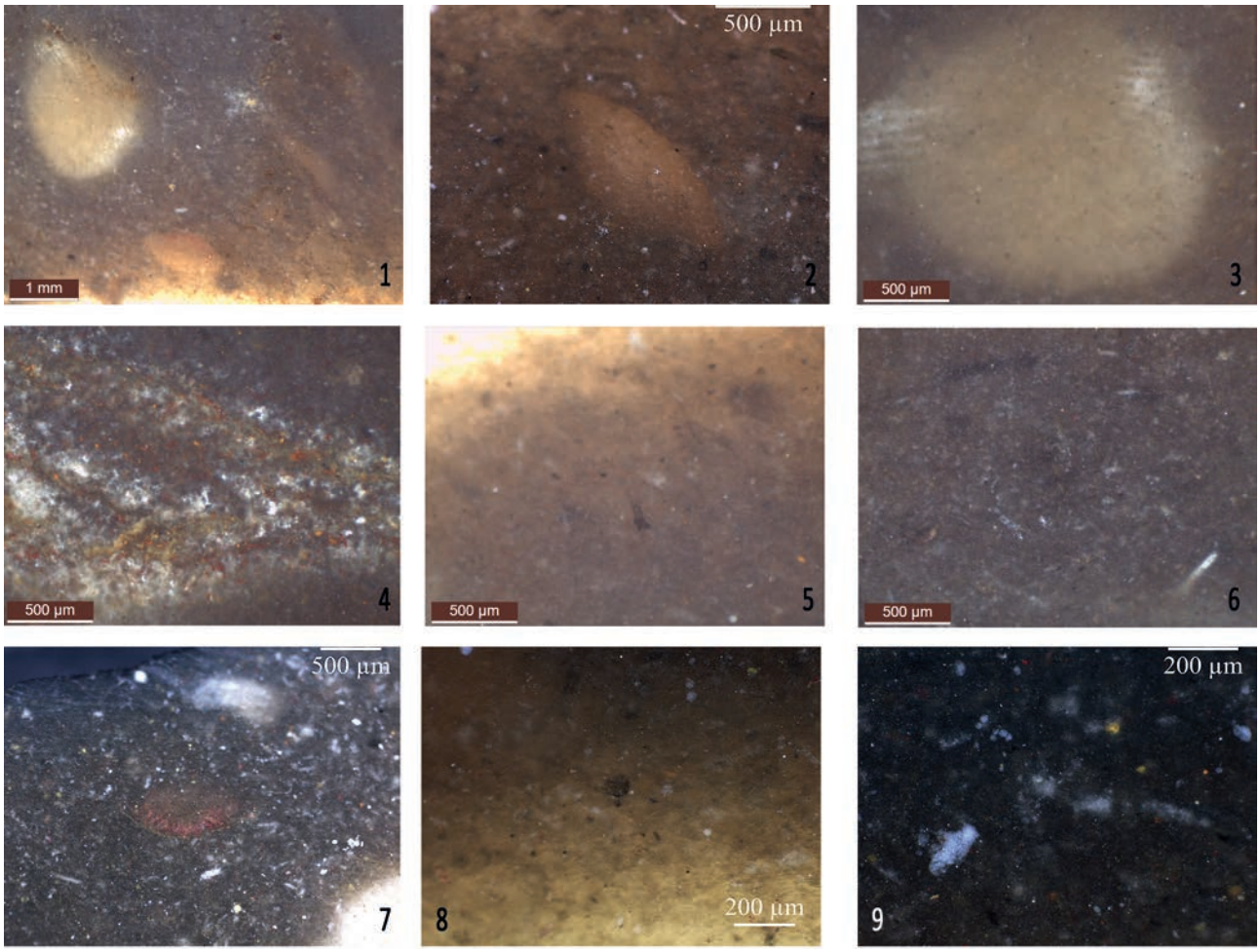


Fig. 18 – Silex à orbitolines attribué au Barrémo-bédoulien du Vercors. 1 à 9 : Arene Candide, phase ACN-1A (#208).
***Fig. 18** – Orbitoline flint assigned to the Vercors Barremo-Bedoulian. 1 to 9: Arene Candide, phase ACN-1A (#208).*

Il s'agit de minces plaquettes de qualité médiocre en regard des possibilités de débitage. Le matériau est blond à gris, translucide, à matrice cryptocristalline et à rares pelloïdes (Tomasso, 2014).

Un seul élément de ce type a été identifié aux Arene Candide (phase ACN-2A) sous la forme d'un micro-éclat (non figuré).

Silicites des flysch de Baiardo

Les formations susceptibles de livrer ces silex sont encore mal connues et potentiellement très étendues et la définition des lithotypes associés soufre encore de nombreuses incertitudes. Ces matériaux (MPALP-106) affleurent à Perinaldo dans des conditions très mal définies, entre les Arene Candide (*ca.* 100-110 km) et Pendimoun (*ca.* 30 km), dans les flysch de la zone sub-briançonnaise, ou à leur contact (fig. 19, n° 1). En effet ils n'ont pas été observés en place mais seulement sous la forme de blocs dans des terrasses anthropiques récentes.

Les recherches récentes indiquent que les flysch de Baiardo, qui procèdent d'écoulements provenant de l'est, sont probablement à dater du Priabonien inférieur (Giammarino *et al.*, 2010). L'âge des blocs repris dans ces coulées est donc antérieur à la fin de l'Éocène, sans plus de précisions.

Les échantillons attribués aux flysch de Baiardo sont des silex opaques, de coloration sombre, noir à gris-bleu, de structure fréquemment litée, parfois finement laminée, et à matrice microcristalline. Ce matériau est caractérisé par une très forte charge en éléments figurés (de l'ordre de 40 à 50 %) ; selon les aspects identifiés par A. Tomasso (Tomasso, 2014), les composantes bioclastiques (fragments de spicules épigénisés, foraminifères planctoniques cf. *Globigerinidae*), minérales (quartz détritiques, gravelles) et chimiques (pelloïdes, oxydes) sont diversement représentées. Des formes minérales anguleuses suggèrent également la présence de rhomboèdres mais ce point reste à conforter ; dans certains cas des similitudes peuvent être remarquées avec les silex noirs du Jurassique supérieur (Oxfordien /Argovien) de la vallée de la Roya.

Quelques éléments (n = 7) attribués à ce faciès sont présents aux Arene Candide (fig. 20, n° 1 et fig. 21, n^{os} 1 à 6). En ACN-1A ils se présentent sous la forme d'un nucléus à éclats plus ou moins allongés, à exploitation unidirectionnelle par percussion directe, et de deux petits éclats. En ACN-2A, il s'agit de deux fragments de lames ou de lamelles détachées par percussion, sans retouches ni traces d'usures autres que des enlèvements irréguliers

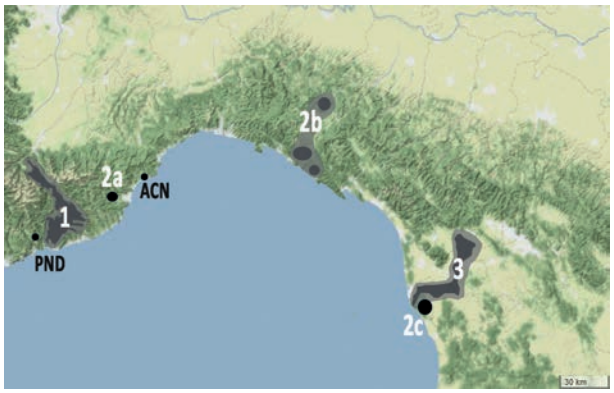


Fig. 19 – Localisation des silex marins et radiolarites du domaine ligure et tosco-émilien. 1 : flysch de Baiardo – Perinaldo ; 2 : *Diaspri* ligures et tosco-émiliens (2a : Arnasco ; 2b : Lagorara – La Spezia / Monte Casteletto – Monte Lama ; 2c : Livornese) ; 3 : dépôts plio-quaternaires du Val d'Arno à silex noirs des formations de Cervarola-Falterona.

***Fig. 19** – Location of the marine flints and radiolarites of the Ligurian and Tosco-Emilian domain. 1: Baiardo - Perinaldo flysch; 2: Ligurian and Tosco-Emilian jaspers (2a: Arnasco; 2b: Lagorara - La Spezia / Monte Casteletto - Monte Lama; 2c: Livornese); 3: Plio-Quaternary deposits of the Val d'Arno with black flints of the Cervarola-Falterona formations.*

Fig. 20 – Industries sur silex marins et radiolarites des domaines ligure et tosco-émilien ; 1 à 4 : Arene Candide ; 5 à 7 : Pendimoun. Flysch de Baiardo – Perinaldo ; 1 : fragment mésio-distal de lame à enlèvements irréguliers (ACN-2A #122) ; 5 : débris d'outils (PND-1A #ncO15) ; 6 : éclat mince (PND-1 #ncP17) ; 7 : éclat tronqué (PND-1B #48327). Formations de Cervarola-Falterona ; 2 : lamelle aigue à bords abattus (ACN-1A #219, possiblement héritée des niveaux de l'Epigravettien terminal). Radiolarites / *diaspri* de Ligurie et de Toscane septentrionale ; 3 : pièce esquillée (ACN-1B #081) ; 4 : éclat mince (ACN-1A #005).

***Fig. 20** – Marine flint and radiolarite industries from the Ligurian and Tosco-Emilian domains; 1 to 4: Arene Candide; 5 to 7: Pendimoun. Baiardo - Perinaldo flysch; 1: mesio-distal fragment of blade with irregular scars (ACN-2A #122); 5: tool debris (PND-1A #ncO15); 6: thin flake (PND-1 #ncP17); 7: truncated flake (PND-1B #48327). Cervarola-Falterona formations; 2: pointed bilateral backed bladelet (ACN-1A #219, possibly inherited from Terminal Epigravettian levels). Radiolarites / jaspers from Liguria and northern Tuscany; 3: splintered piece (ACN-1B #081); 4: thin flake (ACN-1A #005).*

(DI42), d'un micro-éclat et d'un débris thermique. Ces matériaux semblent absents de la phase AC1B.

À Pendimoun la présence de ces matériaux est modérée dans l'horizon *Impressa* (fig. 20, n° 7 et fig. 21, n^{os} 7 et 8) avec vingt-six éléments au total.

En PND-1A, il s'agit de trois débris, de quatre petits éclats et d'un éclat mince à enlèvements irréguliers (DI41) mais sans traces d'usures ; un des débris appartient probablement à une armature de projectile (TR3).

En PND-1B, on décompte sept débris, cinq petits éclats et un éclat mince auxquels il faut ajouter un éclat mince tronqué (TR32), une pièce esquillée (DI22) et un bâtonnet (DI23), probablement sur éclats minces et un débris d'outil tronqué (TR3).

Enfin, un petit éclat et un éclat mince appartiennent à la phase PND-1-indivise.

Silex noirs des turbidites de Cervarola

D'importants progrès ont été récemment accomplis (Conforti, 2020) pour la caractérisation des ressources lithiques dans l'Apennin septentrional et notamment quant à l'origine et à la caractérisation des silex noirs dits de l'Apennin, fréquents dans les séries du Paléolithique supérieur final de Toscane (*ibidem*). Ces matériaux se trouvent en position primaire, sous forme de bancs sombres, au sommet des dépôts de turbidites de Cervarola dont l'âge se place entre l'Oligocène et le Miocène inférieur. Cette formation se développe principalement en Émilie-Romagne (formation du Serpiano dans le secteur de Modène et Reggio Emilia) et la Toscane (formation de Falterona dans le Mugello).

Ces silex opaques, gris à noirs, s'altérant en jaune/beige, ont pour caractéristiques communes une texture turbiditique, une charge clastique modérée (10 à 20 %) et des microfissures tapissées de calcite. Les minéraux détritiques (quartz, rutile, zircons) sont rares et de petite taille.

Les matériaux septentrionaux (Modène-Reggio) se distinguent par une texture microcristalline et des bioclastes représentés par des échinides et de rares radiolaires.

Les matériaux méridionaux (Mugello) ont une texture cryptocristalline avec des agrégats minéraux framboïdaux et des fibres noires organiques ; la microfaune comporte principalement des foraminifères planctoniques (Globigerinidae et *Globorotalia*), plus rarement des benthiques (*Lenticulina*).

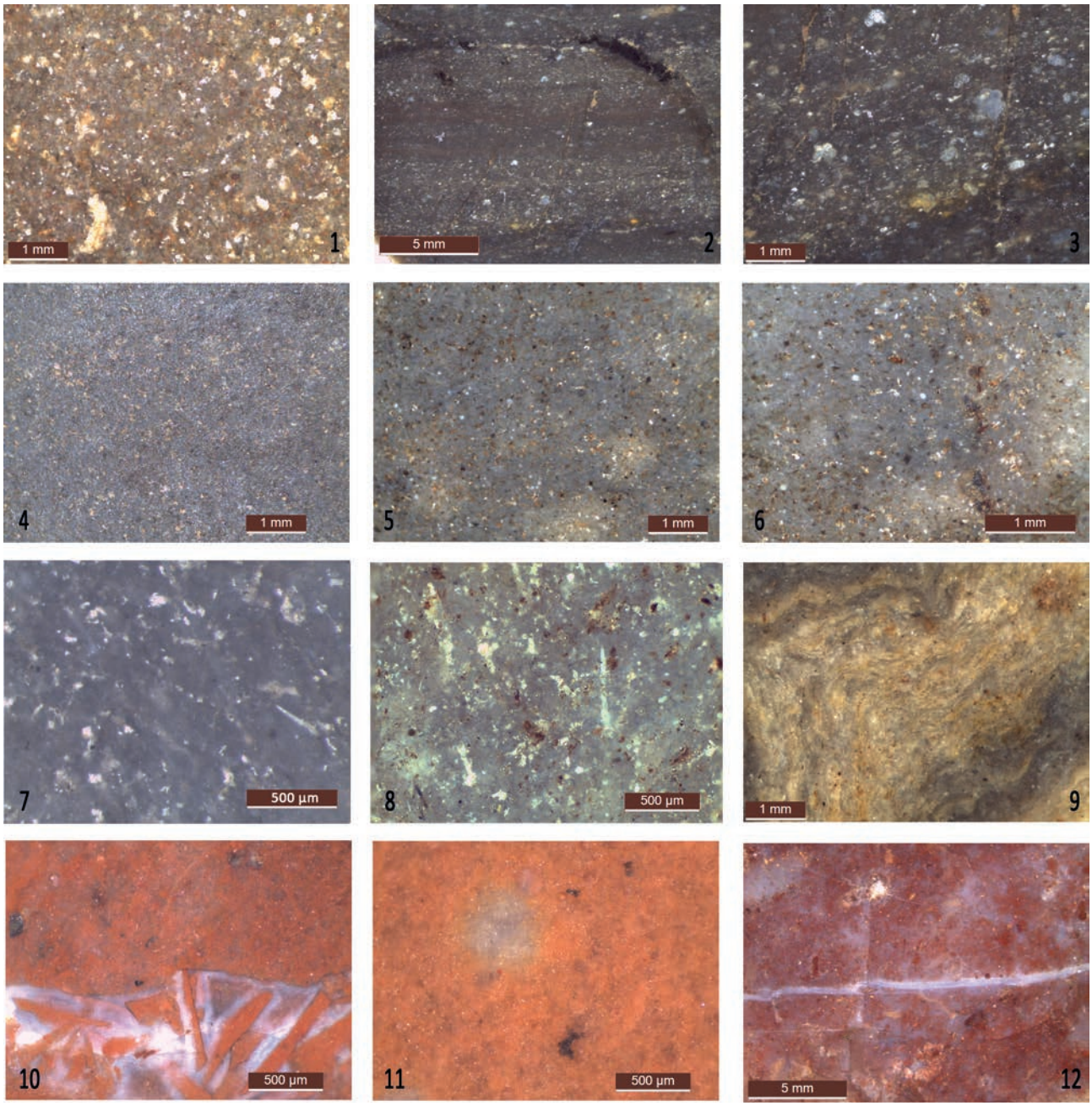


Fig. 21 – Silicites du domaine ligure et tosco-émilien. 1 à 6 et 9 à 12 : Arene Candide ; 7 et 8 : Pendimoun. Flysch de Baiardo – Perinaldo ; 1 : ACN-1A (#213) ; 2 à 6, AC2A (#114 et #122) ; 7 et 8 : PND-1B (#48250 et #48327). Formations de Cervaterola-Falterona ; 9 : ACN-1A (#072). Radiolarites attribuées aux formations de Ligurie ou de Toscane septentrionale ; 10 : ACN-1A (#005) ; 11 : ACN-1B (#081) ; 12 : ACN-2A (#168, brûlé).

***Fig. 21** – Silicites of the Ligurian and Tosco-Emilian domain; 1 to 6 and 9 to 12: Arene Candide; 7 and 8: Pendimoun. Baiardo - Perinaldo flysch ; 1: ACN-1A (#213); 2 to 6: AC2A (#114 and #122); 7 and 8: PND-1B (#48250 and #48327). Cervaterola-Falterona formations; 9: ACN-1A (#072). Radiolarites attributed to Ligurian or northern Tuscan formations; 10: ACN-1A (#005); 11: ACN-1B (#081); 12, ACN-2A (#168, burnt).*

Ces silex se retrouvent en position secondaire sous forme de galets dans des formations plio-pléistocènes : *Sabbie gialle* du piémont émilien de l'Apennin (formations de Costamezzana et d'Imola dans les secteurs de Plaisance et Ravenne, *infra* fig. 22, n° 2) et dans les conglomérats et sables du versant tyrrhénien (formation de Casa Poggio ai Lecci dans les secteurs de Pise et Livourne, fig. 19, n° 3).

Sur la base de leur texture turbiditique, trois échantillons des Arene Candide ont été attribués à cette famille de silex avec, pour hypothèse la plus économique, une provenance depuis les dépôts quaternaires du Valdarno sur le versant tyrrhénien (*ca.* 230 km). Dans la phase ACN-1A, il s'agit d'un éclat mince (fig. 21, n° 9), mais également d'une lamelle aigue à deux bords abattus et impact apical (fig. 20, n° 2) pouvant entrer dans la gamme de variabilité des micro-gravettes épigravettiennes (BA41) et

Fig. 22 – Localisation schématique des formations à silex marins du domaine adriatique. 1 : Série de Casa La Riva / Case Caldarola ; 2 : *Sabbie gialle* du piémont apenninique ; 3 : *Scaglia rossa* du *Bacino Veneto-Trentino* ; 4 : *Scaglia rossa* du *Bacino Umbro-Marchigiano*.

***Fig. 22** – Schematic location of the marine flint formations of the Adriatic domain. 1: Casa La Riva / Case Caldarola series; 2: Sabbie gialle of the Apennine piedmont; 3: Scaglia rossa of the Veneto-Trentino basin; 4: Scaglia rossa of the Umbro-Marchigiano basin.*

témoigner, au même titre que la lamelle à dos taillée dans un silex lacustre de haute Provence (*supra* ««Silicites oligocènes du bassin d'Apt-Forcalquier»»), d'un ré-étalement de sédiments provenant de creusements dans les strates du Paléolithique supérieur final. Un débris se rapporte par ailleurs à la phase ACN-2A.

Radiolarites des domaines ligure et tosco-émilien

Dans l'aire culturelle considérée ici, les radiolarites (*Diaspri*, fig. 19, n° 2) sont principalement concentrées, d'un part, en Ligurie orientale (Ligurides internes, secteur de la Spezia et Val Lagorara, Tomasso, 2014) et dans l'Apennin émilien (Ligurides externes, Monte Lama, près de Parme, termes initiaux du *Complesso caotico*, *ibidem*) où elle correspondent à des dépôts profonds, succédant aux ophiolithes et recouverts par des calcaires hémipélagiques ou pélagiques de la Maiolica, et, d'autre part en Toscane septentrionale (Livornese, *ibidem* ; brèches ophiolithiques et termes initiaux de la Falda Toscana dans le Serchio, Conforti, 2020) dans des dépôts des marges continentales. Des radiolarites ont été également identifiées en Ligurie occidentale (formation d'Arnasco, près d'Albenga) ; toutefois leur aptitude à la taille est controversée (Tomasso et Martino, 2010 ; Negrino *et al*., 2016). Ces matériaux se sont formés essentiellement au cours du Jurassique supérieur (Malm).

Il s'agit à l'origine d'argiles épigénéisées par la silice fournie en partie par les tests de radiolaires. A. Tomasso (Tomasso, 2014) a distingué plusieurs groupes (MPALP-101, MPALP-107 et MPALP-108 *inter alia*) à raison de la proportion de la composante argileuse initiale, plus forte dans les radiolarites vertes que dans les radiolarites rouges, et de l'état du fer (respectivement réduit ou oxydé). La matrice est généralement très fine, crypto- ou microcristalline. D'une façon générale, les radiolaires constituent les principaux éléments figurés et les seuls bioclastes visibles. Cette visibilité est cependant toute relative, limitée à celle d'une sphère aux contours plus ou moins nets ; le classement des sphérules, leur densité et leur degré d'altération constitueront probablement des critères utiles pour une classification plus précise des faciès. Outre la couleur, la présence de fractures recimentées par du quartz peut être un élément distinctif de certaines variétés (Livornese, Monte Lama). Ces matériaux présentent une aptitude à la taille extrêmement variable, notamment en raison de la fracturation tectonique des blocs, elle-même très variable. Les pétro-faciès rouges, identifiés aux Arene Candide (fig. 20, n^{os} 3 et 4 et fig. 21, n^{os} 10 à 12), sont interprétés comme des radiolarites évolués au sein desquelles les radiolaires sont difficilement visibles, réduites à l'état de fantômes, et pour lesquelles la présence de fissures recimentées à tapissage de quartz constitue un des arguments confortant cette identification.

En dépit de leur accessibilité (*ca.* 180 km), les radiolarites sont très peu présentes (n = 5) dans les horizons *Impressa* des Arene Candide. Cela se limite à un éclat de radiolarite rouge avec fractures recimentées dans la phase ACN-1A. En ACN-1B on observe un éclat en radiolarite verte (cf. Monte Castelletto) et deux éclats de radiolarite rouge dont une pièce esquillée (DI22), résultant du recyclage d'un outil ayant travaillé la peau. Sur la base de la présence de fissures recimentées comblées de quartz, une pièce esquillée brûlée (DI22), de la phase ACN-2A a également été rattachée à ce groupe.

Silex marins du versant adriatique des Apennins

Au-delà de l'Apennin de très importantes ressources de silex sont disponibles dans la péninsule italienne, entre les Préalpes (*inter alia* Massari *et al.*, 1976 ; Martino *et al*., 2016 ; Bertola *et al*., 2018) et les Pouilles (*inter alia* Tarantini *et al*., 2011). Il s'agit de formations très étendues et, toutes proportions gardées, la succession des grands ensembles sédimentaires est relativement comparable entre le nord et le sud-est. Dans leur ensemble, ces formations se rapportent à la plaque adriatique, qui est elle-même une digitation de la plaque africaine. Les conditions dans lesquelles les silex se sont formés, avec une grande stabilité apparente des conditions environnementales sur une très longue durée, diffèrent donc fondamentalement de ce que l'on observe plus à l'ouest.

Deux zones de ressources potentielles principales ont été considérées pour l'alimentation des sites *Impressa* du nord-ouest. Il s'agit, d'une part, de la séquence livrée par les brèches tectoniques et méga-blocs d'Émilie-Romagne dans le complexe de base des Ligurides externes (fig. 22, n° 1), d'autre part des formations de la *Scaglia rossa* de

l'Ombrie et des Marches (fig. 22, n° 4). À ces deux zones il faut naturellement ajouter les formations plio-pléistocènes qui s'étirent le long du versant adriatique de l'Apennin (fig. 22, n° 2 et *supra* « Silex noirs des turbidites de Cervarola ») et au sein desquelles les matériaux considérés se retrouvent en position secondaire. Si l'on retient l'hypothèse la plus économique, celle d'une acquisition en position secondaire dans les formations quaternaires de piémont, cela représenterait des distances d'acquisition très lointaines, de l'ordre de 180-200 km pour les Arene Candide et de l'ordre de 280-300 km pour Pendimoun.

Silex des Scisti ad aptici et de la Maiolica d'Émilie

Les *Complessi di base* des Ligurides externes d'Émilie livrent les affleurements des calcaires de la *Maiolica* livrant des silex aptes à la taille les plus proches des sites néolithiques considérés ici (Tomasso, 2014 ; Conforti, 2020). Des méga-blocs démantelés dans le contexte d'une tectonique très active aux dépens de la marge continentale adriatique (Vercesi et Cobianchi, 1998) ont été observés dans la province de Plaisance, à Casa La Riva et Costalta (Casaselvatica, Berceto) et à Case Caldarola (Travo) ; des dépôts secondaires quaternaires significativement alimentés par ces formations ont été également observés dans la zone d'Agazzano (fig. 22, n° 2).

Les études réalisées sur les affleurements de Casa La Riva (Conforti, 2020) ont permis d'apporter des précisions importantes quant à la stratigraphie interne de ces méga-blocs et à la distribution des silicites en leur sein.

Recouverts après une longue lacune par des grès déposés au Crétacé supérieur (du Campanien au Cénomanien), les calcaires micritiques blanchâtres de la *Maiolica* couvrent une partie du Crétacé inférieur/Néocomien (milieu et fin du Berriasien, Hauterivien, Valanginien). Cet horizon livre des nodules et plaquettes de silex gris clair.

Séparés de la *Maiolica* par des brèches et par une lacune sédimentaire couvrant le dernier terme du Jurassique supérieur (Tithonien), les calcaires marneux de la formation des *Scisti ad aptici* sont datés du Jurassique supérieur/Malm (fin du Kimmeridgien) ; ils livrent des nodules de silex de couleur variée, grise, jaunâtre, verdâtre, rougeâtre. Ces calcaires marneux reposent eux-mêmes sur des formations contenant des radiolarites, généralement fracturées (fin de l'Oxfordien, début du Kimmeridgien).

Les silicites de ces trois formations, *Maiolica*, *Scisti ad aptici* et *Diaspri*, sont caractérisées par la présence de radiolaires qui constituent la seule composante bioclastique apparente (Bertola, 2016). Cet aspect contraste fortement avec les associations de microfossiles très diversifiées des formations sous-jacentes de calcaires à silex, du Malm (Oxfordien) et du Lias (Toarcien).

Les observations les plus récentes (Conforti, 2020) sont de nature à modifier la classification opérée précédemment (MPALP-102 *inter alia*, Tomasso, 2014). Ainsi les aspects lités/laminés initialement regroupés sous le label MPALP-102B seraient à attribuer aux *Scisti ad aptici*, de même que certains aspects regroupés dans la sous-famille MPALP-102A, à l'exception de MPALP-102A1, probablement plus caractéristique de la *Maiolica*. Les silex rougeâtres de la formation des *Scisti ad aptici* peuvent être confondus à l'œil nu avec des silex de la *Scaglia rossa* (*infra* « *Scaglia rossa* ») ; un examen mésoscopique permet toutefois de lever toute ambiguïté.

En l'état actuel, il semble plus prudent d'attribuer les échantillons archéologiques à une famille *Scisti ad aptici*/*Maiolica* indifférenciée.

Les matériaux de cette famille présentent une texture massive, parfois zonée (cf. 102A) ou litée (cf. 102B) et une matrice cryptocristalline, exceptionnellement microcristalline (102A4). Il s'agit donc de silex à très faible ou faible porosité surfacique. Ces matériaux sont opaques, à charge clastique apparente modérée (20 %) à forte (50 %), constituée très majoritairement par des radiolaires et secondairement par des minéraux de très petite taille. La composante chimique est représentée par des pelloïdes (parfois en amas correspondant au comblement de radiolaires) ; des grains et débris noirs ou bruns, fréquents mais avec des densités variables, pourraient être d'origine organique. Les radiolaires, très majoritairement spumélaires, sont parfois associés à des formes nasselaires ; leur conservation est extrêmement variable, avec, d'un côté, des exemplaires aux radioles préservées, en connexion ou isolées, de l'autre, des formes sphériques fantomatiques.

Aux Arene Candide (fig. 23, n^{os} 1 à 6 et fig. 24, n^{os} 1 à 9), ces matériaux sont bien représentés (n = 35) et constituent un ensemble quantitativement comparable au Barrémo-Bédoulien avec cependant répartition moins équilibrée entre les différentes phases.

En ACN-1A (n = 14) on compte sept éléments lamino-lamellaires avec quatre pièces potentiellement détachées par pression (codes 21, 212' et 3212') à talon facetté. On observe également six éclats minces (ou supports minces indéterminés), deux petits éclats et un débris. Ces éléments sont très peu retouchés : une troncature normale distale sur lamelle (TR32), un perçoir sur lamelle (BA34), utilisé pour le travail d'une matière dure animale, un trapèze à retouches abruptes (cf. BG22), probablement sur lamelle, défiguré par l'impact, et un fragment de burin dièdre axial (BC12), dont les traces d'utilisation n'ont pu être interprétées.

La petite série (n = 6) rapportée à la phase ACN-1B comporte trois éléments lamino-lamellaires : une lamelle recoupant des négatifs de crête postéro-latérale, une petite crête à deux versants et une néo-crête torse. Deux autres supports sont indéterminés et le troisième est un petit éclat. Aucun de ces supports n'est retouché ou utilisé.

En ACN-2A, la série est un petit peu plus consistante (n = 15). En revanche la part des lames et lamelles est faible (n = 5). Une seule pièce évoque la pression, il s'agit d'un fragment proximal large (code 123, mode 3 de J. Pelegrin) à talon facetté surplombant. Une lame large, qui s'inscrit dans un débitage bidirectionnel par percussion directe, est la seule pièce retouchée (retouches continues bilatérales, RA22). Deux lamelles et une micro-lamelle ont été détachées par percussion. Parmi les trois éclats minces, l'un à talon très concave indique l'usage de la percussion indirecte, un autre à talon dièdre écrasé suggère la percussion dure. La série est complétée par trois petits éclats et trois débris.

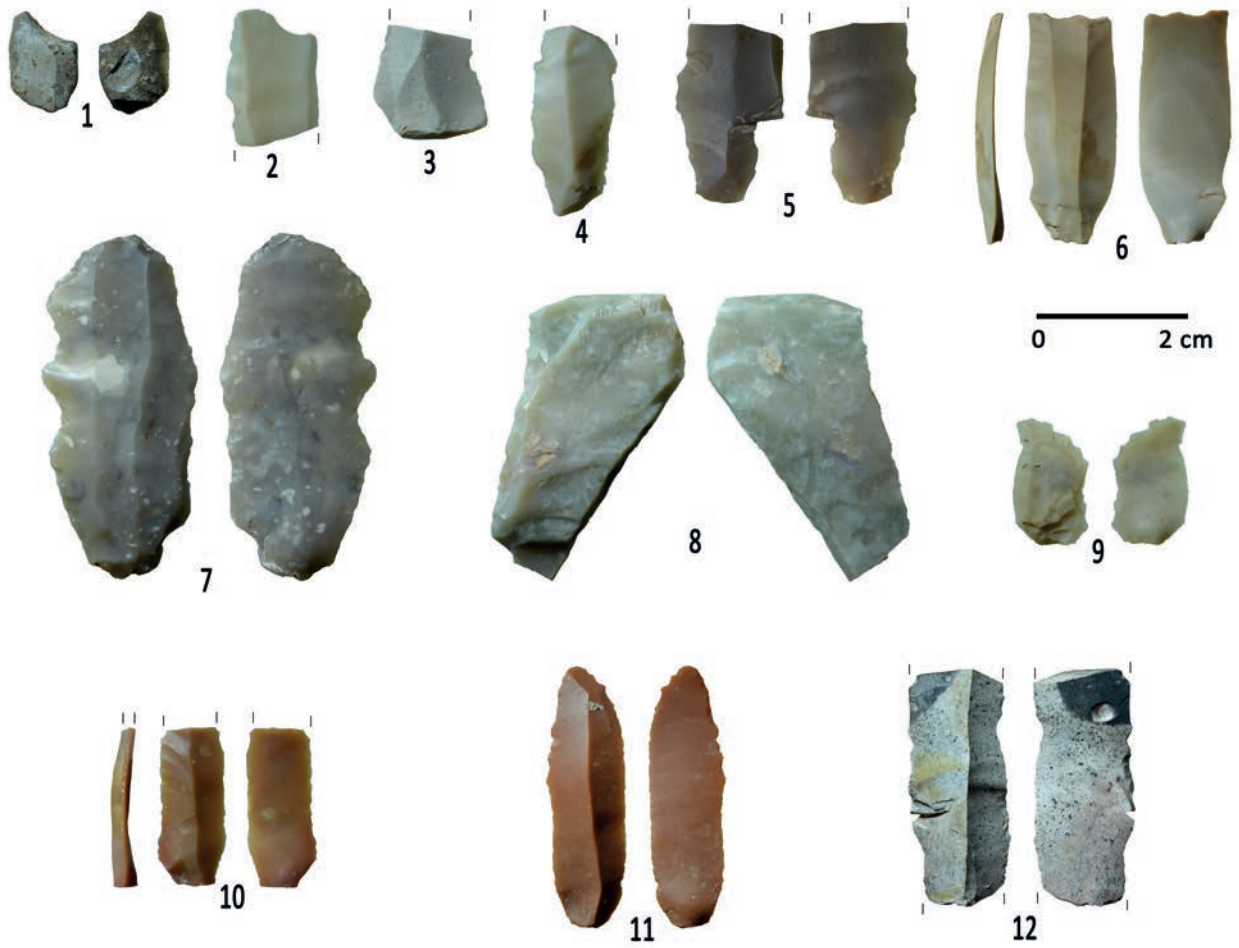


Fig. 23 – Industries sur silex marins du domaine adriatique. 1 à 7 et 10 : Arene Candide ; 8, 9, 11 et 12 : Pendimoun. Formations de Casa La Riva / Case Caldarola ; 1 : géométrique à retouches abruptes impacté et brûlé (ACN-1A #121) ; 2 à 5 : fragments distal et proximaux de lamelles (ACN-2A #022 et #017, ACN-1A #131 et #070) ; 6 : lamelle prismatique probablement détachée par pression, à troncature normale distale (ACN-1A #111) ; 7 : lame détachée par percussion sur un nucléus à débitage bidirectionnel (ACN-2A #191) ; 8 : éclat mince avec racloir senestre et burin proximal dextre (PND-1A #30096) ; 9 : petit éclat (PND-1B #27058). *Scaglia rossa umbro-marchigiana* ; 10 : fragment proximo-mésial de lamelle (ACN-2A #104) ; 11 : lamelle probablement détachée par pression, utilisée comme perçoir (PND-1 #ncQ16) ; 12 : fragment mésial de lame, brûlé (PND-1B #27272).

***Fig. 23** – Marine flint industries of the Adriatic domain. 1 to 7 and 10: Arene Candide; 8, 9, 11 and 12: Pendimoun. Casa La Riva / Case Caldarola formations; 1: impacted and burnt geometric with abrupt retouch (ACN-1A #121); 2 to 5: distal and proximal fragments of bladelets (ACN-2A #022 and #017, ACN-1A #131 and #070); 6: prismatic bladelet probably removed by pressure, with normal distal truncation (ACN-1A #111); 7: blade removed by percussion on a bidirectional core (ACN-2A #191); 8: thin flake with sinister scraper and proximal dexter burin (PND-1A #30096); 9: small flake (PND-1B #27058). Scaglia rossa umbro-marchigiana; 10: proximo-mesial fragment of bladelet (ACN-2A #104); 11: bladelet probably retouched by pressure, used as a borer (PND-1 #ncQ16); 12: mesial fragment of blade, burnt (PND-1B #27272).*

À Pendimoun, une pièce provenant de PND-1A peut être rapportée à cette famille de silex ; il s'agit d'un outil composite (DI1) sur éclat mince cassé (L = 40 mm), portant un racloir sénestre (RA1) et les traces d'un burin d'angle dextre (BC11). En PND-1B, on ne trouve qu'un petit éclat dans un matériau de la même famille (fig. 23, nos 8 et 9 et fig. 24, nos 10 à 14).

Scaglia rossa

Les formations de la *Scaglia rossa* connaissent une très vaste extension, avec deux composantes, septentrionale (*Bacino Veneto-Trentino*, fig. 22, no 3) et méridionale (*Bacino Umbro-Marchigiano*, fig. 22, no 4 ; Bertola, 2012 et 2016). Ces calcaires micritiques correspondent à des milieux de dépôt pélagiques avec des apports terrigènes significatifs. Ils couvrent la plus grande partie du Crétacé supérieur, le Paléocène et l'Éocène. Les silex sont constants dans les deux aires géographiques entre le Turonien et le Campanien (*membro selcifero inferiore* R1). En revanche, ils ne sont présents au sein des formations de l'Éocène inférieur et au début de l'Éocène moyen (*membro selcifero superiore* R4) qu'en Ombrie et dans les Marches ; les dépôts correspondants en Vénétie-Trentin sont en effet lacunaires.

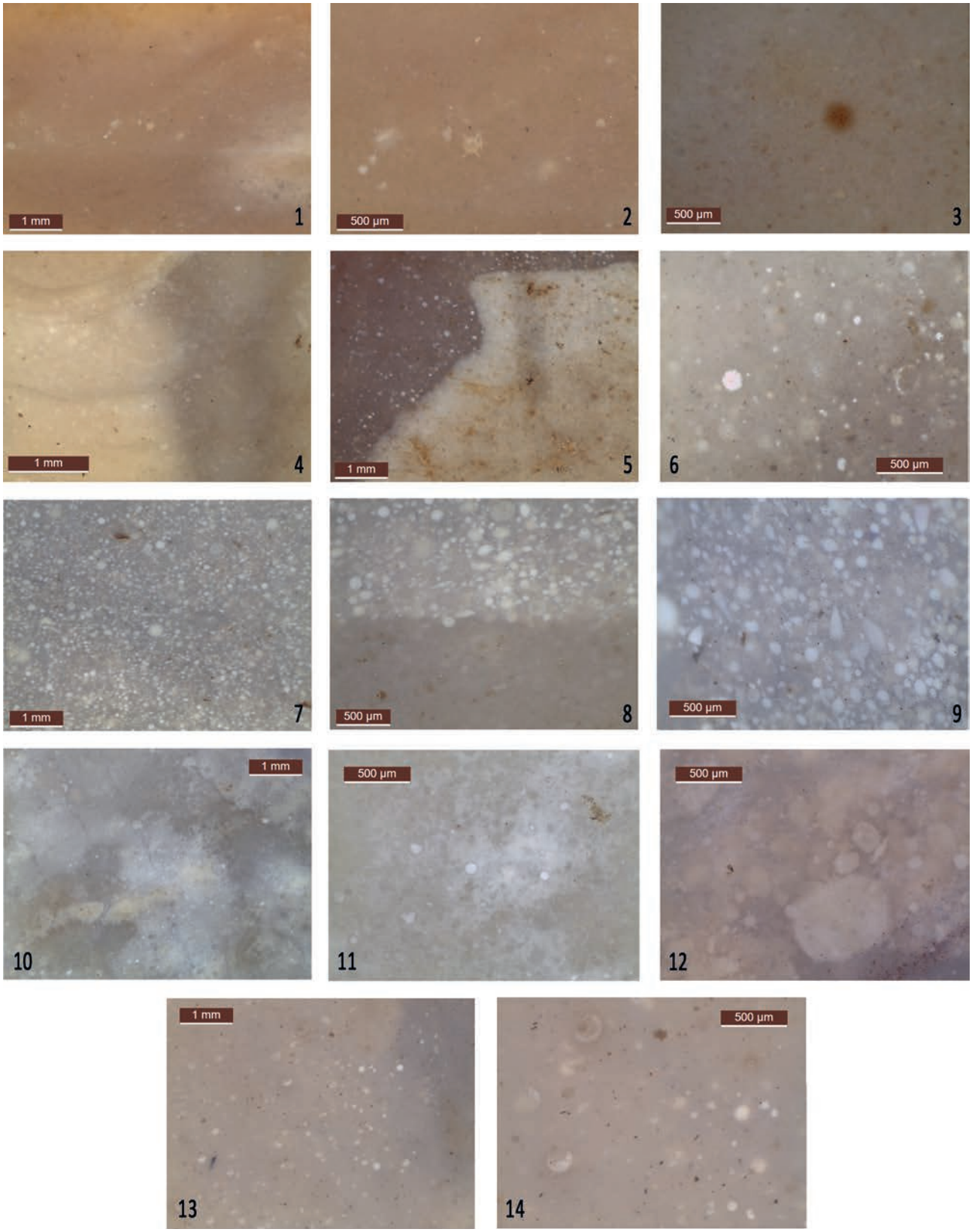


Fig. 24 – Silex à radiolaires attribués aux formations de Casa La Riva / Case Caldarola. 1 à 9 : Arene Candide ; 10 à 14 : Pendimoun. 1 à 3 : ACN-1A (#004 et #111) ; 4, ACN-1B (#103) ; 5 à 9 : ACN-2A (#017, #188 et #191) ; 10 à 12 : PND-1A (#30096) ; 13 et 14 : PND-1B (#27058).

***Fig. 24** – Radiolarian flints assigned to the Casa La Riva / Case Caldarola formations. 1 to 9: Arene Candide; 10 to 14: Pendimoun. 1 to 3: ACN-1A (#004 and #111); 4: ACN-1B (#103); 5 to 9: ACN-2A (#017, #188 and #191); 10 to 12: PND-1A (#30096); 13 and 14: PND-1B (#27058).*

Les silex de la *Scaglia rossa*, probablement ceux de la zone *umbro-marchigiana*, contribuent significativement à l'alimentation des *Sabbie gialle* du piémont émilien déjà évoqués (*supra* « Silex noirs des turbidites de Cervarola » ; fig. 22, n° 1). La diffusion des silex de la *Scaglia rossa* vers l'ouest est avérée dès le Paléolithique supérieur (Bertola *et al*., 2013 ; Tomasso, 2018). S. Ferrari a notamment montré que de petits galets de *Scaglia rossa*, prélevés en position secondaire dans ces sables constituaient le témoignage de la circulation périodique des castelnoviens d'Émilie-Romagne entre la plaine et la montagne (Ferrari, 2010).

D'une manière générale, ces silex, teintés en rouge par des oxydes de fer, ont une structure homogène avec une matrice cryptocristalline leur conférant une faible porosité surfacique. La charge clastique est généralement très élevée (30 à 50 %) avec une forte prédominance des bioclastes, en l'occurrence des foraminifères planctoniques. Des formes pelloïdes, probablement non chimiques, et des débris minéraux divers résultant des apports terrigènes, sont présents mais restent encore à caractériser.

Au-delà de ces traits communs, les deux termes stratigraphiques, crétacé et éocène, se distinguent clairement à raison de assemblages de foraminifères qu'ils contiennent (Bertola, 2012).

Les associations crétacées sont caractérisées par des foraminifères planctoniques de la famille des *Globotruncanidae* dont le test présente une double carène. Un seul échantillon du corpus examiné (PND#27272) s'y rapporte sans équivoque ; son origine est cependant ubiquiste (Italie du nord-est ou du centre-est).

Les associations éocènes sont en revanche caractérisées par des foraminifères planctoniques de la famille des *Globigerinidae* dont le test peut présenter un profil transversal avec une simple carène (cf. *Globorotalia* / *Morozovella*) ou être constitué de loges sphériques accolées (cf. *Acarinina* et *Turborotalia*). Ces matériaux originaires d'Italie centrale sont présents dans l'*Impressa*, aux Arene Candide et à Pendimoun, et dans le Castelnovien au Monte Frignone.

Aux Arene Candide (fig. 23, n° 10 et fig. 25, nos 1 à 3), nous avons attribué à la *Scaglia rossa* quatre éléments issus de débitages lamellaires. Les foraminifères sont mal conservés et il s'agit de ce fait d'une attribution par défaut. Ces échantillons proviennent de la phase ACN-2A. Il s'agit d'une part d'une pseudo-crête, détachée au percuteur dur, reprenant la corniche d'un nucléus à lamelles débitées par pression et d'autre part de trois éléments lamellaires à deux versants (code 21), plutôt étroits et courts, dont un, à talon facetté, présente des caractères diagnostiques de la pression. L'un de ces éléments, à enlèvements latéraux irréguliers (DI42), présente également des traces de travail de l'argile.

Ces matériaux sont également présents à Pendimoun (fig. 23, nos 11 et 12 et fig. 25, nos 4 à 9).

Dans la phase PND-1A, il s'agit d'une lamelle prismatique entière (code 321) détachée par pression avec un petit talon facetté. Le matériau est une *Scaglia rossa* éocène. Les bords présentent quelques enlèvements irréguliers tandis que l'extrémité porte des traces diagnostiques d'un travail de perçage ou d'alésage de peau sèche.

Pour la phase PND-1B, on observe un fragment mésial brûlé de lame probablement détachée par percussion dans une *Scaglia rossa* crétacée. Un fragment mésial brûlé de lamelle est par ailleurs rattaché à une *Scaglia rossa* indifférenciée.

La *Scaglia rossa* éocène est également présente dans les deux unités du dépôt castelnovien de San Romano di Garfagnana – Monte Frignone 2 où elle figure au sein d'une abondante industrie taillée dans des radiolarites et des silex voisins appartenant aux formations de la *Falda Toscana* (Dini et Notini, 2007 ; fig. 25, nos 10 à 14). Dans l'US2, il s'agit de quatre lamelles débitées par pression (dont une transformée en trapèze symétrique, BG22), de deux petits éclats et de deux débris, pour un total de plus de huit cents (804) restes de taille ; dans l'US1, on compte un nucléus et sept lamelles débitées par pression (dont trois microburins, TR22) et un éclat mince, pour un nombre de restes de taille similaire (806). Dans l'hypothèse où ces matériaux proviendraient des *Sabbie gialle*, il s'agirait d'acquisitions lointaines.

Silex d'origine indéterminée

La part des silex indéterminés, *i.e.* pour lesquels une attribution à un petro-faciès référencé dans les lithothèques de l'arc tosco-liguro provençal et de Rhône-Alpes-Auvergne, n'a pu être proposée, n'est pas excessivement élevée : au nombre de vingt aux Arene Candide et de cinquante-huit à Pendimoun. Il s'agit souvent de pièces altérées, notamment par le feu.

Au sein de cet ensemble, quelques échantillons provenant des Arene Candide (n = 5) et de Pendimoun (n = 7) peuvent cependant être décrits, au moins partiellement. Il s'agit pour la plupart de pièces uniques et notamment d'outils sur des supports lamino-lamellaires.

Silex laminé indéterminé

Aux Arene Candide (fig. 26, n° 1 et fig. 27, nos 1 à 3), un fragment de lame de la phase ACN-1A, a été débitée dans un silex jaune à orangé dont la texture laminée est révélée par la poronécrose. La charge clastique semble très faible (10 %), avec quelques pelloïdes et/ou grains oxydés et de rares bioclastes indéterminés (forme spiralée évoquant un gastéropode, éléments d'aspects fibreux). L'hypothèse d'une origine lacustre est vraisemblable et, dans ce cas, probablement provençale.

Cette lame (code 123), à troncature distale partielle (TR32), présente des caractères de régularité diagnostiques de la pression ; les traces d'utilisation indiquent un travail de raclage de l'argile.

Silex marin à Dasycladacées et Mélobésiées

Il s'agit de matériaux à matrice fine, crypto- à méso-cristalline, à rares pelloïdes. La charge clastique,

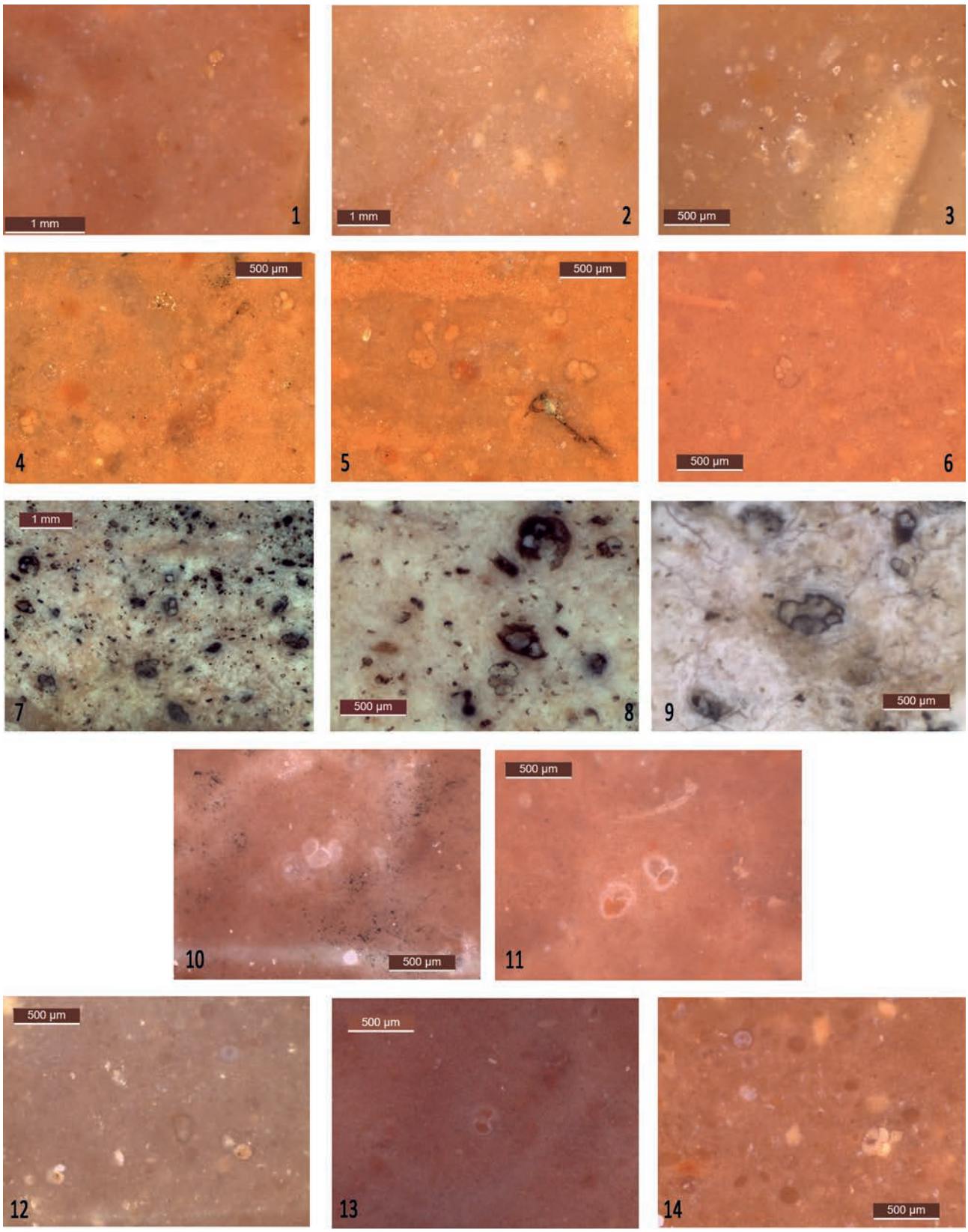


Fig. 25 – Silex attribués à la *Scaglia rossa umbro-marchigiana*. 1 à 3 : Arene Candide, faciès éocène (ACN-2A #016 et #104) ; 4 à 6 : Pendimoun, faciès éocène (PND-1#ncQ16) ; 7 à 9 : faciès crétacé, brûlée (PND-1B #27272) ; 10 à 14 : Monte Frignone, faciès éocène (MF2-US2 #114 et #120 ; MF2-US1 #152, #223 et #N004).

***Fig. 25** – Flints assigned to the Scaglia rossa umbro-marchigiana. 1 to 3: Arene Candide, Eocene facies (ACN-2A #016 and #104); 4 to 6: Pendimoun, Eocene facies (PND-1#ncQ16); 7 to 9: Cretaceous facies, burnt (PND-1B #27272); 10 to 14: Monte Frignone, Eocene facies (MF2-US2 #114 and #120; MF2-US1 #152, #223 and #N004).*

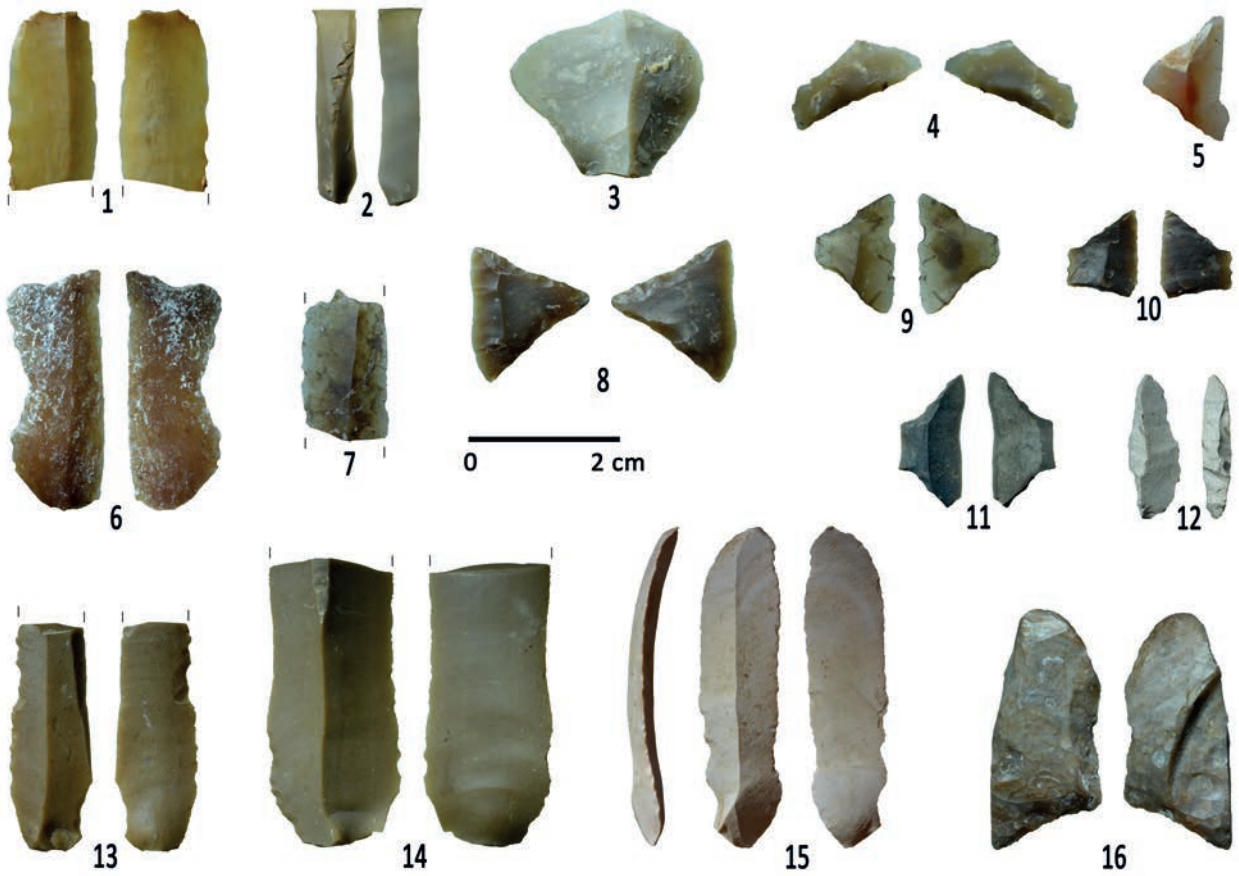


Fig. 26 – Industries sur silex d'origine indéterminée. 1 et 2, 13 à 16 : Arene Candide ; 3 à 12 : Pendimoun. 1 : fragment mésio-distal de lamelle (ACN-1A #001) ; 2 et 15 : lamelles (ACN-1A #226 et #115) ; 3 : éclat (PND-1B #47299) ; 4 et 8 : géométriques à retouches rasantes et semi-abruptes, types BG42 (PND-1B #ncO15 et #ncO15-N15) ; 5, 9 et 11 : géométriques à retouches abruptes directes, symétriques type BG22 (PND-1B #46264, #47484, #ncK19) et 10 : dissymétrique type BG21 (PND1B #ncM19) ; 6 : lamelle prismatique tronquée à enlèvements irréguliers cf. Montbani (PND-1A #ncN16) ; 7 : fragment mésial de lamelle (PND-1B #ncL19) ; 12 : lamelle aigue à bord abattu par retouches croisées (PND-1A #ncO15, possiblement héritée des niveaux du Mésolithique ancien) ; 16 : pièce esquillée sur éclat, brûlée (ACN-2A #217).

***Fig. 26** – Flint industries of unspecified origin. 1 and 2, 13 to 16: Arene Candide; 3 to 12: Pendimoun. 1: mesio-distal fragment of flake (ACN-1A #001); 2 and 15: flakes (ACN-1A #226 and #115); 3: flake (PND-1B #47299); 4 and 8: geometrics with semi-abrupt and flat retouch, types BG42 (PND-1B #ncO15 and #ncO15-N15); 5, 9 and 11: geometrics with direct abrupt retouch, symmetrical type BG22 (PND-1B #46264, #47484, #ncK19) and 10: asymmetrical, type BG21 (PND1B #ncM19); 6: truncated prismatic bladelet with irregular scars cf. Montbani (PND-1A #ncN16); 7: mesial fragment of flake (PND-1B #ncL19); 12: pointed backed bladelet with crossed retouch (PND-1A #ncO15, possibly inherited from Early Mesolithic levels); 16: splintered piece on flake, burnt (ACN-2A #217).*

assez élevée (30 à 40 %), contient des foraminifères benthiques, bisériés et trisériés, des radioles, des mégasclères de spongiaires généralement altérés et surtout des éléments alguaires parfois pluri-millimétriques. Ces derniers se rapportent à des Dasycladacées et à des Mélobésiées (comm. pers. J.P. Platel). Cette association indique un faciès de plateforme d'âge indéterminé.

À Pendimoun (fig. 26, n^{os} 3 et 4 et fig. 28, n^{os} 1 à 8), cette famille est présente dans la phase PNB-1B, d'une part sous la forme d'une armature à retouches bifaciales symétriques (BG42) recyclée pour le travail de la peau et d'un éclat épais et d'autre part sous la forme d'un éclat sans retouches ni traces.

Aux Arene Candide (fig. 26, n^{o} 2 et fig. 28, n^{o} 9), dans la phase ACN-1A, une lamelle épaisse, possible ouverture de nucléus sur éclat, est attribuée à ce petro-faciès ; cette pièce ne présente pas de traces d'utilisation.

Silex marin à Dasycladacées

Il s'agit d'un silex à matrice fine et très forte charge clastique (de l'ordre de 40-50 %) constituée par de nombreux quartz détritiques de grande taille (40-80 µm), des *boxworks* à tapissage d'oxydes de fer et des bioclastes ou fragments de bioclastes de taille très variable (entre quelques dizaines de microns et quelques millimètres). La composante chimique (pelloïdes d'oxydes de fer parfois en amas) est visible dans les parties les plus translucides. Les bioclastes sont pour la plupart des fragments d'algues (cf. Dasycladacées). Ce diagnostic se fonde sur la présence de sections de thalles et de formes ovoïdes (ampoules, 1.5 mm) évoquant des organes génitaux. La lisibilité de ces bioclastes est fortement limitée du fait de leur envahissement par une poronécrose blanche particulièrement réfléchissante. A côté de ces formes de

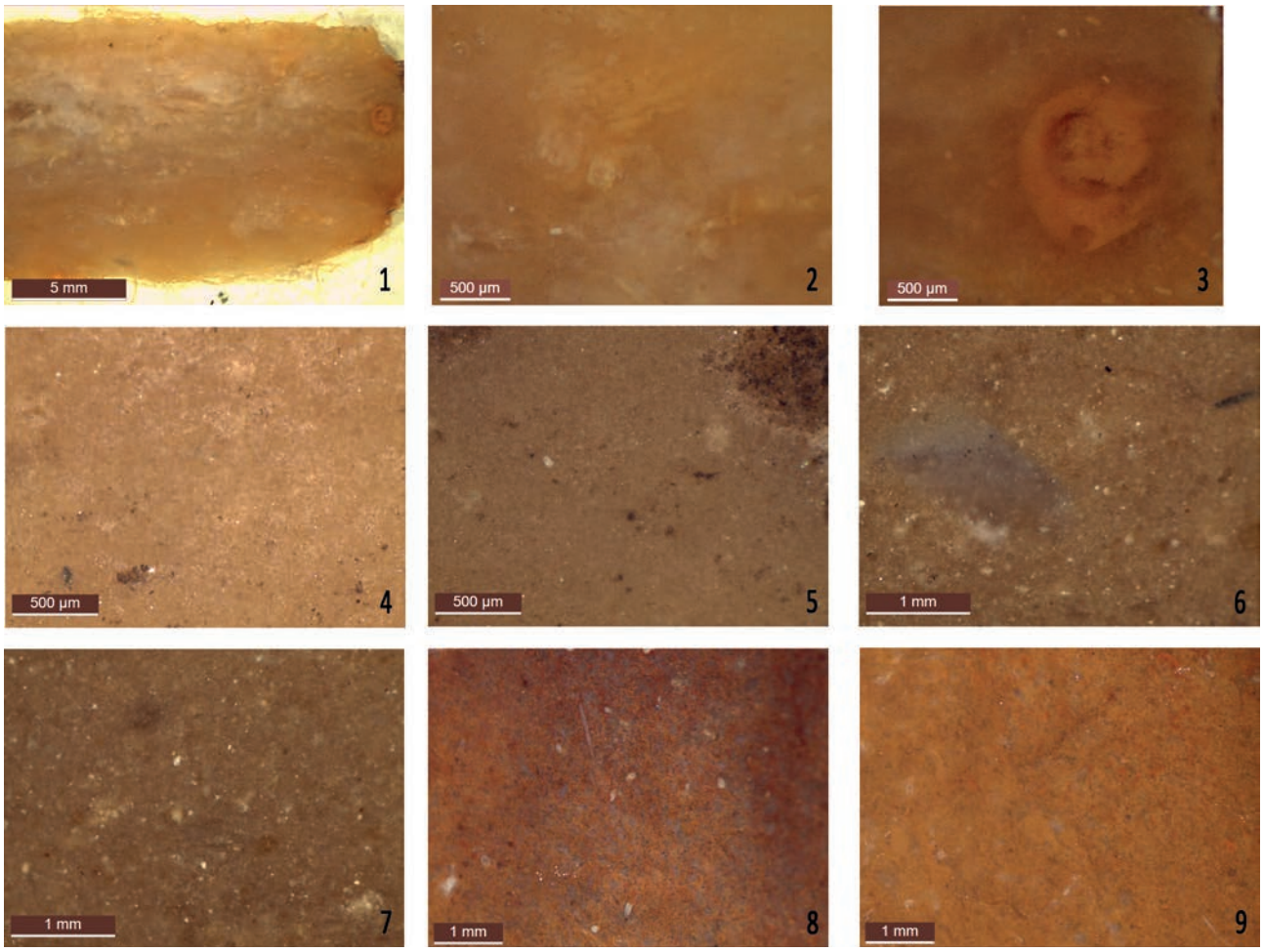


Fig. 27 – Silex indéterminés, Arene Candide. 1 à 3 : aspect laminé à rares bioclastes (ACN-1A #001) ; 4 à 9 : silex marins, turoniens ou bédouliens, repris ? (ACN-1A #100 et #101).

***Fig. 27** – Unspecified flints, Arene Candide. 1-3: laminated aspect with rare bioclasts (ACN-1A #001); 4-9: marine, Turonian or Bedoulian flints, in secondary position? (ACN-1A #100 and #101).*

grande taille, on observe quelques tests de foraminifères, incluant un type à loges sphériques accolées évoquant des planctoniques (*Globigerinidae*).

Ce matériau est présent à Pendimoun, phase PND-1B (fig. 26, n° 6 et fig. 29, n^{os} 1 à 6) sous la forme d'une lamelle prismatique détachée par pression (code 1234) avec un talon à fort dévers sénestre, facetté ; la pièce porte une troncature normale distale (TR32) et des encoches (DI42) comparables à celles des lames « Montbani ».

Silex marin à boxworks, radioles, algues et foraminifères

Ce silex brun-jaune à rougeâtre, homogène, présente une forte densité (10-20 %) de formes rhomboédriques (10-15 µm), pour la plupart tapissées d'oxydes de fer (*boxworks*). S'y ajoutent de rares foraminifères benthiques de petite taille (50 µm) colorés en noir, des fragments de radioles d'échinides et des algues.

Ce matériau est présent à Pendimoun (fig. 26, n° 7 et fig. 30, n^{os} 1 à 3), phase PND-1B, sous la forme d'un fragment mésial de lamelle à deux versants (code 12), sans retouches ni traces.

Silex marin à oxes et rares foraminifères

Il s'agit d'un silex translucide, jaunâtre à rougeâtre, à charge clastique variable selon les zones, très forte (50 %) à faible (10-20 %), à raison de l'importance de la poronécrose intra-clastique, qui met ou pas en évidence la composante bioclastique. La fraction minérale est représentée par des quartz détritiques de forte taille (jusqu'à 150 µm) et la composante chimique par des pelloïdes d'oxydes de fer. Les bioclastes sont principalement des spicules mégasclères d'éponges, bipointes (oxes) ou monopointes (styles), épigénisés en blanc ou tapissés d'oxydes. Quelques foraminifères de petite taille (40 à 50 µm) sont colorés en noir ou en brun-rouge.

Ce matériau est présent à Pendimoun (fig. 26, n° 5 et fig. 30, n^{os} 4 à 6), phase PND-1B sous la forme d'un triangle à troncatures directes (BG22), portant des traces d'impact caractéristiques, pris sur une lamelle à deux versants et résidu cortical.

Silex marin à spicules monoaxones

Il s'agit d'un silex de couleur brune caractérisé par une abondance modérée (20-30 %) de petits clastes

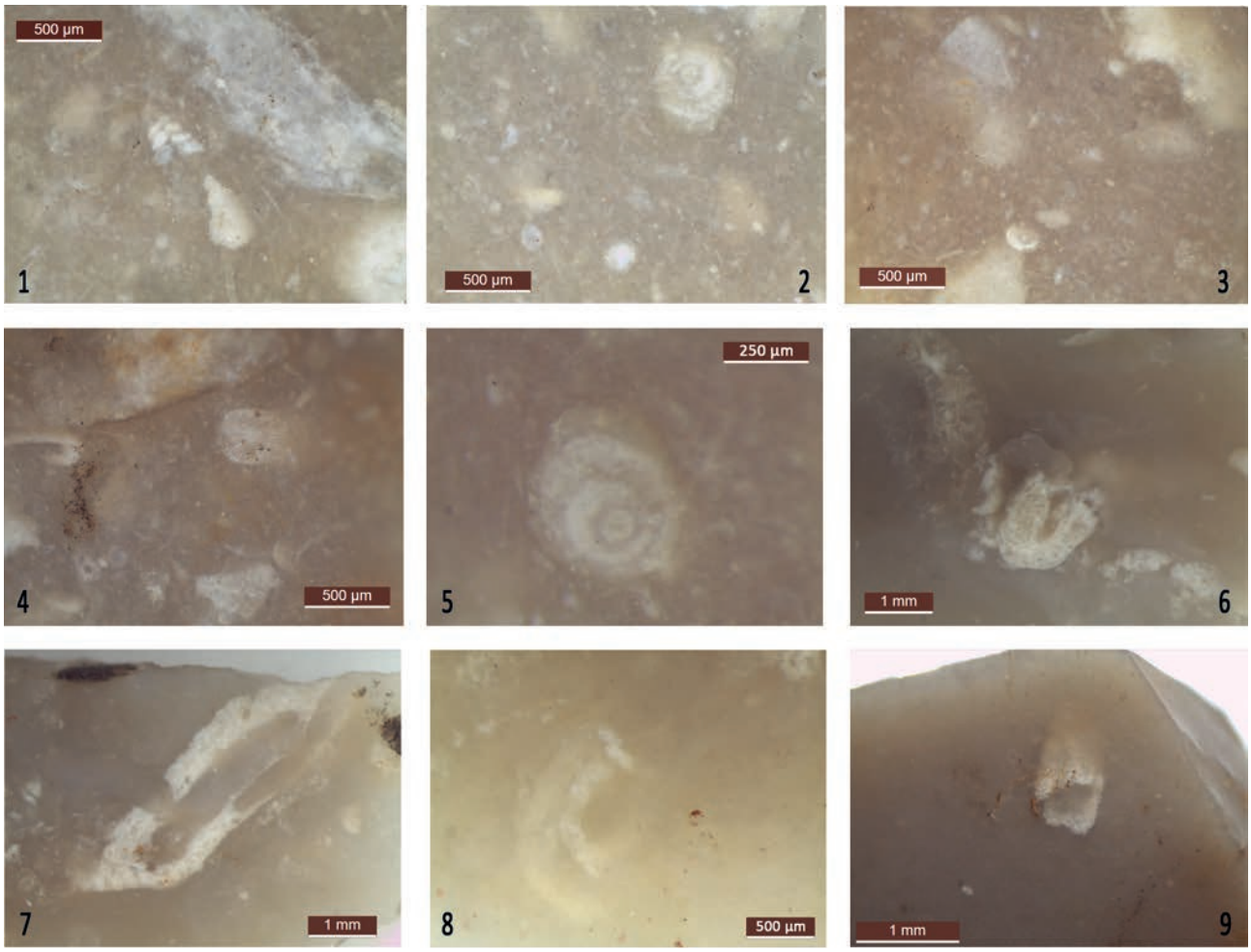


Fig. 28 – Silex marin à Dasycladales et Mélobésiées. 1 à 8 : Pendimoun (PND-1B #42799 et #ncO15) ; 9 : Arene Candide (ACN-1A #226).
***Fig. 28** – Dasycladales and Melobesiaceae marine flints. 1-8: Pendimoun (PND-1B #42799 and #ncO15); 9: Arene Candide (ACN-1A #226).*

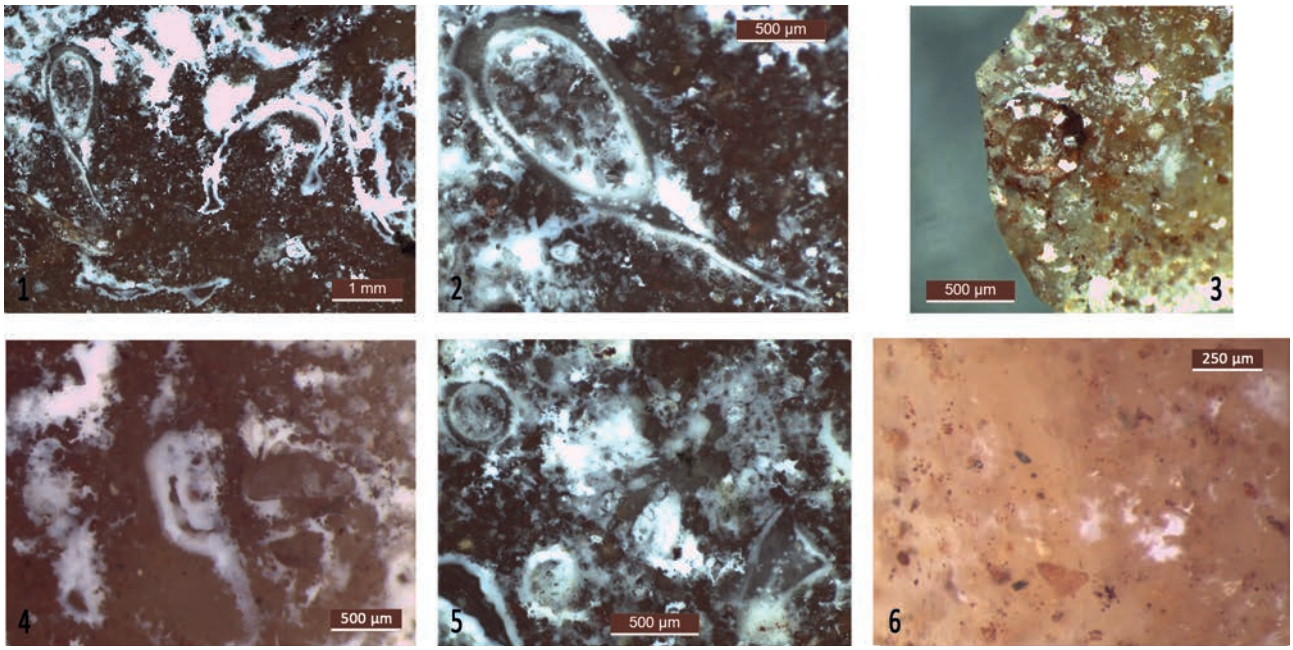


Fig. 29 – Silex marin à Dasycladacées, Pendimoun. 1 à 6 : PND-1A (#ncN16).
***Fig. 29** – Dasycladaceae marine flint, Pendimoun. 1 to 6: PND-1A (#ncN16).*

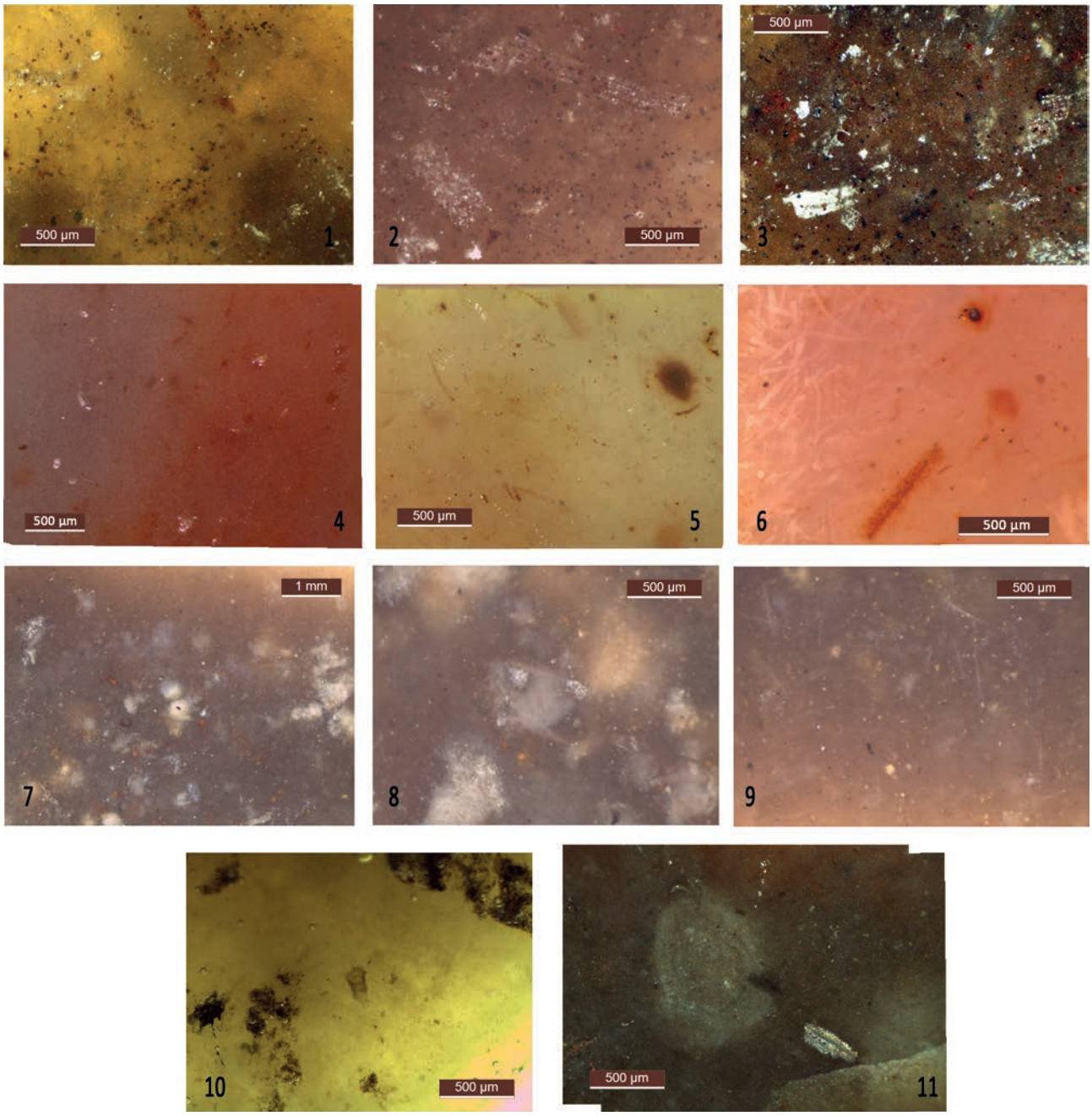


Fig. 30 – Silex indéterminés, Pendimoun. 1 à 3 : silex marin à boxworks, foraminifères, radioles et algues (PND-1B #ncL19) ; 4 à 6 : silex marin à oxes et foraminifères (PND-1B #46264) ; 7 à 9 : silex marin à spicules (PND-1B #ncO15-N15) ; 10 : silicite à débris organiques (PND-1B #47484) ; 11 : silicite à débris organiques et bioclaste indéterminé (PND-1B #ncK19).

***Fig. 30** – Unspecified flints, Pendimoun. 1 to 3: marine flint with boxworks, foraminifera, radiolae and algae (PND-1B #ncL19); 4 to 6: marine flint with oxes and foraminifera (PND-1B #46264); 7 to 9: marine flint with spicules (PND-1B #ncO15-N15); 10: silicite with organic debris (PND-1B #47484); 11: silicite with organic debris and indeterminate bioclast (PND-1B #ncK19).*

indéterminés (10-20 µm) régulièrement dispersés. La composante chimique est représentée par des pelloïdes de fer et l'on observe des taches blanches diffuses liées une importante porosité inter-clastique. Les principaux bioclastes observés sont des spicules monoaxones (plus probablement leur canal médullaire révélé par la poro-nécrose), des débris de spongiaires et un grand bioclaste indéterminé, de rares éléments teintés en noir ou en blanc pourraient correspondre à des foraminifères.

Ce matériau est présent à Pendimoun (fig. 26, n° 8 et fig. 30, nos 7 à 9) phase PND-1B sous la forme d'un triangle à retouches bifaciales symétriques (type BG42 cf. Châtelet)

Silicite à débris organiques

Ce silex translucide de couleur jaunâtre est caractérisé par une faible proportion apparente de clastes (<10 %). On observe quelques débris noirs parmi lesquels un

fragment probablement végétal, possiblement un tube racinaire.

Ce matériau est présent à Pendimoun (fig. 26, n° 9 et fig. 30, n° 10), phase PND-1B sous la forme d'un trapèze symétrique (BG21) portant des traces d'impact caractéristiques.

Silicite à débris organiques

Ce silex de couleur brune est caractérisé par une abondance apparente modérée (10-20 %) de clastes (incluant quelques débris noirs) et de pelloïdes oxydés de très petite taille (3 à 5 µm). On observe également un bioclaste ovoïde (*ca.* 800 µm) avec une paroi à structure radiée.

Ce matériau est présent à Pendimoun (fig. 26, n° 10 et fig. 30, n° 11), phase PND-1B sous la forme d'un trapèze dissymétrique BG21).

Silex marins provençaux repris (Barrémo-Bédoulien, Turonien)

Quelques éléments des Arene Candide, appartenant tous à la phase la plus ancienne, ACN-1A, sont placés dans cette rubrique à raison de convergences potentielles d'aspects (à cette échelle d'observation) entre des matériaux blonds ou bruns d'origine barrémo-bédoulienne ou turonienne probablement repris ou altérés (fig. 26, nos 13 et 14 et fig. 27, nos 4 à 9).

Un éclat mince cortical (#209) a été détaché d'un galet qui ne présente pas de traces de retouche ou d'usage. Il pourrait s'agir de silex turonien venant des conglomérats de la zone frontalière où ces matériaux sont parfois présents ; toutefois la couleur orangée est inhabituelle dans ces dernières formations où ces matériaux repris sont généralement gris ou jaune-pâle.

Un fragment proximo-médial de lamelle prismatique (code 3212') débitée par pression, à enlèvements irréguliers (DI42) montre une utilisation comme élément de faucille avec un emmanchement oblique (#101). On observe une assez forte charge clastique (de l'ordre de 20 à 30 %) représentée par des éléments blancs (potentiels rhomboèdres), des débris noirs et des fantômes de foraminifères. Cet élément pourrait être attribué à un aspect de silex bédoulien mais l'altération est trop importante pour conclure en l'état actuel.

Un fragment proximo-mésial de lame a été utilisé pour le travail de l'argile. Il s'agit d'une pièce détachée par pression sur un plan facetté surplombant à deux enlèvements parallèles (code 12) encadrant un résidu central néo-cortical qui va dans le sens d'une collecte en position secondaire (#100). Une poronécrose intense, opacifiante, ne permet pas de reconnaître les clastes à cette échelle d'observation ni de proposer une attribution.

Autres silicites indéterminées

Aux Arene Candide il s'agit de quinze pièces, pour la plupart altérées ou brûlées (par ex. fig. 26, nos 15 et 16). On compte huit petits éclats et débris, un fragment d'éclat mince et trois pièces esquillées (DI22), dont une présente des traces de travail d'une matière minérale. Enfin on compte une lamelle et deux fragments de lamelles ; la pièce entière (code 12) dont le talon présente un fort dévers latéral est probablement détachée par pression.

À Pendimoun, cinquante-et-une pièces n'ont pu faire l'objet d'une description suffisante à raison de leurs faibles dimensions ou de leur altération par le feu (par ex. fig. 26, nos 11 et 12). Pour la plupart d'entre elles (n = 46), il s'agit de débris et de petits éclats provenant des phases PND-1-indivise (n = 1), PND-1A (n = 4) et PND-1B (n = 41) avec cinq éléments (un en PND-1A et quatre en PND-1B) susceptibles de provenir de formations lacustres ou laguno-lacustres du fait de la présence de characées. On compte par ailleurs cinq éléments lamino-lamellaires, dont deux potentiellement sur des silicites lacustres. En PND-1A il s'agit d'une lamelle à bord abattu (BA41) en silex patiné en blanc qu'il faut probablement considérer comme résultats de remontées (terriers, déblais, etc.) depuis les niveaux du Mésolithique ancien sous-jacent. En PND-1B, il s'agit d'une lamelle à crête très irrégulière et de deux fragments, proximal et mésio-distal, de lamelles, l'une à deux versants (code 12), l'autre à versant cortical (code K12), sans retouches. Enfin cette phase livre un trapèze symétrique à troncatures concaves (BG22) sur lamelle prismatique (code 212'). PND-1B livre par ailleurs un éclat présentant des traces de travail de la peau.

QUARTZ HYALIN DES COUVERTURES SÉDIMENTAIRES SUB-BRIANÇONNAISES ET LIGURES

Des éléments débités à partir de monocristaux de quartz hyalin n'ont été identifiés qu'à Pendimoun. La caractérisation des quartz est un problème complexe qui nécessite de nouvelles recherches. Au-delà du fait qu'elles sont destructives, les analyses d'inclusions fluides fondées sur la chauffe contrôlée des échantillons (Cousseran, 2001) offrent des difficultés d'interprétation en raison de l'impossibilité à reconnaître une chauffe accidentelle intervenue dans le contexte de l'utilisation ou du rejet des produits de débitage. Des tentatives d'analyse élémentaire non destructive par LA-ICP-MS, mises en œuvre par l'un d'entre nous (BG) à l'IRAMAT (CEB, Orléans) sur des échantillons géologiques de référence, se sont révélés infructueuses en raison du faible rendement d'ablation obtenu avec le protocole employé, sur un matériau transparent à la longueur d'onde utilisée (193 nm), de la grande pureté du matériau (teneurs des impuretés proches des limites de détection de la méthode) et enfin de l'absence d'un référentiel de comparaison exhaustif, tel celui dont on dispose pour l'obsidienne.

En l'état actuel, les caractères discriminants concernent l'habitus des cristaux : dimensions, macles, morphologie des pyramidions et de l'interface prisme/pyramide, inclusions (Rostan, 1983 et 2005). Bon nombre

de ces observations sont cependant impossibles à partir des restes de taille.

Les quartz ont été observés et documentés dans les mêmes conditions que les silicites (*supra* « Contextes et méthodes d'analyse »).

Les travaux de P. Rostan ont permis de composer un tableau assez complet des ressources potentielles en quartz dans le sud-est de la France, entre Grenoble, Marseille et Nice (Rostan, 2005). Si l'on prend en premier lieu des critères d'aptitude à la taille, deux ressources principales d'intérêt ont pu être identifiées et reconnues par ailleurs pour les séries néolithiques de Provence orientale (Binder, 2016).

Les quartz provenant du socle cristallin (filons et fentes alpines de l'Oisans, haute Romanche, Maurienne et Tarentaise) présentent toutes les qualités requises pour la taille, notamment par pression, en termes de dimensions, de géométrie et d'homogénéité. Ils sont caractérisés notamment par des empilements de chlorites localisées à la base du prisme, au plus près de la roche encaissante (fig. 32, n^{os} 1 à 3). En outre ces contextes présentent des traces d'exploitation très bien caractérisées, *a minima* à partir du Chasséen (Rostan, 2005 ; Rostan *et al*., 2016). Des contextes géologiques similaires, plus proches des sites archéologiques ligures et provençaux, comme les granites de l'Argentera-Mercantour, se distinguent jusqu'ici par des cristaux de taille beaucoup plus réduite et apparemment insuffisante pour y construire des débitages.

Les quartz-fenêtres, provenant des contextes subalpins, caractérisés par des inclusions d'argiles et hydrocarbures « *en forme de micro-canaux parallèles, souvent fourchus* » et des figures de croissance typiques « *en escalier souvent triangulaires* » (Rostan, 2005 ; fig. 32, n^{os} 4 à 7), constituent la seconde source significative de cristaux. Les gisements sont largement distribués dans le domaine subalpin entre la Suisse et la Ligurie, dans des fissures ouvertes aux dépens de grès ou de calcaires, avec une très vaste répartition chronologique, du Jurassique à l'Oligocène. Si l'on s'en tient aux domaines méridionaux, la principale concentration connue se situe dans les Alpes-de-Haute-Provence (secteur d'Allos et Bauvezer, dans la haute vallée du Verdon), ces cristaux de quartz à fenêtres sont toutefois attestés en Ligurie dans la vallée de la Nervia (fig. 31). Ils présentent une aptitude à la taille médiocre en raison de la forte densité d'inclusions. Contrairement aux monocristaux de quartz des fentes alpines qui apparaîtront plus tard, à partir du Cardial, dans différents sites de Ligurie et de Provence, ces cristaux de quartz-fenêtres sont inaptes au débitage laminaire.

À Pendimoun, l'*Impressa* a livré quelques dizaines d'éléments (n = 73) en cristal de roche.

La phase PND-1A compte onze éléments : trois fragments de cristaux non taillés, cinq débris, deux petits éclats et une petite pièce esquillée (DI22). Seul un des petits éclats présente des caractères diagnostiques du faciès fenêtre.

La série de PND-1B regroupe cinquante-et-un éléments parmi lesquels un fragment de cristal non taillé

Fig. 31 – Localisation schématique des quartz fenêtres des flysch de la zone sub-briançonnaise et ligure. 1 : secteur de la Nervia ; 2 : secteur du Haut-Verdon (Allos – Bauvezer).
***Fig. 31** – Schematic location of the « window » quartz of the flysch of the sub-Briançonnaise and Ligurian zone. 1: Nervia sector; 2: Upper Verdon sector (Allos - Bauvezer).*

mais présentant sur le pyramidion des traces de piquetage résultant du travail d'un matériau dur indéterminé. Les autres éléments se répartissent en quarante-et-un débris, sept petits éclats ainsi que deux micro-lamelles. Parmi ces éléments, quatre débris et un fragment de cristal présentent des caractères diagnostiques du faciès fenêtre.

Enfin, un fragment de cristal, huit débris, un petit éclat et un éclat mince proviennent de PND-1-indivise ; le cristal et le petit éclat sont diagnostiques du faciès fenêtre.

Quelques exemplaires (n = 8) présentent des inclusions typiques des quartz fenêtres subalpins et, contrairement à ce que l'on observe dans les strates postérieures de Pendimoun, ou des horizons de Giribaldi également datés du V^{e} millénaire, il n'y a aucun élément qui permette de renvoyer aux contextes des fentes alpines ; c'est donc à la famille des quartz subalpins que l'ensemble de la collection doit être attribué par défaut. L'hypothèse d'une provenance voisine, depuis la Nervia (*ca.* 20 km), plutôt que depuis le Haut-Verdon, est sans doute la plus économique.

OBSIDIENNES

Contextes et méthodes d'analyse

Les obsidiennes nouvellement identifiées et analysées dans le cadre de cette étude, proviennent des Arene Candide (fouilles R. Maggi, 2002 *et sq*.). Il faut ajouter à cela un élément provenant d'une collection de surface de Tourrettes-de-Fayence – Chautard (Binder *et al*., 2014).

Les déterminations se fondent sur l'étude récente des obsidiennes de Renaghju et I Stantari (Orange *et al*. 2018) et sur les référentiels conservés à l'IRAMAT - Centre Ernest-Babelon (Orléans) qui incluent des échantillons des différentes coulées identifiées en Méditerranée occidentale (*inter alia* Buchner, 1949) : Pantelleria (Balata dei Turchi, Gelkhamar et Lago di Venere), Lipari (Acquacalda, Gabellotto et Monte della Guardia), Palmarola (Monte Tramontana et Punta Vardella), Sardaigne – Monte Arci SA (Concas Cannas

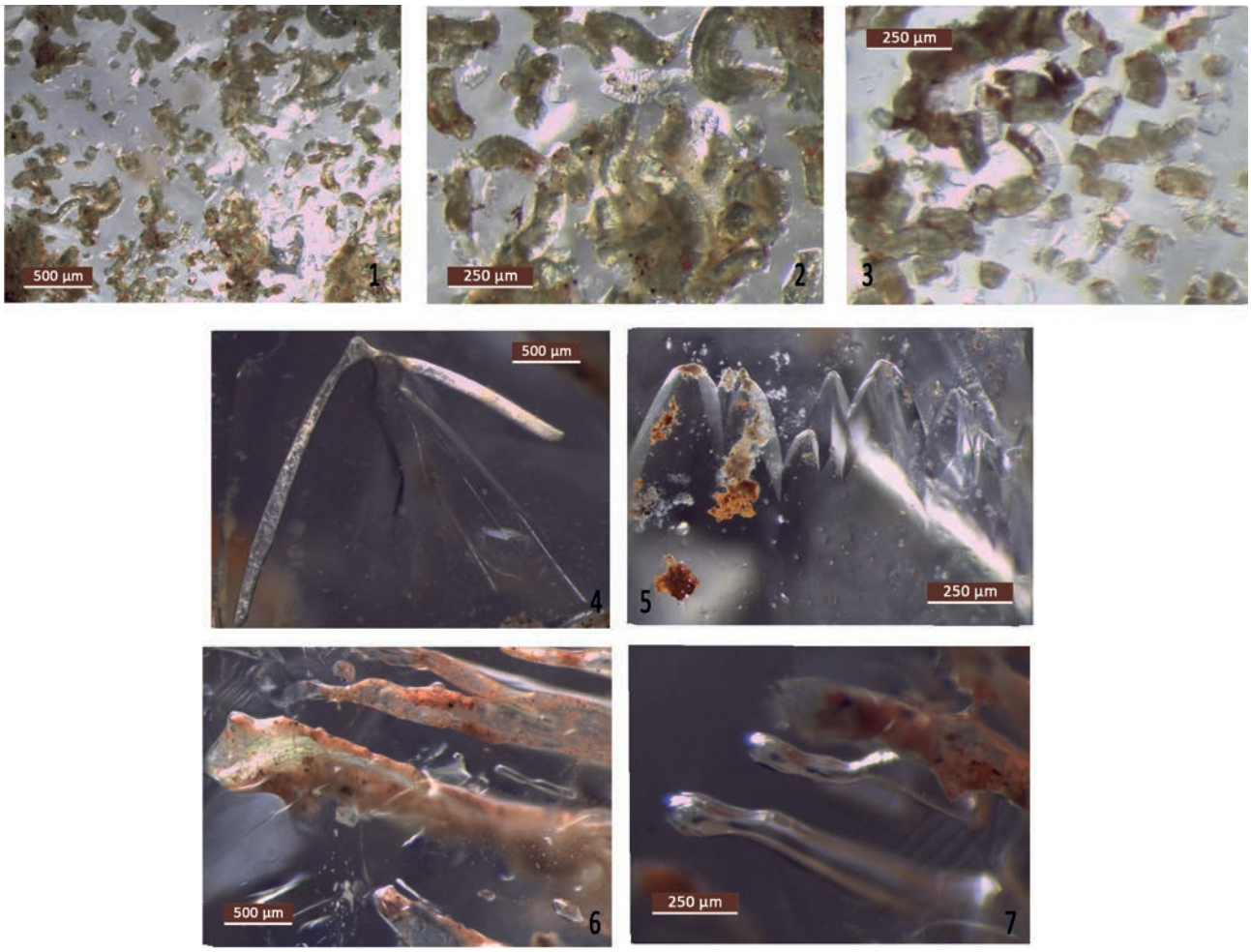


Fig. 32 – Industrie sur quartz, Pendimoun. 1 à 3 : aspects des quartz attribués aux fentes alpines (PND-2A #43750 et #44039) ; 4 à 7 : aspects des quartz attribués au flysch de la zone sub-briançonnaise et ligure (PND-2A, #45319 et hors-stratigraphie #ncN23).
***Fig. 32** – Quartz industry, Pendimoun. 1 to 3: aspects of quartz attributed to the Alpine lenses (PND-2A #43750 and #44039); 4 to 7: aspects of quartz attributed to the flysch of the sub-Briançonnaise and Ligurian zone (PND-2A, #45319 and off-stratigraphy #ncN23).*

et Su Paris), SB1 (Punta Su Zippiri), SB2 (Cucru Is Abis, Seddai, Conca S'Ollastu et Bruncu Perda Crobina) et SC (Punta Pizzighinu/Perdas Urias). Ces sources sont différenciées par différentes méthodes d'analyse qui mettent en évidence sans équivoque leurs signatures géochimiques spécifiques (Cornaggia Castiglione *et al*., 1963 **;** Hallam *et al.*, 1976 **;** Francaviglia, 1984 **;** Crisci *et al*., 1994 **;** Tykot, 1996 **;** Poupeau *et al*., 2004 **;** Acquafredda *et al*., 2006 **;** Orange *et al.* 2018). Leur distribution en Méditerranée centrale et occidentale au début du Néolithique a déjà fait l'objet de plusieurs synthèses (*inter alia* Pessina et Radi, 2006 **;** Binder *et al*., 2012 **;** Muntoni, 2012 **;** Le Bourdonnec *et al*., 2015).

Dans le passé, des analyses par activation neutronique avaient été conduites à Milan sur des obsidiennes provenant des fouilles anciennes (Ammerman *et al*., 1997). Ces analyses avaient porté sur l'ensemble de la séquence néolithique, et notamment sur l'*Impressa sensu lato.* Ces horizons ont livré vingt-cinq éléments : fouilles L. Bernabò Brea (Bernabò Brea, 1946 et 1956 ; Maggi, 1997), six éléments provenant des niveaux 24-25C, 25, 26, 26A-B et 28 (n = 2) ; fouilles S. Tiné (Tiné, 1999), dix-neuf éléments répartis entre les niveaux 14 (n = 10) et 15 (n = 9).

La nouvelle série provenant de l'*Impressa* et du Cardial des Arene Candide (fig. 33) comporte douze pièces parmi lesquelles seulement cinq proviennent de l'*Impressa* (aspects ACPS puis PND) et sept du Cardial ancien et final.

Toutes les analyses ont été réalisées à Orléans par LA-ICP-MS avec le spectromètre Element XR de Thermo Fisher couplé à la sonde d'ablation laser Resolution M50E de Resonetic. Les mesures ont été *a minima* dupliquées pour chaque échantillon.

Résultats

Parmi les douze pièces des Arene Candide étudiées, une se rattache à Palmarola (*ca.* 700-720 km), les autres à la Sardaigne (*ca.* 630-640 km) et plus précisément une à SA, cinq à SB2 et cinq à SC (tabl. 5 **;** fig. 34).

On observe la présence de nombreuses inclusions au sein des obsidiennes rattachées à SB2 et SC principalement ; il s'agit de ferromagnésiens avec ou sans terres rares légères et d'inclusions plus riches en Mg, Ti, Sr et Ba. On observe aussi dans trois cas une substitution entre Na et K probablement liée pour deux d'entre eux (ACN-2A, # 105

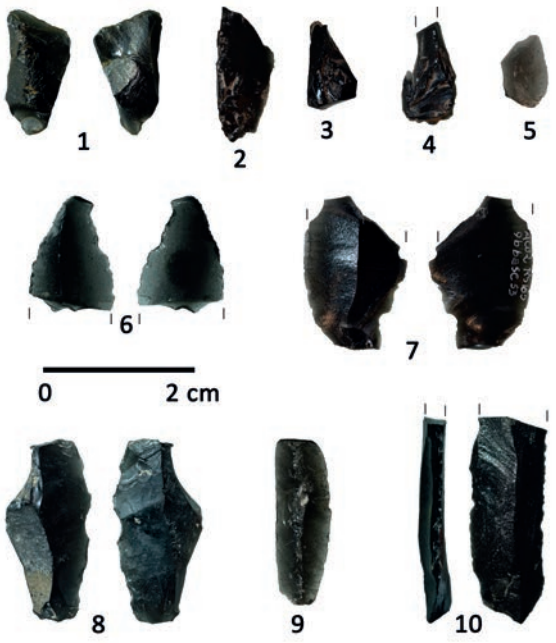


Fig. 33 – Industries sur obsidiennes. Chautard ; 1 : petit éclat cortical (CHT #018). Arene Candide ; 2 et 3 : débris (ACN-1A #065 et ACN-1B #080) ; 4 et 5 : petits éclats (ACN-2A #007 et #019) ; 6 : fragment distal de lamelle (ACN-1A #227) ; 7 : éclat (ACN-1B #184) ; 8, pièce esquillée sur éclat à résidu cortical (ACN-2A #105) ; 9 : lamelle à crête à un versant, réfléchie (ACN-1B #185) ; 10 : fragment proximo-mésial de lamelle (ACN-2A #156).

***Fig. 33** – Obsidian industries. Chautard; 1: small cortical chip (#018). Arene Candide; 2 and 3: debris (ACN-1A #065 and ACN-1B #080); 4 and 5: small flakes (ACN-2A #007 and #019); 6: distal fragment of bladelet (ACN-1A #227); 7: flake (ACN-1B #184); 8: splintered flake with cortical residue (ACN-2A #105); 9: single-sided crested bladelet, hinged (ACN-1B #185); 10: proximal fragment of flake (ACN-2A #156).*

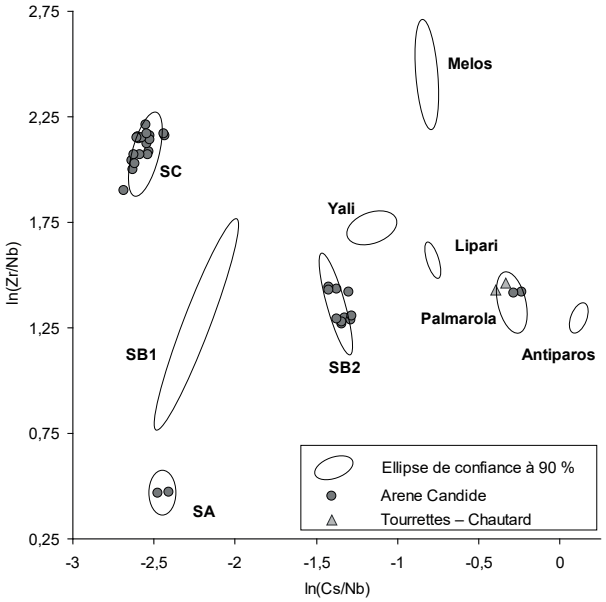


Fig. 34 – Arene Candide (Impressa et Cardial) et Chautard. Différenciation des sources d'obsidienne par LA-ICP-MS : distribution des obsidiennes en fonction des rapports ln(Cs/Nb) vs. ln(Zr/Nb). Ellipse de confiance des principaux gisements d'obsidienne méditerranéens (d'après Orange *et al.*, 2018). L'ensemble des analyses effectuées est représenté, de deux à dix points par échantillon : deux échantillons attribués à Palmarola (ACN-1A #65, et Chautard) ; un échantillon attribué à SA (ACN-1B #185) ; cinq échantillons attribués à SB2 (ACN-1A #227, ACN-2A #19 et #105, ACN-2B #107, ACN-3, #61) ; cinq échantillons attribués à SC (ACN-1B #80 et #184, ACN-2A #7, ACN-2A #156, ACN-3, #54).

***Fig. 34** – Arene Candide (Impressa and Cardial) and Chautard. Differentiation of obsidian sources by LA-ICP-MS: distribution of obsidians according to ln(Cs/Nb) vs. ln(Zr/Nb) ratios. Confidence ellipse of the main Mediterranean obsidian deposits (from Orange et al., 2018). The set of analyses performed is represented, from two to ten points per sample: two samples assigned to Palmarola (ACN-1A #65, and Chautard); one sample assigned to SA (ACN-1B #185); five samples assigned to SB2 (ACN-1A #227, ACN-2A #19 and #105, ACN-2B #107, ACN-3, #61); five samples assigned to SC (ACN-1B #80 and #184, ACN-2A #7, ACN-2A #156, ACN-3, #54).*

et -1A, # 227), à une chute accidentelle des obsidiennes dans un foyer (remplacement de Na et Li par K et enrichissement en surface de Rb, Chataigner *et al.*, 2020) et dans le dernier cas (une des mesures de ACN-2A #156) à la présence d'inclusions ou de phases minérales plus riches en sodium et en calcium (excès de Na, Al, Ca et Sr, teneurs plus faibles en K, Fe, Rb et Zr, présence de plagioclases ?).

D'une façon générale, les attributions à Palmarola et aux différentes sources sardes sont conformes à ce qui avait été précédemment proposé, avec d'autres méthodes, pour les obsidiennes mises au jour par L. Bernabò Brea et S. Tiné au sein de l'ensemble Impresso-Cardial : trois à SA, dix à SB, deux à SC et onze à Palmarola (Ammerman *et al.*, 1997).

Par ailleurs, les analyses récemment réalisées pour les dépôts néolithiques les plus anciens de la Pollera (Starnini *et al.*, 2021) indiquent la présence de fragments de lamelles d'obsidienne sarde (trois de SB et une de SC) au sein d'horizons *Impressa* qui ne peuvent cependant pas être différenciés, avec des aspects renvoyant à l'horizon Arene Candide/Peiro Signado (cf. ACN-1A) et d'autres à l'horizon Pendimoun (cf. PND-1A et 1B) (Panelli, 2019).

La sériation stratigraphique fine obtenue lors des fouilles les plus récentes permet d'apporter quelques précisions, en dépit de la taille très réduite de l'échantillon récolté aux Arene Candide.

L'horizon le plus ancien (ACN-1A cf. ACPS) livre un débris de pièce esquillée, DI23, en obsidienne de Palmarola. Ceci est conforme à ce que l'on connaît de la distribution de ce matériau, associé à la plupart des sites pionniers en Méditerranée du nord-ouest : Portiragnes – Peiro-Signado (quatorze éléments, Briois *et al.*, 2009) et Pont-de Roque-Haute (sept éléments, De Francesco et Crisci, 2007), Aubord – Farigoule 2 (quatre éléments, Manen *et al.*, 2019). La détermination effectuée pour Chautard, va tout à fait dans le même sens, même si le contexte de sa découverte invite à la prudence.

L'horizon ACN-1A livre également une lamelle à troncature oblique, utilisée comme perçoir, provenant

		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3	Li	B	Sc	Ti	Mn	Fe
SA	ACN-1B #185 (2)	3,27	0,079	13,8	75,7	4,91	0,68	0,095	1,31	62,8	18,0	12,3	567	396	9158
SB2	ACN-2A #019 (2)	3,22	0,099	13,6	75,2	5,14	0,71	0,12	1,72	71,8	20,4	15,4	742	253	12012
SB2	ACN-3 #061 (2)	3,24	0,098	13,7	75,4	5,16	0,71	0,12	1,39	69,6	20,7	14,8	740	248	9732
SB2	ACN-2B #107 (2)	3,22	0,092	13,2	75,6	5,11	0,67	0,13	1,88	68,6	20,7	12,9	751	252	13165
SB2	ACN-2A #105 (2)	1,16	0,13	13,5	74,4	8,45	0,74	0,15	1,31	17,8	19,7	13,2	882	238	9187
SB2	ACN-1A #227 (2)	2,58	0,11	13,3	75,5	6,09	0,69	0,15	1,37	22,4	19,6	11,7	874	231	9550
SC	ACN-2A #007 (2)	3,14	0,22	14,6	72,9	5,68	1,12	0,29	1,83	36,9	9,87	15,6	1758	233	12801
SC	ACN-3 #054 (2)	3,18	0,27	14,7	72,7	5,59	1,09	0,29	1,95	33,8	9,19	15,4	1767	240	13634
SC	ACN-1B #080 (2)	3,14	0,26	14,7	72,9	5,53	1,11	0,29	1,88	32,9	8,75	14,5	1735	230	13145
SC	ACN-2A #156 (10)	3,16	0,24	14,4	73,2	5,53	1,05	0,29	1,91	36,2	9,24	12,0	1749	232	13361
SC	ACN-1B #184 (2)	3,10	0,23	14,4	73,4	5,53	1,06	0,29	1,74	31,8	8,81	12,6	1768	219	12193
Palmarola	ACN-1A #065 (2)	4,55	0,044	13,8	74,0	4,80	0,63	0,092	1,83	59,4	71,6	14,3	550	596	12806
Palmarola	Tourrettes – Chautard (2)	4,41	0,046	13,4	74,9	4,61	0,56	0,088	1,69	56,0	66,5	6,71	526	609	11837

		Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
SA	ACN-1B #185 (2)	93,2	249	20,3	27,1	71,2	44,4	3,85	101	20,4	48,1	5,20	21,0	5,69	0,26
SB2	ACN-2A #019 (2)	59,0	246	22,6	17,1	91,1	25,3	6,65	107	23,6	50,6	5,22	20,6	4,70	0,34
SB2	ACN-3 #061 (2)	54,2	245	22,6	16,8	89,6	24,8	6,65	111	23,1	49,7	5,16	20,3	4,73	0,34
SB2	ACN-2B #107 (2)	60,6	248	22,3	17,2	92,8	25,3	6,69	105	24,3	52,6	5,33	20,7	4,77	0,32
SB2	ACN-2A #105 (2)	55,6	263	35,2	16,9	106	25,2	6,21	209	29,9	62,1	6,28	24,2	5,39	0,49
SB2	ACN-1A #227 (2)	54,0	237	33,8	16,7	104	25,0	6,39	196	29,7	62,5	6,25	24,3	5,09	0,48
SC	ACN-2A #007 (2)	74,3	175	90,2	19,8	209	26,9	2,03	730	57,9	120	12,2	49,6	9,05	1,15
SC	ACN-3 #054 (2)	71,4	175	91,5	18,9	211	25,9	1,99	783	56,6	116	12,0	49,1	9,16	1,16
SC	ACN-1B #080 (2)	70,9	171	99,5	19,0	216	25,0	1,91	792	56,3	116	11,8	47,6	8,75	1,19
SC	ACN-2A #156 (10)	68,7	172	91,1	18,8	208	25,1	1,95	712	54,3	114	11,6	46,8	8,60	1,00
SC	ACN-1B #184 (2)	69,3	172	95,9	19,0	221	25,5	1,94	790	58,5	120	12,2	48,3	8,93	1,11
Palmarola	ACN-1A #065 (2)	53,3	479	4,55	43,3	249	60,4	46,50	6,91	75,7	149	13,8	49,5	8,98	0,04
Palmarola	Tourrettes – Chautard (2)	46,1	439	4,93	46,7	262	61,7	42,90	7,34	84,1	166	15,0	49,5	9,00	0,05

		Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U
SA	ACN-1B #185 (2)	4,02	0,93	5,43	0,94	2,69	0,34	2,38	0,29	2,91	2,89	15,40	5,59
SB2	ACN-2A #019 (2)	4,08	0,72	3,50	0,60	1,78	0,22	1,54	0,19	3,11	1,88	15,80	5,46
SB2	ACN-3 #061 (2)	4,15	0,73	3,46	0,56	1,71	0,21	1,52	0,19	3,12	1,88	15,60	5,86
SB2	ACN-2B #107 (2)	3,76	0,69	3,44	0,60	1,74	0,20	1,43	0,19	3,28	1,91	16,30	5,67
SB2	ACN-2A #105 (2)	4,36	0,72	3,38	0,59	1,74	0,20	1,46	0,20	3,46	1,84	17,30	6,54
SB2	ACN-1A #227 (2)	3,97	0,70	3,42	0,60	1,69	0,20	1,40	0,17	3,45	1,83	17,70	6,24
SC	ACN-2A #007 (2)	8,41	1,07	4,19	0,72	2,23	0,24	1,67	0,22	5,72	1,65	23,60	3,41
SC	ACN-3 #054 (2)	8,69	1,07	4,08	0,69	2,17	0,24	1,65	0,20	5,67	1,60	22,70	3,27
SC	ACN-1B #080 (2)	7,77	1,02	3,97	0,67	2,07	0,23	1,60	0,20	5,87	1,51	23,00	3,40
SC	ACN-2A #156 (10)	6,89	0,90	3,99	0,67	1,91	0,22	1,57	0,20	5,61	1,53	22,80	3,31
SC	ACN-1B #184 (2)	7,25	0,96	3,97	0,68	2,06	0,22	1,56	0,19	5,83	1,55	23,80	3,47
Palmarola	ACN-1A #065 (2)	10,1	1,41	7,30	1,47	4,92	0,67	5,23	0,78	8,34	3,67	64,10	18,40
Palmarola	Tourrettes – Chautard (2)	7,63	1,26	7,20	1,54	4,62	0,71	5,20	0,77	8,20	3,64	67,40	18,20

Tabl. 5 – Compositions moyennes mesurées par LA-ICP-MS pour les obsidiennes des Arene Candide (Impressa et Cardial) et Chautard. Teneurs exprimées en pourcentages d'oxydes pour les composants majeurs et mineurs (Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, CaO, TiO_2 et Fe_2O_3) et en parties par million (ppm) pour les éléments traces (Li à U), 1 ppm = 0,0001 %).

***Table 5** – Average compositions measured by LA-ICP-MS for obsidians from Arene Candide (Impressa and Cardial) and Chautard. Contents expressed in percentages of oxides for major and minor components (Na2O, MgO, Al2O3, SiO2, CaO, TiO2 and Fe2O3) and in parts per million (ppm) for trace elements (Li to U), 1 ppm = 0.0001%).*

de SB2. Cette détermination confirme celle qui avait été faite pour deux éléments de Portiragnes – Peiro-Signado (Briois *et al*., 2009) et, par là même, une fréquentation de l'île au cours de l'étape PN3B.

Du second horizon *Impressa* (ACN-1B cf. PND) ne proviennent que des pièces d'origine sarde : une lamelle à crête provenant de SA ; une pièce esquillée (DI23), et un fragment de lamelle, probablement débitée par pression, provenant de SC. Pour l'heure, ces données restent isolées car les entités rapportées au même horizon, notamment à Pendimoun, n'ont pas livré de restes d'obsidienne. La phase suivante, ACN-2A, livre une pièce esquillée (DI23) et un micro-éclat de la source SB2, un fragment proximo-mésial de lamelle prismatique détachée probablement par pression avec des traces d'action longitudinal sur un matériau relativement dur, et un micro-éclat, tous deux de la source SC.

Les dépôts postérieurs (ACN-2B et ACN-3), appartenant au Cardial avec diverses influences de la céramique linéaire n'ont livré que de petits éclats, provenant de SB2 (n = 2) et de SC (n = 1).

DISCUSSION

Ampleur des réseaux

Les matériaux utilisés pour la confection des outillages taillés dans les horizons *Impressa* des Arene Candide et de Pendimoun montrent une importante diversité. En effet, si l'on ne tient pas compte des silex non déterminables (fortement altérés, brûlés, etc.), on n'observe pas moins de vingt-huit (n = 28) familles de lithotypes qui correspondent probablement à bien davantage de sources discrètes, qu'elles soient en position primaire ou secondaire et qui pourront à terme être précisées en mettant en œuvre les protocoles d'analyse de la chaîne évolutive (Fernandes, 2012).

Si l'on fait abstraction des débris et petits éclats, le nombre de restes de taille par famille est particulièrement bas : entre trois restes, dans les phases ACN-1A et 2A et PND-B1A, et cinq restes, dans la phase PND-1B. La diversité lithologique, exprimée par le nombre de familles, semble corrélée à l'abondance des restes (fig. 35) : les séries les moins fournies (ACN-1B, PND-1A) ne sont représentées que par huit familles, tandis que la plus abondante (PND-1B) est constituée aux dépens de vingt familles. Le nombre de séries lithiques disponibles (n = 6) est cependant trop réduit pour que l'on puisse décrire l'allure de cette corrélation. Malgré tout, ces données suggèrent d'emblée que la constitution des assemblages lithiques est davantage gouvernée par la capacité à intégrer un vaste réseau qu'à celle d'acquérir en grandes quantités une gamme de matériaux de qualité suffisante pour remplir l'ensemble des besoins d'une communauté. Il existe en effet, à distance raisonnable des deux sites, bon nombre de matériaux qui auraient pu jouer ce rôle, comme par exemple, vers l'ouest les silex du Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ou, vers l'est, les radiolarites de Ligurie orientale.

L'ensemble des transferts observés définit une sphère d'interactions extrêmement vaste au sein de laquelle six domaines sont distingués : central (Ligurie occidentale et arc de Nice), occidental (Provence orientale et fossés nord-varois, basse Provence occidentale, haute Provence, moyenne vallée du Rhône, Vercors et Diois), oriental (Ligurie orientale, Toscane nord-occidentale et versant adriatique de l'Apennin) et insulaire (Palmarola, Sardaigne).

L'emprise de ce litho-espace dépasse très largement les limites de diffusion actuellement connues pour les cultures concernées au cours de la première moitié du VI^e^ millénaire AEC.

L'exotisme des transferts est particulièrement marqué aux Arene Candide (tabl. 6) avec le poids écrasant des acquisitions très lointaines : de l'ordre de 85 % si l'on prend en compte l'ensemble des restes de taille et de 89 % si l'on exclut les dpE. La différence ne résulte pas de collectes dans l'environnement voisin, qui ne livre pratiquement pas de ressources taillables, mais de la présence de pièces encore indéterminées ou, beaucoup plus souvent, indéterminables du fait de leur très forte altération, notamment thermique.

La situation est très différente à Pendimoun (tabl. 7), avec des collectes locales représentant 89 % en moyenne si l'on se fonde sur l'ensemble des restes. Toutefois si l'on ne considère pas les débris, les ressources proches ne comptent plus que pour 69 %. En outre, les parts des acquisitions à longue et très longue distance (respectivement 2 et 21 %, dpE exclus) sont probablement sous-estimées, car la fréquence des indéterminés (*supra* « Silex

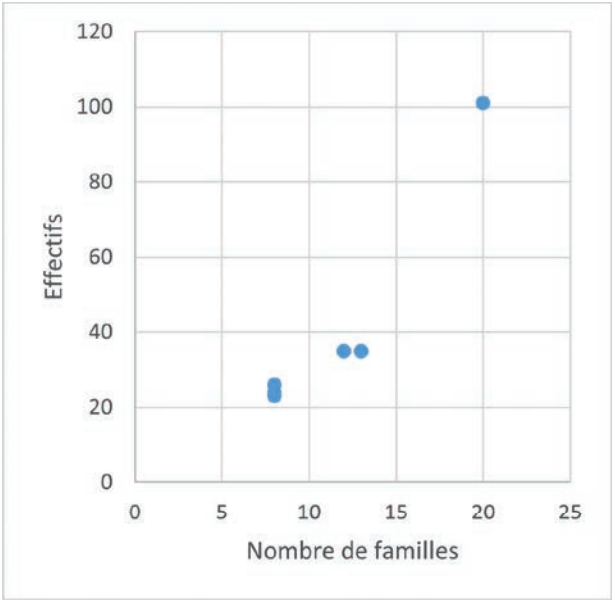


Fig. 35 – Diversité lithologique des assemblages Impressa des Arene Candide et de Pendimoun. En abscisse, nombre de familles de lithotypes ; en ordonnée, nombre de restes par phase (sans prise en compte des débris et petits éclats).
***Fig. 35** – Lithological diversity of Impressa assemblages from Arene Candide and Pendimoun. On the x-axis, the number of lithotype families; on the y-axis, the number of remains per phase (without taking into account the debris and small flakes).*

marin à Dasycladacées et Mélobésiées» à «Silicite à débris organiques») est assez élevée (8 %) ; or il est difficile d'envisager en l'état actuel des connaissances que ces derniers, représentés par des lamelles prismatiques pour la plupart retouchées, puissent être d'origine locale.

Finalité des réseaux

Les ressources offertes par les différents domaines sont traitées de façon différenciée.

Quand des ressources existent dans l'environnement proche des sites analysés, en l'occurrence essentiellement à Pendimoun, le niveau d'investissement technique associé à leur exploitation est particulièrement bas : il s'agit de débitages d'éclats détachés par percussion, avec un nombre très limité de produits atteignant le seuil lamellaire et avec un très faible taux de transformation (principalement des armatures de projectiles). Sur ce même site, ce sont les ressources lointaines et très lointaines qui fournissent la majorité des produits lamino-lamellaires : 30/45 soit 66 % et même 38/45, soit 84 %, si l'on ajoute les silex indéterminés probablement non locaux.

Parmi les vingt-huit familles de silex exploitées, neuf sont attestées, toutes phases confondues, sur les deux sites. Il s'agit, dans le domaine central, des silex des conglomérats éocènes à *Microcodium* (*supra* «Poudingues à *Microcodium* des Ciotti et du col de Nice») et des flysch de Baiardo (*supra* «Silicites des flysch de Baiardo»), dans le domaine occidental, des silex barrémo-bédouliens de haute Provence et de la moyenne vallée du Rhône (*supra* «Barrémo-Bédoulien du Vaucluse et de la moyenne vallée du Rhône»), du Turonien de Provence orientale (*supra*), du Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse (*supra* «Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse»), de l'Éocène des fossés nord-varois et des silex à texture de micro-brèche de Provence orientale («Valanginien de l'arc de Castellane») et enfin, dans le domaine oriental, des silex provenant du versant adriatique de l'Apennin, *Maiolica* et *Scisti ad aptici* (*supra* «Silex des *Scisti ad aptici* et de la *Maiolica* d'Émilie»), *Scaglia rossa* (*supra* «*Scaglia rossa*»).

Ces neuf familles représentent à elles seules plus des deux tiers de l'ensemble des restes de taille des deux sites (dpE exceptés) ; il est donc possible de considérer le partage de ces ressources comme un fait structurant pour l'aire géographique considérée et, au-delà, d'envisager le rôle fondamental de leurs transferts pour la construction et la reproduction des entités culturelles dans cette aire.

Derrière les acquisitions à longue et très longue distance, il n'y a assurément aucune justification technique ou fonctionnelle car des ressources de basse qualité permettraient de reproduire sans grande difficulté de larges pans du système technique. On en tiendra pour indice le fait que les silex des conglomérats éocènes à *Microcodium* feront l'objet d'une exploitation plus active à Pendimoun au Cardial (phases PND-2A et 2B) et donneront alors matière à fabriquer une plus large gamme d'outils sur éclats, armatures de projectiles et de faucilles incluses.

L'analyse des traces d'utilisation (De Stefanis, 2018) ne permet pas d'identifier d'usage spécifique des outils à raison du statut des ressources, locales, lointaines ou très lointaines. Paradoxalement, le site le plus éloigné des ressources lithiques, Arene Candide, montre, quelle que soit la phase considérée, un usage apparemment unique des artefacts lithiques, à l'inverse de Pendimoun, en prise plus directe avec les ressources, où les recyclages semblent un peu plus fréquents. Ces différences sont donc à mettre en relation avec les places respectives occupées par ces sites au sein de leur propre terroir, *i.e*. un territoire économique construit sur la complémentarité fonctionnelle et/ou calendaire des établissements qui l'exploitent (Binder *et al*., 2020).

Quelques données indiquent par ailleurs que le réseau au sein duquel sont inscrits les sites *Impressa* de l'arc liguro-provençal intègre d'autres aspects importants de la culture matérielle.

Au-delà de la mise en évidence de transferts à très longue distance (Gabriele *et al*., 2019), les travaux récents sur la céramique *Impressa* de l'arc liguro-provençal permettent de faire état de déplacements à longue distance de vases ou des pâte céramiques. Les pâtes gabbroïdes (*i.e*. à diallage) de Ligurie orientale ou de Toscane septentrionale atteignent les Arene Candide au cours de la phase ACN-1A (Capelli *et al*., 2011 ; Gabriele *et al*., 2020) ; ces matériaux sont également présents en Provence orientale (Grasse – rue Sans-Peur), possiblement à la fin du cycle *Impressa* (aspect BFP cf. PND-1B ; Gabriele *et al*., ce volume). Symétriquement, des tessons de poterie en terre mylonitique de l'Argentera-Mercantour ont été identifiés aux Arene Candide, phase ACN-1A, et des vases en terre glauconieuse de Provence orientale sont présents dans le Finalese à la grotta Pollera et dans le Val Pennavaira à l'Arma di Nasino, dans des horizons rapprochés de l'aspect PND-1A-1B où ces matériaux sont largement utilisés (Panelli, 2019 ; Lardeaux *et al*., ce volume ; Gabriele *et al*., ce volume). De même, un site comme Nice – Caucade (cf. ACN-1A) montre l'exploitation de matériaux très diversifiés, non locaux, incluant notamment des types de pâtes qui circulent à longue distance telles les mylonites granitiques ou les terres glauconieuses (Convertini, 2010 ; Gabriele *et al*., ce volume).

Les données relatives à l'exploitation des roches tenaces pour le façonnage des lames polies sont évidemment essentielles car la Ligurie constitue une des zones majeures d'approvisionnement potentiel pour les lames de haches à l'échelle de l'ensemble de l'Europe (Pétrequin *et al*., 2012 et 2017). En revanche ces données sont limitées ou peu publiées pour cette aire culturelle et les identifications précises des roches exploitées sont rares.

Aux Arene Candide, des outils polis, principalement des haches et herminettes, ont été identifiés dans les unités de l'Impresso-Cardial lors des fouilles anciennes. Les roches façonnées sont supposées provenir des ophiolites du Monte Beigua dans la zone d'approvisionnement proche, au nord-est du site. Dans les séries mises au jour par L. Bernabò Brea (Starnini et Voytek, 1997b), quatorze pièces ont été rapportées aux unités 27 à 24-25C ; il s'agit d'éclogites à l'exception d'une lame d'herminette en

A- Effectifs	BBHP	BBVD	OAF	EFNV	TUR	JSPG	MBP	CEM	FBP	SBV	RAD	CF	MSAD	SR	OBS	IND	Totaux
ACN-1A	10	1	0	0	0	3	0	2	3	0	1	2	16	0	2	7	47
ACN-1B	11	0	0	1	1	1	0	3	0	0	3	0	6	0	3	3	32
ACN-2A	13	0	3	1	1	0	2	2	4	1	1	1	15	4	4	10	62
Totaux	34	1	3	2	2	4	2	7	7	1	5	3	37	4	9	20	141

B- Fréquences	BBHP	BBVD	OAF	EFNV	TUR	JSPG	MBP	CEM	FBP	SBV	RAD	CF	MSAD	SR	OBS	IND	Totaux
ACN-1A	21%	2%	0%	0%	0%	6%	0%	4%	6%	0%	2%	4%	34%	0%	4%	15%	100%
ACN-1B	34%	0%	0%	3%	3%	3%	0%	9%	0%	0%	9%	0%	19%	0%	9%	9%	100%
ACN-2A	21%	0%	5%	2%	2%	0%	3%	3%	6%	2%	2%	2%	24%	6%	6%	16%	100%
Totaux	25%	1%	2%	1%	3%	4%	1%	5%	5%	1%	4%	2%	26%	3%	6%	11%	100%

C- Fréquences	Domaine occidental	Domaine central	Domaine oriental	Domaine insulaire	Indéterminés	Totaux
ACN-1A	30%	11%	40%	4%	15%	100%
ACN-1B	44%	9%	28%	9%	9%	100%
ACN-2A	32%	11%	34%	6%	16%	100%
Totaux	37%	11%	35%	6%	11%	100%

D- Fréquences	Acquisitions très lointaines	Acquisitions lointaines	Acquisitions proches	Indéterminés	Totaux
ACN-1A	85%	0%	0%	15%	100%
ACN-1B	91%	0%	0%	9%	100%
ACN-2A	82%	0%	2%	16%	100%
Totaux	85%	0%	1%	14%	100%

E- Effectifs sans dpE	BBHP	BBVD	OAF	EFNV	TUR	JSPG	MBP	CEM	FBP	SBV	RAD	CF	MSAD	SR	OBS	IND	Totaux
ACN-1A	8	1	0	0	0	4	0	1	1	0	1	1	12	0	2	5	36
ACN-1B	10	0	0	0	1	1	0	3	0	0	3	0	4	0	2	2	26
ACN-2A	13	0	2	1	1	0	1	2	2	0	1	0	7	4	2	4	40
Totaux	31	1	2	1	2	5	1	6	3	0	5	1	23	4	6	11	102

F- Fréquences sans dpE	BBHP	BBVD	OAF	EFNV	TUR	JSPG	MBP	CEM	FBP	SBV	RAD	CF	MSAD	SR	OBS	IND	Totaux
ACN-1A	22%	3%	0%	0%	0%	11%	0%	3%	3%	0%	3%	3%	33%	0%	6%	14%	100%
ACN-1B	38%	0%	0%	0%	4%	4%	0%	12%	0%	0%	12%	0%	15%	0%	8%	8%	100%
ACN-2A	33%	0%	5%	3%	3%	0%	3%	5%	5%	0%	3%	0%	18%	10%	5%	10%	100%
Totaux	30%	1%	2%	1%	2%	5%	1%	6%	3%	0%	5%	1%	22%	4%	6%	11%	99%

G- Fréquences sans dpE	Domaine occidental	Domaine central	Domaine oriental	Domaine insulaire	Indéterminés	Totaux
ACN-1A	36%	6%	39%	6%	14%	100%
ACN-1B	46%	12%	27%	8%	8%	100%
ACN-2A	45%	10%	30%	5%	10%	100%
Totaux	42%	9%	32%	6%	11%	100%

H- Fréquences sans dpE	Acquisitions très lointaines	Acquisitions lointaines	Acquisitions proches	Indéterminés	Totaux
ACN-1A	86%	0%	0%	14%	100%
ACN-1B	92%	0%	0%	8%	100%
ACN-2A	90%	0%	0%	10%	100%
Totaux	89%	0%	0%	11%	100%

Tabl. 6 – Distribution par phases des grandes familles de lithotypes provenant des Arene Candide. A : effectifs ; B : fréquences ; C : fréquences regroupées par grands domaines ; D : fréquences regroupées en fonction des distances d'acquisition ; E : effectifs sans les débris et les petits éclats (dpE) ; F : fréquences sans les dpE ; G : fréquences sans les dpE, regroupées par grands domaines ; H : fréquences sans les dpE, regroupées en fonction des distances d'acquisitions. Domaine occidental ; BBHP : Barrémo-Bédoulien de Haute Provence et de la moyenne vallée du Rhône ; BBVD : Barrémo-Bédoulien du Vercors ; OAF : Oligocène d'Apt-Forcalquier ; EFNV : Eocène ou Oligocène des fossés nord-varois ; TUR : Turonien de Provence orientale ; JSPG : Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ; MBP : micro-brèches (silcrètes) provençales. Domaine central ; CEM : conglomérats éocènes à microcodium (domaine frontalier) ; FBP : flysch de Baiardo-Perinaldo ; SBV : silicites de Borgio-Verezzi. Domaine oriental ; RAD : radiolarites ; MSAD : *Maiolica* et *Scisti ad Aptici* ; SR : *Scaglia rossa*. Autres domaines ; OBS : obsidienne ; IND : indéterminés.

***Table 6** – Distribution by phase of the main families of lithotypes from the Arene Candide. A: numbers; B: frequencies; C: frequencies grouped by major domains; D: frequencies grouped according to acquisition distances; E: numbers without debris and small chips (dpE); F: frequencies without dpE; G: frequencies without dpE, grouped by major domains; H: frequencies without dpE, grouped according to acquisition distances. Western domain; BBHP: Barremo-Bedoulian of Upper Provence and the Middle Rhône valley; BBVD: Barremo-Bedoulian of Vercors; OAF: Oligocene of Apt-Forcalquier; EFNV: Eocene or Oligocene of the northern Var trenches; TUR: Turonian of Eastern Provence; JSPG: Upper Jurassic of the Grasse Pre-Alps; MBP: Provençal microbreccias (silcrete). Central domain; CEM: Eocene conglomerate with microcodium (border domain); FBP: flysch of Baiardo-Perinaldo; SBV: silicites of Borgio-Verezzi. Eastern domain; RAD: radiolarites; MSAD: Maiolica and Scisti ad Aptici; SR: Scaglia rossa. Other areas; OBS: obsidian; IND: unspecified.*

A - Effectifs	BBHP	ABP	EFNV	VAL	TUR	JSPG	MBP	QFS	OQ	CEM	FBP	MSaA	SR	IND	Totaux
PND-1A	6	1	1	1	0	0	0	11	0	174	8	1	1	6	210
PND-1B	4	9	2	11	2	2	1	51	2	473	16	1	2	53	629
PND-1-ind	7	0	0	1	0	0	0	11	0	144	2	0	0	2	167
Totaux	17	10	3	13	2	2	1	73	2	791	26	2	3	61	1006

B - Fréquences	BBHP	ABP	EFNV	VAL	TUR	JSPG	MBP	QFS	OQ	CEM	FBP	MSaA	SR	IND	Totaux
PND-1A	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	83%	4%	0%	0%	3%	100%
PND-1B	1%	1%	0%	2%	0%	0%	0%	8%	0%	75%	3%	0%	0%	8%	100%
PND-1-ind	4%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	7%	0%	86%	1%	0%	0%	1%	100%
Totaux	2%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	7%	0%	79%	3%	0%	0%	6%	100%

C - Fréquences	Domaine occidental	Domaine central	Domaine oriental	Indéterminés	Totaux
PND-1A	4%	92%	1%	3%	100%
PND-1B	5%	86%	0%	8%	100%
PND-1-ind	5%	94%	0%	1%	100%
Totaux	5%	89%	0%	6%	100%

D - Fréquences	Acquisitions très lointaines	Acquisitions lointaines	Acquisitions proches	Indéterminés	Totaux
PND-1A	5%	0%	92%	3%	100%
PND-1B	5%	0%	86%	8%	100%
PND-1-ind	5%	0%	94%	1%	100%
Totaux	5%	0%	89%	6%	100%

E - Effectifs_ sans dpE	BBHP	ABP	EFNV	VAL	TUR	JSPG	MBP	QFS	OQ	CEM	FBP	MSaA	SR	IND	Totaux
PND-1A	4	1	1	1	0	0	0	1	0	14	2	1	1	1	27
PND-1B	3	3	1	8	2	2	1	2	1	63	3	0	2	11	102
PND-1-ind	3	0	0	1	0	0	0	1	0	17	1	0	0	0	23
Totaux	10	4	2	10	2	2	1	4	1	94	6	1	3	12	152

F - Fréquences_ sans dpE	BBHP	ABP	EFNV	VAL	TUR	JSPG	MBP	QFS	OQ	CEM	FBP	MSaA	SR	IND	Totaux
PND-1A	15%	4%	4%	4%	0%	0%	0%	4%	0%	52%	7%	4%	4%	4%	100%
PND-1B	3%	3%	1%	8%	2%	2%	1%	2%	1%	62%	3%	0%	2%	11%	100%
PND-1-ind	13%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	4%	0%	74%	4%	0%	0%	0%	100%
Totaux	7%	3%	1%	7%	1%	1%	1%	3%	1%	62%	4%	1%	2%	8%	100%

G - Fréquences_ sans dpE	Domaine occidental	Domaine central	Domaine oriental	Indéterminés	Totaux
PND-1A	26%	63%	7%	4%	100%
PND-1B	20%	68%	2%	11%	100%
PND-1-ind	17%	83%	0%	0%	100%
Totaux	20%	69%	3%	8%	100%

H - Fréquences_ sans dpE	Acquisitions très lointaines	Acquisitions lointaines	Acquisitions proches	Indéterminés	Totaux
PND-1A	33%	0%	63%	4%	100%
PND-1B	19%	3%	68%	11%	100%
PND-1-ind	17%	0%	83%	0%	100%
Totaux	21%	2%	69%	8%	100%

Tabl. 7 – Distribution par phases des grandes familles de lithotypes provenant de Pendimoun. A : effectifs ; B : fréquences ; C : fréquences regroupées par grands domaines ; D : fréquences regroupées en fonction des distances d'acquisition ; E : effectifs sans les débris et les petits éclats (dpE) ; F : fréquences sans les dpE ; G : fréquences sans les dpE, regroupées par grands domaines ; H : fréquences sans les dpE, regroupées en fonction des distances d'acquisitions. Domaine occidental ; BBHP : Barrémo-Bédoulien de Haute Provence et de la moyenne vallée du Rhône ; ABP : Aptien de Basse Provence occidentale ; EFNV : Eocène ou Oligocène des fossés nord-varois ; VAL : Valanginien de Provence orientale ; TUR : Turonien de Provence orientale ; JSPG : Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ; MBP : micro-brèches (silcrètes) provençales. Domaine central ; QFS : quartz-fenêtre subalpins ; OQ : orthoquartzites de l'arc de Nice ; CEM : conglomérats éocènes à Microcodium (domaine frontalier) ; FBP : flysch de Baiardo-Perinaldo. Domaine oriental ; MSAD : *Maiolica* et *Scisti ad Aptici* ; SR : *Scaglia rossa*. Autres domaines ; IND : indéterminés.

***Table 7** – Distribution by phase of the main families of lithotypes from Pendimoun. A: numbers; B: frequencies; C: frequencies grouped by major domains; D: frequencies grouped according to acquisition distances; E: numbers without debris and small chips (dpE); F: frequencies without dpE; G: frequencies without dpE, grouped by major domains; H: frequencies without dpE, grouped according to acquisition distances. Western domain ; BBHP: Barremo-Bedoulian of Upper Provence and the Middle Rhône valley; ABP : Aptian of Lower Provence; EFNV : Eocene or Oligocene of the northern Var trenches; VAL: Valanginian of Eastern Provence; TUR: Turonian of Eastern Provence; JSPG: Upper Jurassic of the Grasse Pre-Alps; MBP: Provençal microbreccias (silcretes). Central domain; QFS: subalpine « window » quartz; OQ: orthoquartzites of the Nice arc; CEM: Eocene conglomerates with microcodium (border domain); FBP: flysch of Baiardo-Perinaldo. Eastern domain; MSAD: Maiolica and Scisti ad Aptici; SR: Scaglia rossa. Other areas; IND: unspecified.*

« jadéite » (*sic*) et d'un pilon en serpentinite. L'essentiel provient des horizons sommitaux (Cardial ?) tandis que la base de la séquence potentiellement *Impressa* (unités 27C, 27, 26A et 26) n'a livré qu'une hache et trois herminettes en éclogite.

Pour ce qui concerne les fouilles de S. Tiné (Garibaldi *et al*., 1999), l'inventaire se résume à cinq pièces. Une des deux haches ou herminettes situées à la base du dépôt (couche 15A) est en éclogite, l'autre n'étant pas déterminée. Les trois outils polis découverts au sommet (couche 14) ont été pris dans différents matériaux (roche à glaucophane du cortège ophiolitique, éclogite et jadéitite).

L'*Impressa* de Pendimoun (phases PND-1B et PND-1-indivise) n'a pas livré de lame de hache mais en revanche une pièce discoïde polie et un fragment d'outil poli indéterminé, tous deux en jadéitite, en l'occurrence un quartzite à jadéite, dont l'origine est attribuée au Monte Beigua, (comm. pers. J.M. Lardeaux).

Par ailleurs, une lame de hache de Nice – Caucade (US8, aspect ACPS, cf. ACN-1A) a été façonnée dans un méta-basalte (prasinite, Ricq de Bouärd, 1996), roche pour laquelle on connaît des affleurements en Ligurie, y compris dans le Finalese à proximité d'Orco-Feglino – Arma dell'Aquila (comm. pers. G. Vicino). Les matériaux en roches tenaces diverses provenant de ce dernier site (Starnini *et al*., 2018) ne peuvent cependant pas être attribués à un horizon culturel précis.

Il convient d'ajouter à cela l'exploitation des sources salées, à l'instar de celle de Moriez (Alpes-de-Haute-Provence), datée vers 5730-5620 AEC (Morin *et al*., 2008), qui peut être attribuée de façon raisonnable au Néolithique et en l'occurrence à l'étape ancienne de l'*Impressa* au vu des dates très fiables.

La question de la nature des dynamiques sociales à l'œuvre au sein de tels réseaux, et plus particulièrement la typologie des transferts (échanges compétitifs ou transferts simples, réciprocité matérielle ou immatérielle, etc.) est particulièrement complexe à aborder et les données produites dans le champ archéologique pour en discuter sont maigrelettes.

En somme, l'acquisition de lamelles dans des matériaux d'origine lointaine ou très lointaine, généralement de qualité optimale pour la réalisation de débitages par pression, ressortit probablement à la sphère symbolique, à la performance et à l'affichage de biens à valeur de signe, *i.e*. s'inscrivant dans un ensemble de normes partagées par une communauté.

En d'autres termes ces réseaux ne semblent avoir pour objectif qu'eux-mêmes, d'autre finalité que d'exister, produire du lien social.

Acteurs des réseaux

La superposition des données spatiales relatives, d'une part, à la distribution des ressources lithiques exploitées et, d'autre part, à celle des sites et indices de sites susceptibles d'être datés de la première moitié du VI^{e} millénaire AEC, conduit à plusieurs constats et questions. Si elle permet de resserrer la trame des premières occupations de l'Impresso-Cardial et de s'interroger sur la visibilité des territoires parcourus par les premiers fermiers en Méditerranée de l'ouest à partir des seuls sites identifiés comme des habitats permanents ou temporaires, elle permet également de discuter la matérialité des interactions entre premiers fermiers et derniers chasseurs. En effet, l'analyse des matières premières indique que certains espaces pour lesquels on ne dispose que de rares évidences directes, voire d'aucune évidence d'implantation *Impressa*, notamment pour l'étape la plus ancienne, sont potentiellement fréquentés par ces pionniers néolithiques, mais aussi par des populations mésolithiques qui interagissent avec eux (Perlès, 2012).

À l'heure actuelle, les sites attribués à *l'Impressa* en Italie septentrionale et dans le Midi de la France forment deux ensembles disjoints : à l'ouest un ensemble regroupant six sites ou indices de sites, généralement de plein air (n = 5), plus rarement en grotte (n = 1), du Languedoc (Occitanie) oriental(e), et à l'est un ensemble s'étendant du Finalese au département du Var, et regroupant dix-sept sites ou indices en grotte ou sous abri (n = 10), plus rarement en plein air (n = 7 ; Binder et Maggi, 2001 ; Manen *et al*., 2019 ; Panelli, 2019). En Occitanie, les aspects anciens de l'*Impressa* (*i.e*. style ACPS) sont seuls représentés et une lacune temporelle très importante les sépare des premiers aspects du Cardial (Manen *et al*., 2018). Dans l'arc liguro-provençal, la séquence est continue avec plusieurs sites représentatifs de l'*Impressa* ancienne (ACPS) et récente (PND) puis du Cardial ancien.

L'ensemble liguro-provençal englobe une grande partie des ressources lithiques recensées aux Arene Candide et à Pendimoun. Pour la plupart, ces ressources sont partagées : silex des flysch de Baiardo (*supra* « Silicites des flysch de Baiardo »), du Turonien de Provence orientale (*supra*), du Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse (*supra* « Jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ») et du Tertiaire de Provence orientale (*supra* « Poudingues à *Microcodium* des Ciotti et du col de Nice » et « Orthoquartzites éocènes de l'arc de Nice »). Les autres ressources sont localisées à proximité des précédentes : silex du Valanginien de Provence orientale (*supra* « Turonien de Provence et de l'arc de Nice »), quartz subalpins (*supra* « Quartz hyalin des couvertures sédimentaires sub-briançonnaises et ligures »), silicites du Finalese (*supra* « Silicites oligo-miocènes du Finalese ») et orthoquartzites de l'arc de Nice (*supra* « Valanginien de l'arc de Castellane »). Au vu des données actuelles, tout invite à considérer que cet approvisionnement a été organisé dans un contexte culturel totalement homogène, en l'occurrence *Impressa*.

En Sardaigne on ne dispose à l'heure actuelle d'aucune trace d'implantation *Impressa* clairement datée des étapes PN3B-3D (Binder, Gomart *et al*., ce volume). En revanche la source SB2 a été exploitée dès la première étape de colonisation du nord-ouest pour être diffusée vers les Arene Candide (ACN-1A) tout comme vers Portiragnes – Peiro-Signado (*supra* « Résultats »).

Dans le même sens on a pu observer la présence significative de lamelles par pression et de trapèzes façonnés

dans des silex laminés sardes de Perfugas dans la collection de l'abri Albertini à Albertacce (Corse), où les éléments *Impressa*, attribuables en partie à la première étape, dominent au sein de l'assemblage céramique (Binder *et al*., 2019). On se trouve sans doute ici dans un schéma d'incursion pionnière *Impressa* au sein du domaine corso-sarde que l'on peut supposer alors inhabité dès lors que l'on n'y connaît pas d'implantation mésolithique qui puisse être indiscutablement datée de la première moitié du VI^e^ millénaire AEC.

La situation observée dans l'aire tosco-latiale est assez similaire. L'exploitation de l'obsidienne de Palmarola est très clairement établie au cours de l'étape initiale (PN3B), gagnant alors plusieurs sites pionniers du nord-ouest (*supra* « Résultats »). Les transferts de céramique ou de pâte à cuire d'origine volcanique vers l'archipel toscan et le littoral occitan (Gabriele *et al*., 2019) font parfaitement écho à ce phénomène. En regard de ces exploitations, il est encore difficile d'identifier des sites appartenant de façon sûre aux premières étapes de l'*Impressa* dans cette région. Seul le site de Giglio – Le Secche, dans l'archipel toscan (Brandaglia, 1985 et 1991 ; Binder, Gomart *et al*., ce volume), a livré quantité d'obsidienne de Palmarola et des fragments de vases provenant de la province volcanique tosco-latiale, dans un contexte mélangé mais où des aspects renvoyant à la toute première étape d'expansion (PN3B, cf. Portiragnes – Pont-de-Roque-Haute) sont bel et bien attestés. En revanche, les rares éléments céramiques renvoyant à l'*Impressa* évoluée (cf. PND-1B) en Toscane (San Vincenzo – Garden Club, Tozzi *et al*., 1999) ou dans le Latium (Ischia di Castro – Settecannelle, Ucelli Gnesutta et Bretagnini, 1993) trouvent vraisemblablement leur place à la fin du cycle *Impressa* (étape PN3D), au moment des premiers développements du style Basi – Filiestru – Pienza.

Les matériaux de Ligurie orientale et de Toscane septentrionale diffusés vers les Arene Candide à partir de la phase ACN-1A, qu'il s'agisse de roches taillables (radiolarites rouges, *supra* « Radiolarites des domaines ligure et tosco-émilien » ; silex noirs des formations de Cervarola-Falterona en position secondaire dans le Valdarno, *supra* « Silex noirs des turbidites de Cervarola ») ou bien de pâtes gabbroïdes (Gabriele *et al*., 2020), se prêtent à des remarques de même nature compte tenu de l'absence apparente d'habitats. Néanmoins, des traces anciennes de cultures céréalières ont été identifiées sur la plaine côtière de Ligurie orientale, à Chiavari et Sestri Levante (Ottomano, 2004 ; Branch *et al*., 2014 ; Maggi et Nisbet, 2021) ; ces données convergent avec celles qui ont été observées dans les Alpes-Maritimes pour des dépôts comparables (vers 5850 AEC ; Guillon, 2014 ; Binder *et al*., 2020) pour soutenir l'idée d'une implantation principalement littorale de l'*Impressa* lors de sa première expansion. Dans une certaine mesure – et cela vaut peut-être aussi pour la Sardaigne – les toutes premières exploitations de géo-matières provenant d'un hinterland apparemment désert ont pu s'opérer à partir d'établissements côtiers, totalement invisibles aujourd'hui du fait de la transgression marine.

En basse Provence occidentale, en haute Provence et dans la moyenne Vallée du Rhône, le décor est plus difficile à camper.

En basse Provence occidentale, plusieurs formations très riches en silex d'excellente qualité prennent place au sein des chaînes autochtones de la fin du Crétacé inférieur (Barrémo-Bédoulien et Aptien).

En périphérie de l'étang de Berre plusieurs sites castelnoviens, à commencer par le site éponyme (Escalon de Fonton, 1956 ; Courtin *et al*., 1985), ont été documentés mais aucune trace d'*Impressa* n'a été jusqu'ici formellement identifiée. À Châteauneuf-les-Martigues – La Font-aux-Pigeons, une lacune sédimentaire de près d'un millénaire se place entre le Castelnovien récent et le Cardial récent (Binder *et al*., 2017a). L'analyse petro-archéologique (Binder, inédit) du Castelnovien récent de La Font-aux-Pigeons (*i.e*. US.18G3) montre que les principales ressources exploitées sont voisines, en-deçà des 30 km, essentiellement des silex du Barrémo-Bédoulien de la chaîne de la Nerthe et marginalement des silicites des formations laguno-lacustres de l'Oligocène inférieur du même secteur ; en l'état actuel, la diffusion des silex barrémo-bédouliens de la Nerthe au-delà de cette chaîne n'est pas documentée.

Symétriquement, dans le voisinage des formations aptiennes à silex noirs de la région de Toulon dont la diffusion vers Pendimoun est établie (*supra* « Aptien de basse Provence ») on ne connaît aucune installation susceptible de se rapporter à l'*Impressa* et si une occupation castelnovienne a bien été signalée par des récoltes de surface (Le Pradet – Cibonne), elle reste à confirmer.

La haute Provence et la moyenne vallée du Rhône, qui offrent les meilleures ressources en silex d'âge barrémo-bédoulien (*supra* « Barrémo-Bédoulien du Vaucluse et de la moyenne vallée du Rhône »), montrent plusieurs occupations du Castelnovien qui peuvent être placées au cours des phases ancienne et récente de cette culture en se fondant sur la typologie des armatures géométriques.

Dans la Drôme, à Espeluche – Lalo (Guilbert *et al*., 2010), le Castelnovien présente des traits récents qui cadrent bien avec les dates disponibles plaçant le *terminus ante quem* de l'occupation à la fin de la période PN2, vers 6050 AEC. Les mesures ayant été réalisées sur charbons indéterminés, un effet vieux-bois et donc un âge encore plus récent de l'installation ne sont cependant pas à exclure. L'industrie est taillée principalement sur les galets des terrasses de la Citelle à proximité desquelles le site est établi ; en revanche, les silex blonds et bruns barrémiens de Malataverne – Colombier (21 %) et de Rochemaure – Cruas (8 %) résultent d'un approvisionnent voisin, à moins de 30 km.

Dans le Vaucluse, à Sorgues – Mourre-du-Sève (Binder et Sénépart, 2004 ; De Stefanis *et al.*, 2016), plusieurs unités successives livrent des industries castelnoviennes d'aspect ancien à en juger par la typologie des armatures ; les âges ^{14}C modélisés, entre 6580 et 6290 AEC (Binder, Gomart *et al*., ce volume), vont apparemment dans le même sens, mais ici encore avec un effet vieux-bois potentiel. À Robion – Molières, faute

de dates, c'est la typologie des armatures qui permet de proposer une attribution au Castelnovien récent (Binder et Sénépart, 2004). Dans les deux cas les approvisionnements privilégient les silex des formations barrémo-bédouliennes du Ventoux et/ou des monts du Vaucluse mais cela reste à préciser sur la base d'une analyse petro-archéologique détaillée.

Bien que l'on manque encore de détails, il est assez bien établi que les castelnoviens ont exploité pendant toute la période PN2 (6500-6050 AEC) les ressources en silex barrémo-bédoulien de haute Provence et de la moyenne vallée du Rhône.

En revanche, contrairement à ce que l'on observe dans le Dauphiné ou sur la bordure cévenole, l'hypothèse d'une perduration du Castelnovien au cours de la période PN3 (6050-5450 AEC), juste avant ou pendant que s'expriment les premiers impacts néolithiques dans l'arc liguro-provençal et le bas pays occitan, n'est pas solidement étayée ; les données suggérant des occupations antérieures au Cardial sont inexistantes en haute Provence, rares et d'interprétation délicate en moyenne vallée du Rhône. Une unité située à la base de la séquence néolithique d'Orgnac – baume de Ronze (Beeching, 1986 ; Thirault et Beeching, 2009 ; A. Beeching, comm. pers.) a livré un assemblage néolithique, daté vers 5620-5480 AEC (US82C) ; incluant une armature se rapportant clairement au Castelnovien récent, cette série constitue le principal indice pour une interaction. À Espeluche – Lalo, un ensemble d'unités placées entre le Castelnovien et le Cardial (phases N1 et N2, Beeching, 2009 ; Berger *et al*., 2016) a livré un assemblage céramique mal caractérisé qui pourrait se placer dans l'arc chronologique de la fin de l'*Impressa* et du Cardial ancien, entre 5590 et 5370 AEC (Binder, Gomart et *al*., ce volume).

En l'état actuel des données, il n'est pas possible d'interpréter les transferts de silex barrémo-bédouliens de haute Provence et de la moyenne vallée du Rhône vers l'est comme le résultat d'interactions entre des groupes castelnoviens et *Impressa* et il est moins couteux d'admettre qu'ils témoignent d'incursions à bas bruit des néolithiques vers un hinterland dont on ne sait s'il est toujours occupé ou pas par des groupes mésolithiques.

En Occitanie, l'approvisionnement en silex des sites *Impressa*, tous datés de l'étape ancienne (PN3B), est principalement fondé sur l'exploitation de galets de silex bien adaptés à la production de petites lamelles détachées par pression, à Portiragnes – Pont-de-Roque-Haute (Briois, 2007), à Portiragnes – Peiro-Signado (Briois *et al*., 2009) et à Aubord – La Farigoule (Manen *et al*., 2019). Ces matériaux sont notamment accessibles au plus près, pour les sites héraultais, dans les cordons littoraux encore visibles entre Sète et le Grau-du-Roi et, pour les sites gardois, dans les formations plio-quaternaires tributaires du Rhône (*i.e*. Costières) qui recèlent de ce fait une part significative de silex barrémo-bédouliens en position secondaire. Si la collecte des galets est parfaitement démontrée, au vu notamment des cortex résiduels, un approvisionnement minoritaire en silex bédoulien sur des gîtes primaires ne saurait être totalement exclu si l'on considère l'excellente visibilité de la charge clastique, et notamment des foraminifères, de certaines pièces d'Aubord – La Farigoule (Manen *et al*., 2019, fig. 13 #I-L). Il reste certainement beaucoup à faire en termes de caractérisation de la chaîne évolutive propre à ces matériaux pour parvenir à une conclusion mais cette hypothèse renforcerait le constat d'appartenance à un même réseau de tout ou partie des sites de l'étape pionnière, entre l'Orb et le Finalese, actuellement fondé sur le partage des obsidiennes pontines et sardes.

Trois familles de silex apportent davantage d'arguments en faveurs d'interactions entre premiers fermiers et derniers chasseurs ; il s'agit des silex barrémo-bédouliens du Sud-Vercors et des silex du versant adriatique des Apennins, *Maiolica* et *Scisti ad aptici* et *Scaglia rossa*.

Le silex barrémo-bédoulien du sud du Vercors (*supra* « Barrémo-Bédoulien du Vercors ») est représenté par une unique lamelle débitée par pression, provenant des unités situées à la base de la séquence des Arene Candide (ACN-1A). Ses sources sont localisées très au nord de l'aire d'expansion de l'*Impressa* au cours des étapes PN3B à 3D ; en outre, au cours de l'étape suivante (PN4), ces latitudes ne seront atteintes que de façon exceptionnelle par le Cardial, cantonné à l'ouest, dans la moyenne vallée du Rhône (par ex. Soyons – la Brégoule ; Beeching, 1995). En revanche des implantations mésolithiques se situent à proximité de ces ressources (Affolter *et al*., 1999 ; Riche, 1999 ; Picavet *et al*., 2014 ; Angelin *et al*., 2018). S'il est probable que la plupart de ces occupations mésolithiques datent de la période qui précède les premiers impacts néolithiques dans le Nord-Ouest méditerranéen (PN2), leur perduration au cours de la première moitié du VI^{e} millénaire AEC, et plus particulièrement au cours de l'étape PN3B qui voit la diffusion des premiers aspects d'*Impressa* (style ACPS), est aujourd'hui clairement démontrée, en particulier à partir des données recueillies à Sassenage – la Grande Rivoire (Nicod *et al*., 2012), qui font elles-mêmes écho à la situation observée à Montclus – les Baumes, sur la bordure cévenole (Escalon de Fonton, 1976 ; Perrin et Defranould, 2016 ; Defranould, 2019). À la Grande Rivoire, le *terminus ante quem* du Castelnovien se place vers 5690 AEC ; après une phase potentielle de transition datée entre 5660 et 5400 AEC, les premiers aspects du Néolithique n'apparaissent de façon sûre que vers 5390 AEC, dans l'arc chronologique du Cardial mais sans aucune trace de céramique. À Montclus, le *terminus ante quem* du Castelnovien se situe vers 5800 AEC et la phase de transition potentielle est datée entre 5590 et 5300 AEC (Binder, Gomart *et al*., ce volume). Plus largement, c'est en Dauphiné qu'ont été identifiés la plupart des assemblages mixtes, qualifiés de « néolithiques acéramiques » ou « épicastelnoviens » et qui seront susceptibles d'incarner la transition entre les deux complexes culturels mésolithique et néolithique à partir de *ca.* 5500 AEC (Beeching, 1999), qu'il s'agisse de Rovon – Pas de l'Échelle et de Choranche – Balme Rousse et Coufin 1 en Isère (Bintz *et al*., 1995 et 2018) ou de Lus-la-Croix-Haute – les Corréardes dans le Diois (Chaffenet et Cordier, 1999).

La question de l'accès aux sources de *Maiolica*/*Scisti ad aptici* (*supra* « Silex des *Scisti ad aptici* et de la *Maiolica* d'Émilie ») et de *Scaglia rossa* (*supra* « *Scaglia rossa* »), se pose en des termes similaires. Les formations sub-primaires (olistostromes des *Complessi di base* des Ligurides externes) de la *Maiolica* et des *Scisti ad aptici* sont très localisées dans les provinces de Plaisance et Parme, et contribuent à l'alimentation des formations plio-pléistocènes (*Sabbie gialle*) du piémont apennnique d'Émilie-Romagne, entre Plaisance et Forlí. Ces dernières livrent également des galets de *Scaglia rossa umbro-marchigiana* et l'hypothèse retenue, car la plus économique et synthétique (à défaut d'être la plus plausible), est donc celle d'un approvisionnement en leur sein.

Or, on ne connaît aucune implantation ancienne de l'*Impressa* dans cette zone et les premières installations (*Impressa medio-adriatica* : Reggio nell'Emilia – Bazzarola, Riccione – via Berlinguer, Faenza – Fornace Capuccini, Imola – Ospedale Nuovo) ne s'y trouvent qu'à partir de l'étape PN4A, après 5450 AEC (Binder, Gomart *et al*., ce volume). En revanche ces formations de piémont constituent la zone d'implantation privilégiée du Castelnovien dans le sud du bassin du Pô ; elles sont en outre articulées avec de nombreuses occupations d'altitude dans l'Apennin tosco-émilien, dans un système de mobilité probablement saisonnière (Ferrari, 2010). Contrairement aux sites de plaine et de piémont qui n'ont pas bénéficié jusqu'à présent de datations, les sites de hauteur témoignent d'occupations tardives qui les placent avec sûreté dans la première partie du VI^{e} millénaire AEC ; c'est notamment le cas de Ventasso – Lama Lite 2 qui se situe à la fin de l'étape PN3C et principalement dans le courant de l'étape PN3D (Binder, Gomart *et al*., ce volume). Plusieurs sites ainsi datés de la fin du Castelnovien (Ventasso – Lama Lite 2, Monte Bagioletto Alto et Passo della Comunella) sont placés sur des cols qui peuvent être considérés comme des passages obligés pour le franchissement des Apennins.

Une hypothèse plus risquée (mais vis-à-vis de laquelle on ne dispose pas, pour l'heure, d'argument négatifs) envisagerait l'acquisition des silex de la *Scaglia rossa* en position primaire, dans les Marches ou en Ombrie. Elle permettrait ainsi de tirer un fil entre l'unique implantation *Impressa* « ancienne » d'Ombrie, Panicarola – Lucciola sur les rives du lac Trasimène (Moroni Lanfredini *et al*., 2015), et celle des Arene Candide (phase ACN-1A) à laquelle ce site se rattache stylistiquement (ACPS). Toutefois, ce scenario n'invaliderait pas le précédent car il ne constituerait pas une alternative pour l'acquisition des silex de la *Maiolica* et des *Scisti ad aptici*. Un effort soutenu reste à accomplir afin de préciser dans quels contextes – affleurements primaires, colluvions sub-primaires ou formations détritiques secondaires – ces silicites identifiées ont été prélevées, en prenant en considération les marqueurs gîtologiques de leur évolution.

La présence dans l'arc liguro-provençal de silex provenant, d'une part, du Vercors et, d'autre part, du piémont adriatique de l'Apennin, est susceptible de matérialiser des interactions, démontrées indépendamment par la paléo-génétique (Rivollat *et al*., 2020), entre les premiers fermiers *Impressa* et les derniers groupes de chasseurs castelnoviens dans le courant de la première moitié du VI^{e} millénaire AEC, et ce dès la première étape actuellement reconnue de diffusion littorale. Ces deux aires ont été d'emblée identifiées comme celles pour lesquelles les interactions potentielles étaient les mieux argumentées (Binder, 1989 et 2000 ; Perrin, 2013 ; Perrin et Manen, 2021).

Enfin, l'apparition, au cours de la deuxième étape de l'*Impressa* (horizon PND) des armatures de projectiles à retouches semi-abruptes et rasantes (types BG31 à BG33) ou à retouches bifaciales/*doble-bisel* (type BG42), peut matérialiser l'amplification de ces interactions. En effet, ces modes de retouches ou leur prototypes, absents des contextes de l'*Impressa* sud-italique et dalmate, apparaissent primitivement dans le sud de la France dans des contextes mésolithiques antérieurs à la Néolithisation (Castelnovien récent, horizon Cuzoul-Dourgne) pour se développer largement au sein des horizons sud-alpins dits de transition avant de se généraliser au Cardial (Binder, 1987 ; Valdeyron *et al*., 2011 ; Perrin *et al*., 2019). La présence au cours de la deuxième étape de l'*Impressa* de modes de retouches et d'usage généralement considérés comme typiques des complexes à lames et trapèzes (*i.e*. « Montbani », Gassin *et al*. 2010 ; De Stefanis et Beyries, 2021) va très exactement dans le même sens.

Tendance évolutive

À l'échelle régionale (arc tosco-liguro-provençal et bas pays occitan) les spectres d'approvisionnement lithique révèlent quelques tendances. On se fonde ci-après sur les des décomptes réduits aux seuls matériaux éloignés, importés sous forme de produits finis ou semis finis et à l'exception des éclats (et des débris) produits à partir des ressources locales.

Aux Arene Candide, au cours de l'étape la plus ancienne (phase ACN-1A), les transferts les plus lointains représentent de l'ordre de 86 % (débris et petits éclats exclus); dans ce contexte les tropismes vers l'est et le nord-est sont dominants, de l'ordre de 39 %, mais la marque des interactions avec l'ouest est similaire, de l'ordre 36 %.

Au cours de l'étape suivante (ACN-1B), les transferts les plus lointains occupent une place comparable (92 %, débris et petits éclats exclus), mais l'on observe un renversement de tendance avec un approvisionnement depuis la Provence dominant (46 %) en comparaison des Apennins (27 %). Ceci correspond aux Arene Candide à différents changements au sein de la culture matérielle. Ils sont en effet observés pour le lithique avec l'apparition de nouveaux modes de retouche des armatures, mais aussi pour la céramique, avec le développement des modes décoratifs de Pendimoun et la présence de pâtes originaires de Provence orientale. Pour ce qui concerne la céramique, ces derniers aspects diffusent également dans le val Pennavaira (Pertusello, Nasino) et dans d'autres sites du Finalese (Pollera). Par ailleurs, la présence

accentuée des obsidiennes sardes aux dépens de l'obsidienne de Palmarola peut être mise en lien avec l'apparition des poteries cardiales géométriques dans le style de Basi-Filiestru-Pienza.

À Pendimoun, la phase PND-1A est probablement synchrone de la fin de ACN-1A. Il est difficile d'être affirmatif avec un effectif particulièrement faible, mais les transferts à longue distance semblent soutenus (de l'ordre de 28 %) avec un tropisme occidental quasi exclusif.

Au cours de l'étape suivante PND-1B, qui peut être mise en parallèle chronoculturel avec AC1B, les transferts à longue distance se réduisent à 21 %, avec un tropisme pratiquement inchangé vers les sources occidentales. Pour les deux phases, les interactions trans-apenniniques sont cependant attestées ; elles concernent des matériaux dont l'origine primaire se trouve en Italie centrale (Marches-Ombrie), mais qui peuvent également se retrouver au sein des formations plio-quaternaires d'Émilie-Romagne. Contrairement aux Arene Candide, l'impact potentiel BFP décelé dans l'assemblage céramique de la phase PND-1B, n'est pas marqué par des imports d'obsidienne. Aucun import d'obsidienne n'est d'ailleurs attesté en Provence entre la première étape *Impressa* (ACPS) et le Protochasséen (Giribaldi-ST6B) au milieu du V^e^ millénaire, contrairement à ce que l'on observe en Ligurie ou en Toscane. Le seul exemple de transfert d'obsidienne sarde (SC) actuellement attesté dans le sud-est de la France à la fin du VI^e^ millénaire dans un horizon néolithique sans céramique (Sassenage – la Grande Rivoire, d138, *ca.* 5220-5000 AEC, Nicod *et al*., 2019) est à cet égard problématique ; il est en effet peu probable qu'il ait pu transiter via les communautés du Cardial-Épicardial qui n'avaient visiblement pas accès à ce matériau (Binder *et al*., 2012) et pas plus via celles du Vhò, pour les mêmes raisons (Biagi *et al*., 2020). En revanche l'obsidienne sarde est bien attestée dans les contextes Fiorano (par ex. Casa Querciolaia, Toscane, Radi et Bovenzi, 2007) dont les influences se font également sentir dans les Alpes à la fin du VI^e^ millénaire (Beeching, 1999).

Fig. 36 – Réseau Impressa, première étape, Arene Candide, phase ACN-1A. 1 : silex barrémo-bédoulien du Vercors ; 2 : silex barrémo-bédoulien de Haute-Provence ; 3 : silex jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ; 4 : éclogites et jadéitites du Monte Beigua ; 5 : silex de la *Maiolica* et des *Scisti ad Aptici* d'Emilie ; 6 : radiolarites ligures et émiliennes ; 7 : silex noirs des formations du Valdarno ; 8 : pâtes céramiques ou récipients de la province volcanique tosco-latiale ; 9 : obsidienne de Palmarola ; 10 : obsidienne du Monte Arci.
***Fig. 36** – Impressa network, first stage, Arene Candide, ACN-1A phase. 1: Barremo-Bedoulian flint from Vercors; 2: Barremo-Bedoulian flint from Upper Provence; 3, Upper Jurassic flint from the Prealps of Grasse; 4: eclogites and jadeitites from Monte Beigua; 5: flint from Maiolica and Scisti ad Aptici of Emilia; 6: Ligurian and Emilian radiolarites; 7: black flints from the Valdarno formations; 8: ceramic pastes or pots from the Tosco-Latian volcanic province; 9: obsidian from Palmarola; 10: obsidian from Monte Arci.*

Bien que les données soient encore fragiles en raison de la modicité des effectifs, les tendances observées vont vers une restriction de l'ampleur du réseau pionnier initial, entre l'étape *Impressa* à sillons d'impressions (fig. 36, aspect ACPS) et l'étape suivante caractérisée entre autres par les impressions digito-unguéales (fig. 37, aspect PND). Ce resserrement, qui s'accompagne d'une plus grande attractivité des ressources occidentales, peut être interprété comme un aspect de régionalisation progressive. Cette situation sera consolidée au cours du Cardial (ACN-2B, PND-2) avant que ne se développent les interactions avec le bassin du Pô, marquées par la diffusion des éléments culturels de la *Ceramica lineare* aux Arene Candide (phase ACN-3) comme à Pendimoun (phase PND-3).

CONCLUSIONS

En mettant en évidence la dimension considérable de l'espace investi par les premiers agropasteurs *Impressa* de l'arc liguro-provençal au cours de la première moitié du VI[e] millénaire AEC, l'étude pétro-archéologique des industries ouvre de nouvelles perspectives pour l'étude des phénomènes de néolithisation en Méditerranée occidentale.

Une première question concerne le mode et le tempo de construction de cette vaste sphère qui connaît une extension maximale, tous azimuts, au cours de l'étape ancienne de l'*Impressa* caractérisée par le style céramique ACPS. Quelques indices, aujourd'hui submergés, de mise en cultures littorales, potentiellement antérieures aux premiers sites *Impressa* bien caractérisés, pourraient constituer des jalons s'inscrivant dans une chronologie un peu plus ancienne, potentiellement représentée par l'aspect de Pont-de-Roque-Haute, PRH (Binder, Gomart *et al*., ce

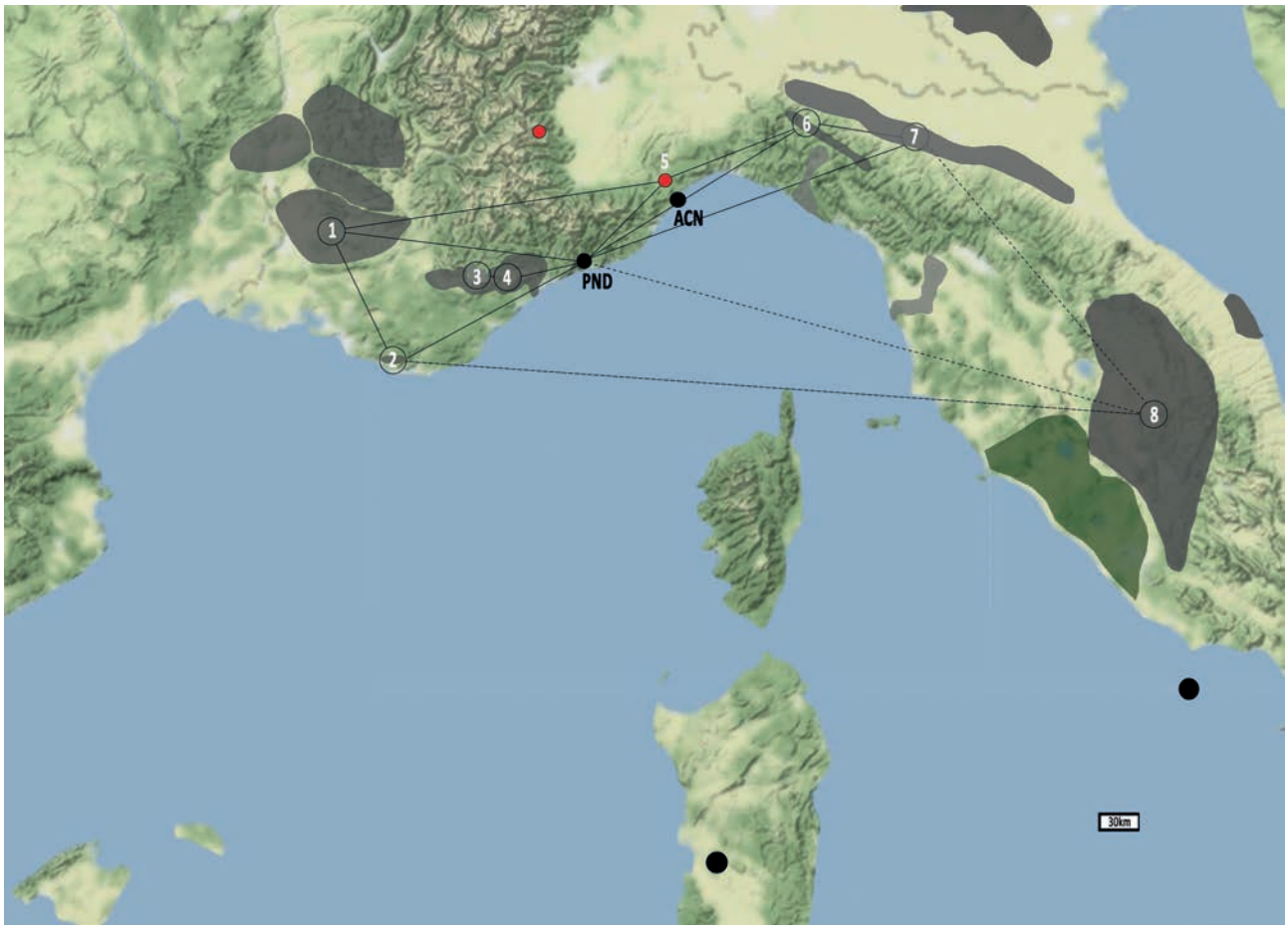


Fig. 37 – Réseau Impressa, seconde étape, Pendimoun, phases PND-1A et 1B. 1 : silex barrémo-bédoulien de Haute-Provence ; 2 : silex aptien de Basse-Provence ; 3 : silex valanginien et turonien du Haut-Var ; 4 : silex jurassique supérieur des Préalpes de Grasse ; 5 : jadéitite du Monte Beigua ; 6 : silex de la *Maiolica* et des *Scisti ad Aptici d'Emilie* ; 7 : *Scaglia rossa* des *Sabbie gialle* (hypothèse la plus économique) ; 8 : *Scaglia rossa umbro-marchigiana* en position primaire ou sub-primaire (hypothèse la plus hardie).

***Fig. 37** – Impressa network, second stage, Pendimoun, PND-1A and 1B phases. 1: Barremo-Bedoulian flint from Upper Provence; 2: Aptian flint from Lower Provence; 3: Valanginian and Turonian flint from Northern Var; 4: Upper Jurassic flint from the Prealps of Grasse; 5: jadeitite from Monte Beigua; 6: Maiolica and Scisti ad Aptici flints from Emilia; 7: Scaglia rossa from the Sabbie gialle (the weakest assumption); 8: Scaglia rossa umbro-marchigiana in primary or sub-primary position (the strongest assumption).*

volume ; Manen *et al*., ce volume). Même si l'on envisage une temporalité longue, il est difficile d'admettre, au vu des rares sites *Impressa* actuellement identifiés dans le Nord-Ouest méditerranéen, que la mise en place d'un tel réseau puisse être la conséquence d'un processus de colonisation sous pression démographique, nécessitant la conquête de nouvelles terres cultivables. En revanche, le réseautage peut être envisagé comme un modèle d'action fondamental pour les groupes *Impressa* du nord-ouest, avec la perspective d'identifier et de contrôler un maximum de ressources minérales à tailler, polir, modeler. Ces ressources constituent à la fois les fondements du système technique et les supports de l'expression symbolique, et *in fine* les ingrédients nécessaires à la production du lien social.

En deuxième lieu, il convient de se départir de l'idée d'une civilisation *Impressa* entièrement tournée vers la mer comme le laissait supposer le bornage d'un itinéraire pionnier par un semis d'obsidiennes le long de la côte, entre Palmarola et l'embouchure de l'Orb. En effet la composante continentale est considérable au cours de l'étape pionnière et notamment sa dimension montagnarde (par ex. terres à poterie mylonitiques, « jades », silex alpins, sources salées, etc.), nécessitant sans doute bien plus d'énergie collective que les seules circulations et implantations littorales mises en avant jusqu'ici.

Enfin, cette étude permet d'envisager, en parallèle avec des acquisitions probablement réalisées directement par les néolithiques, des transferts opérés *via* des contacts avec différents groupes de chasseurs cueilleurs castelnoviens, dans les Alpes et les Apennins. La réalité des métissages au cours de l'*Impressa* a été démontrée de façon totalement indépendante par les études paléo-génétiques récentes (Rivollat *et al*., 2020). Cette convergence des données biologiques et culturelles permet de soutenir l'hypothèse de la formation d'un syncrétisme marqué par l'apparition, au cours de la deuxième étape de l'*Impressa* (aspect PND), de types d'outils dont les modalités de retouche et d'usage renvoient au à la fin du Mésolithique (mise en forme des géométriques par différents modes de retouches bifaciales cf. « Montclus » et *doble-bisel* ; lames « Montbani »). Ces interactions peuvent également expliquer la réduction de l'ampleur territoriale du réseau qui semble se poursuivre par la suite, au cours du Cardial.

Il y a de ce fait beaucoup à attendre de la poursuite des analyses génomiques pour la fin du Mésolithique et les débuts du Néolithique, afin de comprendre comment et où ont pu s'opérer ces interactions.

Remerciements

Cette recherche, conduite dans le cadre du projet CIMO (ANR-14-CE31-009), a bénéficié des dynamiques à l'œuvre dans le cadre du GDR Silex (GDR 2059 du CNRS). L'étude techno-économique et la documentation des collections a été réalisée D. Binder. Les caractérisations pétroarchéologiques des silicites ont été réalisées par D. Binder avec la collaboration de P. Fernandes. Les analyses géochimiques d'obsidienne ont été réalisée par B. Gratuze. Le manuscrit a été rédigé par D. Binder avec des contributions de C. De Stefanis, P. Fernandes et B. Gratuze. Tous les coauteurs ont relu, discuté et amendé l'ensemble de l'article.

Les auteurs remercient Vicenzo Tiné (*Soprintendenza archeologia Liguria*), Daniele Arobba et Andrea De Pascale (*Museo archeologico del Finalese*, Finale Ligure), ainsi que Chiara Panelli et Stefano Rossi pour leur avoir facilité l'accès aux collections et à la documentation concernant les Arene Candide.

Notes

(1) C'est un répertoire typologique réduit (Binder, 1987, p. 185-187) qui est utilisé ici.

(2) Les distances d'acquisition – voisine en-deçà des 30 km, lointaine entre 30 et 100 km et très lointaine au-delà des 100 km (Binder, 1998) – sont estimées grossièrement à partir des itinéraires routiers proposés par différents opérateurs accessibles via l'Internet.

(3) Ces intervalles ne représentent aucunement des durées d'occupation mais des bornes (TAQ, TPQ) entre lesquelles s'inscrivent les occupations considérées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACQUAFREDDA P., MUNTONI I. M., PALLARA M. (2006) – La determinazione di provenienza dell'ossidiana mediante SEM+EDS: caratteristiche della metodica e casi studio dell'Italia sud-orientale, *in* D. Cochi Genick (dir.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana,* actes de la 39e Riunione scientifica (Florence, 25-27 novembre 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 509-519.

AFFOLTER J., BINTZ P., BRESSY C. (1999) - Analyse et circulation des matières premières siliceuses au Mésolithique et au Néolithique ancien dans les Alpes du Nord, *in* A. Beeching (dir.), *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire : matériaux pour une étude*, Valence, Centre d'archéologie préhistorique (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 129-140.

AMMERMAN A. J., POLGLASE C., CESANA A., TERRANI M. (1997) – Analyses and Descriptions of the Obsidian Collections from Arene Candide, *in* R. Maggi (dir.), *Arene Candide : a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calame (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), p. 573-592.

ANGELIN A., PERRIN T., NICOD P.-Y. (2018) – Premier et Second Mésolithique des massifs subalpins du Vercors et

de la Chartreuse : approche diachronique à travers l'étude des industries lithiques, *in* P. Bintz, C. Griggo, L. Martin et R. Picavet (dir.), *L'Homme dans les Alpes, de la pierre au métal*, actes de la table ronde (Villard de Lans, 13-14 octobre 2016), Le Bourget-du-Lac, Presses universitaires Savoie Mont-Blanc (Edytem, 20), p. 195-212.

BEECHING A. (1986) – Le Néolithique rhodanien : acquis récents et perspectives de la recherche, *in* J.P. Demoule et J. Guilaine (dir.), *Le Néolithique de la France : Hommage à Gérard Bailloud*, Paris, Picard, p. 259-276.

BEECHING A. (1995) – Nouveau regard sur le Néolithique ancien et moyen du Bassin rhodanien, *in* J.L. Voruz (dir.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien*, Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne (Documents du Département d'anthropologie et d'écologie de l'université de Genève, 20), p. 93-112.

BEECHING A. (1999) – Les premières étapes de circulation et de peuplement dans les Alpes françaises au Néolithique : apport de la céramique, *in* A. Beeching (dir.), *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire : matériaux pour une étude*, Valence, Centre d'archéologie préhistorique (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 427-480.

BEECHING A. (2009) – Les maisons ovales du Néolithique ancien de Lalo à Espeluche (Drôme), *in* A. Beeching et I. Sénépart (dir.), *De la maison au village. L'habitat néolithique dans le Sud de la France et le Nord-Ouest méditerranéen*, actes de la table ronde (Marseille, 23-24 mai 2003), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 48), p. 39-48.

BERGER J.-F., DELHON C., MAGNIN F., BONTÉ S., PEYRIC D., THIÉBAULT S., GUILBERT R., BEECHING A. (2016) – A Fluvial Record of the Mid-Holocene Rapid Climatic Changes in the Middle Rhone Valley (Espeluche-Lalo, France) and of Their Impact on Late Mesolithic and Early Neolithic Societies, *Quaternary Science Reviews*, 136, p. 66-84.

BERNABÒ BREA L. (1946) – *Gli scavi nella caverna delle Arene Candide, 1*, Bordighera, Istituto di Studi liguri, 366 p.

BERNABÒ BREA L. (1956) – *Gli scavi nella caverna delle Arene Candide, 2*, Bordighera, Istituto di Studi liguri, 296 p.

BERTOLA S. (2012) – Approccio micropaleontologico discriminante per riconoscere la provenenzia alpina o appenninica delle selci della scaglia rossa (Italia centro-settentrionale), *Bulletin du Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 52, p. 17-27.

BERTOLA S. (2016) – Southern Alpine (Trento Plateau) and Northern Apennine Flints: Ages, Distribution and Petrography, *in* A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la journée de la Société préhistorique française (Nice, 28-29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 55-75.

BERTOLA S., BAZZANELA M., WIERER U. (2006) – Le risorse litiche utilizzate presso il sito di Galbenbühel/Dos de la Forca (Salorno-Bolzano, Val d'Adige): modalità di approvigionamento e directtrici di spostamento, *in* D. Cochi Genick (dir.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana,* actes de la 39e Riunione scientifica (Florence, 25-27 novembre 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 368-371.

BERTOLA S., BROGLIO A., CRISTIANI E., DE STEFANI M., GURIOLI F., NEGRINO F., ROMANDINI M., VANHAEREN M. (2013) - La diffusione del Primo Aurignaziano a sud dell'arco alpino, *Preistoria Alpina*, 47, p. 123-152.

BERTOLA S., CUSINATO A. (2004) – Le risorse litiche dell'Altopiano di Folgaria e il loro utilizzo a Riparo Cogola, *Preistoria Alpina*, 40, p. 107-123.

BERTOLA S., FONTANA F., VISENTIN D. (2018) - Lithic Raw Material Circulation and Settlement Dynamics in the Upper Palaeolithic of the Venetian Prealps (NE Italy). A Key-Role for Palaeoclimatic and Landscape Changes Across the LGM?, *in* V. Borgia & C. Lemorini (dir.), *Palaeolithic Italy, Advanced Studies On Early Human Adaptations In The Apennine Peninsula*, Leiden, Sidestone Press, p. 219- 246.

BIAGI P., STARNINI E., BORIĆ D., MAZZUCCO N. (2020) – Early Neolithic Settlement of the Po Plain (Northern Italy): Vhò and Related Sites, *Documenta Praehistorica*, 28, p. 192-221.

BINDER D. (1987) – *Le Néolithique ancien provençal : technologie et typologie des outillages lithiques*, Paris, CNRS (supplément à *Gallia-Préhistoire*, 24), 205 p.

BINDER D. (1989) – Aspects de la néolithisation dans les aires padane, provençale et ligure, *in* O. Aurenche et J. Cauvin (dir.), *Néolithisations*, Oxford, Anthony Hands and David Walker (BAR, International Series 516), p. 199-225.

BINDER D. (1991) – Néolithiques chasseurs, néolithiques chassant, *in* D. Binder (dir.), *Une économie de chasse au Néolithique ancien. La grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographies du Centre de recherches archéologiques, 5), p. 207-212.

BINDER D. (1998) – Silex « blond » et complexité des assemblages lithiques dans le Néolithique liguro-provençal, *in* A. D'Anna et D. Binder (dir.), *Production et identité culturelle, Rencontres méridionales de Préhistoire récente, Arles, 1996*, Antibes, APDCA, p. 111-128.

BINDER D. (2000) – Mesolithic and Neolithic Interaction in Southern France and Northern Italy: New Data and Current Hypotheses, *in* T. D. Price (dir.), *Europe's First Farmers*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 117-143.

BINDER D. (2015) – Transferts et interculturalités en Méditerranée nord-occidentale (VI^{e}-IV^{e} millénaire cal. BCE), *in* N. Naudinot, L. Meignen, D. Binder et G. Querré (dir.), *Les systèmes de mobilité de la Préhistoire au Moyen Âge*, actes des 35^{e} Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (Antibes, 14-16 octobre 2014), Antibes, APDCA, p. 369-386.

BINDER D. (2016) - Approvisionnement et gestion des outillages lithiques au Néolithique : l'exemple de Giribaldi en Provence orientale, *in* A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la journée de la Société préhistorique française (Nice, 28-29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 289-311.

BINDER D., GRATUZE B., VAQUER J. (2012) – La circulation de l'obsidienne dans le sud de la France au Néolithique, *in* M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matièries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 189-200.

BINDER D., DIGELMANN P., CHABAUD G. (2014) – *Tourrettes – Chautard (Var). Inventaire des prospections 2014 (contribution 10)*, Aix-en-Provence et Nice, DRAC, Service régional de l'Archéologie PACA et CEPAM CNRS-UNS (Projet collectif de recherche ETICALP Évolutions, transferts, interculturalités dans l'arc liguro-provençal : matières premières, productions, usages, du Paléolithique supérieur à l'âge du Bronze ancien), p. 187-196.

BINDER D., BATTENTIER J., DELHON C., SÉNÉPART I. (2017a) – In Pursuit of a Missing Transition: the Mesolithic and Neolithic Radiocarbon Chronology at la Font-aux-Pigeons Rock Shelter, *Antiquity*, 91, 357, p. 605-620.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I. M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017b) – Modelling the Earliest Western Spread of Mediterranean Impressed Wares: New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta Praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., NONZA-MICAELLI A., DURRENMATH G. (2019) – Aspects de l'horizon impresso-cardial de l'abri Albertini – E Spilonche (Albertacce, Corse), *in* J. Sicurani (dir.), *L'habitat pré- et protohistorique // L'alloghju prestoricu è protostoricu*, actes du colloque (Calvi, 28-30 avril 2017), Calvi, Association de recherches pré- et protohistoriques corses, p. 29-44.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. E., CARRÉ A., CUCCHI T., DELHON C., DE STEFANIS C., DRIEU L., EVIN A., GIRDLAND FLINK L., GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIÉBAULT S. (2020) – First Farming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar Pendimoun During the Sixth Millennium BCE, *in* K. J. Gron, L. Sørensen et P. Rowley-Conwy (dir.), *Farmers at the Frontier. A Pan-European Perspective on Neolithisation*, Oxford, Oxbow Books, p. 145-159.

BINDER D., GUILAINE J. (1999) – Rapports du groupe de travail sur la néolithisation. La Méditerranée centrale et occidentale, *in* J. Évin, C. Oberlin, J.-P. Daugas et J.-F. Salles (dir.), *14C et archéologie*, actes du congrès international (Lyon, 6-10 avril 1998), Paris, Société préhistorique française (Mémoires de la Société préhistorique française, 26 et *Revue d'Archéométrie*, supplément 1999), p. 454-459.

BINDER D., MAGGI R. (2001) – Le Néolithique ancien de l'arc liguro-provençal, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98, 3, p. 411-422.

BINDER D., PERLÈS C. (1990) – Stratégies de gestion des outillages lithiques au Néolithique, *Paléo*, 2, p. 257-283.

BINDER D., SÉNÉPART I. (2004) – Derniers chasseurs et premiers paysans de Vaucluse. Mésolithique et Néolithique ancien : 7000-4700 av. J.C., *in* J. Buisson-Catil, A. Guilcher, C. Hussy, M. Olive et M. Pagni (dir.), *Vaucluse préhistorique. Le territoire, les hommes, les cultures et les sites*, Avignon, A. Barthélemy, p. 131-162.

BINTZ P., PICAVET R., ÉVIN J. (1995) – L'évolution culturelle du Mésolithique au Néolithique moyen en Vercors et dans les Alpes du Nord, *in* J.L. Voruz (dir.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien*, Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne (Documents du Département d'anthropologie et d'écologie de l'université de Genève, 20), p. 41-53.

BINTZ P., MILLET J.J., OBERLIN C. (2018) – L'abri-sous-roche du Pas de l'Échelle (Rovon, Vercors, Isère), chronostratigraphie, composantes culturelles et cadre régional, *in* P. Bintz, C. Griggo, L. Martin et R. Picavet (dir.), *L'Homme dans les Alpes, de la pierre au métal*, actes de la table ronde (Villard de Lans, 13-14 octobre 2016), Le Bourget-du-Lac, Presses universitaires Savoie Mont-Blanc (Edytem, 20), p. 119-140.

BLET M., BINDER D., GRATUZE B. (2000) – Essais de caractérisation des silex bédouliens provençaux par analyse chimique élémentaire, *ArchéoSciences, Revue d'Archéométrie*, 24, p. 149-167.

BOSTYN F., COLLIN J.P., ALLARD P., BINDER D., DELVIGNE V., FERNANDES P., MANOLAKAKIS L., TUFFERY C., BRESSY-LEANDRI C. (2019) – GDR SILEX: Aiming to a Better Understanding and Characterization of Siliceous Raw Material. A French National Project, with International Partnerships?, *in 9th International Conference of the UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times – 19-21th September 2019*, Warsaw / Krzemionki.

BOUBY L., MARINVAL P., DURAND F., FIGUEIRAL I., BRIOIS F. O., MARTZLUFF M., PERRIN T., VALDEYRON N., GUILAINE J., VAQUER J., MANEN C. (2020) – Early Neolithic (ca. 5850-4500 cal BC) Agricultural Diffusion in the Western Mediterranean: An Update of Archaeobotanical Data in SW France, *PLoS ONE*, 15, 4, p. e0230731.

BRANCH N. P., BLACK S., MAGGI R., MARINI A. F. (2014) – The Neolithisation of Liguria (NW Italy): an Environmental Archaeological and Palaeoenvironmental Perspective, *Environmental Archaeology*, 19, 3, p. 196-213.

BRANDAGLIA M. (1985) – Il neolitico a ceramica impressa dell'Isola del Giglio: l'industria litica, *Studi per l'Ecologia del Quaternario*, 7, p. 53-76.

BRANDAGLIA M. (1991) – Il Neolitico a ceramica impressa dell'Isola del Giglio: la ceramica, *Studi per l'Ecologia del Quaternario*, 13, p. 43-104.

BRIOIS F. (2005) – *Les industries de pierre taillée néolithiques en Languedoc occidental. Nature et évolution des outillages entre le 6e et le 3e millénaires av. J.-C.*, Lattes, Association pour le développement de l'archéologie en Languedoc-Roussillon (Monographies d'archéologie méditerranéenne, 20), 341 p.

BRIOIS F. (2007) – L'industrie lithique taillée, *in* J. Guilaine, C. Manen et J.-D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la néolithisation de la France*

méditerranéenne, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 77-81.

BRIOIS F., MANEN C., GRATUZE B. (2009) – Nouveaux résultats sur l'origine des obsidiennes de Peiro Signado à Portiragnes (Hérault), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106, p. 809-811.

BUCHNER G. (1949) – Ricerche sui giacimenti e sulle industrie di ossidiana in Italia. I, *Rivista di Scienze Preistoriche*, 4, 1-2, p. 162-186.

CAPELLI C., STARNINI E., CABELLA R., DEL LUCCHESE A., PIAZZA M. (2011) – La prima circolazione di ceramica nel Mediterraneo: una sintesi dei nuovi dati archeometrici sulla Ceramica Impressa della Liguria, *in* S. Gualtieri, E. Starnini, R. Cabella, C. Capelli et B. Fabbri (dir.), *La ceramica e il mare. Il contributo dell'archeometria allo studio della circolazione dei prodotti ceramici nel Mediterraneo. Atti della XII Giornata di Archeometria della Ceramica (Genova, 10-11 aprile 2008)*, Rome, Aracne editrice, p. 15-28.

CHAFFENET G., CORDIER F. (1999) – L'abri des Corréardes à Lus-la-Croix-Haute (Drôme) : un site de chasse du Néolithique ancien dans la haute vallée du Buëch, *in* A. Beeching (dir.), *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire : matériaux pour une étude*, Valence, Centre d'archéologie préhistorique (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 359-372.

CHATAIGNIER C., GRATUZE B., TARDY N., ABBÈS F., KALANTARYAN I., HOVSEPYAN R., CHAHOUD J., PERELLO B. (2020) – Diachronic Variability in Obsidian Procurement Patterns and the Role of the Cave-Sheepfold of Getahovit-2 (NE Armenia) during the Chalcolithic Period, *Quaternary International*, 550, p. 1-19.

COLLINA C. (2009) – *Évolution des industries lithiques du Néolithique ancien en Italie du sud*, thèse de doctorat, université de Provence et Università degli Studi di Roma – La Sapienza, 2 vol., 650 et 205 p.

CONFORTI J. (2020) – *Tecno-economia di alcuni complessi litici del Paleolitico superiore finale della Toscana tirrenica. Cronologia, aspetti culturali, mobilità e modelli di sussistenza*, thèse de doctorat, Università di Pisa et université Côte d'Azur, 480 p.

CONVERTINI F. (2010) - Bilan des études réalisées sur la provenance de la céramique du Néolithique ancien en Méditerranéen nord-occidentale. Mise au point d'un protocole analytique, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder et I. Sénépart (dir.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structure des productions céramiques*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 13-28.

CORNAGGIA CASTIGLIONI O., FUSSI F., D'AGNOLO M. (1963) – Indagini sulla provenienza dell'ossidiana in uso nelle industrie italiane, *Atti della Società Italiana di Scienze Naturale e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano*, 102, 3, p. 310-322.

COURTIN J., ÉVIN J., THOMMERET Y. (1985) – Révision de la stratigraphie et de la chronologie absolue du site de Châteauneuf-lès-Martigues (Bouches-du-Rhône), *L'Anthropologie*, 89, 4, p. 543-556.

COUSSERAN S. (2001) – *Les inclusions fluides, un outil pour la discrimination des quartz archéologiques : application au problème de circulation du quartz dans les Alpes occidentales et lombardes, réalisation d'un premier référentiel de données sur les quartz alpins*, thèse de doctorat, université de Provence, Aix-en-Provence, 2 vol., 367 p.

CRISCI G. M., RICQ DE BOÜARD M., LANZAFRAME U., DE FRANCESCO A. M. (1994) – Nouvelle méthode d'analyse et provenance des obsidiennes néolithiques du Midi de la France, *Gallia Préhistoire*, 36, p. 299-309.

DE FRANCESCO A. M., CRISCI G. M. (2007) – Provenance de l'obsidienne, *in* J. Guilaine, C. Manen et J.D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la Néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 83-85.

DEFRANOULD E. (2019) – *La néolithisation du sud de la France. Approche de la variabilité typo-technologique des industries lithiques*, thèse de doctorat, université de Toulouse – Jean Jaurès, EHESS, 2 vol., 489 et 285 p.

DEL LUCCHESE A., MARTINI S., NEGRINO F., OTTOMANO C. (2001) – "I Ciotti" (Mortola Superiore, Ventemiglia, Imperia). Una località di approvvigionamento della materia prima per la scheggiatura durante il Paleolitico, *Bulletino di Paletnologia Italiana*, 91-92, p. 1-26.

DE STEFANIS C. (2018) – *Systèmes techniques des derniers chasseurs-cueilleurs et des premiers agro-pasteurs du domaine liguro-provençal (7000-5500 av. JC) : approche fonctionnelle*, thèse de doctorat, université Côte d'Azur.

DE STEFANIS C., BEYRIES S., BINDER D. (2016) – Use-Wear Analysis of a Mesolithic Assemblage: the Mourre de Sève Rock Shelter (Sorgues-Vaucluse), *Preistoria Alpina*, 48, p. 139-150.

DE STEFANIS C., VOYTEK B., MAGGI R., ROSSI S., PANELLI C. (sous presse) – Analisi funzionale dei brunitoi per la produzione ceramica dai livelli Impresso-Cardiali delle Arene Candide, *in* V. Tiné (dir.), *Preistoria e Protostoria della Liguria*, actes de la 53e Riunione Scientifica (Gênes, 16-20 octobre 2018), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria.

DE STEFANIS C., BEYRIES S. (2021) – Use-Wear Analysis of Plant Processing in the Mesolithic and Neolithic of South-East of France: the Contribution of Ethnography, *in* S. Beyries, C. Hamon et Y. Maigrot (dir.), *Beyond Use-Wear Traces : Tools and People*, Leiden, Sidestonepress, p. 55-68.

DELLUNIVERSITÀ E., ALLEGRETTA I., MUNTONI I. M., TARANTINI M., TERZANO R., ERAMO G. (2020) – Distribution and Compositional Fingerprints of Primary and Secondary Chert Sources in Northern Apulia (Italy), *Journal of Cultural Heritage*, 42, p. 213-225.

DINI M., NOTINI P. (2007) – Primi dati di scavo del sito di Monte Frignone II (San Romano in Garfagnana - Lucca), *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana*, 2006, 2, p. 383-384.

ESCALON DE FONTON M. (1956) – Préhistoire de la Basse-Provence, *Préhistoire*, 12, p. 1-162.

ESCALON DE FONTON M. (1976) - La Baume de Montclus (Gard), *Livret-guide de l'excursion C2*, Nice, Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques, p. 135-145.

FERNANDES P. (2012) – *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université Bordeaux 1, 623 p.

FERNANDES P., TALLET P., BRESSY-LEANDRI C., LIAGRE J., GAILLOT S., DESSAINT P., TUFFERRY C., CAVERNE J.-B., MORIN A., PICAVET R., DELVIGNE V., RAYNAL J.-P., AFFOLTER J., RENAULT S., DOUSSE M., LAFARGE A., PIBOULE M. (2012) – *Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes, région Rhône-Alpes. Rapport final d'opération*, Lyon, Service régional de l'Archéologie, DRAC Rhône-Alpes, 327 p.

FERNANDES P., TUFFERY C., BINDER D., LEANDRI C., BRACCO J.P., TALLET P., MORALA A., TURQ A., DAVTIAN G., CAVERNE J.-B., DALPHINET D., DELVIGNE V., LIAGRE J., GAILLOT S., MILLET D., MILLET F., PIBOULE M., PICAVET R., SCHMIDT P., TOMASSO A., AFFOLTER J., BAZILE F., GARNIER J.-F., BINTZ P., PINÇON G., RAYNAL J.-P. (2016) - Les formations à silex dans le Sud de la France : élaboration en multi partenariat d'une base de données géoréférencées, premiers résultats, *in* A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la journée de la Société préhistorique française (Nice, 28-29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 137-150.

FERNANDES P., BINDER D., LEA V. (sous presse) – Étude pétro-archéologique des silicites taillées de Saint-Paul-Trois Châteaux - « Les Moulins » (Drôme), *in* A. Beeching et J. L. Brochier (dir.), *Saint-Paul-Trois-Châteaux - Les Moulins (Drôme)*.

FERRARI S. (2010) – *Il Mesolitico recente in Emilia e il complesso culturale castelnoviano: dinamiche insediative e sistemi tecnici litici*, thèse de doctorat, Università degli Studi di Ferrara, 548 p.

FORENBAHER S., PERHOČ Z. (2015) – Lithic Artifacts from Nakovana (Pelješac): Continuity and Change from Early Neolithic until the End of Prehistory, *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu*, 32, p. 5-74.

FRANCAVIGLIA V. (1984) – Characterization of Mediterranean Obsidian Sources by Classical Petrochemical Methods, *Preistoria Alpina*, 20, p. 311-332.

GABRIELE M., VERATI C., CONVERTINI F., GRATUZE B., JACOMET S., BOSCHIAN G., DURRENMATH G., GUILAINE J., LARDEAUX J.-M., GOMART L., MANEN C., BINDER D. (2019) – Long-Distance Mobility in the North-Western Mediterranean during the Neolithic Transition Using High Resolution Pottery Sourcing, *Journal of Archaeological Science Reports*, 29, p. 102050.

GABRIELE M., PANELLI C., MAGGI R., BINDER D. (2020) – L'analisi tecnologica della produzione ceramica del VI millennio BCE delle Arene Candide quale indicatore di scambi e interazioni culturali,, *in* M. Bernabò Brea (ed.), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, actes du colloque international (Forlì, 12-15 octobre 2016), Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (*Rivista di Scienze Preistoriche*, 70), p. 419-425.

GARIBALDI P., ISETTI E., ROSSI G. (1999) – Industria litica non in selce, *in* S. Tiné (dir.), *Il neolitico nella Caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Bordighera, Istituto Internazionale di Studi Liguri, p. 227-256 et 472-483.

GASSIN B., MARCHAND G., BINDER D., CLAUD E., GUÉRET C., PHILIBERT S. (sous presse) – Late Mesolithic Notched Blades: Tools for Plant Working?, *in* P. Arias-Cabal (dir.), *Meso 2010. Proceedings of the Eight International Conference on the Mesolithic in Europe*, actes du colloque international (Santander, 13-17 septembre 2010).

GIAMMARINO S., FANUCCI F., OREZZI S., ROSTI D., MORELLI D. (2010) – *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio "San Remo" n.258-271*, Florence, Servicio geologico d'Italia, 137 p.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork in Pottery Manufacture and the Introduction of Farming to Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501–1514.

GUILBEAU D. (2010) – *Les grandes lames et les lames par pression au levier du Néolithique et de l'Énéolithique en Italie*, thèse de doctorat, université Paris Ouest, 335 p.

GUILBEAU D. (2012) – Distribution du silex du Gargano (sud-est de l'Italie) entre 5600 et 4500 BC: des productions spécialisées dans un environnement contrasté, *in* M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matièries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 111-118.

GUILBEAU D., PERLÈS C. (2019) – Please Help Us Find the Origins of Greek and Italian Early Neolithic Lewer Pressure-Flaking!, *in* L Astruc, F. Briois, C. McCartney, F. Briois et V. Kassianidou (dir.), *Near Eastern Lithic Technologies on the Move. Interactions and Contexts in Neolithic Traditions. 8th International Conference on PPN Chipped and Ground Stone Industries of the Near East, Nicosia, November 23rd-27th 2016*, Nicosia, Astrom, p. 511-518.

GUILBERT R., BEECHING A., CORDIER F. (2010) – L'industrie lithique du site castelnovien de plein-air d'Espeluche-Lalo (Drôme) : spécificités techniques et culturelles, *in* A. Beeching, E. Thirault et J. Vital (dir.), *Économie et société à la fin de la Préhistoire. Actualité de la recherche. Actes des 7e rencontres méridionales de Préhistoire récente, Bron (Rhône), novembre 2006*, Lyon, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, p. 173-182.

GUILLON S. (2014) – *Dynamique de la végétation alluviale côtière dans le Sud-Est de la France (bassins versants du Loup et de la Cagne, Alpes-Maritimes) au cours de la première moitié de l'Holocène,* thèse de doctorat, université Nice Sophia Antipolis, 389 p.

HALLAM B. R., WARREN S. E., RENFREW C. (1976) – Obsidian in the Western Mediterranean: Characterisation by Neutron Activation Analysis and Optical Emission Spectroscopy, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 42, p. 85-110.

ISERN N., ZILHÃO J., FORT J., AMMERMAN A. J. (2017) – Modeling the Role of Voyaging in the Coastal Spread of the Early Neolithic in the West Mediterranean, *PNAS*, 114, 5, p. 897-902.

KAČAR S. (2019) – Impressed Ware Blade Production of Northern Dalmatia (Eastern Adriatic, Croatia) in the Context of Neolithisation, *Documenta Praehistorica*, 46, p. 352-374.

LE BOURDONNEC F.X., D'ANNA A., POUPEAU G., LUGLIÈ C., BELLOT-GURLET L., TRAMONI P., MARCHESI H. (2015) – Obsidian Artefacts from Renaghju (Corsica Island) and the Early Neolithic Circulation of Obsidian in the Western Mediterranean, *Archaeological and Anthropological Sciences*, p. 441-462.

LEROI-GOURHAN A. (1948) – *L'Homme et la matière*, Paris, Albin-Michel, 367 p.

MAGGI R. (1997) – *Arene Candide : a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calamo (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), 642 p.

MAGGI R., BINDER D., PANELLI C., GABRIELE M., PEARCE M., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P. (2020) - Liguria: aperture e chiusure di un'isola fra due pianure, *in* M. Bernabò Brea (ed.), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, actes du colloque international (Forlì, 12-15 octobre 2016), Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (*Rivista di Scienze Preistoriche*, 70), p. 77-92.

MAGGI R., NISBET R. (2021) – Gestire le risorse ambientali a fini alimentari. La complessità ligure (VII-III millennio cal BC), *in* I. Damiani, A. Cazzella et V. Copat (dir.), *Preistoria del cibo. L'alimentazione nella preistoria e nella protostoria*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria. Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali (Studi di Preistoria e Protostoria, 6), p. 179-191.

MANEN C., PERRIN T., GUILAINE J., BOUBY L., BRÉHARD S., BRIOIS F. O., DURAND F., MARINVAL P., VIGNE J.D. (2018) – The Neolithic Transition in the Western Mediterranean: a Complex and Non Linear Diffusion Process. The Radiocarbon Record Revisited, *Radiocarbon*, 2018, 1, p. 1-41.

MANEN C., PERRIN T., RAUX A., BINDER D., LE BOURDONNEC F.-X., BRIOIS F., CONVERTINI F., ESCALLON G., GOMART L., GUILAINE J., HAMON C., PHILIBERT S., QUEFFELEC A. (2019) – Le sommet de l'iceberg ? Colonisation pionnière et néolithisation de la France méditerranéenne, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 116, 2, p. 317-361.

MARTINO G., LO VETRO D., TRENTI F., PALLECCHI P., LIVIO F., RIGAMONTI I., BIANCHERI D. (2016) - Les ressources siliceuses de Lombardie occidentale: affleurements, caractérisation et premières notions sur la gitologie régionale, *in* A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la journée de la Société préhistorique française (Nice, 28-29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 77-96.

MASSARI F., MEDIZZA F., SEDEA R. (1976) – L'evoluzione geologica dell'area euganea tra il Giurese superiore e l'Oligocenico inferiore, *in* G. Piccoli, R. Bellati et C. Binotti (dir.), *Il sistema idrotermale euganeo berico e la geologia des Colli Euganei*, Padoue, Società cooperativa tipografica (Memorie degli Istituti di Geologia e Mineraologia dell'Università di Padova, 30), p. 174-197.

MILOT J., SIEBENALLER L., BÉZIAT D., LEA V., SCHMIDT P., BINDER D. (2017) – Fluid Inclusion Formation During Heat Treatment of Barremo-Bedoulian Flint: Archaeometric Implications, *Archaeometry*, 59, 3, p. 417-434.

MORIN D., LAVIER C., GUIOMAR M., FONTUGNE M. (2008) – Aux origines de l'extraction du sel en Europe (VIe millénaire av. JC). La source salée de Moriez, Alpes-de-Haute-Provence, *in* O. Weller, A. Dufraisse et P. Pétrequin (dir.), *Sel, eau et forêt. D'hier à aujourd'hui*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté (Cahiers de la MSHE Ledoux), p. 281-298.

MORONI LANFREDINI A., DE ANGELIS M. C., OCCHI S., PAZZAGLIA F. (2015) –The Pre-Protohistoric Human Occupation in the Trasimeno Basin. Antiquarian Collections and Modern-Day Investigations, *Rivista di Scienze Preistoriche*, 65, p. 29-56.

MUNTONI I. M. (2012) – Circulation of Raw Materials, Final Products or Ideas in the Neolithic Communities of Southern Italy: the Contribution of Archeometric Analyses to the Study of the Pottery, Flint and Obsidian, *in* M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 403-412.

NEGRINO F., STARNINI E., BERTOLA S. (2016) – Red Radiolarite Availability in Western Liguria? A Challenging Enigma from Ortovero (Savona, Liguria, Northern Italy), *in in* A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la journée de la Société préhistorique française (Nice, 28-29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 45-54.

NICOD P.Y., PERRIN T., BROCHIER J.-L., CHAIX L., MARQUEBIELLE B., PICAVET R., VANNIEUWENHUYSE D. (2012) – Continuités et ruptures culturelles entre chasseurs mésolithiques et chasseurs néolithiques en Vercors, analyse préliminaire des niveaux du Mésolithique récent et du Néolithique ancien sans céramique de l'abri sous-roche de la Grande Rivoire (Sassenage, Isère), *in* T. Perrin, I. Sénépart, J. Cauliez, É. Thirault et S. Bonnardin (dir.), *Dynamismes et rythmes évolutifs des sociétés de la Préhistoire récente. Actualités de la recherche, a*ctes des 9e Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Saint-Georges-de-Didonne, 8-9 octobre 2010), Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 13-32.

NICOD P.Y., PERRIN T., LE BOURDONNEC F.-X., PHILIBERT S., OBERLIN C., BESSE M. (2019) – First Obsidian of the Early Neolithic in the French Northern Alps, *Journal of Field Archaeology*, 44, 3, p. 180-194.

ORANGE M., LE BOURDONNEC F.X., D'ANNA A., TRAMONI P., LUGLIÈ C., BELLOT-GURLET L., SCHEFFERS A., MARCHESI H., GUENDON J.L., JOANNES-BOYAU R. (2018) – Obsidian Economy on the Cauria Plateau (South Corsica, Middle Neolithic): New Evidence from Renaghju and I Stantari, *Quaternary International*, 467, p. 323-331.

OTTOMANO C. (2004) – L'evoluzione paleoambientale del territorio di Chiavari attraverso l'analisi e l'interpretazione di sondaggi geognostici, *in* R. C. De Marinis et G. Spadea (dir.), *I Liguri*, Milano, Skira, p. 81-84.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide. Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI millénaire AEC*, thèse de doctorat, Università di Genova et université Côte d'Azur, 590 p.

PELEGRIN J. (2012) – New Experimental Observations for the Characterization of Pressure Blade Production Techniques, *in* P. M. Desrosiers (dir.), *The Emergence of Pressure Blade Making: From Origin to Modern Experimentation*, New York, Springer, p. 465-500.

PERHOČ Z. (2009) – Sources of Chert in Middle Dalmatia: Supplying Raw Material to Prehistoric Lithic Industries, *in* S. Forenbaher (dir.), *A Connecting Sea: Maritime Interaction in Adriatic Prehistory*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 2037), p. 25-46.

PERLÈS C. (2012) - Le statut des échanges au Néolithique, *in* M. Borrel, F. Borrel, J. Bosc, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matièries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III milenni aC // Networks in the Neolithic. Exchange of Raw Materials, Products and Ideas in the Western Mediterranean (VII-III Millennium BC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Museu de Gavà (*Rubricatum*, 5), p. 539-546.

PERRIN T. (2001) – *Évolution du silex taillé dans le Néolithique haut-rhodanien autour de la stratigraphie du Gardon (Ambérieu-en-Bugey, Ain)*, Lille, Presses du Septentrion, 992 p.

PERRIN T. (2013) – Potentialités de contacts entre mésolithiques et néolithiques dans le sud de la France, *in* T. Perrin, C. Manen, G. Marchand, P. Allard, D. Binder et M. Ilett (dir.), *Autour du Néolithique ancien – Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire,* actes du 27e Congrès préhistorique de France (Bordeaux - Les Eyzies, 31 mai – 5 juin 2010), Paris, Société préhistorique française (Congrès, 27, 2), p. 357-372.

PERRIN T., DEFRANOULD E. (2016) – The Montclus Rock Shelter (Gard) and the Continuity Hypothesis between 1st and 2nd Mesolithic in Southern France, *Quaternary International*, 423, p. 230-241.

PERRIN T., MANEN C. (2021) – Potential Interactions between Mesolithic Hunter-Gatherers and Neolithic Farmers in the Western Mediterranean: The Geochronological Data Revisited, *PLoS ONE*, 16, 3, e0246964.

PERRIN T., MARCHAND G., VALDEYRON N., SAM B. (2019) – D'un sens à l'autre et retour… La « flèche de Montclus », un marqueur des interactions entre mésolithiques et néolithiques ?, *in* R.-M. Arbogast, S. Griselin, C. Jeunesse et F. Séara (dir.), *Le second Mésolithique des Alpes à l'Atlantique (7e- 5e millénaire)*, actes de la table ronde internationale (Strasbourg, 3-4 novembre 2015), Strasbourg, DRAC Grand Est (MAGE, 3), p. 127-151.

PÉTREQUIN P., CASSEN S., ERRERA M., KLASSEN L., SHERIDAN A., PÉTREQUIN A.-M. (2012) – *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté et Centre de recherche archéologique de la Vallée de l'Ain, 1524 p.

PÉTREQUIN P., GAUTHIER E., PÉTREQUIN A.-M. (2017) – *Jade 2. Objets-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l'Europe néolithique*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, 1468 p.

PESSINA A., RADI G. (2006) – La diffusione dell'ossidiana nell'Italia centro-settentrionale, *in* D. Cochi Genick (dir.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana,* actes de la 39e Riunione scientifica (Florence, 25-27 novembre 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 435-460.

PICAVET R., ANGELIN A., MOULIN B. (2014) – Massif du Vercors : état des prospections sur les hauts-plateaux et les Quatre Montagnes pendant la Préhistoire récente, *in* I. Sénépart, F. Leandri, J. Cauliez, T. Perrin et É. Thirault (dir.), *Chronologie de la Préhistoire récente dans le sud de la France. Acauis 1992-2012. Actualités de la recherche*, actes des 10e Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Porticcio, 18-20 octobre 2012), Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 461-490.

POUPEAU G., LE BOURDONNEC F.-X., DUTTINE M., VILLENEUVE G., DUBERNET S., LUGLIÈ C., MORETTO P., BELLOT-GURLET L., FRÖHLICH F., SCORZELLI R. B., SOUZA AZEVEDO I., LOPEZ A., STEWART S. (2004) – The Monte Arci Obsidian: New Fingerprinting Approaches in Provenance Studies, *in L'ossidiana del Monte Arci nel Mediterranea. La ricerca archeologica e la salvaguardia del paesaggio per il sviluppo delle zone interne della Sardegna*, actes du 2e colloque international (Pau, 28-30 novembre 2003), Calgiari, Edizioni AV, p. 323-332.

RADI G., BOVENZI G. (2007) – La circolazione dell'ossidiana nell'area alto tirrenica, *in* C. Tozzi et M.C. Weiss (dir.), *Préhistoire et protohistoire de l'aire tyrrhénienne*, Ghezzano, Felici Editore, p. 209-216.

RICQ DE BOÜARD M. (1996) – *Pétrographie et sociétés néolithiques en France méditerranéenne : l'outillage en pierre polie*, Paris, CNRS (Monographies du Centre de recherches archéologiques, 16), 272 p.

RICHE C. (1999) – Les gîtes siliceux du bassin de la Drôme et du sud du Vercors, *in* A Beeching (dir.), *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire : matériaux pour une étude*, Valence, Centre d'archéologie préhistorique (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 118-128.

RIVOLLAT M., JEONG C., SCHIFFELS S., KÜÇÜKKALıPÇı İ., PEMONGE M.-H., ROHRLACH A. B., ALT K. W., BINDER D., FRIEDERICH S., GHESQUIÈRE E., GRONENBORN D., LAPORTE L., LEFRANC P., MELLER H., RÉVEILLAS H., ROSENSTOCK E., ROTTIER S., SCARRE C., SOLER L., WAHL J., KRAUSE J., DEGUILLOUX M.F., HAAK W. (2020) – Ancient Genome-Wide DNA from France Highlights the Complexity of Interactions Between Mesolithic Hunter-Gatherers and Neolithic Farmers, *Science Advances*, 6, eaaz5344.

ROSTAN P. (1983) – Cristaux de quartz à faciès « fenêtre » dans les chaînes subalpines méridionales *Comptes rendus du 108e Congrès national des sociétés savantes, Sciences, I*, Paris, CTHS, p. 45-52.

ROSTAN P. (2005) – Les ressources en cristaux de quartz hyalin du sud-est de la France et leurs potentialités archéologiques, *Bulletin du Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 45, p. 3-14.

ROSTAN P., THIRAULT É., FERNANDES P., MOULIN B., NICOLLE B., THIÉBAULT S., VITAL J. (2016) – L'usage du quartz hyalin dans les Alpes durant la Préhistoire : une vue d'ensemble. Nouvelles données en Oisans (Isère et Hautes-Alpes) *in* A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la journée de la Société préhistorique française (Nice, 28-29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 97-136.

ROWLEY-CONWY P., GOURICHON L., HELMER D., VIGNE J.-D. (2013) – Early Domestic Animals in Italy, Istria, the Tyrrhenian Islands and Southern France, *in* S. College, J. Conolly, K. Dobney, K. Manning et S. Shennan (dir.), *The Origins and Spread of Domestic Animals in Southwest Asia and Europe*, Walnut Creek, California, Left Coast Press (Publications of the Institute of Archaeology, University College London, 59), p. 161-194.

SIVILLI S. (2020) – *Approvvigionamento, gestione e circolazione delle materie prime lithiche. Neolitico, Puglia centro-meridionale*, thèse de doctorat, Università del Salento, 2 vol., 442 p. et 446 p.

STARNINI E., D'AMICO C., GHEDINI M. (2018) – L'industria in pietra levigata dell'Arma dell'Aquila (Finale Ligure, Savona), *in* P. Biagi et E. Starnini (dir.), *Gli scavi all'Arma dell'Aquila (Finale Ligure, Savona): le ricerche e i materiali degli scavi del Novecento*, Trieste, Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, p. 127-136.

STARNINI E., PANELLI C., LE BOURDONNEC F.X., LUGLIÈ C. (2021) – New Results from Sourcing the Early Neolithic Obsidian Artefacts from Pollera Cave (Liguria, NW Italy) *in* K. T. Biró et A. Markó (dir.), *Beyond the Glass Mountains. Papers Presented for the 2019 International Obsidian Conference. 27-29 May 2019, Sárospatak*, Budapest, Magyar Nemzeti Múzeum (Inventaria Praehistorica Hungariae, 14), p. 57-68.

STARNINI E., VOYTEK B. (1997a) – The Neolithic Chipped Stone Artefact from the Bernabò Brea-Cardini Excavations, *in* R. Maggi (dir.), *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calame (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), p. 349-426.

STARNINI E., VOYTEK B. (1997b) – New Lights on Old Stones, *in* R. Maggi (dir.), *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calame (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), p. 427-512.

TARANTINI M., GALIBERTI A., MAZZAROCCHI F. (2011) – Prehistoric Mines of the Gargano: an Overview, *in* M. Capote, S. Consuegra, P. Diaz-del-Rio et X. Terradas (dir.), *Proceedings of the 2nd International Conference of the UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times (Madrid, 14-17 October 2009)*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 2260), p. 253-263.

TINÉ S. (1999) – *Il Neolitico nella Caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Bordighera, Istituto Internazionale di Studi Liguri (Collezione di Monografie Preistoriche ed Archeologiche, 10), 621 p.

THIRAULT É., BEECHING A. (2009) – Un habitat en grotte au Néolithique ancien : les cabanes de baume de Ronze (Orgnac, Ardèche), *in* A. Beeching et I. Sénépart (dir.), *De la maison au village. L'habitat néolithique dans le Sud de la France et le Nord-Ouest méditerranéen*, actes de la table ronde (Marseille, 23-24 mai 2003), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 48), p. 49-60.

TOMASSO A. (2014) – *Territoires, systèmes de mobilité et systèmes de production. La fin du Paléolithique supérieur dans l'arc liguro-provençal*, thèse de doctorat, université Nice Sophia Antipolis et Università degli Studi di Pisa, 535 p.

TOMASSO A. (2018) – Territoire de mobilité et territoire social : structuration du territoire d'approvisionnement en matières premières lithiques dans l'Épigravettien récent au nord-ouest de l'Italie, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 115, 4, p. 677-700.

TOMASSO A., BINDER D., MARTINO G., PORRAZ G., SIMON P., BARBIER-LEYDET M., BLET-LEMARQUAND M., DINI M., GUILBERT R., LEA V., MILLOT J., SIMONUCCI C., TOZZI C. (2016) – Le référentiel Matières premières de l'Arc Liguro-Provençal (MP-ALP) : ressources siliceuses entre Vallée du Rhône et Apennins, *in* A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la journée de la Société préhistorique française (Nice, 28-29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 11-33.

TOMASSO A., BINDER D., FERNANDES P., MILOT J., LEA V. (2019) – The Urgonian Chert from Provence (France): the Intra-Formation Variability and Its Exploitation in Petro-Archaeological Investigations, *Journal of Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 1, p. 253-269.

TOMASSO A., MARTINO G. (2010) – *Rapport de prospections. Les ressources siliceuses de Ligurie*, Aix-en-Provence, Service régional de l'Archéologie Provence-Alpes-Côte d'Azur (Projet collectif de recherche ETICALP Evolutions, transferts, Interculturalités dans l'arc liguro-provençal : Matières premières, productions, usages, du Paléolithique supérieur à l'âge du Bronze ancien).

TOZZI C., GRIFONI CREMONESI R., FEDELI F. (1999) – *I rapporti tra l'Italia centrale tirrenica e la Corsica in età antica: il Neolitico a ceramica impressa cardiale. Piombino, dicembre 1999 - gennaio 2000*, Siena, Lalli editore, 61 p.

TYKOT R. H. (1996) – Mediterranean Islands and Multiple Flows: the Sources and Exploitation of Sardinian Obsidian, *in* S. Shackley (dir.), *Methods and Theories in Archaeological Obsidian Studies*, New York, Plenum Publishing Corporation (Advances in Archaeological and Museum Science Series), p. 67-82.

UCELLI GNESUTTA P., BERTAGNINI A. (1993) – Grotta delle Settecannelle (Ischia di Castro, Viterbo): analisi ed inquadramento della ceramica preistorica, *Rassegna di Archeologia (Piombino)*, 11, p. 67-112.

VALDEYRON N., BOSC-ZANARDO B., BRIAND T., HENRY A., MARQUEBIELLE B., MICHEL S. (2011) – Le

gisement du Cuzoul de Gramat (Lot, France) : présentation des nouveaux travaux et résultats préliminaires, *in* I. Sénépart, T. Perrin, É. Thirault et S. Bonnardin (dir.), *Marges, frontières, transgressions. Actualité de la recherche*, actes des 8e Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Marseille, 7-8 novembre 2008), Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 197-211.

VERCESI P., COBIANCHI M. (1998) – Stratigrafia di un frammento di margine continentale giurassico : la successione di Case Caldarola (Appennino piacentino), *Bollettino della Societa Geologica Italiana*, 117, 3, p. 537-554.

VIGNE J.D. (2007) – Exploitation des animaux et néolithisation en Méditerranée occidentale, *in* J. Guilaine, C. Manen et J.D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la Néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, p. 221-302.

Didier Binder
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR 7264)
CNRS, SILEX (GDR 2059)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
didier.binder@cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0001-8232-5367

Cristina de Stefanis
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR 7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
cristinadestefanis@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8903-4260

Paul Fernandes
PALÉOTIME
Université Bordeaux, CNRS, Ministère Culture, PACEA (UMR 5199)
CNRS, SILEX (GDR 2059)
318, Av. du Général de Gaulle
F.-38250 Villard-de-Lans
paul.fernandes@paleotime.fr

Bernard Gratuze
Université Orléans, CNRS, IRAMAT (UMR 7065)
Centre Ernest Babelon
3D, rue de la Férollerie
F.-45071 Orléans cedex 2
gratuze@cnrs-orleans.fr
https://orcid.org/0000-0001-6136-8085

Roberto Maggi
Università di Genova, LASA - Laboratorio di Archeologia e Storia Ambientale
via Balbi, 6
I.-16126, Genova
romaggi2003@libero.it

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 277-306
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

From geomaterials to archaeological pastes: the example of "granitic" pottery productions from Neolithic Castellar - Pendimoun (Alpes-Maritimes, France)

Jean-Marc Lardeaux, Gilles Durrenmath, Marzia Gabriele, Chrystèle Verati and Didier Binder

Résumé : Le site de Castellar – Pendimoun offre des jeux de données qui font référence dans le contexte de la mise en place des premières communautés agropastorales néolithiques dans le domaine liguro-provençal. Les assemblages céramiques provenant des horizons de l'*Impresso*-Cardial sont caractérisés par trois types de pâtes, glauconieuses, granitiques et mixtes. Notre étude porte sur les pâtes granitiques dont l'abondance relative caractérise les horizons les plus anciens (*Impressa*, phases PND-1A et 1B) et dont les sources potentielles se trouvent à plusieurs dizaines de kilomètres du site. Nos travaux combinent observations géologiques naturelles (minéralogie, pétrographie et microstructures de déformation des minéraux et des roches), analyses géochimiques quantitatives (ICP-AES et ICP-MS pour les éléments majeurs et les éléments en traces, géochronologie ^{40}Ar-^{39}Ar), production expérimentale, à différentes températures (300°C, 500°C et 700°C), de céramiques à partir des matières premières considérées comme les plus plausibles dans le cas d'étude et modélisations thermodynamiques quantitatives de la nature des assemblages minéralogiques les plus stables en fonction des compositions chimiques spécifiques des matières premières considérées et des variations de la température. L'étude, au microscope polarisant, de dix-sept lames minces des céramiques archéologiques révèle une importante quantité, *ca.* 40 %, de particules non plastiques. Les observations minéralogiques et pétrographiques démontrent que les minéraux et les lithoclastes présents dans ces céramiques archéologiques sont caractéristiques des granites subsolvus à deux micas. Au sein de ces céramiques, les quartz montrent des textures de déformation ductile intra-cristalline (extinctions roulantes, formation de sous-grains plus ou moins fortement désorientés, recristallisation dynamique de nouveaux grains avec forte réduction de taille), les micas montrent des extinctions roulantes et des *kink-bands* alors que les feldspaths montrent des macles de déformation, des extinctions roulantes et de nombreuses micro-fractures scellées par des micas. Ces microstructures sont caractéristiques de la déformation des roches granitiques dans des conditions de température comprises entre 350 et 450°C, c'est à dire dans le faciès des schistes verts. Dans de telles conditions la déformation des granites est localisée dans des couloirs mylonitiques au sein desquels les roches montrent une forte réduction de la taille des grains de quartz et le remplacement des feldspaths par des micas blancs. Ces types de microstructures sont observés dans les minéraux et les lithoclastes des céramiques étudiées démontrant que les terres d'altération utilisées pour la fabrication des poteries dérivent de granites leucocrates à deux micas déformés (mylonites) dans le faciès des schistes verts. Les céramiques contiennent de plus de rares fragments de granophyres, de lamprophyres et de migmatites à sillimanite. Dans le contexte géologique régional quatre domaines montrent des roches granitiques et métamorphiques à l'affleurement : les massifs de Calizzano et Savona en Ligurie, les formations détritiques éocènes et oligocènes de la série des grès d'Annot, le massif des Maures-Tanneron et enfin le massif de l'Argentera-Mercantour. Une analyse comparative détaillée des caractéristiques géologiques de ces différents domaines désigne le granite central de l'Argentera-Mercantour (avec ses couloirs de mylonites, ses filons de lamprophyres et ses enclaves de migmatites) comme la géo-ressource la plus plausible utilisée pour la fabrication des céramiques de Pendimoun. Les analyses géochimiques et géochronologiques à haute résolution effectuées d'une part sur les terres d'altération dérivant des mylonites du granite central de l'Argentera et d'autre part sur les céramiques archéologiques montrent de remarquables similitudes. Ces terres d'altération ont donc été utilisées afin de produire des céramiques expérimentales avec des cuissons à différentes températures. La minéralogie de ces céramiques évolue de façon significative avec la température. Dès 500°C les argiles ont été en totalité transformées en micas, les chlorites sont partiellement recristallisées en biotites et les néo-cristallisations de quartz, muscovite, biotites, ilménite sont nombreuses dans la matrice comme aux interfaces entre les phases magmatiques initiales. Les évolutions minéralogiques observées, entre 300 et 700°C, dans les céramiques expérimentales sont cohérentes avec les données pétrologiques issues des études du métamorphisme de contact de roches sédimentaires argileuses. Cependant comme les conditions de stabilité des minéraux sont fortement dépendantes des compositions chimiques spécifiques

des méta-sédiments nous avons réalisé une modélisation thermodynamique de stabilité des assemblages minéralogiques, sur une large gamme de températures, sur deux exemples de terres d'altération dérivant du granite central de l'Argentera et dont les compositions chimiques ont été analysées. Les résultats de la modélisation thermodynamique sont en bon accord avec les observations effectuées sur les céramiques expérimentales et permettent de fixer les conditions de cuisson les plus probables des céramiques archéologiques entre 550 et 500°C. Cette approche multi-méthodes nous permet de mettre en évidence la diversité des transformations minéralogiques se déroulant, au sein des terres d'altération, d'une part lors du cycle géologique « naturel » (exhumation, déformation et altération des roches) et d'autre part lors du « cycle industriel » (cuisson en fours à différentes températures). Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives sur la méthodologie à mettre en œuvre afin de caractériser, de façon rigoureuse, la nature des matières premières ayant servi à la fabrication des céramiques archéologiques. Nous démontrons que les matrices, brunâtre à rouge foncé, des céramiques de Pendimoun sont constituées de minéraux néoformés, en particulier des biotites, ayant cristallisé durant le processus de cuisson. La disparition de toutes les argiles et d'une grande partie des chlorites dès 500°C peut conduire à une sous-estimation de la proportion des phases argileuses initialement présentes dans la géo-ressource. Les méthodes de mise en forme des poteries du Néolithique pourraient être examinées à la lumière de ces résultats. Enfin, nos travaux soutiennent l'hypothèse de la collecte de sols à une altitude relativement élevée (*ca.* 2000 m) modifiant la vision d'un peuplement néolithique précoce confiné à la seule frange côtière.

Mots-clés : géo-ressources, minéralogie, géochimie quantitative, modélisation thermodynamique, pâtes granitiques, mylonites, sites de haute altitude.

Abstract: This study provides new insights into the "granitic" pottery pastes from the Neolithic Castellar – Pendimoun site by combining natural geological observations (mineralogy, petrography, microstructures), quantitative geochemical investigations, experimental firing of putative raw material at different temperatures to produce experimental pottery and quantitative thermodynamic modelling of the most stable mineral assemblages, within a large temperature range, for the specific chemical composition of the alteration soils used for ceramic production. First, it could be stated that the main geological source for raw materials used to produce the Pendimoun granitic pastes was leucocratic two-micas granite which was deformed, within mylonitic shear zones, under greenschist facies conditions. It could be demonstrated that the most possibly used resource within the geological environment was the deformed « Argentera Central Granite », with its associated dykes and surrounding migmatites. It was also possible to highlight the chemical compatibility of the early potteries from Pendimoun with the Argentera-Mercantour altered granite deposits and these raw materials were used to produce experimental ceramics. The experimentally produced mineral assemblages are consistent with the petrologic constraints imposed by the study of naturally metamorphosed clay-rich sedimentary rocks. Thermodynamic modelling performed on two alterite samples yielded results that are consistent with our experiments and show that the potteries found at Pendimoun were produced at a temperature close to 550-500°C. This dataset makes it possible to decipher the mineral reactions that may occur during the "natural cycle" (exhumation, deformation and alteration of the rocks) and the "firing cycle" and opens up new perspectives for geological sourcing and analysis as regards the methods of shaping and firing Neolithic pottery. Finally, our work supports the hypothesis of soils collection at a relatively high altitude (c. 2000m) modifying the view of an early Neolithic settlement confined to the coastal fringe.

Keywords: geological sources, mineralogy, quantitative geochemistry, thermodynamic modelling, granitic pastes, mylonites, high-altitude sites.

INTRODUCTION

During the first half of the 6th millennium BCE, a particular mode of pottery production illustrates the specificity of the pioneer Neolithic diffusion pattern across the Tyrrhenian Sea, towards the North-Western Mediterranean, and reveals cultural traditions that are distinct from those observed eastwards, *i.e.* in the Aegean-Balkan and Adriatic areas, which are thought to be at the origin of the Western Impressed Wares (Gomart *et al.*, 2017, Gomart, Binder, Gabriele *et al.*, this volume). This singular method of pottery making strongly contrasting with the huge diversity of shapes and decorations modes observed in this area highlights the diversification of the pottery assemblages over time and space (Manen *et al.*, 2019 and this volume).

In the Tyrrhenian area, the wide range of raw materials selected for the shaping of the earliest Neolithic vessels equally emphasises such a diversity (*e.g.* Binder, 1991; Échallier and Courtin, 1994; Manen *et al.*, 2006; Capelli *et al.*, 2007; Gabriele, 2014 and this volume). In general, the frequent use of mineral rich, coarse or very coarse pastes, contrasts with the Aegean-Balkan tradition, with potters commonly favouring plastic carbonate clays (Spataro, 2002; Muntoni, 2003; Spataro, 2017). The impressive raw material diversity, observed for instance in the northern Tyrrhenian Sea and the gulf of Lion, makes it possible to assume that the choice of raw materials for pottery manufacturing was not only dictated by local availability but also reflects more complex processes, involving the functional or symbolic sphere. Indeed, it raises questions with regard to the differentiated use of materials to obtain a certain type of shape and /or physical properties for a specific function (*e.g.* Binder, 1991) and with regard to the transfer of raw materials, pastes or pots even over long or very long distances (Capelli *et al.*, 2006 and 2007; Convertini and Bruxelles, 2010; Capelli *et al.*, 2011; Gabriele *et al.*, 2019 and this volume).

Amongst the large array of raw materials available in eastern Provence and Liguria, the presence of pastes containing micaceous minerals stemming from the weathering of materials of granitic or metamorphic origin was noted very early on. As a matter of fact, in his pioneer study of the Cardial series of the Saint-Vallier-de-Thiey – Lombard cave, J.-C. Échallier stressed the paradoxical

aspect of the thin sections of pots made from micaceous *terrae*: whatever the magnification, the matrix appeared as a felting of minerals, *i.e.* small-sized and xenomorphic biotites, suggesting an alteration without significant displacement from the bed rock (Échallier in Binder, 1991). The very low frequency of clayey minerals raised pivotal questions, asked during the drafting of the CIMO project, about the workability of such kind of pastes and subsequently the specific methods that may have been implemented for shaping and firing the pots.

The Pendimoun rock-shelter holds a key position as regards the communication routes between Liguria and eastern Provence and alongside the Finale Ligure – Arene Candide cave site it is a major reference for establishing the framework of the process of neolithisation in the North-Western Mediterranean area (Binder *et al.*, 1993; Maggi and Starnini, 1997; Binder and Maggi, 2001; Panelli, 2019; Binder *et al.*, 2020; Maggi *et al.*, 2020). Thus, both pottery series and associated raw materials have been highly investigated (Basso *et al.*, 2006; Capelli *et al.*, 2007 and 2011; Gabriele, 2014; Pradeau *et al.*, 2016; Gabriele *et al.*, 2020 and this volume).

At Castellar – Pendimoun, these investigations made it possible to identify three groups of pastes used for the manufacturing of the Neolithic potteries: glauconitic, granitic and mixed pastes (*i.e*. glauconitic-granitic pastes with deliberate mixing; Gabriele, 2014). Detailed petrographic, mineralogical and geochemical analyses of the pottery clearly established that local glauconite-bearing marls were used for glauconitic pastes production (Basso *et al.*, 2006; Gabriele, 2014; Gabriele *et al.*, this volume) and that this glauconitic material was also used for its colouring properties (Pradeau *et al.*, 2016). Moreover, petrographic analysis using an optical microscope and a SEM demonstrate that the mixed pastes resulted from anthropogenic production (Gabriele, 2014; Gabriele *et al.*, this volume).

The "granitic" pottery pastes throw up challenging issues concerning both their intrinsic properties and the range of their transfer. Based on the well documented case study offered by the Pendimoun series, the aim is therefore to present detailed mineralogical, petrographic, microstructural and geochemical analyses of granitic pastes to determine their putative geomaterial sources. Beyond the identification of the potential outcrops and the consequences in terms of mobility and trade, the aim of this paper is also to document the effects of both the natural geological cycle and the firing cycle on the mineralogical evolution of raw materials and thus on the characterisation of archaeological pottery.

ARCHAEOLOGICAL CONTEXT

The site of Castellar – Pendimoun (Alpes-Maritimes) is located at the foot cliff of the Roc de l'Orméa massif at *c.* 700m asl, *c*. 4km north of Menton and less than 1km from the French-Italian border (fig. 1). From this rock shelter, which opens to the west, it is possible to observe the Mediterranean Sea to the south and the mountains that run parallel to the Careï River to the west, an axis of natural penetration towards the north and the alpine reliefs, through the alpine Colle di Tenda pass towards the Po basin.

The rock-shelter opened within Upper Jurassic limestones alternating with marly limestones, marls and schistose marls including glauconite-bearing levels attributed to the Lower Cretaceous (Gèze *et al.*, 1968). These formations constitute the roof and the base of the rock shelter respectively. This overhang is at the origin of an important circulation of water and springs formation at the junction, and of the development of large spathic calcite prisms (5-10cm long), which are close to the optical quality and are also of some interest for pottery production within diverse cultural contexts. Overlooking the site, at less than 1km away, there are the extended formations of the undifferentiated Upper Cretaceous limestone with glauconitic horizons.

Pendimoun displays a set of Holocene stratified levels and structures (hearths, pits, postholes, burials, etc.), overlaying thick gravels deposits. Within the latter, possible Tardiglacial and/or Pleistocene occupational layers have not yet been explored.

Subsequent to a poorly preserved occupation of the Early Mesolithic (phase 0, 8240-7590 BCE) followed by a long gap, the core of the sequence is represented by the Impressed Ware Culture. The latter is divided in two main successive aspects: *Impressa* (phase 1A, 5720-5660 BCE; phase 1B, 5650-5440 BCE) and Cardial (phase 2A, 5440-5200 BCE; 2B, 5330-5020 BCE). At the end of the 6th millennium BCE the site reveals influences from the Po plain (*i.e*. Vhò group) and transitional aspects towards the Square Mouthed Pottery Culture (phase 3, 5150-4680 BCE). The top of the sequence provides traces of occupation related to successive aspects of the Southern Chassey culture (phase 4) and to the Bell Beaker (phase 5), and sporadic finds dated to the Bronze Age, the Roman Era, as well as to the Middle Ages and the Modern period (Binder *et al.*, 1993; Binder and Lepère, 2014; Binder *et al.*, 2020, Binder, Gomart *et al.*, this volume).

The large quantity of pottery, both sherds and individual pots, and the consistency of the successive assemblages apparently made from a very limited number of raw material, have made the *Impressa* and Cardial pottery series a challenging case study for understanding the relations between natural resource, shaping methods, shapes, decoration and uses (Gabriele, 2014; Gomart *et al.*, 2017; Gomart, Binder, Gabriele *et al.*, this volume; Drieu *et al.*, 2019, 2021, and this volume; Cassard, 2020 and this volume).

MINERALOGIC-PETROGRAPHIC CHARACTERISATION OF THE NEOLITHIC POTTERY OF PENDIMOUN

The *Impresso*-Cardial levels from Pendimoun yielded large series of sherds (several thousands) which were

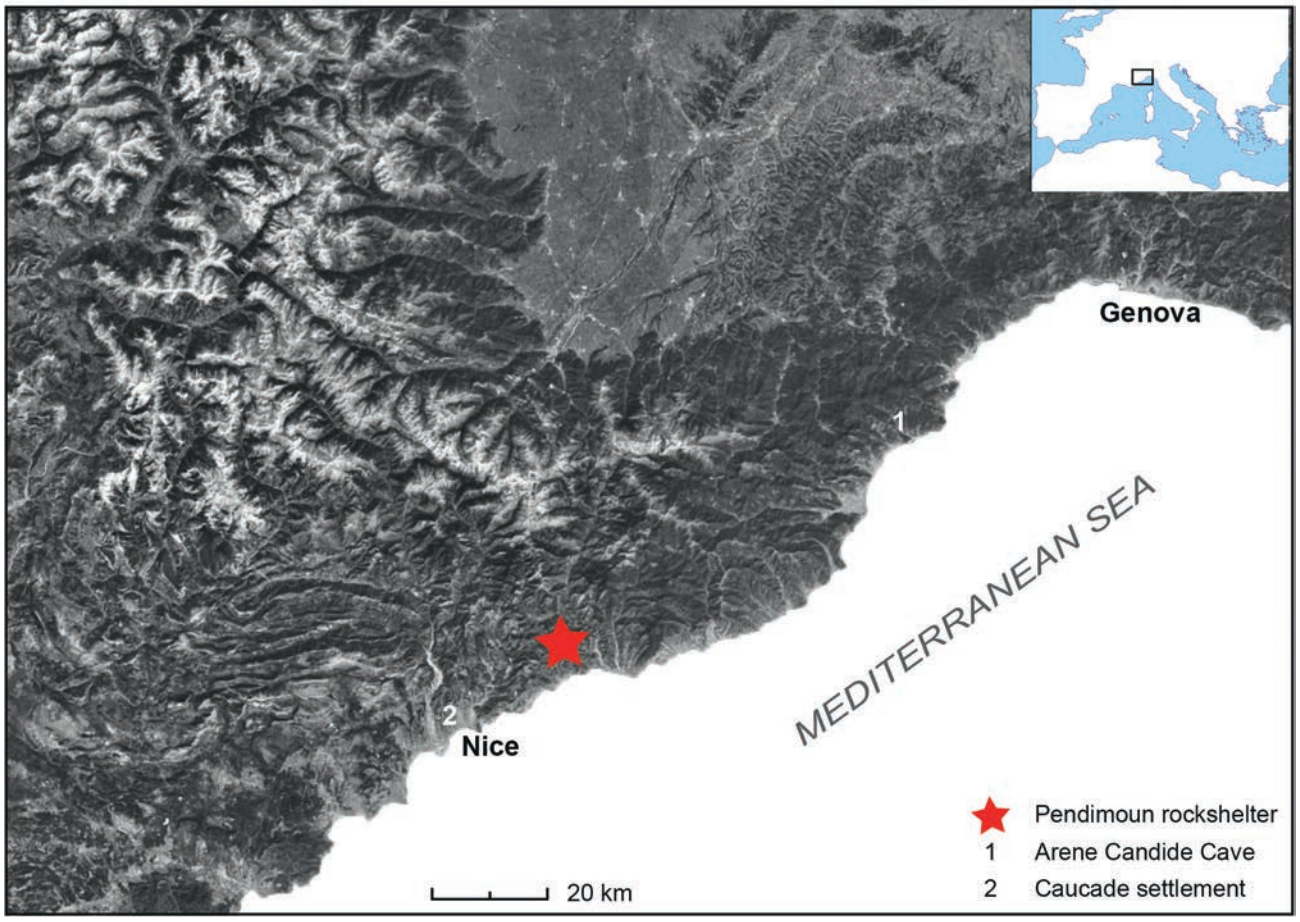


Fig. 1 – Location of the Castellar - Pendimoun rock shelter (red star) and the related *Impressa* Neolithic sites of Finale Ligure - Arene Candide cave (1) and Nice - Caucade (2).

***Fig. 1** – Localisation de Castellar - abri Pendimoun (étoile rouge) et des sites du Néolithique Impressa de Finale Ligure - Arene Candide cave (1) et de Nice – Caucade (2).*

systematically observed with a stereoscope at a low magnification (<50) and more than two hundred pots (n = 208) were identified within the *Impressa* phases PND-1A, PND-1B and PND-1-individed (n = 125) and within the Cardial phases PND-2A and PND-2B (n = 83; Gabriele, 2014; Gabriele *et al.*, this volume). Among these specimens seventeen (n = 17) samples were selected for petro-mineralogical analyses from which twenty-five thin sections (n = 25) were made: twenty-two (n = 22) radial thin sections, covered, and three (n = 3) tangential ones, uncovered. Thin section analyses of these archaeological specimens confirm the three main groups of archaeological pastes observed at a mesoscopic scale (granitic, glauconitic and 'mixt', fig. 2) and an additional single pot made from pastes including specific Triassic minerals (Gabriele *et al.*, this volume).

Observation of thin sections under a polarised microscope (fig. 3AB) reveals that the granitic pastes contain a significant amount, *i.e.* 40% (Quinn, 2013), of non-plastic particles. The latter include both isolated minerals and rock fragments (*i.e.* lithoclasts) with single-spaced distribution type (unimodal distribution).

The isolated phases exhibit an irregular, angular, and less frequently subrounded morphology (fig. 3BD).

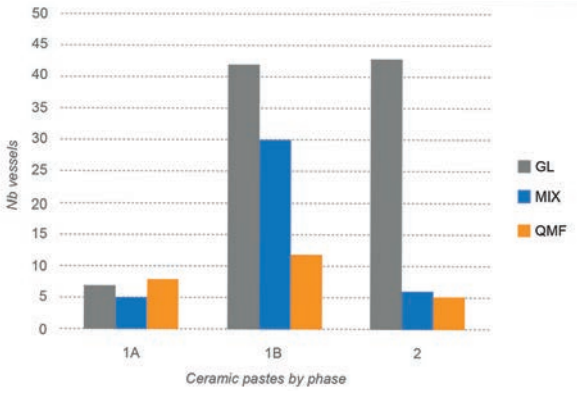


Fig. 2 – Castellar - Pendimoun, distribution of the vessels according to the main types of pastes (GL: "glauconitic"; QMF: "granitic"; MIX: "mixt") and to the chronocultural phases (1A and 1B: Impressa phases; 2: Cardial phase).

***Fig. 2** – Castellar - Pendimoun, distribution des récipients en fonction des principaux types de pâtes (GL : « glauconieuse » ; QMF : « granitique » ; MIX : « mixte ») et des phases chronoculturelles (1A et 1B : Impressa ; 2 : Cardial).*

They range in size from a dozen microns to one millimetre and consist in order of decreasing abundance of quartz, K-feldspar (sometimes with perthites),

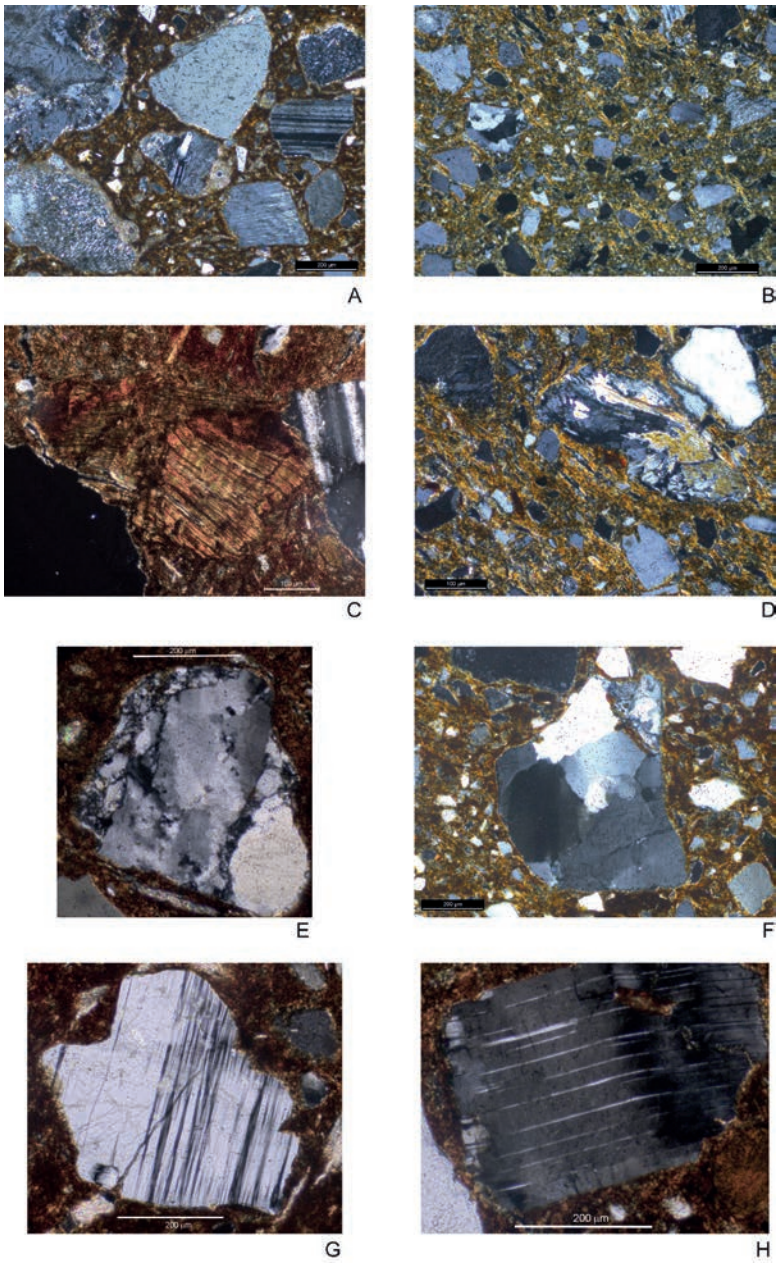


Fig. 3 – Castellar - Pendimoun, mineral assemblages and microstructures characterizing the “granitic” pastes. All pictures are taken by plane polarised light. A: large-sized isolated grains of quartz, plagioclase and K-feldspar in brown, biotite-rich, matrix; note the development of thin coronas of micas and quartz at the rims these non-plastic particles. B: isolated grains of quartz and feldspar with contrasted sizes and morphology within light-brown matrix. C: isolated grains of biotite and plagioclase in reddish, biotite-rich, matrix; note the intra-crystalline deformation (undulose extinction) of the biotite grain. D: lithoclast composed of recrystallized aggregate of quartz, K-feldspar and plagioclase with fibrous sillimanite (in yellow to white interference colors) and isolated quartz and feldspar grains in a biotite-rich matrix. E: typical microstructure of quartz ductile deformation with a grain showing subgrains (with contrasted greys interference colors) in its core and small-sized recrystallized new grains at crystal rims. F: intra-crystalline deformation in a quartz grain with significant misorientation of subgrains and thus sharp subgrains boundaries. G: deformation twins in plagioclase. H: undulose extinction in a plagioclase grain; note small-sized micro-cracks sealed by micas and quartz.

***Fig. 3** – Castellar - Pendimoun, assemblages minéralogiques et microstructures caractéristiques des pâtes « granitiques » (lumière polarisée analysée). A : quartz, plagioclase et feldspath potassique, en grains isolés et de grande taille, au sein d’une matrice brune riche en biotite ; noter le développement de fines couronnes de réaction, avec micas et quartz, aux limites de ces minéraux. B : grains isolés de quartz et de feldspath montrant une diversité de tailles et de formes au sein d’une matrice brun clair. C : biotite et plagioclase en grains isolés au sein d’une matrice rouge foncé riche en biotite ; noter la déformation intra-cristalline (extinction roulante) de la biotite. D : lithoclaste composé de quartz recristallisé, de feldspath potassique et de plagioclase avec des fibres de sillimanite (teintes de polarisation jaune à blanc) et associé à des grains isolés de quartz et feldspath au sein d’une matrice riche en biotite. E : microstructure typique de la déformation ductile du quartz avec formation de sous-grains (avec des teintes de polarisation variables dans les gris du premier ordre) au coeur du cristal et de petits grains recristallisés (néo-grains) en bordure du cristal. F: déformation intra-cristalline d’un grain de quartz montrant des sous-grains avec une forte désorientation et donc des limites nettes. G : macles de déformation dans un plagioclase. H : grain de plagioclase montrant une extinction roulante ; noter la présence de micro-fractures scellées par des micas et du quartz.*

plagioclase, muscovite, and biotite. However, in some samples, muscovite is more abundant than the two feldspars. Occasionally, rare tourmaline, zircon, titanite and one garnet grain were observed. All major phases show textural evidence of intra-crystalline deformation, well known in naturally high-strained rocks (see Passchier and Trouw, 2005 with references therein). Quartz grains display marked undulose extinctions, intracrystalline subgrains with frequent rotations of subgrain boundaries and evidence for dynamic recrystallisation with the development of aggregates of small-sized new grains (fig. 3EF). K-feldspars, which are mainly orthoclase and less frequently microcline, deformed under a brittle-ductile regime evidenced by undulose extinctions and intragranular micro-fracturing. The fractures can be sealed by quartz or white micas and orthoclase grains are frequently partly altered and replaced by aggregates of sericite and clays minerals. Plagioclase exhibit undulose extinctions, deformation twins (fig. 3GH) and some recrystallisations into small-sized white micas. Muscovites are often elongated, up to 800 microns in size, with kinking leading development of undulose extinctions. Biotite grains, partially oxidised, display undulose extinctions (fig. 3C) and are occasionally transformed into chlorite fibres. Occasionally, large-sized feldspar or quartz grains are rimmed by thin aggregates of micas and quartz (fig. 3A)

The lithoclasts display irregular shapes and vary in size from *c.* 300 microns to a few millimetres. They mainly consist of fragments of two-micas granites, within which quartz is the most abundant phase, followed by K-feldspar and plagioclase and minor muscovite, biotite and zircon. In these granitic fragments, all the major phases display textures of intra-crystalline deformation similar to those described above for isolated grain minerals. It was also possible to identify fragments of granitic composition, with rare biotite and exceptionally garnet, but with fine-grained textures typical of aplitic dykes. In addition to these two types of lithoclasts a single fragment of subvolcanic granitic rock with typical granophyric texture, and one fragment of a melanocratic mafic magmatic rock were observed. In this latter, sub-millimetric phenocrysts of brown amphibole, plagioclase, oxides and clinopyroxene occur in a microcrystalline groundmass rich in oxides (ilmenite, magnetite), small laths of plagioclase and rare oxidised biotite diagnostic for lamprophyre dykes. Furthermore, to be exhaustive it is necessary to emphasise the occurrence of one lithoclast of quartzo-feldspatic leucosome with typical granoblastic texture and composed of recrystallised aggregate of quartz, K-feldspar and plagioclase with fibrous sillimanite (fig. 3D), typically described in migmatites.

The matrix corresponds to the reddish to light-brown typology (Échallier and Courtin, 1994) and consists in fine-grained biotites with minor and small-sized ilmenite, quartz and feldspar grains (fig. 3B, D and F). Occasionally, interstitial calcite was observed.

Following this description, it is interesting to note that the non-plastic minerals and lithoclasts identified in the "granitic" fraction of the mixed pastes are similar, in terms of both their nature and their textures, to those described above with the exception of fragments of subvolcanic mafic rock and sillimanite-bearing leucosome, unknown in these mixed pastes.

DETERMINATION OF POSSIBLE RAW MATERIALS USED FOR THE GRANITIC PASTES OF PENDIMOUN

The geological constraints to take into account for sourcing

If we take into account all the petrographic and mineralogical data discussed in the previous paragraph, the main geological source for raw materials used to produce the Pendimoun granitic pastes is clearly, from a lithological point of view, a leucocratic subsolvus two-micas granite, in which muscovite is more abundant than biotite, and in spatial association first with aplites, sometimes garnet-bearing, and lamprophyres dykes, and second with sillimanite-bearing migmatites (enclaves or surrounding rocks?).

Moreover, this material must have undergone ductile deformation under specific conditions. Indeed, the coexistence within the same rock sample of textures showing sub-grains formation and dynamic recrystallisation of quartz, undulose extinctions and intragranular micro-fractures in K-feldspar, deformation twins in plagioclase and finally kink-bands and undulose extinctions in micas (fig. 3C and E-H) is diagnostic for ductile deformation under a temperature range between 350 and 450°C (Hobbs *et al.*, 1976; Poirier, 1985; Urai *et al.*, 1986; Bell and Johnson, 1989; Tullis, 1990; Stipp *et al.*, 2002; Passchier and Trouw, 2005; Hentschel *et al.*, 2019). In other words, the main geological source is a leucocratic two-micas granite deformed under greenschist facies conditions. It has long been established that under greenschist facies conditions solid-state deformation of granites results in heterogeneous finite strain patterns, high strains being localised within networks of shear zones (Mitra, 1978 and 1979; Ramsay and Alison, 1979; Choukroune and Gapais, 1983; Simpson, 1985; Cobbold and Gapais, 1987; Gapais, 1989). Within shear zones the most deformed rocks exhibit a mylonitic texture characterised by significant grain-size reduction driven either by dynamic recrystallisation of softer phases or by reaction softening (*i.e.* destabilisation and replacement) of harder phases (Teall, 1885; Spry, 1969; Ramsay and Graham, 1970; Ramsay, 1980). This applies to the Pendimoun granitic pastes with aggregates of small-sized dynamically recrystallised quartz grains, partial replacement of feldspars by white mica (*i.e.* sericite) and concentration of stretched and plastically deformed fibres of muscovite.

The putative sources in the available regional geological framework

In the geological framework of interest, four candidates can be considered as putative sources of raw

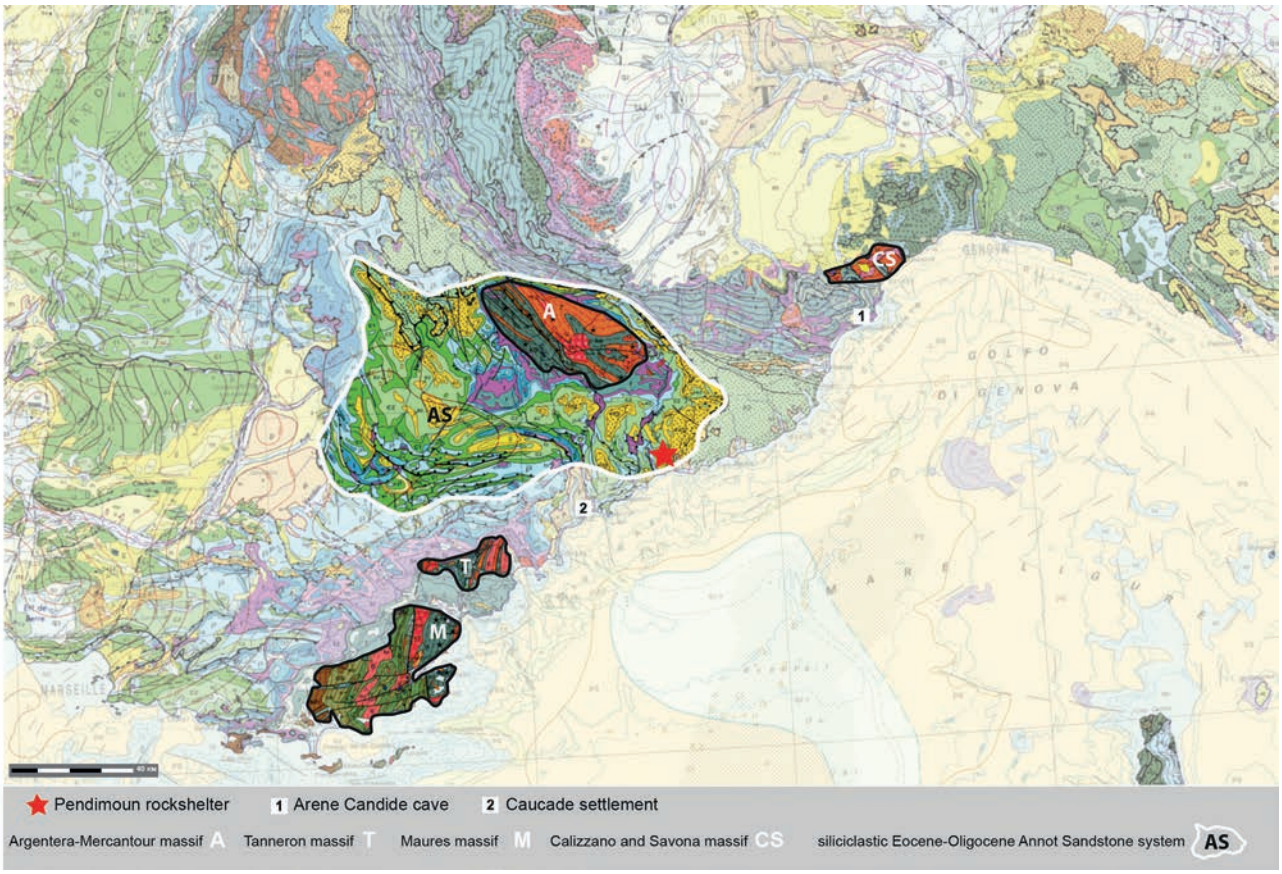


Fig. 4 – Main potential sources for the pottery production of Pendimoun located on the BRGM 1:100,0000 geological map of France (Chantraine *et al.*, 1996. For the interpretation of the colour references in this figure, the reader may refer to the web version of this article.)
***Fig. 4** – Localisation des principales sources potentiellement utilisées pour les productions de poterie de Pendimoun sur la carte géologique au 1/100 000 de la France (Chantraine* et al.*, 1996. Pour l'interprétation des couleurs de cette carte le lecteur peut se référer à la version électronique de ce document).*

material sources used for production of granitic ceramics at Pendimoun (fig. 4).

In the Ligurian Alps, the Calizzano (60km away from the site) and the Savona (90km away) crystalline massifs represent two pieces of the orogenic Variscan crust, including granites and migmatites, severely reworked during Alpine orogeny and considered as "allochton basement units" of the Briançonnais zone in Liguria (Haccard *et al.*, 1972; Cortesogno *et al.*, 1982; Vanossi *et al.*, 1980 and 1984; Vanossi and Gosso, 1983; Capponi and Crispini, 2002). These crystalline basement units are quite often associated with levels of Permian rhyolites and andesites and with sediments typical of the so-called Briançonnais sedimentary series, also strongly deformed and metamorphosed during Alpine orogeny and thus transformed into meta-rhyolites, meta-andesites and meta-sediments. Given that they are located within the internal domain of the Alpine belt, all these lithologies were metamorphosed under high-pressure greenschist facies and/or low-temperature blueschist facies (Cortesogno *et al.*, 1982; Goffé, 1984; Messiga, 1987; Bigi *et al.*, 1990; Goffé *et al.*, 2004; Lardeaux, 2014) and display – depending on the lithology considered – diagnostic metamorphic phases such as carpholite, pyrophyllite, phengite, chloritoïde, zoïsite or clinozoïsite, glaucophane and/or crossite or barroisite, garnet for example. The Variscan granites were mainly transformed in orthogneisses, and well-preserved granitic textures are rare, while the migmatites are clearly poly-metamorphic (Del Moro *et al.*, 1981). The lack of alpine high-pressure metamorphic phases as well as of fragments of meta-rhyolites, meta-andesites or HP/LT meta-sediments in the pastes of Pendimoun makes the hypothesis of a Ligurian provenance unlikely.

In eastern Provence three geological candidates display granitic material: the siliciclastic Eocene-Oligocene Annot sandstone system, the Argentera-Mercantour massif and the Maures-Tanneron massif (Kerckhove *et al.*, 1979; Rouire *et al.*, 1980).

The Annot sandstone system is the last member of the well-known Nummulitic Trilogy deposited within the foreland basins of the Alpine belt during progressive alpine continental collision (Faure-Muret *et al.*, 1956; Bouma, 1962; Ford *et al.*, 1999; Joseph and Lomas, 2004). In the area of study, these sand-rich turbidite sediments outcrop in synclines within a 5 to 20km range around the Pendimoun rock shelter (Lanteaume, 1962; Gèze *et al.*, 1968; Campredon, 1972; Rouire *et al.*, 1980). The source of the sediment supply to this turbidite system is attributed to Variscan and Permian Corsica-Sardinian massifs (Ivaldi, 1974; Campredon, 1972; Sinclair, 1997;

Campredon and Giannerini, 1982; Jean, 1985; Garcia *et al.*, 2004). So far, not a single fragment of greenschist facies mylonitic granite has yet been described in the Annot sandstone system. Moreover, the Corsica-Sardinian massifs display specific magmatic rock associations, particularly two-micas granites, granodiorites, leucogranites, Mg-K rich granites, diorites, migmatites but also a lot of syenites, alkaline rhyolites, ignimbrites, alkaline basalts and riebeckite, hastingsite and/or aegyrine bearing-alkaline granites (Bonin and Vellutini, 1976; Orsini, 1980; Rossi and Rouire, 1986; Cappelli *et al.*, 1992; Carmignani *et al.*, 1994 and 2001; Cocherie *et al.*, 1994 and 2005; Lardeaux *et al.*, 1994; Bonin *et al.*, 1998; Carosi *et al.*, 2009; Rossi *et al.*, 2009; Casini *et al.*, 2012). The lack of Mg-K rich granites, diorites, syenite, alkaline rhyolite, ignimbrites and alkaline hypersolvus granite in the pastes of Pendimoun as well as the absence of mylonitc granite in the siliciclastic Eocene-Oligocene turbidites prevent these folded sedimentary basins from being considered as putative procurement areas.

The Maures-Tanneron massif (also known as "Crystalline Provence" and located 50 to 100km away from the Pendimoun site) consists of Pre-Permian low-grade to high-grade Variscan metamorphic rocks intruded by granites and overlie by coal basins of Pennsylvanian age (Demay, 1926a and 1926b; Bordet, 1957; Seyler, 1986; Crévola and Pupin, 1994; Toutin-Morin *et al.*, 1994). The orogenic evolution was completed by Permian volcano-sedimentary deposits (Rouire *et al.*, 1980; Crévola *et al.*, 1991). It has now been well established that the Maures-Tanneron massif formed a unique domain with Sardinia and Corsica at Variscan times (*e.g.* Edel *et al.*, 1981, 2014 and 2018; Elter *et al.*, 2004; Bellot, 2005; Corsini and Rolland, 2009). The global tectonic architecture of the Maures-Tanneron massif displays an asymmetric fan shape involving a western external zone and eastern internal zone separated by the La-Garde-Freinet/Cavalaire thrust zone (Corsini *et al.*, 2010; Schneider *et al.*, 2014). The external zone is formed by a folded pile of units of low-grade metamorphism in the outermost part evolving towards medium to high-grade metamorphism when approaching the internal zone (Gueirard *et al.*, 1970; Bronner *et al.*, 1971; Bordet *et al.*, 1976; Crévola and Pupin, 1994; Seyler and Crévola, 1982; Bellot *et al.*, 2000 and 2002; Corsini and Rolland, 2009; Rolland *et al.*, 2009). The internal zone consists of sillimanite-rich migmatites, including relicts of retrogressed eclogites and serpentinised peridotites, intruded by late-orogenic calcalkaline and peraluminous granites, cordierite-bearing leucogranites and tonalites (see reviews in Schneider *et al.*, 2014 and Gerbault *et al.*, 2018, with references therein). This internal domain is crosscut by a major ductile strike-slip shear zone, the Joyeuse–Grimaud fault, in which the syn-tectonic Rouet-Plan de la Tour pluton is emplaced (Onezime *et al.*, 1999; Corsini and Rolland, 2009; Corsini *et al.*, 2010). This latter consists of a zoned pluton composed of a biotite-rich peraluminous, sometimes cordierite-bearing, granite intruded by dykes of leucogranites, aplites and pegmatites. It is also closely associated with tonalites intrusions. Furthermore, this pluton exhibits K-feldspars rich cumulative facies and numerous fine-grained diorite enclaves (*i.e.* the "microgranular mafic enclaves" described by Didier, 1973 and Didier *et al.*, 1982). Close to the strike-slip shear zone the Rouet-Plan de la Tour granite is deformed and exhibits a mylonitic texture developed under amphibolite facies conditions and progressively reworked under greenschist facies conditions (Onezime *et al.*, 1999; Corsini *et al.*, 2010). This granite could be a potential georesource for the pastes of Pendimoun, although the lack of cordierite, tonalite, microdiorite enclaves and amphibolite facies mylonites in the Pendimoun non-plastic particles allow to reject this hypothesis.

The Argentera-Mercantour massif (located 38km away from Pendimoun) outcrops at the French-Italian border and is part of the so-called "external crystalline massifs" of the Dauphinois-Helvetic zone of the Alps (Faure-Muret, 1955; Bogdanoff *et al.*, 1991; Von Raumer *et al.*, 2009). It is a stretched piece of the European Variscan orogenic crust extruded, and thus deformed, during Alpine continental collision (Bogdanoff *et al.*, 2000; Bigot-Cormier *et al.*, 2006; Lardeaux *et al.*, 2006; Schwartz *et al.*, 2007; Schreiber *et al.*, 2010). Initial detailed geological mapping (Faure-Muret, 1955; Malaroda *et al.*, 1970), followed by successive geological investigations, proposed to distinguish, in the Argentera-Mercantour massif, two main units (western and eastern unit) separated by a steeply dipping ductile shear zone, known as the "Ferriere–Mollières shear zone" or "Valletta shear zone" (Bogdanoff *et al.*, 1991; Musumeci and Colombo, 2002; Compagnoni *et al.*, 2010; Carosi *et al.*, 2016). High-resolution field mapping established firstly that abundant Variscan migmatitic paragneisses and orthogneisses outcrop in both western and eastern units (Gosso *et al.*, 2019), secondly that migmatites contain ante-migmatitic boudins of eclogites and high-pressure granulites (Latouche and Bogdanoff, 1987; Rubatto *et al.*, 2001 and 2010; Jouffray *et al.*, 2020) and thirdly that swarms of Permian-Triassic lampropyres dykes intruded this Variscan basement (Filippi *et al.*, 2019 and 2020, fig. 5). Moreover, within the eastern unit, a late Variscan granitic pluton, called "Argentera Central Granite", crosscut the pervasive migmatitic foliation (Boucarut, 1967; Ferrara and Malaroda, 1969; Corsini *et al.*, 2004). This pluton is composed of a two-micas granite, sometimes with leucogranitic facies in which muscovite is more abundant than biotite. It belongs to the very late Variscan Fe-rich granites well known in the "external crystalline massifs" of the Alps (Debon and Lemmet,1999). This granite is intruded by abundant dykes of aplites, sometimes garnet-rich, or by dykes of lamprophyres and contains enclaves, centimetric to plurimetric in size, of sillimanite-bearing migmatites (fig. 6B). During Alpine orogeny, all these lithologies are metamorphosed under greenschist facies conditions (Corsini *et al.*, 2004; Lardeaux, 2014) while coeval alpine deformation is heterogeneously concentrated in mylonitic shear zones underlined by alternating small-sized recrystallised quartz (+/- albite) ribbons and muscovite+ chlorite rich layers (Corsini *et al.*, 2004; Sanchez *et al.*, 2010 and 2011).

In this tectonic system, the "Ferriere–Mollières shear zone" (*supra* fig. 5) is recognized as a transpressive shear zone active first in late Variscan times and later severely reworked during alpine collision (Musumeci and Colombo 2002; Corsini *et al.*, 2004; Sanchez *et al.*, 2011; Simonetti *et al.*, 2018). When intersected by this main regional-scale shear zone, the "Argentera Central Granite", its enclaves as well as the surrounding sillimanite-rich migmatites, are significantly deformed and exhibit a mylonitic texture developed under greenschist facies conditions (fig. 6A and C-D). Clearly the mylonitic "Argentera Central Granite", with its associated dykes and surrounding migmatites, is a

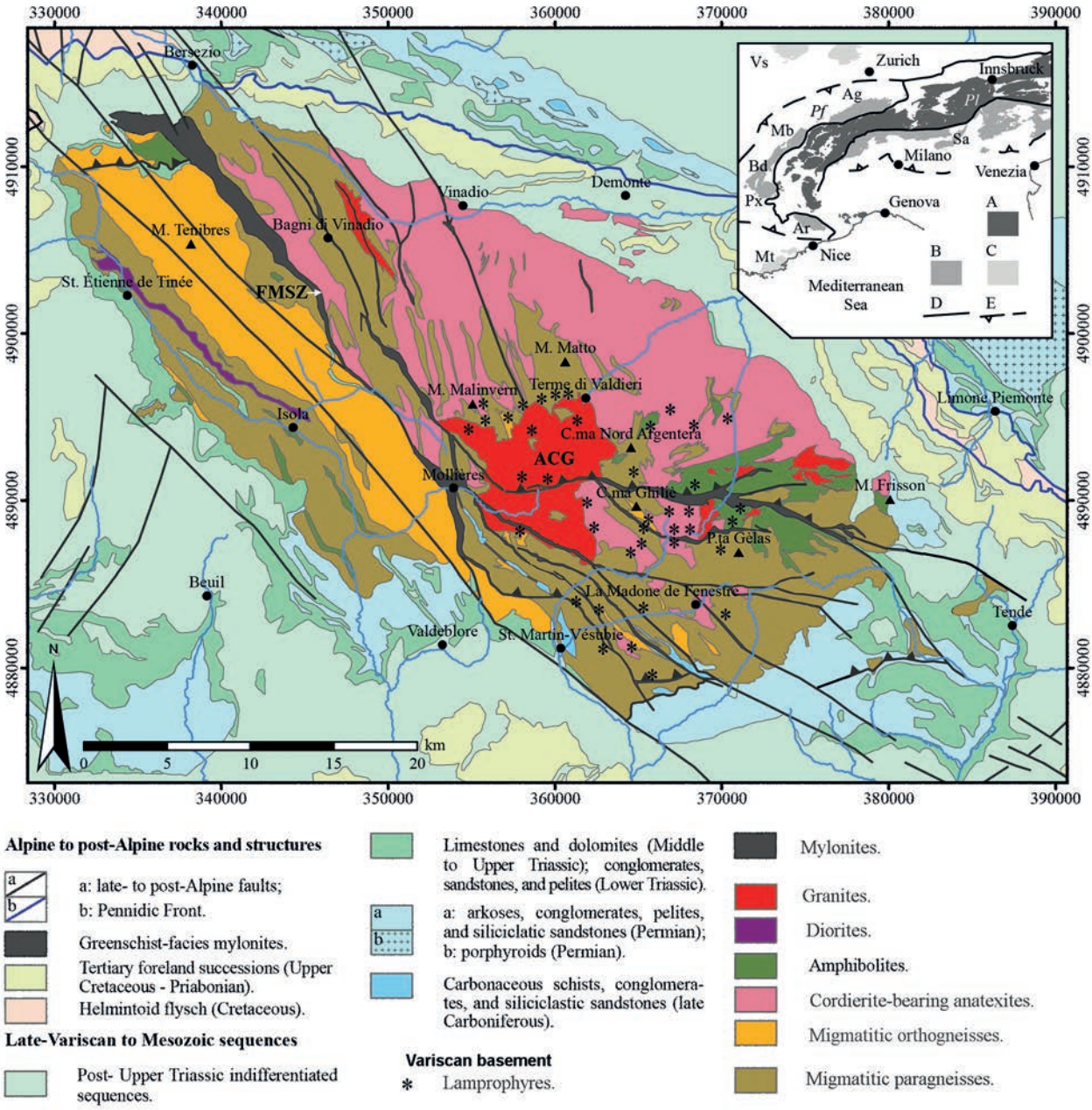


Fig. 5 – Geological map of the Argentera-Mercantour massif (modified after Gosso *et al.*, 2019 and Filippi *et al.*, 2020). ACG : Argentera Central Granite ; FMSZ : Ferriere–Mollières Shear Zone. Note the heterogeneously distributed mylonitic shear zones. Box: Tectonic sketch of the Alps. A: Variscan basement rocks in the internal alpine zone. B: Variscan basement rocks of the external alpine zone (Ag: Aar-Gotthard Massifs, Ar: Argentera-Mercantour Massif, Bd: Belledonne Massif, Mb: Mont Blanc Massif, Px: Pelvoux Massif) and Southern Alps (Sa). C: Variscan basement rocks in Provence (Mt: Maures-Tanneron Massif). D: main tectonic structures delimiting the axial zone of the Alps (Pf: Penninic Front, Pl: Periadriatic Lineament). E: Alpine fronts.

***Fig. 5** – Carte géologique du massif de l'Argentera-Mercantour (modifiée d'après Gosso* et al.*, 2019 et Filippi* et al.*, 2020). ACG : granite central de l'Argentera ; FMSZ : Shear Zone (zone mylonitique) de Ferriere–Mollières. Noter la distribution hétérogène des zones de cisaillement mylonitiques. Encadré : Schéma tectonique des Alpes. A : roches du socle varisque dans la zone interne des Alpes. B : roches du socle varisque dans la zone externe des Alpes (Ag : Aar-Gotthard, Ar : Argentera-Mercantour, Bd : Belledonne, Mb : Mont Blanc, Px : Pelvoux) et domaine Sud-Alpin (Sa). C : roches du socle varisque en Provence (Mt : Massif des Maures-Tanneron). D : principales structures tectoniques délimitant la zone axiale des Alpes (Pf : Front Pennique, Pl : Linéament Périadriatique). E : fronts alpins.*

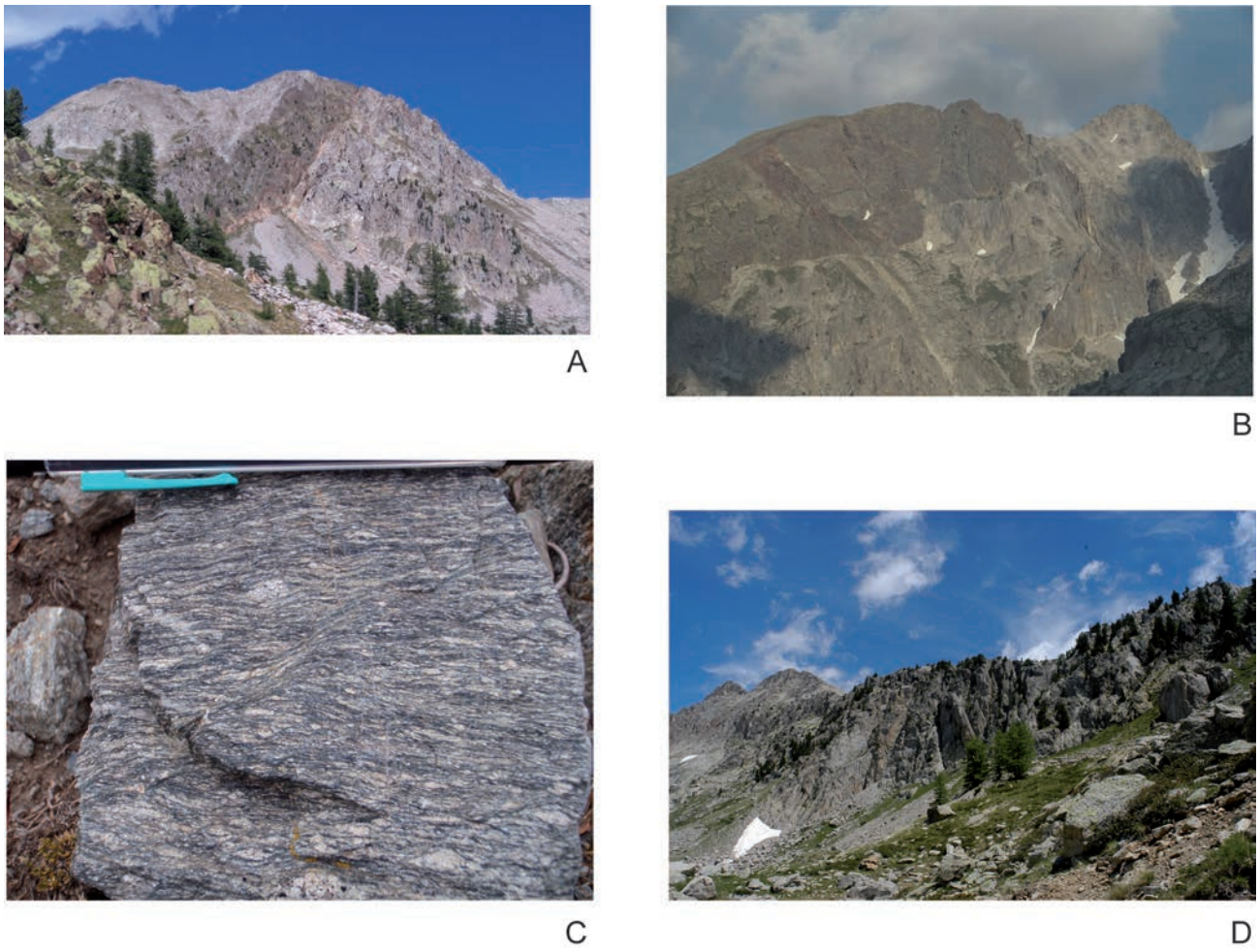


Fig. 6 – Typical outcrops and mylonites in the Argentera-Mercantour Massif. A: mylonitic shear zone (in black) crosscutting the Argentera central granite (view from lac Nègre). B: intrusive contact of the Argentera central granite (light grey) within migmatites (dark brown) at the French-Italian border (Testa di Tablasses, view from Lago delle Portette); note the occurrence of numerous dark enclaves of migmatites in the granite. C: sample of a mylonitic granite (the dark colour results from abundant chlorite development in the fine-grained matrix); note highly deformed feldspars in the foliation plane. D: sub-vertical faults superposed on mylonitic zones promoting alteration of the Argentera-Mercantour formations.

***Fig. 6** –Affleurements caractéristiques et mylonites du massif de l'Argentera-Mercantour. A : zone mylonitique (en noir) recoupant le granite central de l'Argentera (vue depuis le Lac Nègre). B : contact intrusif du granite central de l'Argentera (de couleur gris clair) et les migmatites (brun foncé) à la frontière franco-italienne (Testa di Tablasses, vue depuis le Lago delle Portette) ; noter les nombreuses enclaves sombres de migmatites dans le granite. C : échantillon de granite mylonitique (la couleur sombre est due à l'abondance de chlorite dans la matrice à grain très fin) ; noter la forte déformation des feldspaths dans le plan de foliation. D : fractures sub-verticales tardi-alpines superposées aux zones mylonitiques et favorisant l'altération des formations varisques du Massif de l'Argentera-Mercantour.*

serious potential georesource for the Pendimoun ceramics as all the lithological/mineralogical components observed in the archaeological pastes are widespread in the geological target of interest.

If the production of the mixed pastes is also considered, it seems interesting to point out that the area within which the "Argentera Central Granite" and its surrounding migmatites are mylontised is located at less than 10km from the outcrops of the Mesozoic sedimentary cover rich in glauconite-bearing marls (*i.e.* early Cretaceous sediments, Faure-Muret *et al.*, 1956; Kerckhove 1969; Gosso *et al.*, 2019).

The Argentera-Mercantour massif, a potential source area: high-resolution geochemical analysis

In order to test the hypothesis of a potential source area located near the deformed edge of the "Argentera Central Granite" a comparative geochemical analysis of undeformed and unaltered granite samples, mylonitic granite samples, alteration deposits (alluvium and eluvium) from the investigated granite and potteries made from granitic pastes found at Pendimoun was carried out.

The geological samples were collected at the south-western margin of the "Argentera Central Granite"

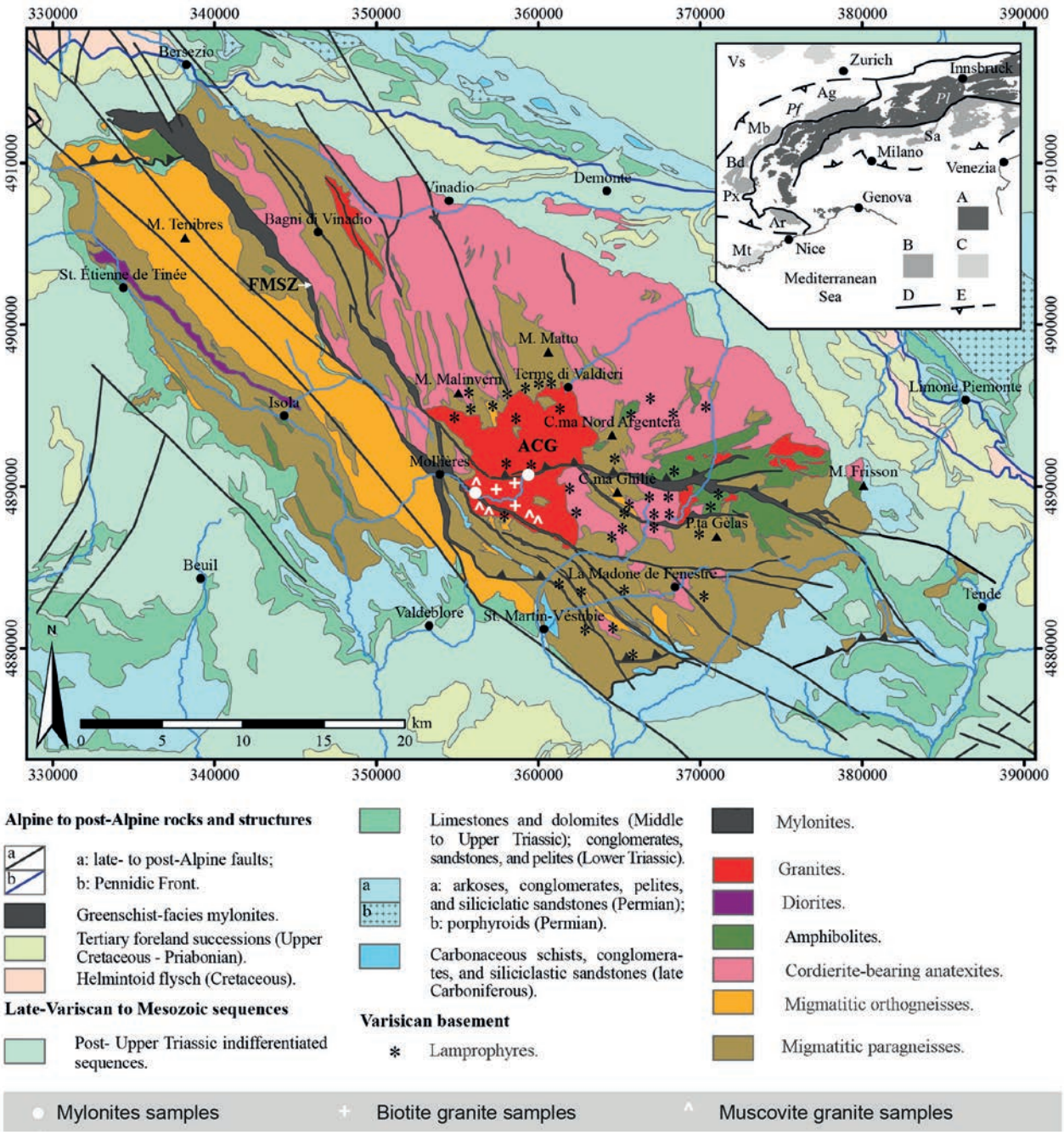
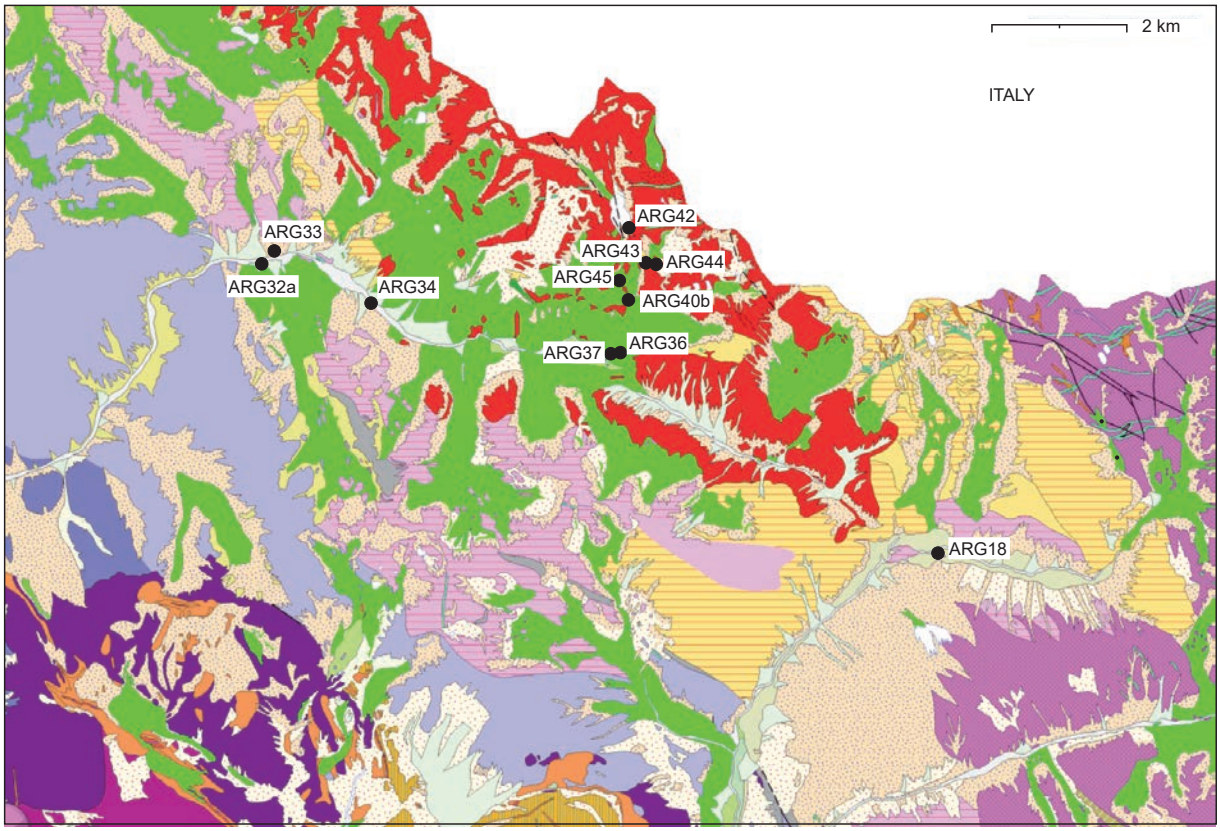


Fig. 7 – Location of the studied granitic and mylonitic rock samples from the Argentera central granite and used as references. Same map and legend as figure 5.

***Fig. 7** – Localisation des échantillons de granite et de mylonite prélevés dans le granite central de l'Argentera et utilisés comme références. Carte et légende identiques à la figure 5.*

between the Fremamorte crest and the Mollières valley where an efficient drainage network is well known (Ribolini and Spagnolo, 2008). Various petrographic facies of well-preserved granite, particularly two-micas leucogranite (with a very small amount of magmatic biotite) and two-micas granite (with 10 to 15% magmatic biotite in the mineral association) stemming from the Argentera-Mercantour were added in order to highlight the compositional variability of the underformed granitic protolith. Two additional samples of mylonitic granites were collected within the main regional scale shear zone and a further eleven samples of alteration deposits downstream and upstream of the Salèse pass SD.1; fig. 7 and fig. 8).

Chemical analyses were performed using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) and Inductively Coupled Mass Spectrometry (ICP-MS) for major and trace elements respectively at the Geochemical and Petrographical Research Center in Nancy (SARM laboratory, CNRS-CRPG; SD.2) following the procedure proposed by Carignan *et al.*, 2001).



● ARG32 : Samples of alteration deposits

- MN Moraines
- GFI Fluvio-glacial alluvium and similar
- Fz Quaternary. Recent fluvial alluvium (sands, silts, gravels, pebbles)
- F1a Recent terraces
- Jz Recent torrential cone. Sand, gravel, pebbles
- Ez Recent scree
- Eb Recent scree. Active cone
- Fy Würm. Alluvium (pebbles, gravel, sand)
- Jy Würm. Alluvial cones
- Ey Würm. Scree
- Ef Fixed scree, generally old, locally with large elements
- F Undifferentiated ancient alluvium
- I3-4 Middle and Upper Lias undifferentiated. Limestone
- t3-5_CD Muschelkalk. Limestones and dolomites
- t1-2_sD Werfenian. Pelites, dolomites
- t1-2_sgQ Lower Triassic (Provençal variegated sandstone). arkosic sandstone with quartz pebbles
- r Permian. Red pelites
- r_gB Permian. Sandstones of the Bego series and arkoses, fine sandstone sand pelitic shales
- h_C(2) Carboniferous. Crushed detrital series, conglomerates, arkoses, micaceous sandstones, black shales.
- ς Massive or banded amphibolites and amphibolitic gneisses
- Zη Anelle migmatitic paragneisses
- ZOEγ Rabuon migmatitic orthogneisses
- M2bγ2 Malinvern Migmatititic paragneisses
- M2γ2 Anatexites hololeucrates. Leucocrates cordierites bearing migmatites
- γ2 Argentera granite
- Zb Chastilllon orthogneisses
- γ2m Microgranite
- M2γ1 Anatexites (Fenestre Migmatites)

From Geological map 1/50 000 vector harmonised (BRGM) Sheet N°1579 - Project : Alpes-Maritimes

Fig. 8 – Location of granitic and mylonitic alteration deposits samples (TI) used as references in the high-resolution on the 1:50,000 vector harmonised geological map of the Argentera-Mercantour massif.

***Fig. 8** – Localisation des échantillons de terres d'altération des roches granitiques et mylonitiques (TI) utilisés comme références sur la carte géologique à haute résolution au 1/50 000 harmonisée du massif de l'Argentera-Mercantour.*

Major element analyses

We first used the TAS diagram (*i.e.* Total Alkali *vs.* Silica), one of the most important diagnostic tools for the identification of magmatic rocks, based on bulk-rock chemical composition (Cox *et al.*, 1979; Le Maitre *et al.*, 2004).

This diagram (fig. 9) shows that the different facies of the unaltered "Argentera Central Granite" plot in the field of subalkaline granites, diagnostic for orogenic settings (*i.e.* continental collision granites, Barbarin, 1990). For comparison, the average chemical composition of this pluton (Debon and Lemmet, 1999) is also reported. The observed variation in chemical composition is related to changes in mineral composition (*i.e.* biotite abundance in particular) and thus reflects magmatic differentiation during granite genesis. With respect to these underformed and unaltered samples, the mylonitic samples have depleted SiO_2 and to a lesser extent total alkali. This evolution is commonly described in granites mylonitised under greenschist facies conditions and reflects the destabilisation of K-feldspars, plagioclases and biotites, leading chlorite and white mica crystallisation, during deformation (Marquer, 1989; Streit and Cox, 1998; Rossi *et al.*, 2005). The alteration deposits display a similar chemical evolution trend, and, as regards two samples a stronger depletion of total alkali. The variability of their chemical compositions probably reflects different degrees of granite alteration. For comparison, the compositions of three samples of Pendimoun ceramics (mechanically cleaned) are also reported, even if this type of diagram is not really suited to pottery characterisation. Despite this difficulty, it can be noted that the compositions of archaeological ceramics are quite compatible with the compositional chemical trend shown by altered granite deposits.

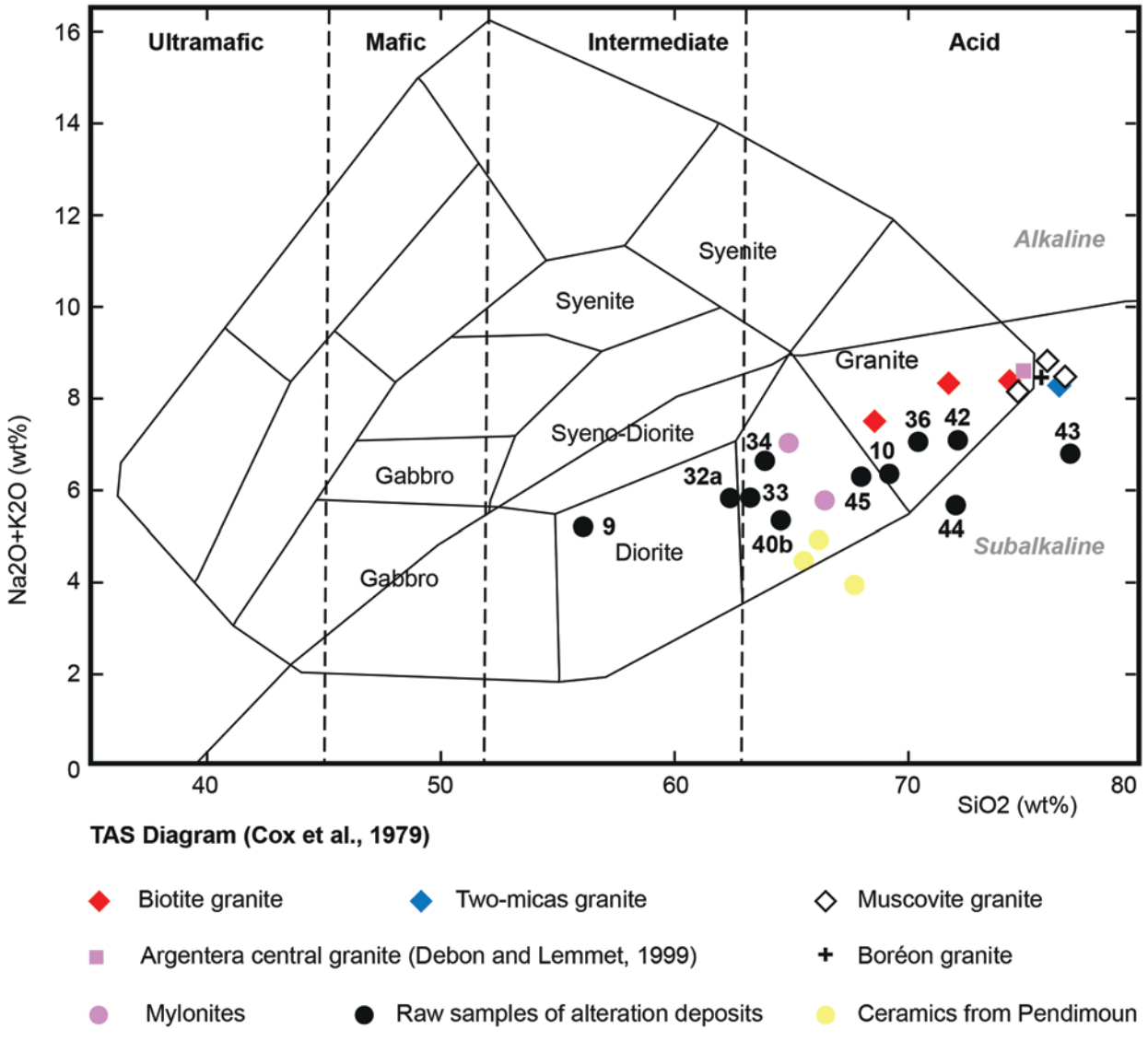


Fig. 9 – The geological samples from the Argentera-Mercantour and the archaeological samples from Pendimoun in the TAS (total alkali *vs.* silica) diagram.

***Fig. 9** – Échantillons géologiques de l'Argentera-Mercantour et échantillons archéologiques de Pendimoun reportés dans le diagramme TAS (total alkalins* vs. *silice).*

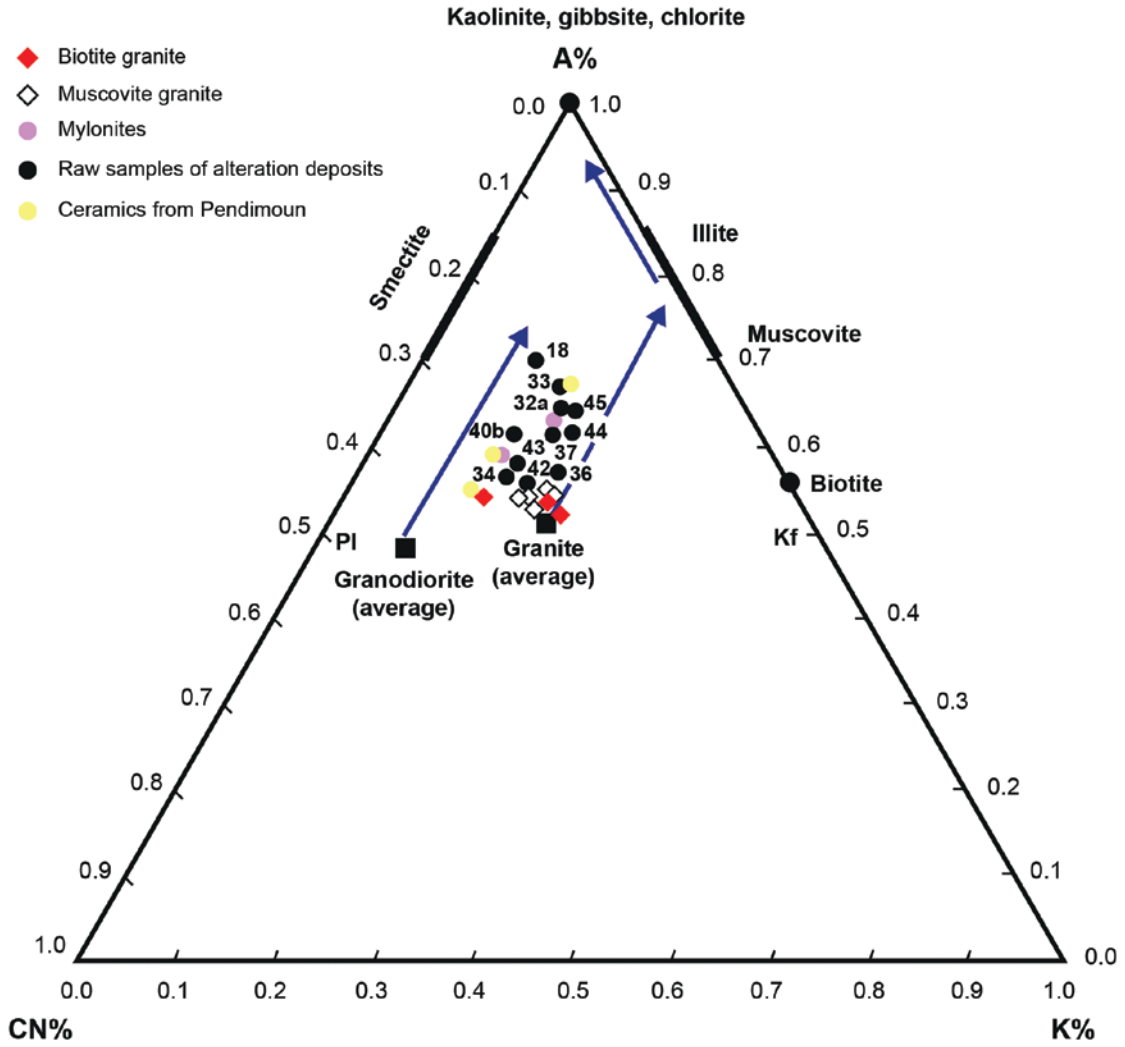


Fig. 10 – The geological samples from the Argentera-Mercantour and the archaeological samples from Pendimoun in the geochemical diagram of Nesbitt and Young (Nesbitt and Young, 1984).

***Fig. 10** – Échantillons géologiques de l'Argentera-Mercantour et échantillons archéologiques de Pendimoun dans le diagramme géochimique de Nesbitt et Young (Nesbitt and Young, 1984).*

Alteration or weathering of granitic rocks corresponds essentially to the hydrolysis of the major magmatic phases, following a commonly observed sequence including plagioclase, biotite, K-feldspar, muscovite and quartz from least to most stable phases (Goldich, 1938; Harris and Adams, 1966; Wilson, 1975; Nahon, 1991; Gerrard, 1994), although this expected susceptibility scale to weathering can be significantly altered by other factors such as climate and topography, or mineral microstructures (defects, dislocations, etc.) or naturally occurring soil organic acids and/or biological factors (see Wilson, 2004 for review with references therein). During progressive alteration major cations, particularly Na, Ca, K, Mg and Si, are released into solution during water/rock interactions while generally Al, Fe and Ti are less mobile and are therefore gradually concentrated in the weathering residues (Rice, 1973; Fritz and Ragland, 1980; Nesbitt *et al.*, 1980; Middelburg *et al.*, 1988). This general chemical mass balance testifies to the gradual formation of clay minerals by alteration of feldspars into smectites and/or kaolinite ± gibbsite, of biotite into secondary chlorite, smectites and/or kaolinite or gibbsite and muscovite into illite, smectites and/or kaolinite ± gibbsite (Millot, 1964; Velde, 1984; Nahon, 1991; Gerrard, 1994; Sequeira Braga *et al.*, 2002). Thus, an efficient tool to evidence and quantify the chemical alteration trends of granitic rocks is the diagram established by Nesbitt and Young, 1984 based on experimentally determined alteration rate constants of minerals from plutonic rocks.

In this diagram (fig. 10), the commonly observed alteration trends for granitic and granodioritic rocks are well evidenced (blue arrows). With respect to undeformed and unaltered samples, the mylonitic samples and the alteration deposits follow a similar chemical trend, which is typically described during progressive alteration of granitoïds. Nevertheless, the most remarkable observation is the compatibility of the analyses obtained on the studied archaeological ceramics with those of the deformed and altered "Argentera Central Granite" samples.

Trace element analyses

We also carried out trace element analysis on the bulk ceramic samples and granite-derived alteration deposits. In a continental crust normalised trace-element spider diagram (normalisation values from McDonough and Sun, 1995) the Pendimoun ceramics and the altered granite deposits display compatible, quite similar for some natural samples, spectra with a notable negative Eu anomaly and similar slight Sm and Yb anomalies (fig. 11 and fig. 12).

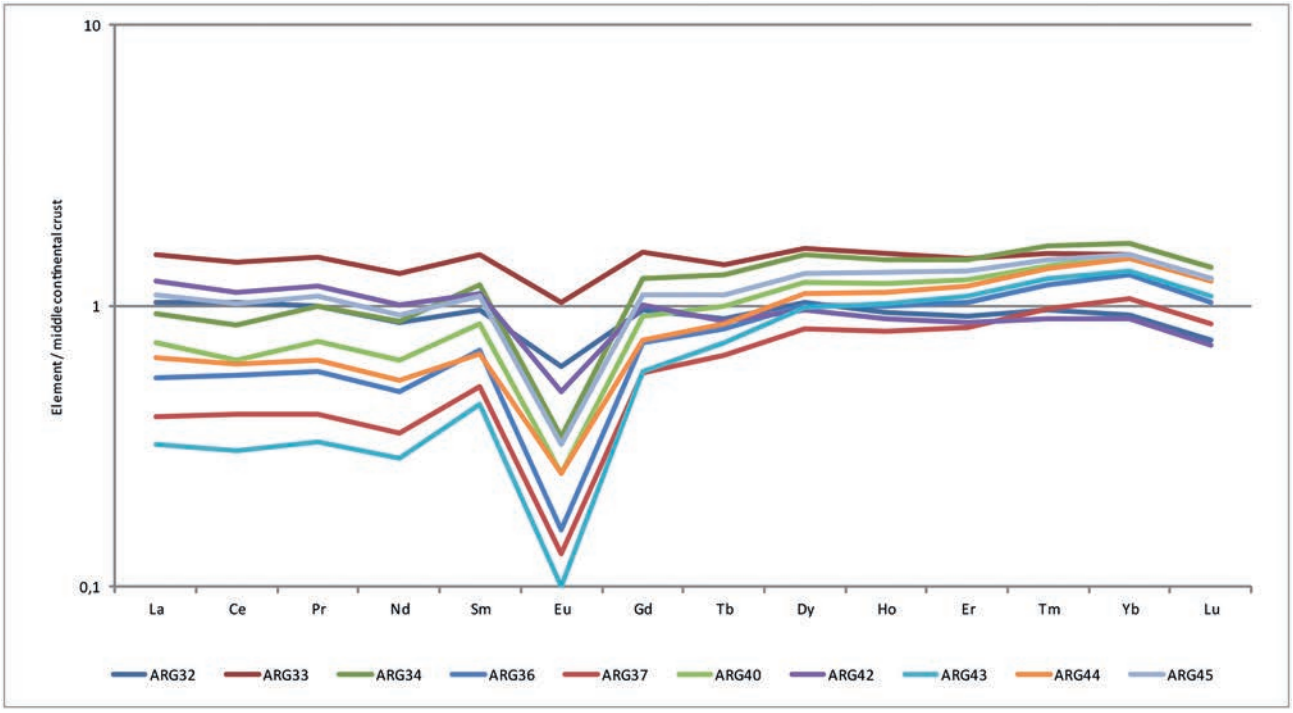


Fig. 11 – Trace-element spider diagram, normalized to continental crust values (after McDonough and Sun, 1995), of reference samples from geological contexts in the Argentea-Mercantour massif.

***Fig. 11** – Diagramme des éléments-traces, normalisé aux valeurs de la croûte continentale (d'après McDonough and Sun, 1995), des échantillons géologiques de référence de l'Argentera-Mercantour.*

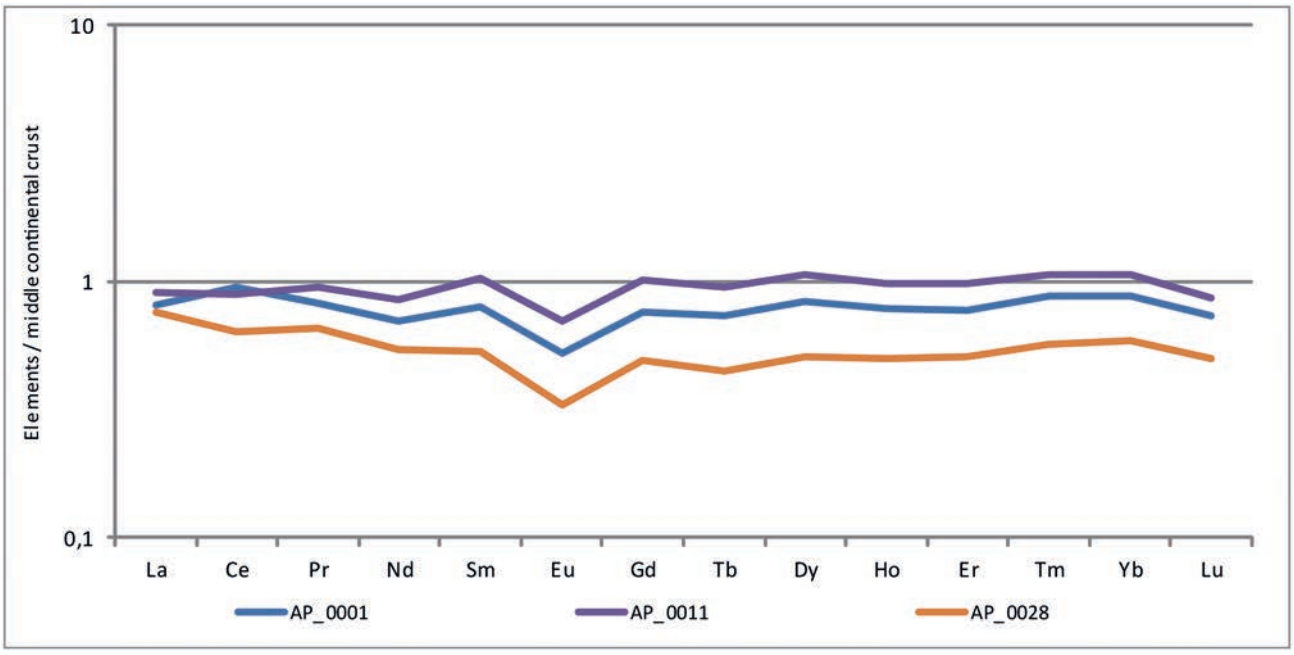


Fig. 12 – Trace-element spider diagram, normalized to continental crust values (after McDonough and Sun, 1995), of the archaeological samples from Pendimoun.

***Fig. 12** – Diagramme des éléments-traces, normalisé aux valeurs de la croûte continentale (d'après McDonough and Sun, 1995), des échantillons archéologiques de Pendimoun.*

Trace elements spectra from ceramic samples match altered "Argentera Central Granite" samples, supporting the latter as potential source for the pottery of Pendimoun (fig. 12).

Remaining issues

Detailed comparative and multi-analytical investigations (*i.e.* mineralogical, petrographic, microstructural and geochemical analyses) indicate that the most likely source of raw materials for the studied ceramics are the mylonitised and altered zones of the "Argentera Central Granite" and its related rocks.

Although this working hypothesis is particularly robust, it nevertheless raises a significant number of questions:

– In a high-altitude topographical context, with climatic conditions that are not favourable to the action of biological factors, mechanical erosion is efficient but chemical weathering of granitic rocks is limited. In such a context, how can the significant production of clay-rich alteration deposits be explained?
– The "Argentera Central Granite" mylonites are particularly rich in chlorite resulting from the destabilisation of biotites. In this case, why is chlorite so scarce as regards the pottery sample?
– The "Argentera Central Granite" is closely associated with sillimanite-bearing migmatitic paragneisses and garnet-rich aplites. Why were only extremely rare sillimanite or garnet grains observed in potteries recovered from Pendimoun?

ALPINE DEFORMATION AND NATURAL ALTERATION CYCLE OF ROCKS FROM THE ARGENTERA-MERCANTOUR MASSIF: CONSEQUENCES FOR RAW MATERIALS PRODUCTION

The main imprint of Alpine continental collision in the Argentera-Mercantour Massif is the development of a regional-scale network of greenschist facies ductile shear zones resulting in anastomosed mylonitic corridors (*supra* fig. 5 and fig. 6). These mylonites, identified as early as the pioneering work carried out by Faure-Muret (Faure-Muret, 1955), have undergone numerous detailed mineralogical and structural studies (Malaroda *et al.*, 1970; Musumeci and Colombo 2002; Corsini *et al.*, 2004; Sanchez, 2010; Sanchez *et al.*, 2010 and 2011; Simonetti *et al.*, 2018). From a mineralogical point of view, biotites and feldspars are the heaviest transformed minerals during syn-metamorphic deformation in mylonitic granites. Primary magmatic phases are replaced by white micas (muscovite and/or sericite) and chlorite (see Sanchez *et al.*, 2011 for review). Under surface conditions and in the presence of water, chlorite neo-formation at the expense of primary biotites facilitates the formation of clay minerals such as interstratified chlorite-smectite and pure smectites, whereas white micas are easily altered into interstratified mica-illite and illite/smectite species (Velde, 1984). All these initial neo-formed clay phases can subsequently evolve into kaolinite (Millot, 1964; Velde, 1984; Nahon, 1991). Moreover, in mylonites the very small size of the recrystallised grains (fig. 6B) increases the water/grain contact surfaces and increases the kinetics of the hydrolysis reactions. In addition, the presence of planar discontinuity (schistosity planes, shear bands, micro-cracks) facilitates the circulation and trapping of water and thus hydrolysis reactions.

Taking these data into account, the mineralogical composition of the eleven samples of alteration deposits was analysed (*supra* fig. 8 and fig. 13). These samples all contained fragments of mylonitic rocks and numerous plastically deformed quartz grains (fig. 14AD). The systematic presence of chlorite, a great amount of muscovite, and the presence of clay minerals could be stated. Some samples contain also relics of magmatic K- feldspars. These were analysed and dated by the ^{40}Ar-^{39}Ar method at the Géoazur laboratory (Sophia-Antipolis). Ages were calculated using the ArArCALC-software (Koppers, 2002). Analytical procedures and raw data can be downloaded from supplementary materials (SD.3). $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectra are presented in figure 15. K-feldspar grains yield an age of reopening of the isotopic system at 19+/-2 Ma, *i.e.*, the age of alpine deformation, thus confirming the formation of these clay soils at the expense of the mylonites.

All in all, these mineralogical and microstructural features indicate that mylonites may be considered as being precursors to chemical alteration or weathering and explain, even in the absence of abundant vegetal cover, the production of clay-rich alteration deposits, and thus raw materials for granitic pastes, at high altitudes. In other words, mylonite zones are "accelerators" of the formation of clay-rich alteration soils.

Furthermore, when migmatitic paragneisses or garnet-bearing aplites are deformed within greenschist facies shear zones, sillimanites are severely transformed into white micas and garnets into chlorites. Because the raw materials used for the pottery of Pendimoun come from these deformation zones, sillimanite or garnet grains are rarely observed in these ceramics.

THE ROLE OF THE FIRING CYCLE ON THE EVOLUTION OF RAW MATERIALS: CONSEQUENCES FOR THE CHARACTERISATION OF NEOLITHIC POTTERY

Mineralogy of experimentally fired clay-rich alterites from the Argentera-Mercantour massif

The sampled Argentera-Mercantour clay-rich alteration soils were used to produce experimental ceramics in the form of tablets of standard dimensions (c. 5x5

Fig. 13 – Present-day areas of granitic / mylonitic alteration deposits in the Argentera-Mercantour massif. A: Riofreddo lakes (Italy); B: Prals valley (France); C: Tavels lake (France); D: Mollières valley (France).
***Fig. 13** – Zones actuelles de dépôt des terres d'altération granitiques / mylonitiques dans le massif de l'Argentera-Mercantour. A: lacs de Riofreddo (Italie) ; B : vallon de Prals (France) ; C : Lac de Tavels (France) ; D : vallée de Mollières.*

cm) fired at different temperatures (300°C, 500°C and 700°C) within a controlled and specific environment (see experimental procedures in SD.4 to SD.9). A series of thin sections were made from these experimental potteries in order to determine their specific mineralogy (*supra* fig. 14EF and fig. 16).

The observations of the thin sections carried out under a polarised microscope revealed the following features that characterise the mineralogical change dependent on the temperature measured in the kiln:

– At 300°C no significant change in the mineral composition of the alteration deposits was observed. Clay minerals are stable, chlorite and muscovite are abundant, quartz grains are in textural equilibrium with the matrix and relicts of primary magmatic phases such as large-sized biotites and feldspars are observable and retain their optical characters and their initial morphology.
– From 500°C, most of the clay minerals have disappeared whereas chlorites are heterogeneously preserved. Indeed, some chlorites, only partly transformed into biotite, were still observed. These incomplete mineral transformations attest for disequilibrium conditions controlled by kinetic factors. The matrix contains neo-formed and small-sized muscovite, biotite, quartz, and ilmenite which demonstrate the growth of new mineral phases and thus the setting up of modal (*i.e.* discontinuous) reactions. These new grains of biotite show a texture and sizes very different from those of conserved magmatic biotites, which preserve their original birefringence and pleochroism. Primary muscovite, quartz, and feldspars are observed, with their optical characteristics still well preserved.
– At 700°C chlorites have completely disappeared and the experimental potteries were characterised by a fully recrystallised, brownish-reddish, biotite-rich matrix. Reaction rims, of variable sizes, occur at boundaries between primary quartz and/or feldspar grains and matrix as well as within internal mineral micro-fractures (fig. 16). They consist mainly of new grains of biotite, quartz, ilmenite, rare white micas and their heterogeneous development is, here too, indicative of kinetically controlled discontinuous mineral reactions. At that temperature, primary magmatic mica grains retain their original optical characters.

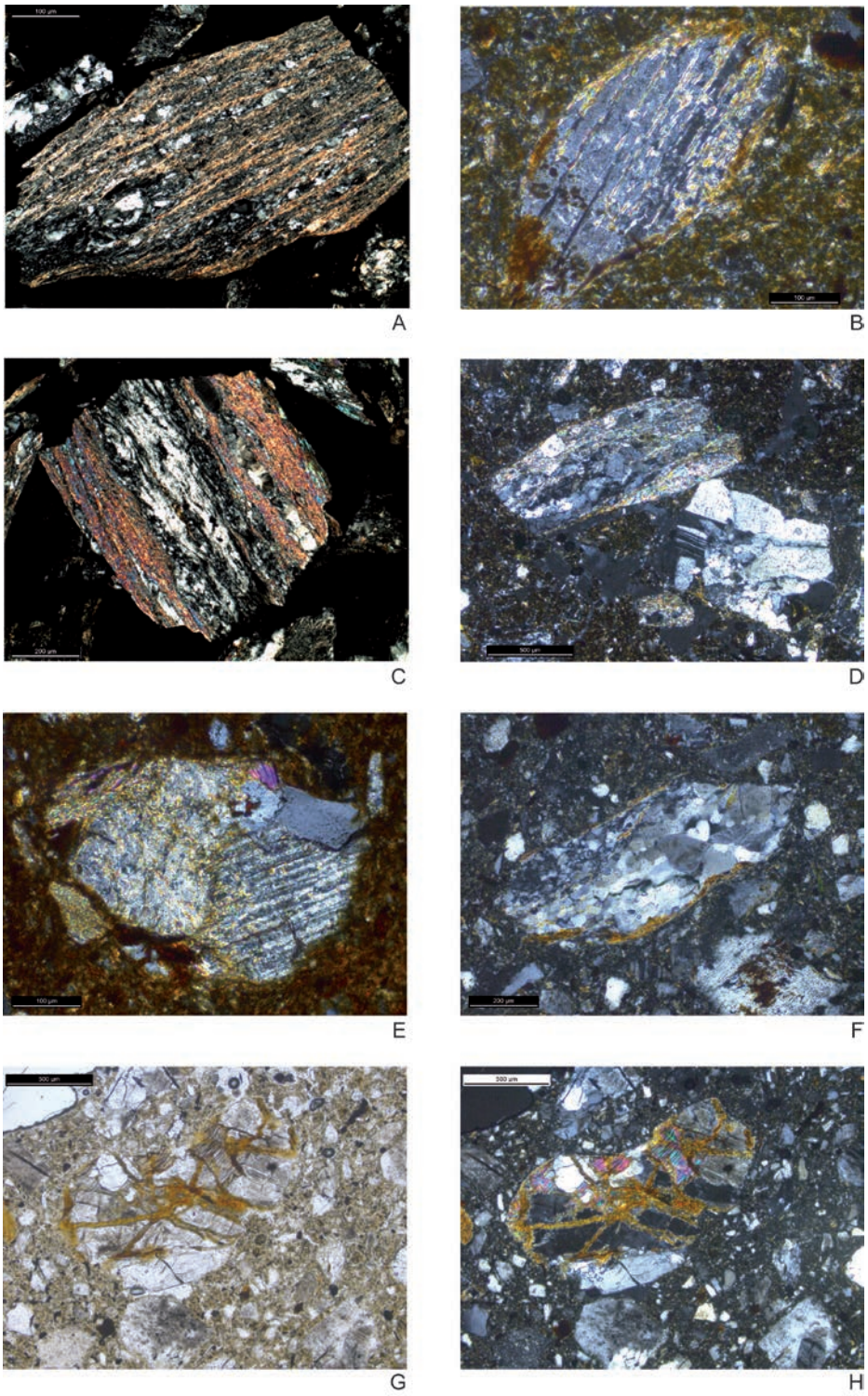


Fig. 14 – Mineral assemblages and microstructures in Argentera-Mercantour's granitic and mylonitic alteration soils and in experimental pastes. A: fragment of mylonite in alteration soil (crossed polars); B: plagioclase, partly replaced by micas, in alteration soil (crossed polars); C: fragment of mylonite, with ribbon of fully recrystallized quartz, in alteration soil (crossed polars); D: lithoclasts of deformed granitic rocks in alteration soil (crossed polars); E: experimental ceramic showing partial replacement of feldspar by micas within a biotite rich matrix (crossed polars); F: experimental ceramic for observing a corona of secondary biotite around a recrystallized quartz-bearing aggregate (crossed polars).

***Fig. 14** – Assemblages minéralogiques et microstructures dans les terres d'altération granitiques et mylonitiques de l'Argentera-Mercantour et dans les pâtes expérimentales. A : fragment de mylonite une terre d'altération (lumière polarisée analysée) ; B : plagioclase partiellement altéré en micas dans une terre d'altération (lumière polarisée analysée) ; C : fragment de mylonite avec ruban de quartz recristallisé dans une terre d'altération (lumière polarisée analysée) ; D : lithoclastes granitiques déformés avec grains de quartz recristallisés dans une terre d'altération (lumière polarisée analysée) ; E : céramique expérimentale montrant la transformation partielle des feldspaths en micas au sein d'une matrice riche en biotite (lumière polarisée analysée) ; F : céramique expérimentale montrant une auréole de réaction à biotite autour d'un agrégat de quartz recristallisés (lumière polarisée analysée).*

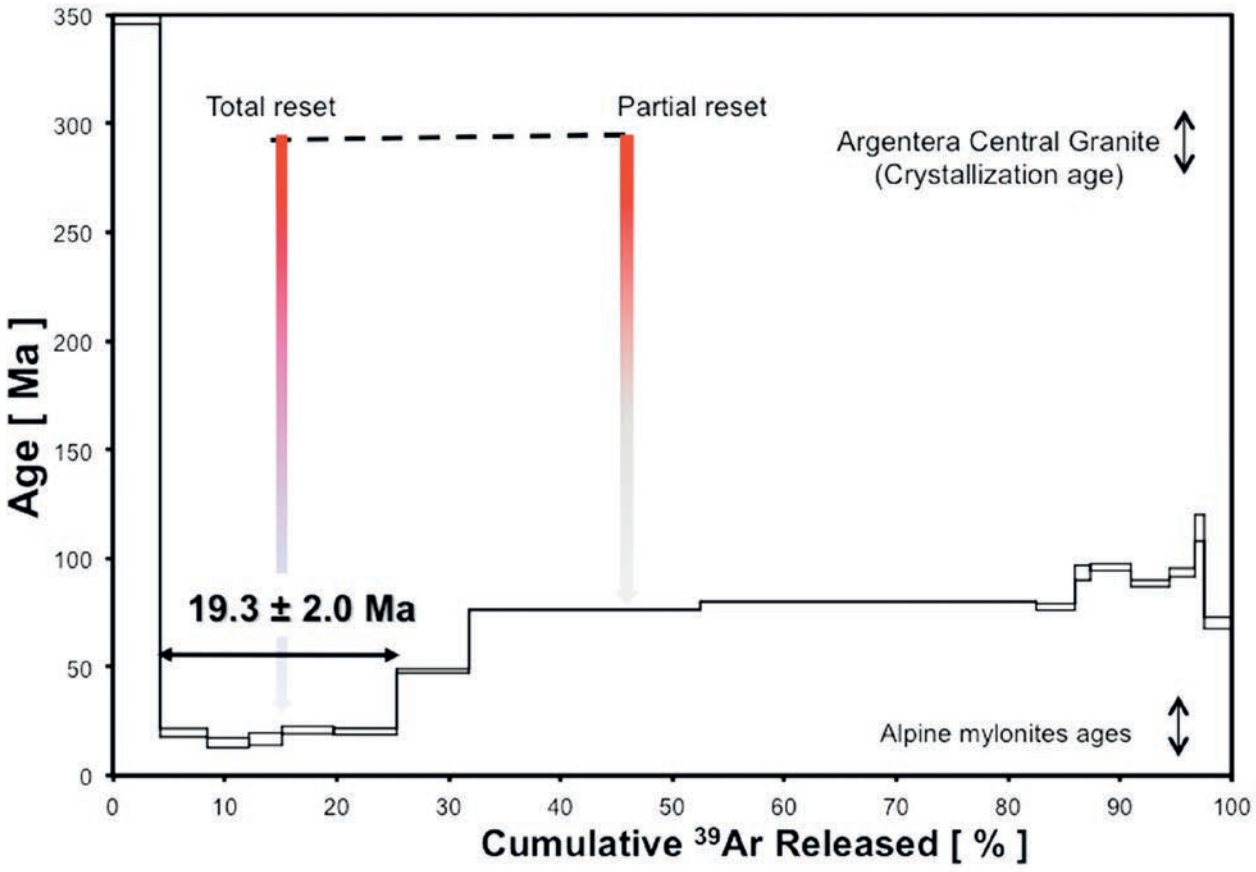


Fig. 15 – $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectra of a sample (ARG 45, fig. 8) from alteration deposits in the Argentera-Mercantour Massif. The age of the Argentera central granite is indicated showing the chemical re-opening of the analysed magmatic K-feldspar. The total reset (10% of ^{39}Ar released) yields the age of end of diffusion in the crystal, which corresponds to the age of alpine mylonitic zones development.

***Fig. 15** – Spectres des âges $^{40}Ar/^{39}Ar$ pour un échantillon (ARG 45, fig. 8) des terres d'altération du massif de l'Argentera-Mercantour. L'âge du granite central de l'Argentera est indiqué démontrant la réouverture chimique du feldspath potassique magmatique analyse. La remise à zéro totale (10 % de l'^{39}Ar relâché) marque l'arrêt de la dernière diffusion dans le cristal et correspond à l'âge du développement des zones mylonitiques alpines.*

Comparison with available petrologic and thermodynamic databases

The analogies established between reaction mechanisms acting during industrial pottery production by firing of clay materials and during metamorphism of natural rocks over geological times have been emphasised for several decades (Peters and Iberg, 1978; Maggetti, 1982; Riccardi *et al.*, 1999). Therefore, the constraints brought by phase equilibrium diagrams from both "industrial and natural metamorphism" are often used to better understand the processes of ancient pottery production (Maggetti and Heimann, 1979; Maggetti, 1981; Heimann, 1989; Duminico *et al.*, 1995; Binder *et al.*, 2018). More particularly, the quantitative results obtained for the temperatures suffered during low-pressure metamorphism (*i.e.* contact metamorphism) by clay-rich sedimentary rocks can be used to test the robustness of our experimental results and to better interpret the pottery production discovered at Pendimoun (see Spear, 1993 and Bucher and Frey, 2002, with references therein for a general review of the available petrologic datasets).

In meta-sediments, under low-pressure conditions, the upper stability limit of clay minerals is around 250-280°C. Depending on its chemical composition, chlorite is stable under a large temperature range between 250 and 500°C. The thermal stability of micas depends on the amount of free water present in the chemical system under consideration. However, for muscovite the uppermost stability condition never exceeds 650°C for pressure lower than 1kbar, while for biotite the maximum stability conditions can reach 800°C. Moreover, the evolution of low-temperature metamorphic rocks (*i.e.* T< 600°C) is governed by disequilibrium conditions characterised by incomplete reactions and different sub-systems controlled by the kinetics of reactions.

However, in metamorphosed meta-sediments the P-T stability fields of the various phases are also dependent on the natural chemical system (*i.e.* the specific bulk-rock chemistry). Consequently, in order to highlight the importance of the chemical composition of the studied alterites on mineral stability conditions thermodynamic modelling was performed on the basis of two specific samples (ARG34 and ARG32) using the THERIAK-DOMINO

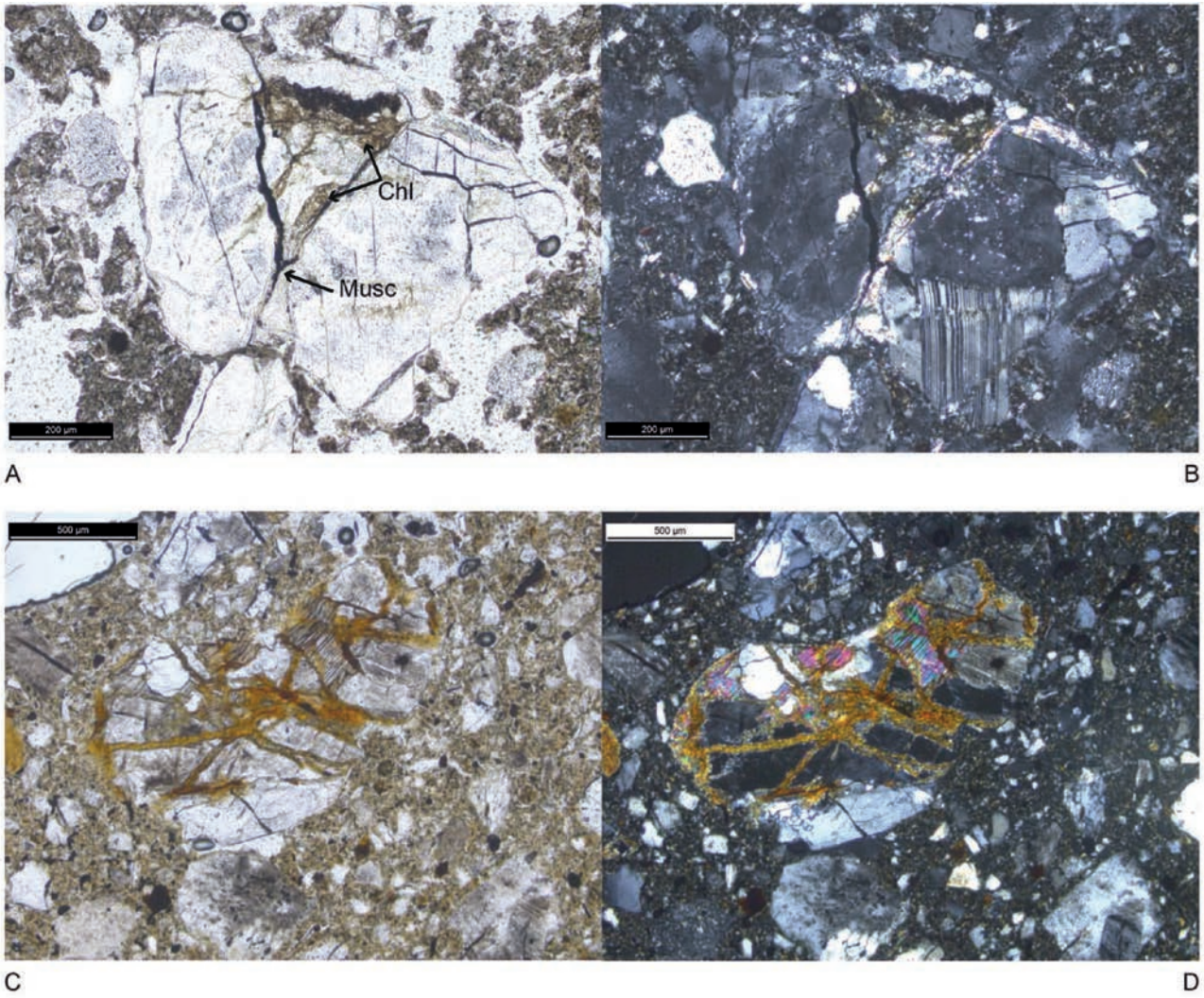


Fig. 16 – Comparison of mineral assemblage in the same raw and fired (experimental ceramic) alteration earth highlighting the transformation of feldspar into biotite and muscovite. A: note the crystallization of new phases (micas) at grain rims and within micro-cracks of feldspar (parallel polars); B: same as A with crossed polars.

***Fig. 16** – Comparaison des assemblages minéralogiques dans le même échantillon de terre d'altération crue et cuite (céramique expérimentale) montrant la transformation des feldspaths en biotite et muscovite. A: on remarquera la cristallisation des phases néoformées (micas) aux joints de grains et dans les micro-fractures des feldspaths (lumière polarisée non analysée) ; B : idem, G en lumière polarisée analysée.*

method (De Capitani and Petrakakis, 2010) and the Holland and Powell database (Holland and Powell, 2004). This method, similar to other mineral equilibrium modelling methods (such as THERMOCALC, Powell *et al.*, 1998), allows us to decipher the effects of all major chemical elements from a given "real bulk-rock composition" on the stability of the observed minerals. THERIAK-DOMINO is a free energy minimisation programme, taking into account mixing models for mineral solid solutions and enabling calculation of isochemical phase diagrams. This technique explores not only the P-T stability fields of mineral associations (including the relative abundances of the different phases in a given mineral assemblage) but also the effects of the Fe-oxidation state or the influence of the amount and nature of fluids (H_2O, CO_2) on the stability field of a given mineral association. In this study, the evolution of the two samples was modelled in the SiO_2-Al_2O_3-TiO_2-FeO-MgO-MnO-CaO-Na_2O-K_2O-P_2O_5-H_2O system. H_2O in excess was considered to be consistent with the generally accepted pottery production processes. Considering archaeological samples, the iron oxidation state at the time of ceramics production is difficult to estimate. Therefore, we produced a model with total iron considered FeO as a first, simple, approximation. Because in this study, the temperature is the only variable of interest, only the THERIAK programme was used in order to depict the mineralogical evolution through a progressive temperature increase from 200°C up to 700° C.

In the ARG34 sample, the following most thermodynamically stable mineral associations were obtained:

– At 200°C: Chlorite-Illite-Quartz-Zeolites-Titanite (<1%). Hydrated minerals include 34.1% chlorite, 36.7% illite and 29.2% zeolites.

– At 250°C: Chlorite-Muscovite-Quartz-Feldspar-Zeolites-Titanite (<1%). Hydrated phases include 31.8% chlorite, 40.9% muscovite and 27.3% zeolites.
– At 300°C: Chlorite-Muscovite-Quartz-Feldspar-Zeolites-Ilmenite (<1%). Hydrated minerals include 36.3% chlorite, 40.9% muscovite and 22.8% zeolites.
– At 350°C: Chlorite-Muscovite-Quartz-Feldspar-Biotite-Ilmenite (<1%). Hydrated phases include 10% chlorite, 55% muscovite and 35% biotite.
– At 400°C: Muscovite-Quartz-Feldspar-Biotite-Ilmenite (<1%). Hydrated minerals include 58.7% muscovite and 41.3% biotite.
– At 450°C: Muscovite-Quartz-Feldspar-Biotite-Ilmenite (<1%). Hydrous phases include 52.9% muscovite and 47.1% biotite.
– At 500°C: Muscovite-Quartz-Feldspar-Biotite-Ilmenite (<1%). Hydrous minerals include 39.7% muscovite and 60.3% biotite.
– At 550°C: Muscovite-Quartz-Feldspar-Biotite-Ilmenite (<1%). Hydrous phases include 10.3% muscovite and 89.7% biotite.
– In the range 560-600°C: Biotite-Quartz-Feldspar-Cordierite-Ilmenite (<1%).
– At 650°C: Quartz-Cordierite -Feldspar-Ilmenite (<1%).
– At 700°C: Quartz-Feldspar-Cordierite-Sanidine-Ilmenite (<1%).

In the ARG32 sample, the following most thermodynamically stable mineral associations were obtained:
– At 200°C: Chlorite-Illite-Quartz-Feldspar-Zeolite. Hydrated minerals include 44.6% of chlorite, 49.5% illite and 5.9% zeolite.
– At 250°C: Chlorite-Muscovite-Quartz-Feldspar-Zeolite-Titanite (1%). Hydrous phases include 41.7% chlorite, 54.5% muscovite and 3.8% zeolite.
– At 300°C: Chlorite-Muscovite-Quartz-Feldspar-Zeolite-Titanite (0.5%)-Ilmenite (0.4%). Hydrous minerals include 41.9% chlorite, 55.1% muscovite and 3% zeolite.
– At 350°C: Muscovite-Biotite-Quartz-Feldspar-Ilmenite (<1%). Hydrous phases include 62.2% muscovite and 37.8% biotite.
– At 400¨C: Muscovite-Biotite-Quartz-Feldspar-Ilmenite (<1%). Hydrous phases include 58% muscovite and 42% biotite.
– At 450°C: Muscovite-Biotite-Quartz-Feldspar-Ilmenite (<1%). Hydrous phases include 53.1% muscovite and 46.9% biotite.
– At 500°C: Muscovite-Biotite-Quartz-Feldspar-Ilmenite (<1%). Hydrous phases include 93.9% biotite and 6.1% muscovite.
– At 530°C: Muscovite-Biotite-Quartz-Feldspar-Ilmenite (<1%). Hydrous phases include 97.8% biotite and 2.2% muscovite.
– In the range 550-650°C: Biotite-Quartz-Feldspar-Cordierite-Ilmenite (<1%).
– At 700°C: Quartz-Feldspar-Cordierite-Ilmenite (<1%).

With respect to the general constraints extracted from metamorphosed meta-sediments, it must be stressed that chlorite is stable under a more restricted temperature range of 250-350°C in the ARG34 sample and of 200-300°C in the ARG32 sample. The association of muscovite and biotite is only stable between 400 and 550°C in the ARG34 sample and between 350-530°C in the ARG32 sample. Muscovite stability never exceeds 550°C, while ilmenite is an accessory phase under a large temperature range between 300 and 700°C. These results are clearly consistent, at the first order, with the mineralogical evolution deduced from our experiments. Indeed, at 300°C chlorite and muscovite are both stable, while at 500°C the diagnostic association is muscovite + biotite + quartz + ilmenite. The occurrence of some clay minerals at 300°C or of relicts of chlorites at 500°C are controlled by kinetic factors (*i.e.* short duration of experiments) allowing some reactants to be preserved (incomplete reactions).

Implications for the Pendimoun pottery

Under the polarised microscope, the Pendimoun ceramics display reddish to light-brown matrix composed of small-sized neo-formed biotites, muscovites and minor quartz and ilmenite (*supra* fig. 3) Thin reaction coronas are commonly observed at grain boundaries of primary magmatic quartz and feldspars (*supra* fig. 3A). In these reaction sites quartz, muscovite and biotite are typically the neo-formed phases. First, these data demonstrate that maximal temperatures of 550°C were reached during firing. Second, the potteries from Pendimoun were potentially produced within the temperature range of between 350 and 550°C. This explains why – even if the original raw materials were rich in chlorite – the latter is absent from the pottery sample as a result of firing conditions. Moreover, because in the various reaction sites (new grains in the matrix, coronas around primary magmatic grains) the proportions of biotites are always significantly higher than those of muscovites (*supra* fig. 3B and D), the most probable firing temperatures were probably close to 500-550°C. Nevertheless, these firing conditions also explain the excellent preservation of the primary magmatic phases in the ceramics, these minerals being thermodynamically metastable under these temperatures. Furthermore, a temperatures range of about 200°C accounts for the existence of the very likely thermal gradients that would exist in the types of furnaces used for pot production during Neolithic times. Even with such a thermal gradient, the mineralogy of the ceramics remained qualitatively constant.

Finally, it should be noted that the proposed temperature range is compatible with the preservation, in archaeological ceramics, of optical characteristics (birefringence and pleochroism) on both biotite and muscovite that tend to disappear for temperatures above 800°C (Riccardi *et al.*, 1999).

DISCUSSION AND PROSPECTS

In this study Neolithic "granitic" pottery pastes (17 samples) were compared to five possible geological sources. Geochemical, mineralogical, petrographic and textural investigations enable us to propose that mylonitic and altered meta-granites from the Argentera-Mercantour Massif are the most likely source of raw materials for the studied ceramics. Eleven alteration deposits from this area were compared with the pottery samples recovered from the archaeological site and subjected to firing experiments and thermodynamic modelling.

The main geological sources for raw materials used to produce "granitic pastes" are quartzo-feldspathic aluminium-rich rocks, thus granites and orthogneisses or paragneisses (*i.e*. dominant lithology in the continental crust). In the gneisses, high-temperature minerals are frequent, particularly aluminium silicates (andalusite/sillimanite/kyanite) and garnets. However, during exhumation and cooling of the rocks and later alteration (*i.e*. "natural cycle") these minerals are easily replaced by chlorite, muscovite and illite particularly in severely deformed zones (mylonites). Consequently, even when high-temperature metamorphic phases are not observed in micaceous, quartzo-feldspathic, pots, a gneissic source for the considered raw materials cannot be definitely ruled out. Moreover, during the cooling and alteration of granites biotite is easily replaced by chlorite, while muscovite remains much more stable. Thus, even when muscovite is largely the dominant mica in a given ceramic, a biotite-rich granite is still a possible geological source. When it comes to "granitic pastes", detailed mineralogical and textural investigations must be combined with high-resolution geochemical data, including trace elements spectra, to conduct robust sourcing.

During the firing of raw materials, clay minerals and chlorite are replaced by muscovite and biotite for temperatures above 350-400°C. At around 500°C, abundant new grains of biotite, associated with minor amounts of muscovite, quartz and Fe-oxydes, crystallise leading the formation of the so-called light-brown and biotite rich matrix. Contrary to previous interpretations (Échallier in Binder, 1991), this type of matrix is not composed by a felting of primary biotites, but by the crystallisation of fine-sized biotite new grains during firing. Furthermore, during the "industrial cycle" clay minerals as well as chlorites react and are replaced by new grains of micas, quartz and feldspars. This gradual disappearance of the clay minerals explains the very low level of small pores (i.e. <0.1µm) observed thanks to Hg intrusion porosimetry at a low level which is itself at the origin of a poor preservation of lipids within this type of pottery fabric (Drieu *et al.*, 2019). Consequently, in archaeological ceramics produced by the firing of "granitic pastes" the amount of clayey minerals initially present in the raw materials should be dramatically under-estimated. Thus, the question about the workability of such kind of pastes (Aissaoui, 2018) needs to be largely reconsidered.

As previously suggested (Gabriele, 2014), the hypothesis of the collection of soils, used for the pottery production, at a relatively high altitude (*c.* 2000 m) on the Argentera-Mercantour foothills challenges the model of early farmers' settlement in the Liguro-Provençal arc confined to the coastal fringe. This is in line with the data obtained for the acquisition of lithic materials which demonstrate important interactions with the Alpine and Apennine worlds (Binder, De Stefanis *et al.*, this volume). In addition, this offers an important milestone for the establishment of pastoral systems based on the seasonal movement of livestock to highland pastures.

The integrated analysis, firstly naturalistic and secondly quantitative, thermodynamic and geochemical, thus opens new perspectives for the analysis of the methods of shaping and firing Neolithic pottery.

While identifying some pitfalls, this paper also demonstrates that high-resolution sourcing of materials used for ceramic production is possible and can provide a set of proxies to characterise territoriality and transfers during the establishment and evolution of early agropastoral communities.

LIST OF SUPPLEMENTARY INFORMATION AND DATA / *LISTE DES INFORMATIONS ET DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES*

SD-1 – Description of the sampling contexts / *Description des contextes échantillonnés*.

SD-2 – Table of major and traces elements identified by ICP-AES and ICP-MS from geological (crude and experimentally fired) and archeological samples / *Table des éléments majeurs et des éléments-traces identifiés par ICP-AES et ICP-MS dans les échantillons géologiques de référence (crus et cuits expérimentalement) et des échantillons archéologiques.*

SD-3 – Raw chemical data and parameters for ARG45 $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating / *Données chimiques brutes et paramètres de datation de l'échantillon ARG45 par la méthode $^{40}Ar/^{39}Ar$.*

SD-4 – Examples of experimental tablets made from geological reference materials. ARG, Argentera-Mercantour massif. 1, ARG44_700°; 2,ARG33_500°; 3, ARG35_700°; 4, ARG43_900°; 5, ARG32_500° / *Exemples de tablettes expérimentales réalisées à partir des matériaux géologiques de référence. ARG, massif de l'Argentera-Mercantour. 1, ARG44_700° ; 2, ARG33_500° ; 3, ARG35_700° ; 4, ARG43_900° ; 5, ARG32_500°.*

SD-5 – Test firing for temperature monitoring at 500°C / *Test d'enregistrement des températures à 500°C.*

SD-6 – Device used for firing experimental tablets and disposition in the owen /*Dispositif utilisé pour la cuisson expérimentale des tablettes et disposition dans le four.*

SD-7 – Temperatures recorded during firing experimental tablets at 500°C / *Températures enregistrées durant la cuisson des tablettes à 500°C.*
SD-8 – Temperatures recorded during firing experimental tablets at 700°C / *Températures enregistrées durant la cuisson des tablettes à 700°C.*
SD-9 – Example of color changes of experimental tablets after firing at different temperatures of the sample ARG 32 (Argentera-Mercantour massif) / *Exemple des changements de couleur observés après cuisson des tablettes expérimentales à différentes températures pour l'échantillon ARG 32 (massif de l'Argentera-Mercantour).*
https://doi.org/10.34847/nkl.654fyp6y

Acknowledgements

This research was conducted as part of the CIMO projet (ANR-14-CE31-009, under the direction of Didier Binder, CNRS, Nice).

Jean-Marc Lardeaux wrote the paper with contributions from Didier Binder, Gilles Durrenmath, Marzia Gabriele and Chrystèle Verati. All the authors participated in the field work and sampling, and in the design and implementation of experiments. The experimental cooking of the samples and the documentation were carried out by Gilles Durrenmath. The interpretation and documentation of the thin sections were carried out by Marzia Gabriele and Jean-Marc Lardeaux. Argon dating of experimental samples was carried out by Chrystèle Verati with the help of Sylvain Gallet (GEOAZUR). Geochemical and thermodynamical analyses and interpretations were performed by Jean-Marc Lardeaux. All the authors have read and approved the article.

REFERENCES

AISSAOUI S. (2018) – *La préparation des pâtes céramiques au Néolithique : approche pluridisciplinaire du malaxage et de ses effets sur la porosité et la ténacité des récipients*, master thesis, université Côte d›Azur, Nice, 79 p.

BARBARIN B. (1990) – Granitoids: Main Petrogenetic Classifications in Relation to Origin and Tectonic Setting, *Geological Journal*, 25, p. 227-238.

BASSO E., BINDER D., MESSIGA B., RICCARDI M. P. (2006) – The Neolithic Pottery of Abri Pendimoun (Castellar, France): a Petro-Archaeometric Study, in M. Magetti and B. Messiga (eds.), *Geomaterials in Cultural Heritage*, Bath, Geological Society Publishing House, p. 33-48.

BELL T. H., JOHNSON S. E. (1989) – The Role of Deformation Partitioning and Recrystallization of Plagioclase and K-Feldspar in the Woodroffe Thrust Mylonite Zone, Central Australia, *Journal of Metamorphic Geology*, 7, 2, p. 151-168.

BELLOT J.P. (2005) – The Palaeozoic Evolution of the Maures Massif (France) and Its Potential Correlation with Other Areas of the Variscan Belt: a Review, *Journal of the Virtual Explorer*, 19, paper 4, p. 1-25

BELLOT J.P., BRONNER G., LAVERNE C. (2000) – Finite Strain Analysis and Signification of Ultramaficlenses from the Western Maures (SE France). Geodynamic Implications, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 331, 12, p. 803-809.

BELLOT J.P., BRONNER G., MARCHAND J., LAVERNE C., TRIBOULET C. (2002) – Thrust and Normal Faulting in the Western Maures (SE France): Evidence for Geometric, Kinematics and Thermobarometry of the Cavalaire Shear Zone, *Géologie de la France*, 1, p. 21-37.

BIGI G., CASTELLARIN A., COLI M., DAL PIAZ G. V., SARTORI R., SCANDONE P., VAI G. B. (1990) – Structural Model of Italy 1:500.000, sheet 1, in: C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA, Firenze, 1990.

BIGOT-CORMIER F., SOSSON M., POUPEAU G., STEPHAN J. F., LABRIN E. (2006) – The Denudation History of the Argentera Alpine External Crystalline Massif (Western Alps, France- Italy): an Overview from the Analysis of Fission Tracks in Apatites and Zircons, *Geodinamica Acta*, 19, 6, p. 455-473.

BINDER D. (1991) – *Une économie de chasse au Néolithique ancien. La grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographies du CRA, 5), 244 p.

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., HELMER D., MARINVAL P., THIÉBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes) : nouvelles données sur le complexe culturel de la Céramique Imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire*, 35, p. 177-251.

BINDER D., LARDEAUX J.-M., MUNTONI I. M., DUBAR M., DURRENMATH G., JACOMET S., MONGE G., LEPÈRE C. (2018) – South-Eastern Italian Transfers Towards the Alps During the 5th Millennium cal BCE: Evidence of "Serra-d'Alto" Ware within Square-Mouthed Pottery Deposits at the Lare 2 Cave (Saint-Benoit, Alpes-de-Haute-Provence, France), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 222-237.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. É., CARRÉ A., CUCCHI T., DELHON C., DE STEFANIS C., DRIEU L., ÉVIN A., GIRDLAND FLINK L., GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIÉBAULT S. (2020) – First Farming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar Pendimoun During the Sixth Millennium BCE, in K. J. Gron, L. Sørensen and P. Rowley-Conwy (eds.), *Farmers at the Frontier. A Pan-European Perspective on Neolithisation*, Oxford, Oxbow Books, p. 145-159.

BINDER D., LEPÈRE C. (2014) – Impresso-Cardial Transition to SMP and Chassey in Provence, in M. Bernabò Brea,

R. Maggi et A. Manfredini (eds.), *Il pieno sviluppo del Neolitico in Italia*, proceedings of the international conference (Finale Ligure, 8-10 juin 2009), Bordighera, Istituto Internazionale di Studi Liguri Museo Bicknell (*Rivista di Studi Liguri*, 77-79, 2011-2013), p. 21-29.

BINDER D., MAGGI R. (2001) – Le Néolithique ancien de l'arc liguro-provençal, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98, 3, p. 411-422.

BOGDANOFF S., MENOT R. P., VIVIER G. (1991) – Les massifs cristallins externes des alpes occidentales françaises, un fragment de la zone interne varisque, *Sciences Géologiques, Bulletins et Mémoires*, 44 (Les massifs anciens de France, 2), p. 237-283.

BOGDANOFF S., MICHARD A., MANSOUR M., POUPEAU G. (2000) – Apatite Fission Track Analysis in the Argentera Massif: Evidence of Contrasting Denudation Rates in the External Crystalline Massifs of the Western Alps, *Terra Nova*, 12, 3, p. 117-125.

BONIN B., VELLUTINI P. (1976) – Vue générale sur les complexes alcalins de Corse, *Bulletin de la Société géologique de France*, 18, p. 1207-1208.

BONIN B., AZZOUNI-SEKKAL A., BUSSY F., FERRAG S. (1998) – Alkali Calcic and Alkaline Post-Orogenic PO Granite Magmatism: Petrologic Constraints and Geodynamic Settings, *Lithos*, 45, p. 45-70.

BORDET P. (1957) – Géologie de la partie centrale du massif des Maures, *Bulletin du Service de la carte géologique de France*, 54, p. 89-101.

BORDET P., CHAMLEY H., BLANC J.J., JEUDI DE GRISSAC A. (1976) – Feuille de Porquerolles–Hyères, in Carte géologique de la France (1/50.000), Orléans, BRGM.

BOUCARUT M. (1967) – Structure du granite de l'Argentera et style tectonique de l'ensemble de ce massif, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 264, p. 1573-1576.

BOUMA A. H. (1962) – Sedimentology of Some Flysch Deposits: a Graphic Approach of Facies Interpretation, Amsterdam, Elsevier, 168 p.

BRONNER G., LECORCHE J.P., ORSINI J.B. (1971) – Un pli conique kilométrique : l'île de Porquerolles, fragment méridional du Massif hercynien des Maures (Var, France), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 272, p. 20-23.

BUCHER K., FREY M. (2002) – *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, Berlin, Springer, 341 p.

CAMPREDON R. (1972) – *Les formations paléogènes des Alpes-Maritimes franco-italiennes*, doctoral thesis, université de Nice-Sophia Antipolis, 539 p.

CAMPREDON R., GIANNERINI G. (1982) – Le synclinal de Saint-Antonin (arc de Castellane, chaines subalpines méridionales) : un exemple de bassin soumis à une déformation compressive permanente depuis l'Eocène supérieur, *Géologie Alpine*, 58, p. 15-20.

CAPELLI C., MANNONI T., STARNINI E. (2006) – Tecniche produttive, materie prime e provenienza delle ceramiche preistoriche e protostotiche della Liguria, in D. Cocchi Genick (ed.), *Materie prime e scambi nella Preistoria italiana*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 1202-1208.

CAPELLI C., STARNINI E., CABELLA R. (2007) – Il contributo delle analisi minero-petrographiche allo studio della circolazione di ceramiche nel Neolitico Antico: il caso della Caverna delle Arene Candide (Finale Ligure, SV), in C. D'Amico (ed.), *IV Congresso nazionale Associazione Italiana di Archeometria. Pisa, 1-3 febbraio 2006*, Bologna, Pàtron Editore, p. 413-419.

CAPELLI C., STARNINI E., CABELLA R., DEL LUCCHESE A., PIAZZA M. (2011) – La prima circolazione di ceramica nel Mediterraneo: una sintesi dei nuovi dati archeometrici sulla Ceramica Impressa della Liguria, in S. Gualtieri, E. Starnini, R. Cabella, C. Capelli and B. Fabbri (eds.), *La ceramica e il mare. Il contributo dell'archeometria allo studio della circolazione dei prodotti ceramici nel Mediterraneo. Atti della XII Giornata di Archeometria della Ceramica (Genova, 10-11 aprile 2008)*, Rome, Aracne editrice, p. 15-28.

CAPPELLI B., CARMIGNANI L., CASTORINA F., DIPISA A., OGGIANO G., PETRINI R. (1992) – A Hercynian Suture Zone in Sardinia: Geological and Geochemical Evidence, *Geodinamica Acta*, 5, 1-2, p. 101-118.

CAPPONI G., CRISPINI L. (2002) – Structural and Metamorphic Signature of Alpine Tectonics in the Voltri Massif (Ligurian Alps, North-Western Italy), *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 95, 1, p. 31-42.

CARIGNAN J., HILD P., MEVELLE G., MOREL J., YEGHICHYAN D. (2001) – Routine Analyses of Trace Elements in Geological Samples Using Flow Injection and Low Pressure On-Line Liquid Chromatography Coupled to ICP-MS: a Study of Geochemical Reference Materials BR, DR-N, UB-N, AN-G and GH, *Geostandards and Geoanalytical Research*, 25, p. 187-198.

CARMIGNANI L., CAROSI R., DIPISA A., GATTIGLIO M., MUSUMECI G., OGGIANO G., PERTUSATI P. C. (1994) – The Hercynian Chain in Sardinia (Italy), *Geodinamica Acta*, 7, 1, p. 31-47.

CARMIGNANI L., OGGIANO G., BARCA S., CONTI P., SALVADORI I., ELTRUDIS A., FUNEDDA A., PASCI S. (2001) – Geologia della Sardegna (Note illustrative della carta geologica della Sardegna in scala 1:200.000), *Memorie descrittive della Carta geologica d'Italia*, 9, p. 1-283.

CAROSI R., FRASSI C., MONTOMOLI C. (2009) – Deformation During Exhumation of Medium-and High-Grade Metamorphic Rocks in the Variscan Chain in Northern Sardinia (Italy), *Geological Journal*, 44, p. 280-305.

CAROSI R., D'ADDARIO E., MAMMOLITI E., MONTOMOLI C., SIMONETTI M. (2016) – Geology of the Northwestern Portion of the Ferriere– Mollieres Shear Zone, Argentera Massif Italy, *Journal of Maps*, 12, supplement 1, p. 466-475.

CASINI L., CUCCURU S., MAINO M., OGGIANO G., TIEPOLO M. (2012) – Emplacement of the Arzachena Pluton (Corsica-Sardinia Batholith) and the Geodynamics of Incoming Pangaea, Tectonophysics, 544, p. 31-49.

CASSARD L. (2020) – *Systèmes de production céramique des premiers paysans du domaine liguro-provençal (VIème millénaire BCE) : traditions techniques des décors*, doctoral thesis, université Côte d›Azur, Nice, 370 p.

CHANTRAINE J., AUTRAN A., CAVELIER C. (1996) – *Carte géologique de la France au 1/1 000 000*, Service géologique national, Orléans, BRGM.

CHOUKROUNE P., GAPAIS D. (1983) – Strain Pattern in the Aar Granite (Central Alps): Orthogneiss Developed by Bulk Inhomogeneous Flattening, *Journal of Structural Geology*, 5, 3-4, p. 411-418.

COBBOLD P. R., GAPAIS D. (1987) – Slip System Domains. 1. Plane-Strain Kinematics of Arrays of Coherent Bands with Twinned Fibre Orientations, *Tectonophysics*, 131, p. 113-132.

COCHERIE A., ROSSI P., FOUILLAC A. M., VIDAL P. (1994) – Crust and Mantle Contributions to Granite Genesis. An Example from the Variscan Batholith of Corsica, France, Studied by Trace-Element and Nd-Sr-O-Isotope Systematics, *Chemical Geology*, 115, 3-4, p. 173-211.

COCHERIE A., ROSSI P., FANNING C. M., GUERROT C. (2005) – Comparative Use of TIMS and SHRIMP for U-Pb Zircon Dating of A-Type Granites and Mafic Tholeiitic Layered Complexes and Dykes from the Corsican Batholith (France), *Lithos*, 82, 1-2, p. 185-219.

COMPAGNONI R., FERRANDO S., LOMBARDO B., RADULESCO N., RUBATTO D. (2010) – Paleo-European Crust of the Italian Western Alps: Geological History of the Argentera Massif and Comparison with Mont Blanc-Aiguilles Rouges and Maures-Tanneron Massifs, *Journal of the Virtual Explorer*, 36, p. 1-32.

CONVERTINI F., BRUXELLES L. (2010) – Déplacements de terres ou de vases ? Le cas des matériaux d'origine volcanique, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structure des productions céramiques*, proceedings of the SPF conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 105-114.

CORSINI M., RUFFET G., CABY R. (2004) – Alpine and Late-Hercynian Geochronological Constrains in the Argentera Massif (Western Alps), *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 97, p. 3-15.

CORSINI M., BOSSE V., FÉRAUD G., DEMOUX A., CREVOLA G. (2010) – Exhumation Processes During Post-Collisional Stage in the Variscan Belt Revealed by Detailed 40Ar/39Ar Study (Tanneron Massif, SE France), *International Journal of Earth Sciences*, 96, p. 1-9.

CORSINI M., ROLLAND Y. (2009) – Late Evolution of the Southern European Variscan Belt: Exhumation of the Lower Crust in a Context of Oblique Convergence, *Comptes Rendus Géosciences*, 341, p. 214-223.

CORTESOGNO L., GIANOTTI R., OXILIA M., VANNUCCI R., VANOSSI M. (1982) – Genesi ed evoluzione dello zoccolo pre-mesozoico in alcuni settori del Brianzonese ligure interno, *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 38, p. 219-260.

COX K. G., BELL J. D., PANKHURST R. J. (1979) – *The Interpretation of Igneous Rocks*, London, Allen & Unwin, 450 p.

CRÉVOLA G., PUPIN J.P., TOUTIN-MORIN N. (1991) – Variscan Provence: Structure and Ante-Triassic Geologic Evolution, *Sciences Géologiques. Bulletins et Mémoires*, 44 (Les massifs anciens de France, 2), p. 287-310.

CRÉVOLA G., PUPIN J.P. (1994) – Crystalline Provence: Structure and Variscan Evolution, in J. D. Keppie (ed.), *Pre-Mesozoic Geology in France and Related Areas*, Berlin, Springer, p. 426-441.

DE CAPITANI C., PETRAKAKIS K. (2010) – The Computation of Equilibrium Assemblage Diagrams with Theriak/Domino Software, *American Mineralogist*, 95, p. 1006-1016.

DEL MORO A., PARDINI G., MESSIGA B., POGGIO M. (1981) – Dati petrologici e radiometrici preliminari sui massicci cristallini della Liguria occidentale, *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 38 1, p. 73-87.

DEBON F., LEMMET M. (1999) – Evolution of Mg/Fe ratios in Late Variscan Plutonic Rocks from the External Crystalline Massifs of the Alps (France, Italy, Switzerland), *Journal of Petrology*, 40, 7, p. 1151-1185.

DEMAY A. (1926a) – Sur la tectonique hercynienne des Maures, Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France, 1926, 2 p.

DEMAY A. (1926b) – Nappes hercyniennes et plis de fond pyrénéens du massif des Maures, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 182, p. 402-410.

DIDIER J. (1973) – *Granites and Their Enclaves. The Bearing of Enclaves on the Origin of Granites*, Amsterdam, Elsevier (Developments in Petrology, 3), 393 p.

DIDIER J., DUTHOU J. L., LAMEYRE J. (1982) – Mantle and Crustal Granites: Genetic Classification of Orogenic Granites and the Nature of Their Enclaves, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 14, p. 125-132.

DRIEU L., HORGNIES M., BINDER D., PÉTREQUIN P., PÉTREQUIN A.M., PECHE-QUILICHINI K., LACHENAL T., REGERT M. (2019) – Influence of Porosity on Lipid Preservation in the Wall of Archaeological Pottery, *Archaeometry*, 61, 5, p. 1081-1096.

DRIEU L., LUCQUIN A., CASSARD L., SORIN S., CRAIG O. E., BINDER D., REGERT M. (2021) – A Neolithic without Dairy? Chemical Evidence from the Content of Ceramics from the Pendimoun Rock-Shelter (Castellar, France, 5750-5150 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, p. 102692.

DUMINICO P., MESSIGA B., RICCARDI M. P. (1995) – Risultati preliminari di analisi archeometriche su attrezzi da fornace: caselle e zampe di gallo di una fornace del XVI–XVII secolo, in C. D'Amico and F. Finotti (eds.), *Le Scienze della Terra e l'Archeometria. 2a Giornata nazionale*, Rovereto, Fondazione Museo Civico di Rovereto, p. 137-141.

ÉCHALLIER J.-C., COURTIN J. (1994) – Approche minéralogique de la poterie du Néolithique ancien de la Baume Fontbrégoua à Salernes (Var), *Gallia Préhistoire*, 36, p. 267-297.

EDEL J. B., MONTIGNY R., THUIZAT R. (1981) – Late Paleozoic Rotations of Corsica and Sardinia: New Evidence from Paleomagnetic and K-Ar Studies, *Tectonophysics*, 79, 3-4, p. 201-223.

EDEL J. B., CASINI L., OGGIANO G., ROSSI P., SCHULMANN K. (2014) – Early Permian 90° Clockwise Rotation of the Maures-Estérel-Corsica-Sardinia Block Confirmed by New Palaeomagnetic Data and Followed

by a Triassic 60° Clockwise Rotation, in K. Schulmann, J. R. Martínez Catalán, J.M. Lardeaux, V. Janoušek and G. Oggiano (eds.), *The Variscan Orogeny: Extent, Timescale and the Formation of the European Crust*, London, Geological Society (Special Publications, 405), p. 1-29.

EDEL J. B., SCHULMANN K., LEXA O., LARDEAUX J.M. (2018) – Late Palaeozoic Palaeomagnetic and Tectonic Constraints for Amalgamation of Pangea Supercontinent in the European Variscan Belt, *Earth Science Review*, 177, p. 589-612.

ELTER F. M., CORSI B., CRICCA P., MUZIO G. (2004) – The South-Western Alpine Foreland: Correlation between Two Sectors of the Variscan Chain Belonging to 'Stable Europe': Sardinia–Corsica and the Maures Massif (South-Eastern France), *Geodinamica Acta*, 17, p. 31-40.

FAURE-MURET A. (1955) – *Études géologiques sur le massif de l'Argentera–Mercantour et sur ses enveloppes sédimentaires*, Paris, Service de la carte géologique de la France (Mémoires), 336 p.

FAURE-MURET A., KUENEN P. H., LANTEAUME M., FALLOT P. (1956) – Sur les Flyschs des Alpes maritimes françaises et italiennes, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 243, p. 1697-1701.

FERRARA G., MALARODA R. (1969) – Radiometric Age of Granitic Rocks from the Argentera Massif (Maritime Alps), *Bolletino della Società Geologica Italiana*, 88, p. 311-320.

FILIPPI M., ZANONI D., GOSSO G., LARDEAUX J.M., VERATI C., SPALLA M. I. (2019) – Structure of Lamprophyres: a Discriminant Marker for Variscan and Alpine Tectonics in the Argentera–Mercantour Massif, Maritime Alps, *Bulletin de la Société géologique de France*, 190, p. 12.

FILIPPI M., ZANONI D., LARDEAUX J.M., SPALLA M. I., GOSSO G. (2020) – Evidence of Tethyan Continental Break-Up and Alpine Collision in the Argentera-Mercantour Massif, Western Alps, *Lithos*, 372-373, p. 105653.

FORD M., LICKORISH W. H., KUSZNIR N. J. (1999) – Tertiary Foreland Sedimentation in the Southern Subalpine Chains, SE France: a Geodynamic Appraisal, *Basin Research*, 11, 4, p. 315-336.

FRITZ S. J., RAGLAND P. C. (1980) – Weathering Rinds Developed on Plutonic Igneous Rocks in the North Carolina Piedmont, *American Journal of Science*, 280, p. 546-559.

GABRIELE M. (2014) – *La circolazione delle ceramiche nel medio ed alto Tirreno et nell'area Ligure: studi di provenienza*, doctoral thesis, Università degli Studi di Pisa and université Nice Sophia Antipolis, 437 p.

GABRIELE M., VERATI C., CONVERTINI F., GRATUZE B., JACOMET S., BOSCHIAN G., DURRENMATH G., GUILAINE J., LARDEAUX J.M., GOMART L., MANEN C., BINDER D. (2019) – Long-Distance Mobility in the North-Western Mediterranean during the Neolithic Transition Using High Resolution Pottery Sourcing, *Journal of Archaeological Science Reports*, 29, p. 102050.

GABRIELE M., PANELLI C., MAGGI R., BINDER D. (2020) – L'analisi tecnologica della produzione ceramica del VI millennio BCE delle Arene Candide quale indicatore di scambi e interazioni culturali, in M. Bernabò Brea (ed.), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, proceedings of the international meeting (Forlì, 12-15 October 2016), Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (*Rivista di Scienze Preistoriche*, 70), p. 419-425.

GAPAIS D. (1989) – Shear Structures within Deformed Granites: Mechanical and Thermal Indicators, *Geology*, 17, 12, p. 1144-1147.

GARCIA D., JOSEPH P., MARECHAL B., MOUTTE J. (2004) – Patterns of Geochemical Variability in Relation to Turbidite Facies in the Grès d'Annot Formation, in P. Joseph and S. A. Lomas (eds.), *Deep Water Sedimentation in the Alpine Basin of SE France. New Perspectives on the Grès d'Annot and Related Systems*, London, Geological Society, p. 349-365.

GERBAULT M., SCHNEIDER J., REVERSO-PEILA A., CORSINI M. (2018) – Crustal Exhumation During Ongoing Compression in the Variscan Maures–Tanneron Massif, France Geological and Thermomechanical Aspects, *Tectonophysics*, 746, p. 439-458.

GERRARD J. (1994) – Weathering of Granitic Rocks: Environment and Clay Mineral Formation, in D. A. Robinson and R. B. G. Williams (eds.), Rock Weathering and Landform Evolution, Chichester, Wiley, p. 3-20.

GÈZE B., LANTEAUME M., PEYRE Y., VERNET J. (1968) – Feuille de Menton-Nice, XXXVII-42-43, Carte géologique de la France (1/50.000), Orléans, BRGM.

GOFFÉ B. (1984) – Le faciès à carpholite-chloritoïde dans la couverture briançonnaise des Alpes ligures. Un témoin de l'histoire tectono-métamorphique régionale, *Memorie della Società Geologica Italiana*, 28, p. 461-479.

GOFFÉ B., SCHWARTZ S., LARDEAUX J.-M., BOUSQUET R. (2004) - Metamorphic structure of the western and Ligurian Alps, in R. Oberhänsli (dir.), Explanatory note to the map "Metamorphic structure of the Alps", Wien, Institute of Mineralogy and Petrography (Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft), p. 125-144.

GOLDICH S. S. (1938) – A Study in Rock Weathering, *The Journal of Geology*, 46, p. 17-58.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017)–- Spiralled Patchwork in Pottery Manufacture and the Introduction of Farming to Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501–1514.

GOSSO G., LARDEAUX J.M., ZANONI D., VOLANTE S., CORSINI M., BERSEZIO R., MASCLE J., SPAGGIARI L., SPALLA M. I., ZUCALI M., GIANNERINI G., CAMERA L. (2019) – Mapping the Progressive Geologic History at the Junction of the Alpine Mountain Belt and the Western Mediterranean Ocean, *Ofioliti*, 44, 2, p. 97-110.

GUEIRARD S., WATERLOT G., SAMAT M., GHERZI A. (1970) – Nouvelles précisions sur l'âge des schistes à graptolites du Fenouillet (massif des Maures, Var), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 270, p. 661-662.

HACCARD D., LORENZ C., GRANDJACQUET C. (1972) – Essai sur l'évolution tectonogénétique de la liaison Alpes-Apennins (de la Ligurie à la Calabre), *Memorie della Società Geologica Italiana*, 11, p. 309-341.

HARRIS R. C., ADAMS J. A. S. (1966) – Geochemical and Mineralogical Studies on the Weathering of Granitic Rocks, *American Journal of Science*, 264, p. 146-173.

HEIMANN R. B. (1989) – Assessing the Technology of Ancient Pottery: the Use of Ceramic Phase Diagrams, *Archeomaterials*, 3, p. 123-148.

HENTSCHEL F., TREPMANN C. A., JANOTS E. (2019) – Deformation of Feldspar at Greenschist Facies Conditions – the Record of Mylonitic Pegmatites from the Pfunderer Mountains, Eastern Alps, *Solid Earth*, 10, p. 95-116.

HOBBS B. E., MEANS W. D., WILLIAMS P. F. (1976) – An Outline of Structural Geology, New York, Wiley, 571 p.

HOLLAND T. J. B., POWELL R. (2004) – An Internally Consistent Thermodynamic Data Set for Phases of Petrological Interest, *Journal of Metamorphic Geology*, 16, p. 309-343.

IVALDI J. P. (1974) – Origine du matériel détritique des séries « grès d'Annot » d'après les données de la thermoluminescence (TLN et TLA), *Géologie Alpine*, 50, p. 75-98.

JEAN S. (1985) – Les grès d'Annot au NW du massif de l'Argentera-Mercantour (zone subalpine méridionale des Alpes occidentales françaises) sédimentologie paléogéographie, doctoral thesis, université de Grenoble, 243 p.

JOSEPH P., LOMAS S. A. (2004) – *Deep Water Sedimentation in the Alpine basin of SE France. New Perspectives on the Grès d'Annot and Related Systems*, London, Geological Society (Special Publications), 456 p.

JOUFFRAY F., SPALLA M. I., LARDEAUX J.M., FILIPPI M., REBAY G., CORSINI M., ZANONI D., ZUCALI M., GOSSO G. (2020) – Variscan Eclogites from the Argentera Mercantour Massif (External Crystalline Massifs, SW Alps): a Dismembered Cryptic Suture Zone, *International Journal of Earth Sciences*, 109, p. 1273-1294.

KERCKHOVE C. (1969) – La « zone du Flysch » dans les nappes de l'Embrunais- Ubaye, *Géologie Alpine*, 45, p. 5-204.

KERCKHOVE C., GIDON M., MALARODA R., BARFETY J. C., BOGDANOFF S., LEMOINE M. (1979) – Feuille de Gap (35), Carte géologique de la France (1 /250.000), Orléans, BRGM.

KOPPERS A. A. P. (2002) – ArArCALC. Software for 40Ar/39Ar Age Calculations, *Computational Geosciences*, 28, p. 605-619.

LANTEAUME M. (1962) – *Contribution à l'étude géologique des Alpes maritimes franco-italiennes*, Paris, Service de la carte géologique de la France (Mémoires), 405 p.

LARDEAUX J.M. (2014) – Deciphering Orogeny: A Metamorphic Perspective. Examples from European Alpine and Variscan Belts. Part I: Alpine Metamorphism in the Western Alps. A Review, *Bulletin de la Société géologique de France*, 185, 2, p. 93-114.

LARDEAUX J.M., MENOT R. P., ORSINI J. B., ROSSI P., NAUD G., LIBOUREL G. (1994) – Corsica and Sardinia in the Variscan Chain, in J. D. Keppie (ed.), Pre-Mesozoic Geology in France and Related Areas, Berlin, Springer, p. 467-479.

LARDEAUX J.M., SCHWARTZ S., TRICART P., PAUL A., GUILLOT S., BETHOUX N., MASSON F. (2006) – A Crustal-Scale Cross-Section of the Southwestern Alps Combining Geophysical and Geological Imagery, *Terra Nova*, 18, 6, p. 412-422.

LATOUCHE L., BOGDANOFF S. (1987) – Evolution précoce du massif de l'Argentera : apport des éclogites et des granulites, *Géologie Alpine*, 63, p. 151-164.

LE MAÎTRE R.W., STRECKEISEN A., ZANETTIN B., LE BAS M., BONIN B., BATEMAN P., BELLIENI G., DUDEK A., EFREMOVA S., KELLER J., LAMEYRE J., SABINE P. A., SCHMID R., SORENSEN H., WOOLEY A. R. (2004) – *Igneous Rocks: a Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommision on the Systematics of Igneous Rocks*, Cambridge, Cambridge University Press, 236 p.

MAGGETTI M. (1981) – Composition of Roman Pottery from Lousonna (Switzerland), in M. J. Hughes (ed.), *Scientific Studies in Ancient Ceramics*, London, British Museum Research Laboratory (British Museum Occasional Papers, 19), p. 33-49.

MAGGETTI M. (1982) – Phase Analysis and Its Significance for Technology and Origin, in J. S. Olin and A. D. Franklin (eds.), *Archeological Ceramics*, New York, Smithsonian Institution Press, p. 121-133.

MAGGETTI M., HEIMANN R. B. (1979) – Bildung und Stabilität von Gehlenit in Roomischer Feinkeramik, *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 59, p. 413-417.

MAGGI R., BINDER D., PANELLI C., GABRIELE M., PEARCE M., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P. (2020) – Liguria: aperture e chiusure di un'isola fra due pianure, in M. Bernabò Brea (ed.), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, proceedings of the international meeting (Forlì, 12-15 October 2016), Florence, Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (*Rivista di Scienze Preistoriche*, 70), p. 77-92.

MAGGI R., STARNINI E. (1997) – Some Aspects of the Pottery Production, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calame (Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, 5), p. 279-338.

MALARODA R., CARRARO F., DAL PIAZ G. V., FRANCHESCHETTI B., STURANI C., ZANELLA E. (1970) – Carta geologica del Massiccio dell'Argentera alla scala 1:50.000 e note illustrative, *Memorie della Società Geologica Italiana*, 9, p. 557-663.

MANEN C., CONVERTINI F., BINDER D., BEECHING A., BRIOIS F., BRUXELLES L., GUILAINE J., SÉNÉPART I. (2006) – Premiers résultats du projet ACR « Productions céramiques des premières société paysannes ». L'exemple des faciès impressa du Sud de la France, in P. Fouéré, C. Chevillot, P. Courtaud, O. Ferullo and C. Leroyer (eds.), *Paysages et Peuplements. Aspects culturels et chronologiques en France méridionale. Actualité de la recherche*, proceedings of the 6e Rencontres Méridionales de Préhistoire récente (Périgueux, 14-16 October 2004),

Périgueux, ADRAHP and Préhistoire du Sud-Ouest, p. 234-246.

MANEN C., PERRIN T., RAUX A., BINDER D., LE BOURDONNEC F.X., BRIOIS F., CONVERTINI F., ESCALLON G., GOMART L., GUILAINE J., HAMON C., PHILIBERT S., QUEFFELEC A. (2019) – Le sommet de l'iceberg ? Colonisation pionnière et néolithisation de la France méditerranéenne, Bulletin de la Société préhistorique française, 116, 2, p. 317-361.

MARQUER D. (1989) – Transfert de matière et déformation des granitoïdes. Aspects méthodologiques, *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 69, p. 15-35.

McDONOUGH W. F., SUN S. S. (1995) – The Composition of the Earth, Chemical Geology, 67, 5, p. 1050-1056.

MESSIGA B. (1987) – Alpine Metamorphic Evolution of Ligurian Alps (Northwest Italy): Chemography and Petrological Constraints Inferred from Metamorphic Climax Assemblages, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95, p. 269-277.

MIDDELBURG J. J., VAN DER WEIJDEN C. H., WOITTIEZ J. R. W. (1988) – Chemical Processes Affecting the Mobility of Major, Minor and Trace Elements During Weathering of Granitic Rocks, *Chemical Geology*, 68, p. 253-273.

MILLOT G. (1964) – *Géologie des Argiles*, Paris, Masson, 500 p.

MITRA G. (1978) – Ductile Deformation Zones and Mylonites: The Mechanical Processes Involved in the Deformation of Crystalline Basement Rocks, American Journal of Science, 278, p. 1057-1084.

MITRA G. (1979) – Ductile Deformation Zones in Blue Ridge Basement Rocks and Estimation of Finite Strains, Part I, *Geological Society of America Bulletin*, 90, p. 935-951.

MUNTONI I. M. (2003) – *Modellare l'argilla. Vasai del Neolitico antico e medio nelle Murge pugliesi*, Florence, Instituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Origines), 354 p.

MUSUMECI G., COLOMBO F. (2002) – Late Visean Mylonitic Granitoids in the Argentera Massif (Western Alps, Italy): Age and Kinematic Constraints on the Ferriere-Mollieres Shear Zone, *Comptes Rendus Géosciences*, 334, 3, p. 213-220.

NAHON D. B. (1991) – Introduction to the Petrology of Soils and Chemical Weathering, New York, Wiley, 313 p.

NESBITT H. W., MARKOVICS G., PRICE R. C. (1980) – Chemical Processes Affecting Alkalis and Alkaline Earths During Continental Weathering, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, p. 1659-1666.

NESBITT H. W., YOUNG G. M. (1984) – Prediction of Some Weathering Trends of Plutonic and Volcanic Rocks Based on Thermodynamic and Kinetic Consideration, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, p. 1523-1534.

ONEZIME J., FAURE M., CREVOLA G. (1999) – Étude petro-structurale du complexe granitique Rouet – Plan de la Tour (massifs des Maures et du Tanneron occidental, Var), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 328, p. 773-779.

ORSINI J. B. (1980) – *Le batholite corso-sarde: un exemple de batholite hercynien (structure, composition, organisation d'ensemble). Sa place dans la chaîne varisque de l'Europe moyenne*, doctoral thesis, université Aix-Marseille III, 370 p.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide. Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI millénaire AEC*, doctoral thesis, Università di Genova and université Côte d›Azur, 590 p.

PASSCHIER C. W., TROUW R. A. J. (2005) – *Microtectonics*, Berlin, Springer, 289 p.

PETERS T. J., IBERG R. (1978) – Mineralogical Changes During Firing of Ca-Rich Brick Clays, *American Ceramic Society Bulletin*, 57, p. 503-506.

POIRIER J. P. (1985) – *Creep of Crystals*, Cambridge Cambridge University Press, 260 p.

POWELL R., HOLLAND T. J. B., WORLEY B. (1998) – Calculating Phase Diagrams Involving Solid Solutions Via Non-Linear Equations, with Examples Using THERMOCALC, *Journal of Metamorphic Geology*, 16, p. 577-588.

PRADEAU J.V., BINDER D., VERATI C., LARDEAUX J.M., DUBERNET S., LEFRAIS Y., REGERT M. (2016) – Procurement Strategies of Neolithic Colouring Materials: Territoriality and Networks from VIth to Vth Millennia BCE in North-Western Mediterranean, *Journal of Archaeological Science*, 71, p. 10-23.

QUINN P. S. (2013) – *Ceramic Petrography: the Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section*, Oxford, Archaeopress, 260 p.

RAMSAY J. G. (1980) – Shear Zone Geometry: a Review, Journal of Structural Geology, 2, 1-2, p. 83-99.

RAMSAY J. G., ALISON I. (1979) – Structural Analysis of Shear Zones in an Alpinised Hercynian Granite, Maggia Lappen, Pennine Zone, Central Alps, *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 59, p. 251-279.

RAMSAY J. G., GRAHAM R. H. (1970) – Strain Variations in Shear Belts, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 7, p. 786-813.

RIBOLINI A., SPAGNOLO M. (2008) – Drainage Network Geometry Versus Tectonics in the Argentera Massif (French-Italian Alps), *Geomorphology*, 93, 3-4, p. 253-266.

RICCARDI M. P., MESSIGA B., DUMINICO P. (1999) – An Approach to the Dynamics of Clay Firing, *Applied Clay Sciences*, 15, p. 393-409.

RICE C. M. (1973) – Chemical Weathering on the Carnmenellis Granite, *Mineralogical Magazine*, 39, p. 429-447.

ROLLAND Y., CORSINI M., DEMOUX A. (2009) – Metamorphic and Structural Evolution of the Maures-Tanneron Massif (SE Variscan Chain): Evidence of Doming along the Transpressional Margin, *Bulletin de la Société géologique de France*, 180, p. 217-230.

ROSSI P., ROLLAND Y., VIDAL O., COX S. F. (2005) – Geochemical Variations and Element Transfer During Shear-Zone Development and Related Episyenites at Middle Crust Depths: Insights from the Mont Blanc Granite

(French–Italian Alps), in D. Bruhn and L. Burlini (eds.), *High-Strain Zones: Structure and Physical Properties*, London, Geological Society (Special Publications, 245), p. 373-396.

ROSSI P., OGGIANO G., COCHERIE A. (2009) – A Restored Section of the « SouthernVariscan Realm » across the Corsica–Sardinia Microcontinent, *Comptes Rendus Geosciences*, 341, p. 224-238.

ROSSI P., ROUIRE J. (1986) – Feuille de Corse (44/45), Carte géologique de la France (1/250.000), Orléans, BRGM.

ROUIRE J., AUTRAN A., PROST A., ROSSI P., ROUSSET C. (1980) – Feuille de Nice, Carte géologique de la France (1/250.000), Orléans, BRGM.

RUBATTO D., SCHALTEGGER U., LOMBARDO B., COLOMBO F., COMPAGNONI R. (2001) – Complex Paleozoic Magmatic and Metamorphic Evolution in the Argentera Massif (Western Alps) Resolved with U-Pb Dating, *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 81, p. 213-228.

RUBATTO D., FERRANDO S., COMPAGNONI R., LOMBARO B. (2010) – Carboniferous High-Pressure Metamorphism of Ordovician Protoliths in the Argentera Massif (Italy), Southern European Variscan Belt, *Lithos*, 116, p. 65-76.

SANCHEZ G. (2010) – Chronologie et évolution des déformations de la croûte moyenne à la surface dans un prisme collisionel en décrochement – impacts sur l'aléa sismo-gravitaire : exemple des Alpes Sud-occidentales, doctoral thesis, université de Nice-Sophia Antipolis, 295 p.

SANCHEZ G., ROLLAND Y., SCHREIBER D., GIANNERINI G., CORSINI M., LARDEAUX J.M. (2010) – The Active fault system of SW Alps, Journal of Geodynamics, 49, 5, p. 296-302.

SANCHEZ G., ROLLAND Y., SCHNEIDER J., CORSINI M., OLIOT E., GONCALVES P., VERATI C., LARDEAUX J.M., MARQUER D. (2011) – Dating Low-Temperature Deformation by 40Ar/39Ar on White Mica, Insights from the Argentera–Mercantour Massif (SW Alps), *Lithos*, 125, p. 521-536.

SCHNEIDER J., CORSINI M., REVERSO-PEILA A., LARDEAUX J.M. (2014) – Thermal and Mechanical Evolution of an Orogenic Wedge During Variscan Collision: an Example in the Maures-Tanneron Massif (SE France), in K. Schulmann, J. R. Martínez Catalán, J.M. Lardeaux, V. Janoušek and G. Oggiano (eds.), *The Variscan Orogeny: Extent, Timescale and the Formation of the European Crust*, London, Geological Society (Special Publications, 405), p. 313-331.

SCHREIBER D., LARDEAUX J.M., MARTELET G., COURRIOUX G., GUILLEN A. (2010) – 3-D Modelling of Alpine Mohos in Southwestern Alps, *Geophysical Journal International*, 180, p. 961-975.

SCHWARTZ S., LARDEAUX J.-M., TRICART P., GUILLOT S., LABRIN E. (2007) – Diachronous Exhumation of HP–LT Metamorphic Rocks from Southwestern Alps: Evidence from Fission Track Analysis, *Terra Nova*, 19, p. 133-140.

SEQUEIRA-BRAGA M. A., PAQUET H., BEGONHA A. (2002) – Weathering of Granites in a Temperate Climate (NW Portugal): Granitic Saprolites and Arenization, *Catena*, 49, p. 41-56.

SEYLER M. (1986) – *Magmatologie des séries volcaniques métamorphiques. L'exemple des métavolcanites cambro-ordoviciennes, en particulier alcalines, du socle provençal (France)*, doctoral thesis, université Lyon 1.

SEYLER M., CRÉVOLA G. (1982) – Mise au point sur la structure et l'évolution géodynamique de la partie centrale du Massif des Maures, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 295, p. 243-246.

SIMONETTI M., CAROSI R., MONTOMOLI C., LANGONE A., D'ADDARIO E., MAMMOLITI E. (2018) – Kinematic and Geochronological Constraints on Shear Deformation in the Ferriere- Mollières Shear Zone (Argentera-Mercantour Massif, Western Alps): Implications for the Evolution of the Southern European Variscan Belt, *International Journal of Earth Sciences*,107, p. 2163-2189.

SIMPSON C. (1985) – Deformation of Granitic Rocks across the Brittle Ductile Transition, *Journal of Structural Geology*, 7, p. 503-511.

SINCLAIR H. D. (1997) – Tectonostratigraphic Model for Underfilled Peripheral Foreland Basins: an Alpine Perspective, *Geological Society of America Bulletin*, 109, 3, p. 324-346.

SPATARO M. (2002) – The First Farming Communities of the Adriatic: Pottery Production and Circulation in the Early and Middle Neolithic, Trieste, Svevo (Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della regiona Friuli - Venezia Giulia, 9), 255 p.

SPATARO M. (2017) – Innovation and Regionalism in the Middle/Late Neolithic of South and South-Eastern Europe (ca. 5500-4500 cal. BC): a Ceramic Perspective, in L. Burnez-Lanotte (ed.), *Matières à Penser* : *sélection et traitement des matières premières dans les productions potières du Néolithique ancien // Raw Materials Acquisition and Processing in Early Neolithic Pottery Productions*, proceedings of the international workshop (Namur, 2015), Paris, Société préhistorique française (Séance de la société préhistorique française, 11), p. 61-80.

SPEAR F. S. (1993) – *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*, Washington, D.C., Mineralogical Society of America, 799 p.

SPRY A. (1969) – *Metamorphic Textures*, Oxford, Pergamon Press, 350 p.

STIPP M., STÜNITZ H., HEILBRONNER R., SCHMID S. M. (2002) – Dynamic Recrystallization of Quartz: Correlation Between Natural and Experimental Conditions, in S. De Meer, M. R. Drury, J. H. P. De Bresser and G. M. Pennock (eds.), *Deformation Mechanisms, Rheology and Tectonics: Current Status and Future Perspectives*, London, Geological Society (Special Publications, 200), p. 171-190.

STREIT J. E., COX S. F. (1998) – Fluid Infiltration and Volume Change during Mid-Crustal Mylonitization of Proterozoic Granite, King Island, Tasmania, *Journal of Metamorphic Geology*, 16, p. 197-212.

TEALL J. J. H. (1885) – The Metamorphosis of Dolerite into Hornblende Schist, *The Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 41, p. 133-145.

TOUTIN-MORIN N., BONIJOLY D., BROCARD C., BROUTIN J., CREVOLA G., DARDEAU G., DUBAR M., FÉRAUD J., GIRAUD J.-D., GODEFROY P., LAVILLE P., MEINESZ A. (1994) – Feuille de Fréjus–Cannes (1024), Carte géologique de la France (1/50.000), Orléans, BRGM.

TULLIS J. (1990) – Experimental Studies on Deformation Mechanisms and Microstructures in Quartzo-Feldspathic Rocks, in D. J. Barber and P. G. Meredith (eds.), *Deformation Processes in Minerals, Ceramics and Rocks*, Twickenham, The Mineralogical Society (Book Series, 1), p. 190-227.

URAI J. L., MEANS W. D., LISTER G. S. (1986) – Dynamic Recrystallization of Minerals, in B. E. Hobbs and H. C. Heard (eds.), *Mineral and Rock Deformation: Laboratory Studies. The Paterson Volume*, Washington, American Geophysical Union (Geophysical Monograph Series, 36), p. 161-199.

VANOSSI M., GOSSO G. (1983) – Introduzione alla geologia del Brianzonese ligure, *Memorie della Società Geologica Italiana*, 26, p. 441-461.

VANOSSI M., MESSIGA B., PICCARDO G. B. (1980) – Hypothèses sur l'évolution tectogénétique des Alpes ligures, *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, 22, p. 3-13.

VANOSSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G., VANNUCCI R. (1984) – Geologia delle Alpi Liguri: Dati, problemi, ipotesi, *Memorie della Società Geologica Italiana*, 28, p. 5-75.

VELDE B. (1984) – *Clay Minerals*, Amsterdam, Elsevier, 428 p.

VON RAUMER J. F., BUSSY F., STAMPFLI G. M. (2009) – The Variscan Evolution in the External Massifs of the Alps and Place in Their Variscan Framework, *Comptes Rendus Géosciences*, 341, p. 239-252.

WILSON M. J. (1975) – Chemical Weathering of Some Primary Rock-Forming Minerals, *Soil Science*, 119, p. 349-355.

WILSON M. J. (2004) – Weathering of the Primary Rock-Forming Minerals: Processes, Products and Rates, *Clay Minerals*, 39, 3, p. 233-266.

Jean-Marc Lardeaux
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, GÉOAZUR (UMR7329)
Campus Azur
250, rue Albert Einstein
F.-06560 Valbonne
jean-marc.lardeaux@univ-cotedazur.fr
(2) Center for Lithospheric Research, Czech Geological Survey, Klárov 3, 11821, Prague 1, Czech Republic
https://orcid.org/0000-0001-7666-7109

Gilles Durrenmath
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
gilles.durrenmath@univ-cotedazur.fr

Marzia Gabriele
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, GÉOAZUR (UMR7329)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
marzia.gabriele@cepam.cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0003-0934-366X

Chrystèle Verati
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, GÉOAZUR (UMR7329)
Campus Azur
250, rue Albert Einstein
F.-06560 Valbonne
chrystele.verati@univ-cotedazur.fr

Didier Binder
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
didier.binder@cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0001-8232-5367

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 307-326
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Characterization and study of the provenance of ceramics using portable X-ray fluorescence (pXRF): test study on terrae with granitic and metamorphic components from Castellar – Pendimoun (Impressa and Cardial, 6th millennium BCE)

Damase Mouralis, Chrystèle Verati, Gilles Durrenmath,
Jean-Marc Lardeaux and Didier Binder

Résumé : Depuis de nombreuses années, les études de provenance des terres utilisées en céramique, parmi d'autres archéomatériaux, se multiplient afin de documenter les transferts de matières premières ou d'artefacts. Avec la pétrographie et la minéralogie, la géochimie contribue à la caractérisation des terres et à l'identification des sources de matière première afin de produire des hypothèses concernant l'origine et la diffusion de la production de la céramique.
Plus récemment, ces études de provenance ont bénéficié de la miniaturisation des analyseurs et de l'apparition d'appareils portables à fluorescence X (XRF portable), abondamment utilisés pour caractériser une grande diversité de matériaux et d'artefacts archéologiques (lithiques, céramiques, métaux, etc.). Grâce à leur portabilité, ces appareils offrent la possibilité d'analyser les artefacts *in situ* (dans les musées, sur les fouilles ou sur le terrain) en limitant ainsi les difficultés administratives associées à l'exportation du matériel archéologique. Il est alors possible d'étudier un grand nombre d'artefacts et de proposer une approche quantitative, plus représentative de la diversité potentielle des sources exploitées.
Relativement faciles à utiliser par des scientifiques qui ne sont pas d'abord des géochimistes (géographes, archéologues, géologues, etc.), ces appareils sont parfois utilisés comme des « boîtes noires » à l'intérieur desquelles les utilisateurs n'interviennent pas. Ils laissent alors l'appareil opérer une déconvolution automatique des spectres X et ne questionnent pas la précision analytique. Dans ce contexte, cet article discute l'intérêt et les limites de la fluorescence X portable pour caractériser les céramiques.
Nous soulignons tout d'abord la nécessité d'un protocole analytique robuste. Il est primordial d'utiliser des standards afin de contrôler la précision de l'appareil. L'utilisation répétée de ces standards permet également de vérifier la stabilité et la répétabilité des mesures analytiques. Dans la mesure du possible, ces standards doivent présenter une gamme de concentration élémentaire similaire à celle du matériau étudié. Il peut s'agir de matériaux de référence certifiés (CRM) vendus par divers bureaux internationaux ou de standards « internes » (*in-house standards*) analysés indépendamment à l'aide de méthodes de laboratoire robustes (par exemple ICP-MS ou ICP-AES, etc.). Dans la présente étude, les standards internationaux sont six CRM fournis par le SARM (France) et les standards « internes » sont composés de vingt « terres d'intérêt » correspondant aux trois sources potentielles du piémont de l'Orméa (n = 3), du massif des Maures-Tanneron (n = 9) et du massif de l'Argentera-Mercantour (n = 8). Toutes ces terres d'intérêt ont été cuites à 700°C afin d'approcher l'état des céramiques étudiées.
Afin de tester la capacité de l'appareil à différencier les sources de matériaux, cet article présente les analyses XRF portables de vingt-et-un tessons appartenant à dix-sept céramiques découvertes sur le site de Pendimoun et étudiées dans le cadre du programme CIMO (tabl. 1 ; Gabriele *et al*., ce volume; Lardeaux *et al*., ce volume). Quinze céramiques appartiennent à l'*Impressa* (phases PND-1A, 1B) et deux au Cardial (phase PND-2). Les recherches précédentes ont démontré que les céramiques de Pendimoun utilisent trois pâtes différentes. La pâte glauconieuse du Crétacé (GL) est facilement accessible sur les contreforts de l'Orméa, à proximité immédiate du site. Un deuxième groupe de pâtes, nommé quartz-micas-feldspath (QMF), provient soit de l'Argentera-Mercantour, soit du massif des Maures-Tanneron. Le dernier groupe correspond à un mélange des deux pâtes (MIX). Les dix-sept céramiques étudiées dans cet article appartiennent toutes au groupe QMF et, sur la base des analyses pétrographiques et géochimiques précédentes, sont originaires de l'Argentera-Mercantour (n = 7), des Maures-Tanneron (n = 1) et du QMF indifférencié (n = 9 ; tabl. 1).

Sur la base des analyses des « terres d'intérêt », l'article démontre la capacité de l'appareil à détecter une large gamme d'éléments présents dans les céramiques et généralement considérés comme « majeurs » (Al, Si, K, Ca, Fe, P, Mg), « mineurs » (Mn) et « traces » (Ni, Rb, Zr, Sr, Y, Ba, Nb, Pb, Th, Co, Zn, Ni, Sn, Ta) (tabl. 2). De plus, la comparaison entre les valeurs attendues et les valeurs mesurées (fig. 2) pour les CRM et les « terres d'intérêt » indique une très bonne capacité de l'analyseur à mesurer dix-sept éléments dans des gammes de concentration allant de quelques dizaines de % (Si) à quelques parties par million (Zr par exemple). Le coefficient de corrélation R^2 est supérieur à 0,99 pour Mg, Ca, Fe, Zn, Sr, Zr, Ba et est compris entre 0,949 et 0,99 pour Si, P, K, Mn, Ni, Nb, Rb, Sn, Ta et Th (tabl. 4).
Le diagramme SiO_2 vs Al_2O_3 (fig. 6) démontre que l'appareil est capable de distinguer les trois principales sources de matériaux. Sur ce même diagramme (SiO_2 vs Al_2O_3), la plupart des tessons (n = 15) sont situés près du champ occupé par les « terres d'intérêt » de l'Argentera-Mercantour (fig. 7). Sur le diagramme ternaire Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2 (fig. 8), les tessons sont également regroupés autour des TI de l'Argentera-Mercantour. Seuls deux tessons occupent une position intermédiaire entre les sources Maures-Tanneron et Argentera-Mercantour. Le *sourcing* réalisé avec l'analyseur portable XRF est donc cohérent avec les résultats minéralogiques, pétrographiques et géochimiques obtenus précédemment dans le cadre du programme CIMO (tabl. 1).
Afin de tester l'hypothèse d'un mélange de terres (QMF et GL) dans un même vase, des transects longitudinaux et équatoriaux ont été réalisés pour deux céramiques particulièrement bien conservées avec respectivement seize et vingt-deux mesures le long de chaque transect. Pour la première céramique, les résultats ne révèlent pas d'hétérogénéité géochimique spatiale significative, suggérant que ce vase a été construit principalement à partir de la terre du massif de l'Argentera-Mercantour. En revanche, pour la seconde céramique, le transect montre une forte variabilité de trois éléments principaux, le calcium (Ca), le phosphore (P) et le potassium (K).
Nous faisons l'hypothèse que cette variabilité est corrélée à des effets taphonomiques plutôt qu'à une réelle hétérogénéité des pâtes. En effet, le calcium est particulièrement mobile et abondant dans un contexte d'abri rocheux ouvert dans le calcaire. Le phosphore est un élément associé à la matière organique et à l'occupation humaine de l'abri sous roche. La variation de la teneur en K pourrait être liée à sa mobilité relative dans les conditions d'altération. Elle pourrait également être associée à la présence de phénocristaux de feldspath riches en potassium sous le point de mesure. La porosité associée à de larges pores (1 à 50 µm) démontrée ailleurs (Drieu *et al*., 2019) pourrait favoriser une pollution des tessons par des éléments mobiles. Ceux-ci proviendraient soit de l'altération des roches carbonatées, soit de la redistribution de sucs organiques liés à l'utilisation de l'abri comme bergerie.
Enfin, la présente étude démontre la capacité de l'appareil portable à sourcer correctement les céramiques si deux conditions sont respectées. Premièrement, les analyses chimiques doivent respecter un protocole robuste basé sur l'utilisation répétable de CRM et de standards « internes ». Deuxièmement, l'étude doit s'insérer dans une démarche combinant des méthodes complémentaires (pétrographie, minéralogie et géochimie de laboratoire). Dans ces conditions, l'utilisation de l'analyseur portable permet de réaliser des études non destructives sur un nombre important de céramiques dans un laps de temps relativement contraint et de distinguer rapidement les principales sources.

Mots-clés : géo-ressources, pâtes granitiques, fluorescence X, analyseur portable.

Abstract: In recent years, the use of portable X-ray fluorescence analysers (portable XRF) has developed considerably, particularly for characterising archaeological materials (lithics, ceramics, metals, etc.). Because of their portability, these devices offer many advantages, including the possibility of analysing artefacts in situ (in museums, on excavations or in the field) avoiding the difficulties of exporting archaeological material. Portable XRF allow thus to characterise a large number of artefacts during a limited time. Relatively easy to use, these devices are sometimes used as a "black box", with no or poor user control. In this context, this article discusses the interests and limitations of portable X-ray fluorescence for characterising ceramic bodies.
The article first highlights the need to use standards (CRM and/or in-house standards) to control the accuracy of the instrument for the different chemical elements studied and their concentration range. The article then takes the example of the ceramics and raw material sources (*terres d'intérêt*) studied in the framework of the CIMO programme and concludes that it is possible to distinguish the main sources of the materials used for the ceramics from the Pendimoun site. Finally, our paper underlines the complementarity of the approaches. Portable XRF geochemistry allows a relatively rapid and non-destructive analysis of a large number of sherds. But the analysis of these results becomes more robust when it is based on prior knowledge (geochemical, mineralogical and petrographical) of the potential sources.

Keywords: geological sources, granitic pottery pastes, X-ray fluorescence, portable device.

CHARACTERIZING AND SOURCING CERAMIC TERRAE: SCIENTIFIC SETTINGS AND AIMS OF THE STUDY

For many years, geochemistry has been used for the characterisation of pastes and for producing hypotheses concerning the origin and diffusion of ceramics. The characterisation of pastes and the identification of sources are thus part of a current of research on archaeomaterials, the results of which make it possible to document the transfer of raw materials or artefacts as well as the mobility of the populations themselves. Classically implemented for historical periods (*inter alia*, Maggetti, 1981 and 1986; Picon and Le Mière, 2002; Laviano and Muntoni, 2007; Schmitt *et al.*, 2009; Eramo *et al.*, 2018), major and trace element analysis has also been developed for the Neolithic, especially when pastes include rare and/or very small non-plastic particles making their petrological and mineralogical characterisation under the microscope more delicate (*inter alia* Basso *et al.* 2006; Laviano and Muntoni, 2006; Muntoni and Laviano, 2008; Muntoni and Eramo, 2016; Stapfer *et al.*, 2019).

Within the framework of the CIMO project, geochemical analyses are part of an integrated methodology including petrography and mineralogy of the pastes and their constituents following a naturalistic approach. Within the CIMO project, geochemistry has provided particularly robust data for the demonstration of long-distance transfers in the Western Mediterranean basin as early as the Neolithic. For example, Binder and colleagues (Binder *et al.*, 2018) have demonstrated the presence of the Southern Italian *Serra d'Alto* productions at Saint-Benoit (cave 2 of la Lare, Alpes-de-Haute-Provence) in the extreme end of the 6th / first half of the 5th millennium BCE. In a similar way, Gabriele and colleagues (Gabriele *et al.*, 2019) have identified in the Mediterranean Languedoc at Portiragnes (Pont-de-Roque-Haute, Hérault) early *Impressa* ceramics originating from the Tosco-Latian volcanic province and dated to the first half of the 6th millennium. Lastly, the contribution of geochemistry has been decisive in characterising the "granitic" pastes originating from the Argentera-Mercantour and their diffusion during the *Impressa* (Castellar – Pendimoun, Lardeaux *et al.*, this volume).

The use of portable X-ray fluorescence analysers (portable XRF, pXRF), which has increased over the last decade, offers the possibility of studying a large number of artefacts without destroying them, whereas more invasive geochemical analyses processed on powder can only analyse a limited number of samples. In addition, taking advantage of their portability, these devices can be used in the field, on excavation or in the museum and they avoid the administrative constraints specific to the export of archaeological materials. These benefits explain that these devices are increasingly integrated into research programs dedicated to the characterisation of archaeological materials (Liritzis and Zacharias, 2011).

Portable XRF devices have been widely used for the characterisation of obsidian artefacts and the identification of the sources. Hyaline material is indeed "an ideal material" for such analyses for three main raisons. It is a homogeneous material, it comes from well-identified and quite limited volcanic sources, and each volcanic source gets a specific chemical fingerprint (for a recent review, see Mouralis, 2016). Moreover, during the last decade, the use of portable X-ray fluorescence has also developed to characterise other material than ceramics (*e.g.* Stapfer *et al.*, 2019; Belfiore *et al.*, 2014; Forster and Grave, 2012).

In general, the widespread use of portable analysers by researchers who are not primarily geochemists has led to scientific controversy. For example, R. J. Speakman and M. S. Shackley (Speakman and Shackley, 2013) criticize E. Frahm (Frahm, 2013) for "silo science", *i.e.* for producing obsidian characterisation data using a portable analyser that do not meet geochemical standards and are therefore not comparable to those obtained by laboratory methods. As a matter of fact, recent papers on pXRF characterisation of ceramics focus on methodology (Stapfer *et al.*, 2019) or on the use of reference material (Frahm *et al.*, 2022).

As the amount of researches on ceramic pastes using p-XRF has increased dramatically over the past two decades, it is necessary to assess the validity of its application. For this purpose, the present article has a double goal. The first one is to present the interest and the limits of the use of portable X-ray fluorescence to characterise ceramic pastes and to discuss the analytical protocol that can be implemented. The second objective is to precise how it is possible to identify the sources of ceramic pastes, *i.e.* to relate them to a known and previously characterised geological source of terrae. This second question refers in turn to the possibility of detecting the presence of several sources in the same ceramic as well as to discuss potential effects related to the taphonomic conditions and their impact on initial chemical characteristics.

METHOD USED AND MATERIAL STUDIED

Advantages of portable X-ray fluorescence

Portable X-ray florescence is increasingly used in archaeology because of several advantages, among which we should mention at first portability, which allows for in-situ analysis and removing some of the administrative issues for exporting archaeological material; second, versatility, which allows for the analysis of a wide variety of materials, including rocks, sediments, terrae, or metals; third, non-destructive X-ray fluorescence analysis; and lastly, the very low cost of analysis, once the initial investment is made through the purchase of the apparatus.

Principles of X-ray fluorescence (XRF) and calibration

X-ray fluorescence occurs when the X-rays reach the rock or other material: the material re-emits energy, notably in the form of "secondary" X-rays, the spectrum of which is characteristic of the composition of the sample. For each energy line (expressed in keV), the analyser's detector records an intensity (expressed in counts per second). Each chemical element is characterised by a set of energy lines. Software can then identify the various chemical elements contained in the sample according to the characteristic lines (a process often called "deconvolution" of the signal). Finally, the software associates the intensity of the lines with the elemental concentration (expressed in ppm or %). This last step is highly dependent on the calibration of the instrument.

There are different types of calibration (Shackley, 2011). The FP (fundamental parameters) method uses mathematical algorithms that describe the response of the detector when the X-ray encounters pure elements. Empirical calibration is based on the use of international standards, analysed in different laboratories and whose concentrations are certified (certified reference materials, hereafter abbreviated CRM). In this case, the operator measures the CRM contents using the portable XRF analyser and compares them with the certified values to identify the correction factors to be introduced in the software.

Laboratory (or "benchtop") instruments are never calibrated by the manufacturer. For these devices, the operator is responsible for calibration (Hunt and Speakman, 2015) and must therefore use the fundamental parameters and/or CRMs. In contrast, portable devices are generally sold "ready to use" offering a "factory" calibration that comes in different modes (ores, soils, etc.) approximating the types of materials the user may encounter.

Thus, in most cases, portable XRF instruments behave like "black boxes", as the manufacturers do not provide access to the algorithms for identifying elements and their concentration. On the other hand, it is possible to introduce correction parameters that are added to the "factory" calibration and come close to an empirical calibration using CRMs. Before performing the calibration, it is useful to check to what extent the "factory" settings are correct, by comparing the measured values with reference values.

Two additional points have to be taken into account. Firstly, the CRMs should be as closed as possible from the analysed material: they should contain the same chemical elements with comparable concentrations. This proximity will ensure the accuracy of the model (Hunt and Speakman, 2015). Secondly, in X-ray fluorescence, the intensity of a ray is not directly proportional to the concentration of the chemical element as some of the characteristic lines overlap. Thus, the other elements within

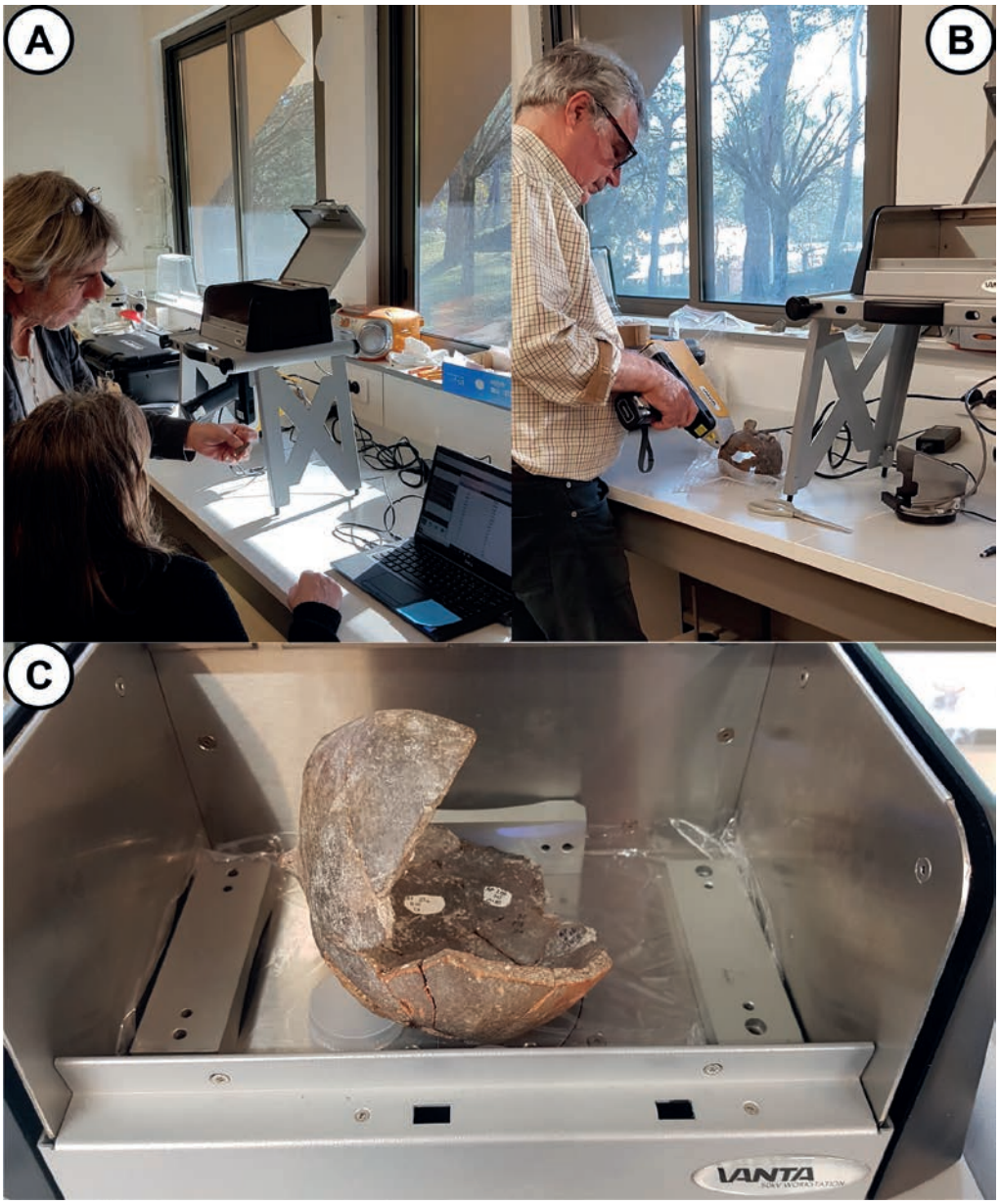


Fig. 1 – Photographs of the analytical device. A: use of the Vanta portable XRF under the measurement stand and driven by a laptop. B: use of the portable device "freehand" on a ceramic the shape of which makes it impossible to enter the measuring stand. C: the measuring stand and the AP001 ceramic.

***Fig. 1** – Photographies du dispositif analytique. A : utilisation de l'XRF portable Vanta asservi sous le stand de mesure et piloté par un ordinateur portable. B : utilisation de l'appareil portable « à main levée » sur un tesson dont la forme ne permet pas son installation dans le stand de mesure. C : le stand de mesure et le tesson AP001.*

the sample contribute to the overall signal: this is known as the "matrix effect". It is therefore necessary to calibrate the apparatus using materials whose elemental contents are as close as possible to the samples studied.

The international standards used (CRM) have matrices different from the ceramic bodies we wish to analyse for this study. Therefore, in order to control the quality of the "factory calibration" of the portable analyser, we used not only CRMs but also in-house (or internal) standards from experimental ceramics made with the probable sources of terrae and named in the CIMO project "*terres d'intérêt*", hereafter abbreviated to TI (fig. 1). These terrae had previously been analysed using another method (*e.g.* ICP-MS) considered as a reference method. It is then possible, as with the CRMs, to compare the expected and measured values and thus to control the measurements from the portable device, or even to calibrate it. These internal standards have the advantage of having the same concentration ranges and the same matrix effects as the ceramic terrae to be analysed.

Apparatus and analytical conditions

The analyser used is a VANTA VMR model manufactured by Olympus and acquired by the GEOAZUR Laboratory in the framework of the CIMO programme.

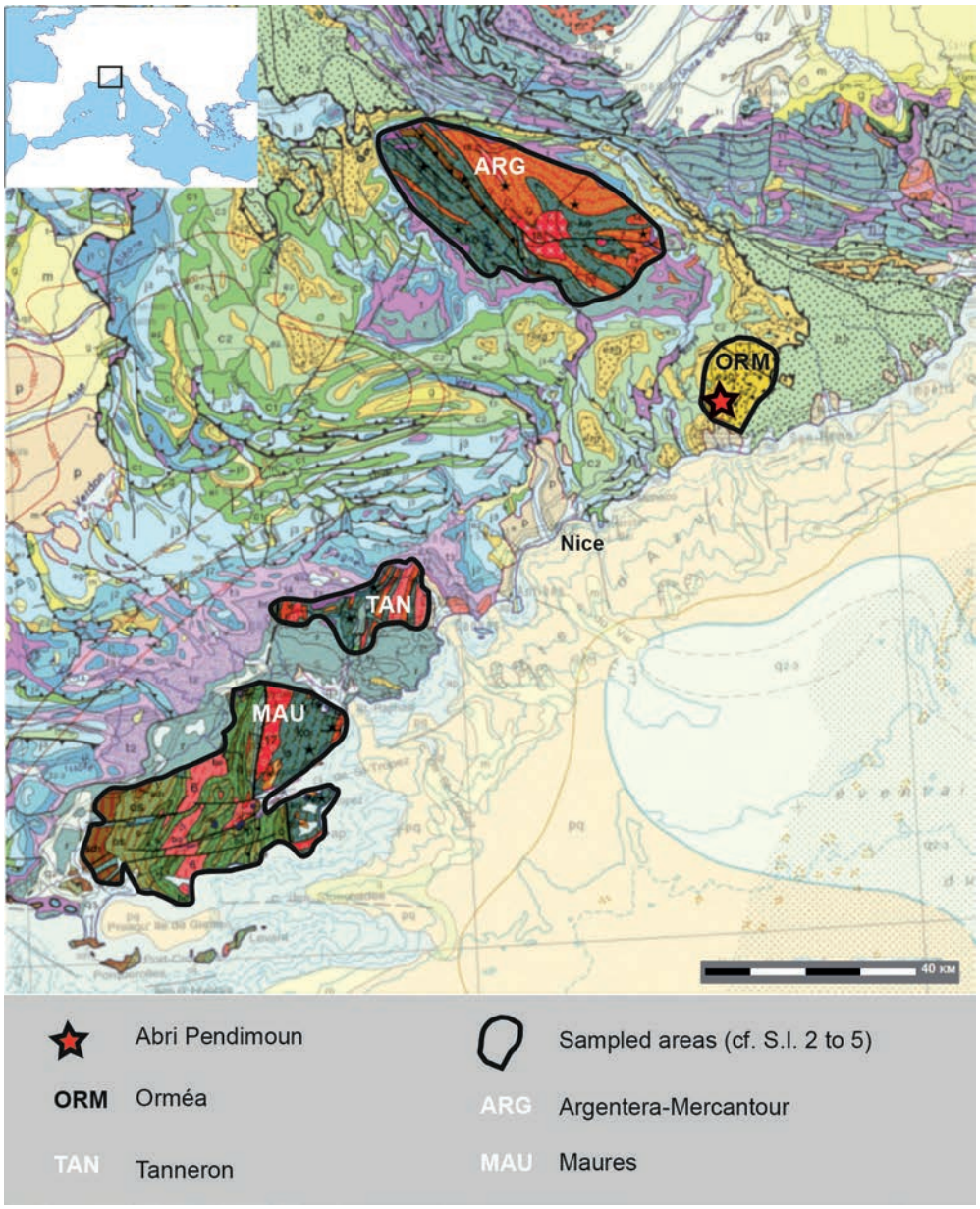


Fig. 2 – Geological map of the study region with the location of Pendimoun rock shelter and the selected terrae (TI) sampled within their structural contexts. The precise locations of the TI are presented in SD 2 to 5.

***Fig. 2** – Carte géologique de la région d'étude : l'abri Pendimoun et les terres d'intérêt (TI) échantillonnées dans leurs contextes structuraux. Les localisations précises des terres d'intérêt sont présentées dans les DS 2 à 5.*

This apparatus contains a rhodium (Rh) anode in a 4W tube with a voltage of 50kV. The diameter of the beam is approximately 7mm and its surface area is 40mm^2. We opted for an analysis time of 60s for light elements and 60s for heavy elements, *i.e*. 120s in total. The analyses were conducted using the "Geochem-REE-extra" mode, which includes a factory calibration based on the fundamental parameters and which the user can correct using an "empirical calibration".

The analysed materials come in two different forms. Firstly, the certified materials (CRM) and the in-house standards (*terres d'intérêt* or TI) are in the form of powders. Each sample was placed in a pillbox of about 2.5cm diameter, filled to a thickness of 0.5 to 1cm and covered with a 4µm thick Fluxana® TF240-355 polypropylene film. These samples where analysed using the dedicated stand **(**"VANTA workstation"). Secondly, the archaeological ceramics are shards of varying shapes and sizes. Depending on their size, they were analysed either with the stand or without (freehand; fig. 2).

Analyses of TI and ceramics using the portable analyser

The analyses were carried out in two sessions, in February and July 2019. Six CRM standards were analysed twice each to check the accuracy of the measurements (figs. 3 to 5). Twenty TI samples, fired at 700°C beforehand, were analysed by ICP-MS (fig. 3, SD.1 and SD.2 to 5) in order to check the importance of the matrix effect. Seventeen ceramics from the *Impressa* (n = 14) and Cardial (n = 3) phases of Castellar – Pendimoun were analysed (table 1), with at least two measurements for each of the samples studied. Two ceramics, AP001 and AP045, were respectively analysed in sixteen and twenty-two longitudinal and equatorial transects, in order to highlight possible heterogeneities of the pastes used. For four of the seventeen vases analysed in this study, two sherds were analysed, making a total of twenty-one studied sherds.

One hundred and twenty-nine analyses were carried out using the portable XRF analyser (SD.6). They include the contents of twenty-one chemical elements for which we consider the measurements to be reliable (see table 2). The mean and standard deviation of the CRMs and ceramics for which several analyses were carried out are given in SD.7).

Impresso-Cardial ceramics from Castellar – Pendimoun

The *Impresso*-Cardial ceramics from Castellar – Pendimoun have been the subject of extensive studies combining petro-mineralogical (mesoscopic, *i.e*. stereoscope up to x50 and microscope in unanalysed polarised light LPNA or polarised-analysed light LPA up to x200) and geochemical characterisation methods (Gabriele, 2014; Gabriele *et al.*, this volume; Lardeaux *et al.*, this volume)

These 158 ceramics (table 3) refer to the Impressa, phase 1A (n = 20) and phase 1B (n = 84) as well as to the Cardial phase 2 (n = 54). The majority of the production was made in glauconitic marl and clayey sediments (hereafter GL) dated to the Cretaceous, easily accessible on the foothills of the Orméa in the immediate vicinity of the site: 7/20 in phase 1A and 42/84 in phase 1B of the *Impressa*; 43/54 in phase 2 of the Cardial. This type of GL ceramics was not analysed in our study.

The ceramics analysed in this study have been made using pastes with non-plastic inclusions (quartz-mica-feldspar group, hereafter QMF) and represent a minority of the vases identified in the *Impressa* (8/20 in phase 1A, 12/84 in phase 1B) and Cardial (5/54 in phase 2) contexts. The previous petro-mineralogical analyses have shown that the corresponding pastes come from the alteration of crystalline granitic and metamorphic formations, mainly from the Argentera-Mercantour massif and very marginally from the Maures-Tanneron massif.

A last group, different from the GL and QMF, is made up of mixed pastes (hereafter abbreviated to MIX) presenting inclusions characteristic of the two previous groups: 5/20 in phase 1A and 30/84 in phase 1B of the *Impressa*; 6/54 in phase 2 of the Cardial (table 3).

For the present study, seventeen vases from the QMF group were specifically selected. The pastes used were attributed as follows: seven to the Argentera-Mercantour massif, one to the Maures-Tanneron massif and nine to the generic QMF group (table 1). This attribution is based on systematic mesoscopic observations prior to the preparation of thin sections on a limited number of samples. Thus, of these seventeen vases, seven were attributed on the basis of a double meso- and microscopic examination to the Argentera-Mercantour domain and one to the Maures-Tanneron domain, while nine were attributed to the undifferentiated QMF group on the sole basis of binocular examination. In addition, three of them belonging to the *Impressa* QMF family (samples AP001, AP011 and AP028) benefited from a global chemical analysis at the SARM of Nancy in addition to the microscopic observation in thin section (table 1). The seventeen ceramics that form the corpus of the present study were subjected to two analysis sessions using the XRF-portable in February and July 2019 (SD.6, SD.7).

Checking the accuracy of the analyser: internal standards and CRMs

In order to control the accuracy of the instrument, two types of materials were used. Firstly, six CRMs from the *Service d'analyse des roches et minéraux* (SARM) of the *Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques* (CRPG), located in Nancy (France), were analysed using a dual strategy. In order to use certified materials with elemental contents close to the analysed terrae, three granite CRMs (Granit-GA, -GH and -GS-N) were chosen. In addition, in order to control the measurements of the instrument with a wide range of grades, three other CRMs were used: a poorly differentiated rock (Basalt BR) and

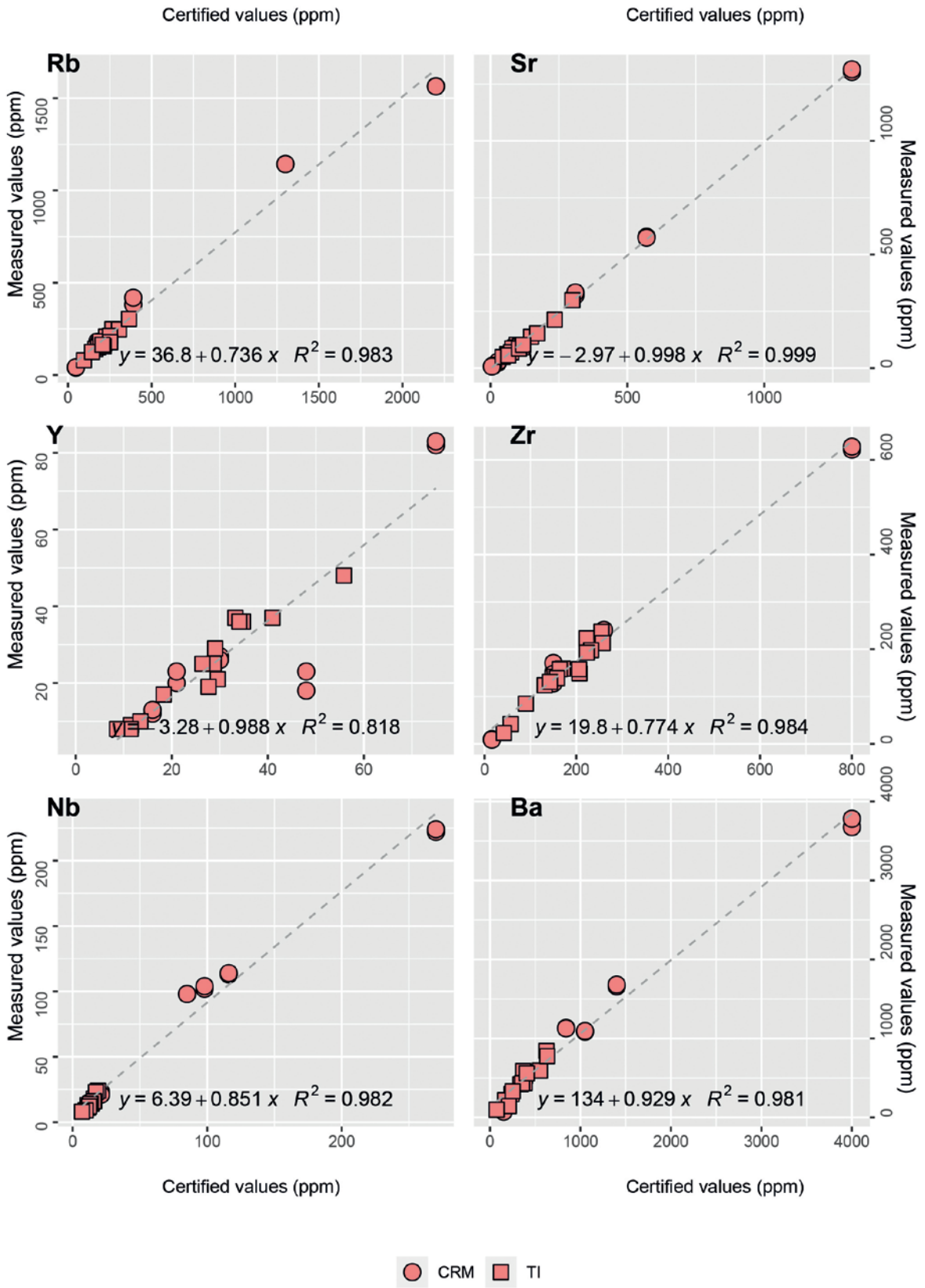


Fig. 3 – XRF-portable analyses of CRM provided by CRPG-SARM and terrae samples heated at 700° C. Expected vs. measured values for some chemical elements (Ba, Nb, Zr, Y, Rb and Sr). Note the very good correlation coefficients (except for yttrium) for various concentration ranges. All correlation coefficients for the twenty-one elements considered in this study are provided in table 4.

***Fig. 3** – Analyses par XRF-portable des CRM fournis par le CRPG-SARM et des TI chauffées à 700° C. Valeurs attendues vs valeurs mesurées pour quelques éléments chimiques (Ba, Nb, Zr, Y, Rb et Sr). Remarquez les très bons coefficients de corrélations (à l'exception de l'yttrium) pour des gammes de concentration très variables. Les coefficients de corrélation pour les vingt-et-un éléments pris en compte dans cette étude sont donnés dans le tableau 4.*

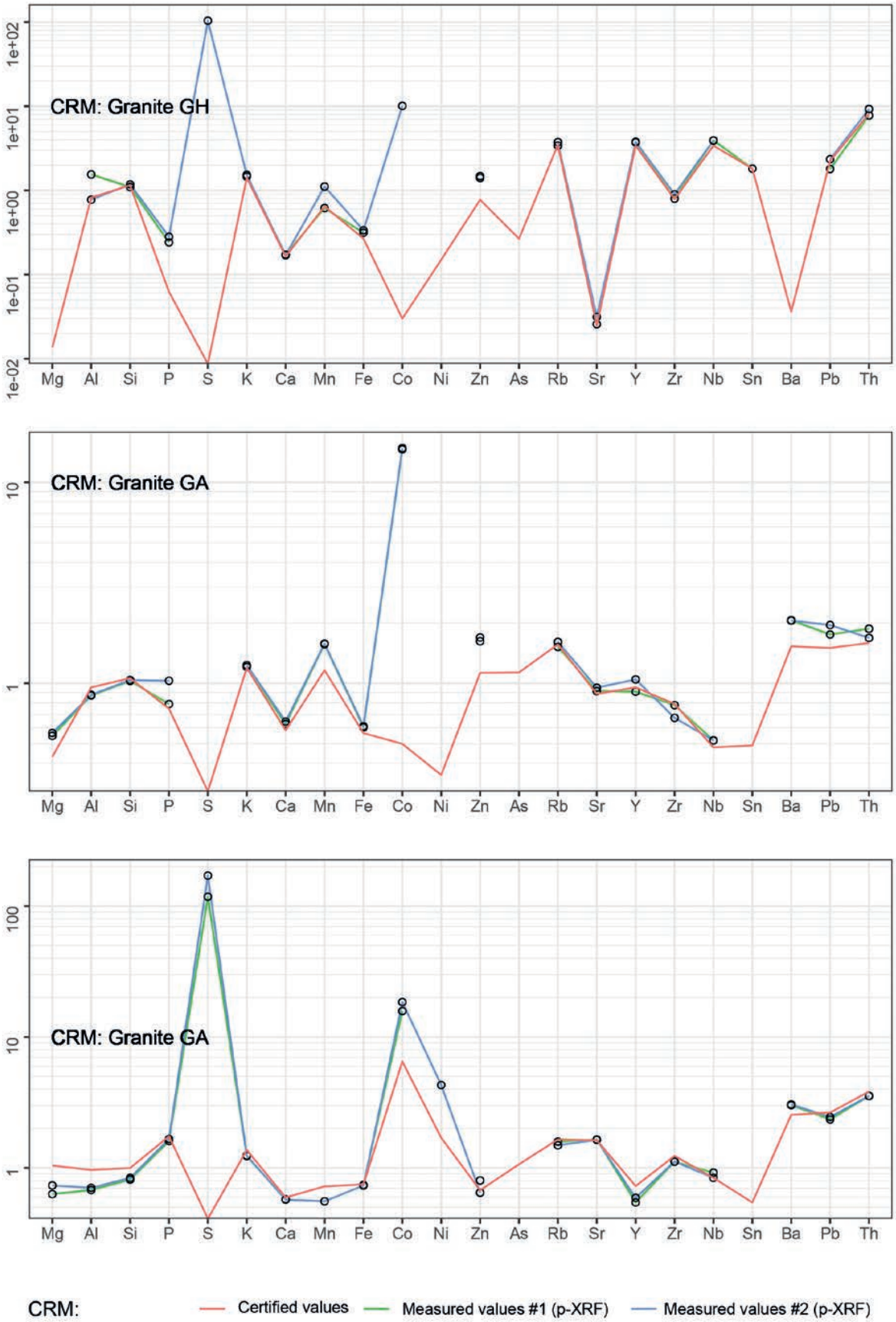


Fig. 4 – Expected (certified) and measured (portable XRF) values for three granitic CRMs. Values normalized to the upper continental crust (Taylor and McLennan, 1995).

***Fig. 4** – Valeurs attendues (certifiées) et valeurs mesurées (XRF-portable) pour trois CRM granitiques. Valeurs normalisées à la croûte continentale supérieure (Taylor et McLennan, 1995).*

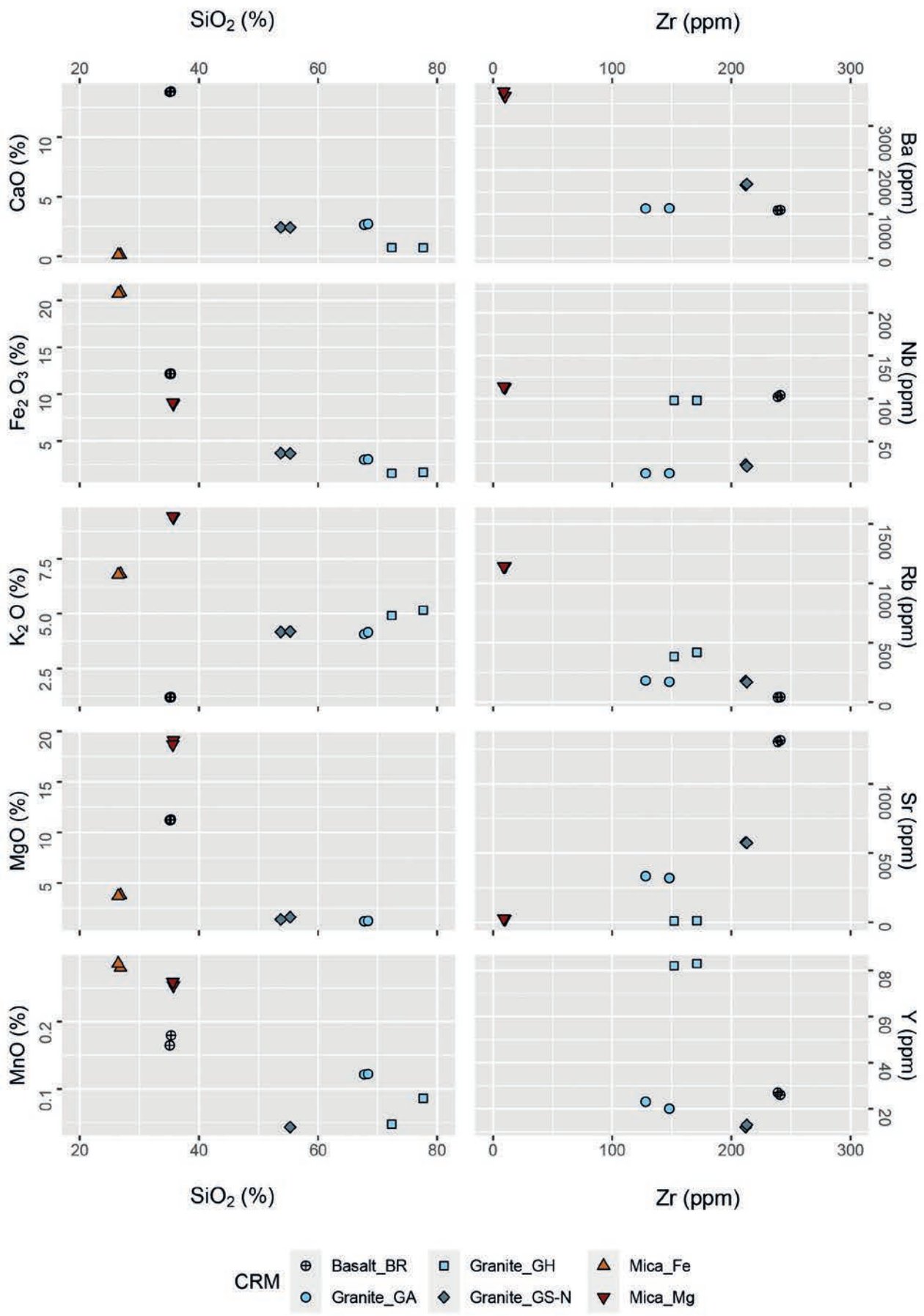


Fig. 5 – Multi-element plots of CRM analyses acquired with the portable-XRF device.
***Fig. 5** – Diagrammes multiélémentaires des analyses des CRM réalisées à l'aide de l'appareil XRF-portable.*

Ceramics		Analyses (CIMO project)			Ceramic features				
ID	Sherds	Chemistry (ICP)	Petrogr. (thin section)	CT-Scan	Culture (phase)	Shape	Decoration	Surface deposit	Petrographic group
AP_001	-	Yes	Yes	Yes	Impressa (PND1B)	Continuous open	None	Moderate secondary carbonation	QMF - Mylonites Argentera - Mercantour
AP_008	-	No	Yes	Yes	Impressa (PND1A)	Continuous closed	Instrumental	Secondary carbonation	QMF - Mylonites Argentera - Mercantour
AP_011	-	Yes	Yes	No	Impressa (PND1A)	Continuous open	Digito-ungual	Secondary carbonation	QMF - Mylonites Argentera - Mercantour
AP_018	74P15 & hs	No	Yes	No	Impressa (PND1A)	Continuous closed	Instrumental	Secondary carbonation	QMF - Mylonites Argentera - Mercantour
AP_028	-	Yes	Yes	No	Impressa (PND1B)	Discontinuous closed (neck)	None	Significant secondary carbonation; red dye	QMF - Mylonites Argentera - Mercantour
AP_039	47856	No	Yes	Yes	Impressa (PND1B)	Continuous closed	Digito-ungual	Moderate secondary carbonation	QMF - Mylonites Argentera - Mercantour
AP_045	-	No	Yes	Yes	Impressa (PND1A)	Continuous closed	None	Secondary carbonation	QMF - Mylonites Argentera - Mercantour
AP_049	Including one annealed sherd	No	No	No	Impressa (PND1A)	Discontinuous closed (neck)	Instrumental	Secondary carbonation	QMF - generic
AP_070	4719	No	No	No	Impressa (PND1B)	Continuous, closed	Digito-ungual	Secondary carbonation	QMF - generic
AP_080	-	No	No	No	Impressa (PND1B)	Undefined	Digito-ungual	Moderate secondary carbonation	QMF - generic
AP_081	340015	No	No	No	Impressa (PND1A)	Undefined	Digito-ungual	Moderate secondary carbonation	QMF - generic
AP_091	25118	No	No	No	Cardial (PND2)	Undefined	None	Moderate secondary carbonation	QMF - generic
AP_093	26693	No	No	No	Impressa (PND1B)	Undefined	Instrumental	Significant secondary carbonation	QMF - generic
AP_094	hs	No	No	No	Impressa (PND1-indivise)	Undefined	Instrumental	Moderate secondary carbonation	QMF - generic
AP_112	17850	No	No	No	Impressa (PND1A)	Undefined	Plastic	Moderate secondary carbonation	QMF - generic
AP_177	Sherds A & B	No	Yes	No	Cardial (PND2)	Discontinuous closed (neck)	Cardiidae	Moderate secondary carbonation	QMF - Maures , Metamorphism
AP_206	19302 & 42161	No	No	No	Cardial (PND2)	Undefined	Cardiidae	Moderate secondary carbonation	QMF - generic

Table 1 – Main characteristics of the ceramics analysed in this study.
***Tabl. 1** – Principales caractéristiques des céramiques analysées dans cette étude.*

Chemical elements			
All the analyses (100 %) are > LOD	n = 7	**Al, Si, P, K, Fe, Rb, Zr**	**Chemical elements taking into account in this study (n=22)**
More than 95 % of the analyses > LOD	n = 13	Previous + **S, Zn, Sr, Y, Nb, Ba**	
More than 85 % of the analyses > LOD	n = 16	Previous + **Ca, Pb, Th**	
More than 75 % of the analyses > LOD	n = 18	Previous + **Mn, Ni**	
More than 50 % of the analyses > LOD	n = 22	Previous + **Mg, Co , As, Sn**	

Table 2 – Chemical elements analysed using the VANTA VMR portable XRF instrument (Olympus) with sufficient concentration in the samples (above the detection limit of the instrument, LOD).

***Tabl. 2** – Eléments chimiques analysés à l'aide de l'appareil XRF portable VANTA VMR (Olympus) dont la concentration dans les échantillons est supérieure à la limite de détection (LOD) de l'appareil.*

		QMF	GL	MIX	TOTAL
Impressa	Phase 1A	8	7	5	20
Impressa	Phase 1B	12	42	30	84
Cardial	Phase 2	5	43	6	54
				Total	158

QMF : Quartz-mica-feldspar group.
GL: Glauconitic marl and clay.
MIX: Mixed pastes.
The 17 ceramics studied in this study belongt to QMF group (14 reported to Impressa, 3 to Cardial). Cf. table 1.

Table 3 – Distribution and total number of ceramics from the Pendimoun rock shelter.

***Tabl. 3** – Répartition et nombre total de céramiques de l'abri Pendimoun.*

two ferro-magnesian rich samples (Biotite, Ferriferous mica and Magnesian Phlogopite mica).

In a second step, in order to control matrix effects, twenty internal standards were analysed. These were weathering terrae sampled around the Argentera-Mercantour massif and foothills (n = 8), the Maures (n = 4) and Tanneron (n = 5) massifs and the Roc d'Orméa foothills (n = 3). These "*terres d'intérêt*" (TI), which constitute the potential sources of the studied ceramics (table 1), were the subject of experimental cooking at different temperatures, petrographic analyses and, for most of them, geochemical analyses by (major) ICP-AES and (trace) ICP-MS (SD.8; Gabriele *et al.*, this volume; Lardeaux *et al.*, this volume). For the present study, only the "*terres d'intérêt*" (TI) heated to 700°C were analysed using portable XRF and compared to the archaeological ceramics.

Each of the reference samples, CRM and TI, were analysed twice using the portable analyser. Supplementary data 7 and 8 (SD.6 and SD.7) give the percentage and/or ppm values for all the chemical elements included in this study. The seven analyses of the equatorial profile of AP-001 ceramic gave outliers for two elements Si and Al with respectively more than 345,000ppm and 140,000ppm, *i.e.* more than 75% and 27% of SiO_2 and Al_2O_3, corresponding to outliers. We therefore did not take these values into account in the rest of the study.

RESULTS: ASSESSMENT OF ACCURACY AND REPEATABILITY

Measurement *accuracy* is the closeness of agreement between a measured value and a value considered to be true, or certified (JCGM, 2012). *Repeatability* can be equated with measurement precision, *i.e.* the closeness of agreement between measured values of the same object during repeated measurements (JCGM, 2012).

Elements detected by the analyser

In order to assess the accuracy of the measurements, it was necessary to work on chemical elements present in both the sample and the reference material as well as in sufficient quantities to be measured by the apparatus, *i.e.* whose concentration (or content) is higher than the limit of detection (LOD).

Thus, although the instrument used theoretically measures forty-one chemical elements using the "Geochem-REE-extra" mode, not all of them are present in sufficient quantity in the samples to be correctly measured by the portable analyser. Our study therefore only retains the chemical elements whose contents in the ceramic bodies studied are sufficient to be correctly measured, *i.e.* those whose measured content is higher than the LOD in at least 50% of the measurements (n = 22, table 2). For the other chemical elements theoretically measured by the analyser (n = 20), the levels measured in the samples are below the LOD in more than one analysis out of two.

Finally, within our ceramic corpus, the elements detected by the portable analyser are both "major" (Al, Si, K, Ca, Fe, P, Mg), "minor" (Mn) and "trace" elements (Ni, Rb, Zr, Sr, Y, Ba, Nb, Pb, Th, Co, Zn, Ni, As, Sn; table 2).

Accuracy of measurements

In our study, the accuracy of the handheld device is controlled with reference to the certified material (CRM) and the "*terres d'intérêt*" (TI) studied in the framework

of the CIMO programme (figs. 3 to 5). Table 4 shows the correlation coefficient (R^2) calculated using the expected values (certified values for CRMs and measured values in ICP-AES and ICP-MS for TIs) compared to the values measured with the portable XRF.

Accuracy of CRM measurements

Concerning the CRMs, the coefficient of correlation (R^2) values above 0.99 (Mg, Ca, Fe, Zn, Sr, Zr) and those between 0.92 and 0.99 (Si, P, K, Mn, Ni, Nb, Rb, Sn, Pb, Th and Ba) indicate a very good capacity of the analyser to measure these seventeen (17) elements in concentration ranges from several tens of per cent (Si) to a few ppm (Zr for example). For the lowest concentrations, the Zr concentration of the CRM "Mica Mg" for example is certified at 16ppm and the analyser measured 10 and 9ppm; or the Sr concentration of the CRM "Granite GH" is certified at 8.7ppm and the analyser gave 9 and 11ppm respectively for each of the two measurements carried out (fig. 3).

The correlation coefficient is lowest for yttrium ($R^2 = 0.784$) due to the difficulty of the pXRF to correctly measure the CRM "Mica-Fe" (fig. 3) certified at 48ppm whereas the portable analyser indicates values of 18 and 23ppm. When this CRM is not taken into account, the R^2 correlation coefficient rises to 0.994 for the Y.

Finally, the measurements are very poor (R2 <0.586) for three elements: Al, Pb and Co. For the first two, the R^2 correlation coefficient is much better when only TIs are taken into account (without CRMs), whereas for Co, the measurements made by the portable analyser are always far from the expected measurements, whether for CRMs or TIs.

The portable analyser measurements of all twenty-one chemical elements considered in this study were compared to reference values for three granitic CRMs (fig. 4). In order to be able to compare widely varying range of content, the data was normalised to the continental crust (Taylor and McLennan, 1995). This diagram provides an overview of the elements for which pXRF measurements allow reproducibility of certified measurements (Al, Si, K, Ca, Mn Fe, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Sn, Ba, Pb, Th).

Accuracy of TI measurements

The TI used as "internal standards" are raw materials fired at 700°C to approximate the ceramic pastes. They present similar matrix effect to those of the analysed ceramics and thus allow to check the accuracy of the measurements. By limiting this matrix effect, we expected to obtain a better accuracy, *i.e.* closer proximity of the values measured with the analyser to the expected values. On the contrary, the measurements made with the portable XRF are further away from the expected measurements for eighteen of the twenty-one elements considered in our study (table 4).

For two elements (Al and Y), however, the TI measurements are closer to the expected values than for the CRMs. Thus, for aluminium, R^2 is 0.725 for TI (against 0.024 for CRM) and for Y, R^2 increases to 0.92 (against 0.78). For these two elements, a calibration using TIs could therefore bring a significant gain in the accuracy of the measurements of the portable device.

We do not have a simple explanation for these observations. However, they underline that matrix effects have, for some chemical elements, a real influence on the automatic deconvolution of X-ray spectra.

Repeatability of the measurements

In order to test the repeatability of the measurements, each CRM was measured twice with the portable analyser. The mean and standard deviation of these measurements (table 5; fig. 5) indicate a good stability of the analyser and therefore correct repeatability of the measurements in the content ranges represented by the CRMs. Table 5 shows that the standard deviations of the measurements are often less than 5% of the measured value for the twenty-one elements of the six CRMs analysed. It would obviously be necessary to multiply these measurements over a longer period of time in order to control the repeatability of the apparatus even more precisely and to check the possible analytical drifts over several months.

RESULTS AND DISCUSSION

The results presented here show both good repeatability -which should be confirmed in a more systematic way in later studies- and good accuracy for several chemical elements present in the ceramic bodies.

NAME	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Sn	Pb	Th	Ba
R2 (CRM)	**0,995**	0,024	**0,958**	**0,960**	NA	**0,950**	**0,999**	**0,949**	**0,993**	0,068	**0,967**	**0,997**	NA	**0,982**	**1,000**	0,784	**0,992**	**0,978**	**0,935**	**0,924**	**0,974**	**0,980**
R2 (TI)	**0,977**	0,725	0,671	0,795	NA	0,769	**0,963**	0,644	**0,976**	0,003	**0,944**	0,904	0,000	0,856	**0,975**	0,918	**0,927**	0,846	0,013	0,709	0,644	**0,920**
R2 (CRM & TI)	**0,980**	0,567	0,697	0,774	NA	0,896	**0,965**	0,883	**0,980**	0,035	**0,954**	**0,990**	0,004	**0,981**	**0,998**	0,840	**0,979**	**0,982**	0,678	0,704	**0,972**	**0,980**

In bold, $R^2 > 0,92$. Normal: $0,71 > R^2 > 0,92$. Red: $R^2 < 0,6$
For S and As, the absence of a certified value does not allow the calculation of R^2.

Table 4 – Correlation coefficients (R^2) between the "certified" values and the values "measured" using a portable XRF for twenty-one elements of the CRM and TI heated to 700°C.

***Tabl. 4** – Coefficients de corrélation (R^2) entre les valeurs « certifiées » et « mesurées » par le XRF portable pour vingt-et-un éléments des CRM et des TI chauffées à 700°C.*

NAME	NBR ANAL	Mg	(σ %)	Al	(σ %)	Si	(σ %)	P	(σ %)	K	(σ %)	Ca	(σ %)	Mn	(σ %)	Fe	(σ %)	Co	(σ %)	Ni	(σ %)	Zn	(σ %)
Basalt_BR	2	**67 848**		**51 129**		**164 578**		**5 091**		**9 929**		**98 758**		**1 334**		**85 174**		**511**		**379**		**220**	
		167	(0,25)	404	(0,79)	723	(0,44)	24	(0,47)	63	(0,63)	272	(0,28)	81	(6,10)	37	(0,04)	135	(26,46)	45	(11,94)	6	(2,90)
Granite_GA	2	**7 409**		**70 201**		**318 200**		**637**		**34 137**		**19 101**		**943**		**21 264**		**147**		**< LOD**		**118**	
		173	(2,33)	389	(0,55)	2 084	(0,65)	120	(18,77)	484	(1,42)	369	(1,93)	4	(0,45)	197	(0,93)	1	(0,96)	-	-	4	(3,01)
Granite_GH	2	**< LOD**		**93 416**		**350 530**		**183**		**41 826**		**5 145**		**519**		**11 383**		**< LOD**		**< LOD**		**103**	
		-	-	43 938	(47,03)	17 498	(4,99)	20	(10,82)	1 385	(3,31)	56	(1,09)	210	(40,50)	536	(4,71)	-	-	-	-	4	(3,45)
Granite_GS_N	2	**9 090**		**55 584**		**254 871**		**1 145**		**34 693**		**17 251**		**< LOD**		**25 828**		**172**		**< LOD**		**52**	
		973	(10,70)	1 530	(2,75)	5 189	(2,04)	29	(2,53)	135	(0,39)	62	(0,36)	< LOD	-	199	(0,77)	19	(11,13)	-	-	8	(15,10)
Mica_Fe	2	**22 675**		**71 632**		**124 529**		**1 320**		**56 447**		**722**		**2 194**		**145 379**		**669**		**< LOD**		**1 242**	
		354	(1,56)	1 006	(1,40)	1 249	(1,00)	1	(0,05)	210	(0,37)	42	(5,78)	33	(1,48)	797	(0,55)	146	(21,90)	-	-	3	(0,23)
Mica_Mg	2	**114 069**		**65 604**		**166 682**		**113**		**78 123**		**< LOD**		**1 986**		**63 293**		**259**		**131**		**347**	
		1 693	(1,48)	100	(0,15)	316	(0,19)	20	(17,52)	321	(0,41)	-	-	29	(1,46)	747	(1,18)	70	(27,08)	1	(0,54)	24	(6,93)

NAME	NBR ANAL	Rb	(σ %)	Sr	(σ %)	Y	(σ %)	Zr	(σ %)	Nb	(σ %)	Sn	(σ %)	Pb	(σ %)	Th	(σ %)	Ta	(σ %)	Ba	(σ %)
Basalt_BR	2	**41**		**1 310**		**27**		**240**		**103**		**17**		**< LOD**		**< LOD**		**< LOD**		**1 090**	
		1	(3,45)	8	(0,59)	1	(2,67)	1	(0,59)	1	(1,37)	1	(4,29)	-	-	-	-	-	-	6	(0,58)
Granite_GA	2	**175**		**327**		**22**		**138**		**13**		**< LOD**		**37**		**19**		**16**		**1 131**	
		7	(4,04)	9	(2,82)	2	(9,87)	14	(10,25)	-	(0,00)	-	-	3	(7,64)	1	(7,44)	4	(22,81)	4	(0,31)
Granite_GH	2	**401**		**10**		**83**		**162**		**98**		**< LOD**		**42**		**91**		**19**		**< LOD**	
		26	(6,53)	1	(14,14)	1	(0,86)	13	(8,32)	-	(0,00)	-	-	8	(18,74)	11	(12,43)	6	(29,77)	-	-
Granite_GS_N	2	**173**		**576**		**13**		**213**		**22**		**< LOD**		**48**		**38**		**< LOD**		**1 671**	
		8	(4,51)	3	(0,49)	1	(5,66)	1	(0,33)	1	(6,43)	-	-	1	(2,95)	-	(0,00)	-	-	15	(0,89)
Mica_Fe	2	**1 565**		**< LOD**		**21**		**625**		**223**		**63**		**< LOD**		**122**		**57**		**76**	
		1	(0,05)	-	-	4	(17,25)	4	(0,68)	1	(0,63)	-	(0,00)	-	-	13	(10,43)	3	(4,96)	4	(5,58)
Mica_Mg	2	**1 143**		**26**		**< LOD**		**10**		**114**		**< LOD**		**< LOD**		**< LOD**		**< LOD**		**3 728**	
		-	(0,00)	3	(10,88)	-	-	1	(7,44)	1	(0,62)	-	-	-	-	-	-	-	-	75	(2,01)

Table 5 – Means (in bold) and standard deviations of CRM measurements made using a VANTA portable XRF. For each element, the right column shows the percentage of the standard deviation compared to the mean. Observe the low standard deviation for most of the elements measured.

***Tabl. 5** – Moyennes (en gras) et écart-types des mesures des CRM réalisées à l'aide du XRF portable VANTA. Pour chaque élément, la colonne de droite indique le part de l'écart type par rapport à la moyenne (en %). Observer la faiblesse de l'écart type pour la plupart des éléments mesurés.*

In this context, the following discussion focuses on three points identified at the start of this study. Firstly, the extent to which the portable analyser is able to differentiate between the sources (TI) used in the manufacture of the ceramics. Then, we question the capacity of the analyser to correctly attribute a sherd to one of the potential sources (TI). Finally, we discuss the possibility of evaluating the heterogeneity of the pastes used for making some of the pots and the possibility to detect taphonomic effects that could disturb the geochemical signal.

Characterising the "*terres d'intérêt*"

The sourcing carried out during the CIMO programme, based on petrographic, microstructural and geochemical analyses, has enabled to identify three potential sources of terrae for the Pendimoun rock shelter ceramic pastes: first, terrae from the alteration of Argentera-Mercantour mylonites; second, terrae deposits associated with the Maures-Tanneron metamorphic rocks; and third, sedimentary marls and terrae of Cretaceous origin from the Roc d'Orméa foothills (Gabriele *et al.*, this volume; Lardeaux *et al.*, this volume).

The new analyses carried out in the present study aim to assess the extent to which the portable XRF analyser can recover these distinctions. The SiO_2 vs Al_2O_3 binary diagram allows to partially distinguish these sources, grouped on three different clusters on the figure 6. Among these sources, the Argentera-Mercantour mylonite alteration materials have the highest SiO_2 content (>50%). The terrae from the alteration of the metamorphic rocks of the two Maures and Tanneron massifs come from the same geological, petrographic and structural group (Toutin-Morin *et al.*, 1994) and are characterised, in both cases, by Al_2O_3 contents ranging between 15 and 27%. Finally, the soils of the Orméa foothills are clearly distinguished from the other plutonic or metamorphic TI by lower values of SiO_2 (< 43%) and Al_2O_3 (< 7.5%).

Other plots as SiO_2/Al_2O_3 vs Fe_2O_3 (SD. 9) show similar information without completely removing some overlap between the geochemical domains of the three main sources. The multi-element diagram (SD. 10) representing some of the chemical elements allows us to identify the most discriminating elements: mainly CaO, Nb, and Zr.

Finally, the diagram of the twenty-one chemical elements normalized to the continental crust (SD. 11) allows an overall visualization. Despite the continuity of the measured values for most chemical elements, these TIs can be partially distinguished, notably those of the Argentera with low Ca contents and those of the Orméa with low Al or Zr values.

It thus appears that the portable X-ray fluorescence device allows a suitable separation of the potential sources ("TI"). However, our data show how essential it is to associate XRF analyses with mineralogy and petrography. Finally, it seems illusory to claim that portable XRF may be able to distinguish "sub-sources" within the three main sources ("TI").

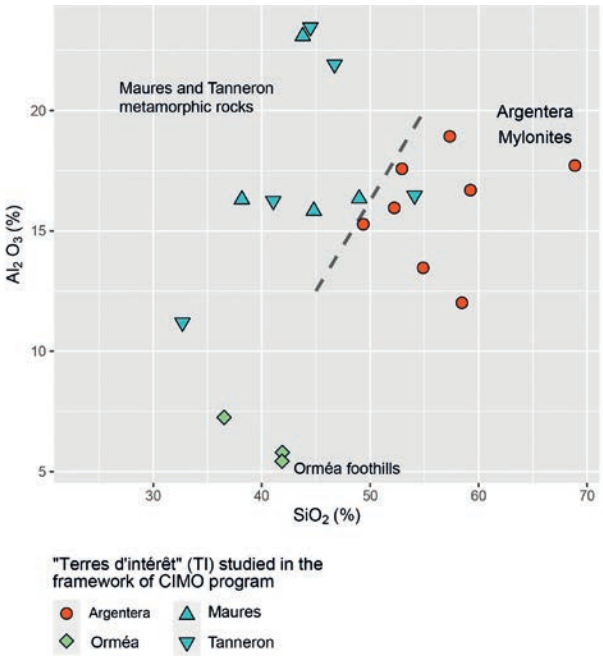


Fig. 6 – SiO_2 vs. Al_2O_3 diagram showing portable XRF analyses of the 20 TI heated to 700°C. This graph is completed by SD.9 (the SiO_2/Al_2O_3 vs Fe_2O3 diagram), SD.10 (multi-element diagrams) and SD.11 (concentrations normalized to the continental crust).

***Fig. 6** – Diagramme SiO_2 vs. Al_2O_3 montrant les analyses XRF-portables des 20 terres d'intérêt (TI) cuites à 700°C. Ce graphique est complété par les DS.9 (le diagramme SiO_2/Al_2O_3 vs Fe_2O_3), DS.10 (diagrammes multi-élémentaires) et DS.11 (concentrations normalisées à la croûte continentale).*

Attributing a ceramic to a source (TI)

In order to identify the potential sources of the studied ceramics, their compositions were compared with those of the geological references (TI) using the most discriminating elements. Their position on the SiO_2 *vs.* Al_2O_3 diagram (fig. 7 and fig. 8; SD.9 and SD.10) indicates the Argentera-Mercantour as the probable origin of the pastes for most (n = 15) of the twenty-one sherds belonging to the seventeen studied ceramics. The portable XRF analyses are therefore consistent with the mineralogical, petrographical and geochemical results previously obtained in the framework of the CIMO programme (table 1).

On the basis of figure 7 alone, sherds AP028, AP08, AP093, AP045, AP11 and AP049 are difficult to attribute. They are indeed in an intermediate position between the different sources ("TI"), with relatively low SiO_2 and Al_2O_3 values. This situation is probably linked to the high CaO values (> 7%) consistent with the secondary carbonations observed on all these sherds (table 1) and which lead, in this figure, to the exclusion of these sherds from the Argentera-Mercantour Mylonite group. These higher CaO content slightly modify the relative value of other major elements (table 1).

The ternary plot Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2 (fig. 8) allows to better distinguish the three sources ("TI"). The terrae sources located around the Piedmont of Orméa present

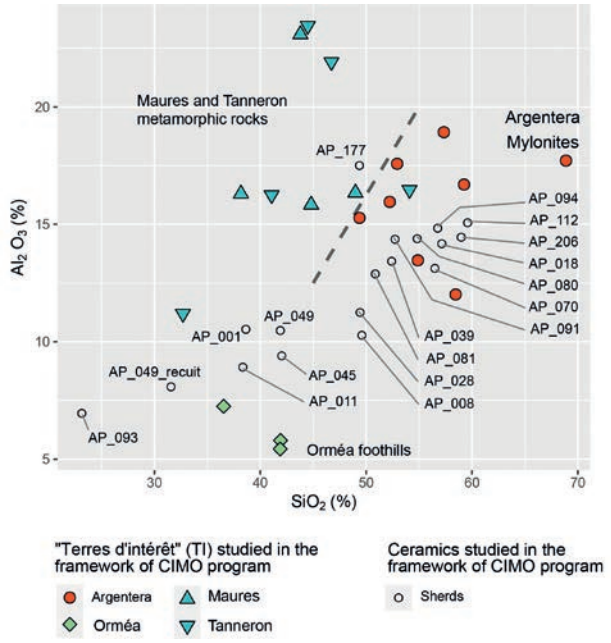


Fig. 7 – Position of the twenty-one shards (belonging to the seventeen studied ceramics) on the SiO_2 vs. Al_2O_3 diagram, compared with the potential sources heated at 700°C

***Fig. 7** – Position des vingt-et-un tessons (appartenant à dix-sept céramiques) sur le diagramme SiO_2 vs. Al_2O_3 comparée avec les sources potentielles (terres d'intérêt) chauffées à 700°C.*

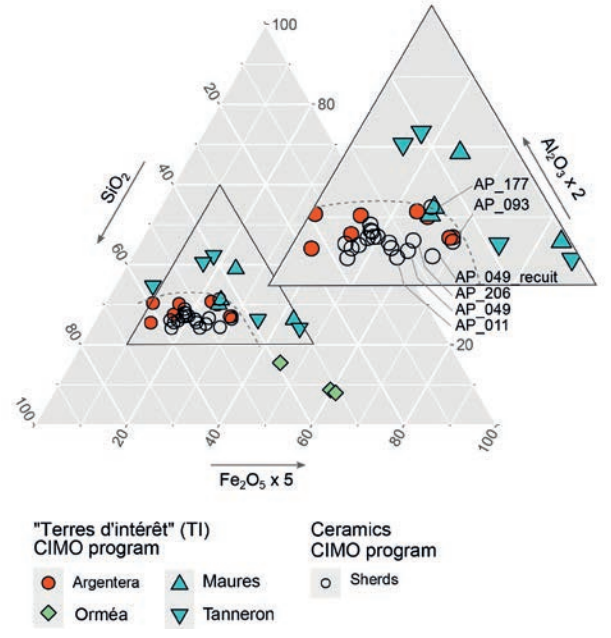


Fig. 8 – Position of the twenty-one shards (belonging to the seventeen ceramics) on a ternary diagram Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2 (%). In order to better separate the groups, the Fe_2O_3 and Al_2O_3 contents have been multiplied by 5 and 2 respectively.

Fig. 8 – *Position des vingt-et-un tessons (appartenant aux dix-sept céramiques) sur un diagramme ternaire Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2 (%). Afin de mieux séparer les groupes, les teneurs en Fe_2O_3 et Al_2O_3 ont été multipliées, respectivement par 5 et 2.*

relatively higher values of Fe_2O_3 compared to the two other sources. In this figure 8, the sherds are correctly grouped around the Argentera-Mercantour TI. On this plot, only two ceramics (AP177 and AP093) are in an intermediate position where the TI are difficult to differentiate.

Figure 8 shows that AP177 ceramic has SiO_2 (49.4%), Al_2O_3 (17.5%) and Fe_2O_3 (5.42%) contents for which there is confusion between the Maures-Tanneron and Argenterra sources. This situation can be associated with the carbonate deposit, well measured by the portable analyser which indicates a higher CaO content (8.75%) than the other sherds. Previous observations of the thin section had attributed AP177 to the Maures metamorphism (table 1).

In figure 8 sherd AP093 occupies a similar location on the plot where the Maures-Tanneron and Argentera sources overlap. Mesoscopic observation had previously assigned this sherd to the QMF group (table 1) and did not show any inclusions that could suggest a mixing with glauconitic materials. In thin section, AP093 present numerous microclines minerals, but they have not altered the chemical measurements: the K_2O content (2.65%) is in comparable ranges to the other sherds. However, once again, the important carbonate deposit, partly invading the decorative impressions, was well measured by the portable analyser (13.3% CaO) and played a role in the relative concentrations of major elements.

These observations show the importance of the taphonomic processes that we discuss in the next section.

Heterogeneities and/or taphonomic process: possible effects on the p-XRF measurements

Recent research has demonstrated and documented the manufacture of ceramics from the Impressa and Cardial horizons of Pendimoun by the Spiralled Patchwork technique (SPT, Gomart *et al.*, 2017; Gomart, Binder, Gabriele *et al.*, this volume). Furthermore, the mixing of terrae of different origins was observed recurrently in the same ceramic, forming mixed pastes (MIX). They present the joint presence of minerals or rock fragments entering in the composition of glauconitic pastes (GL) and "granitic" pastes (QMF). These two independent technical characteristics (*i.e.* the assembly by juxtaposition of small spiral elements and the potential use of different earths for the assembly of the same ceramics) clearly pose the hypothesis of a strong variability of chemical compositions within certain ceramics.

In order to test this last hypothesis, longitudinal and equatorial transects were carried out for two particularly well-preserved ceramics from the QMF group (AP001 and AP045) (fig. 9). Sixteen and twenty-two measurements were made on each of these ceramics respectively. For AP001, the results do not reveal any significant spatial geochemical heterogeneity, suggesting that this ceramic was built with a unique source of materials originated from the Argentera-Mercantour massif.

On the other hand, for the AP045 ceramic, the transect shows a strong variability of three main elements,

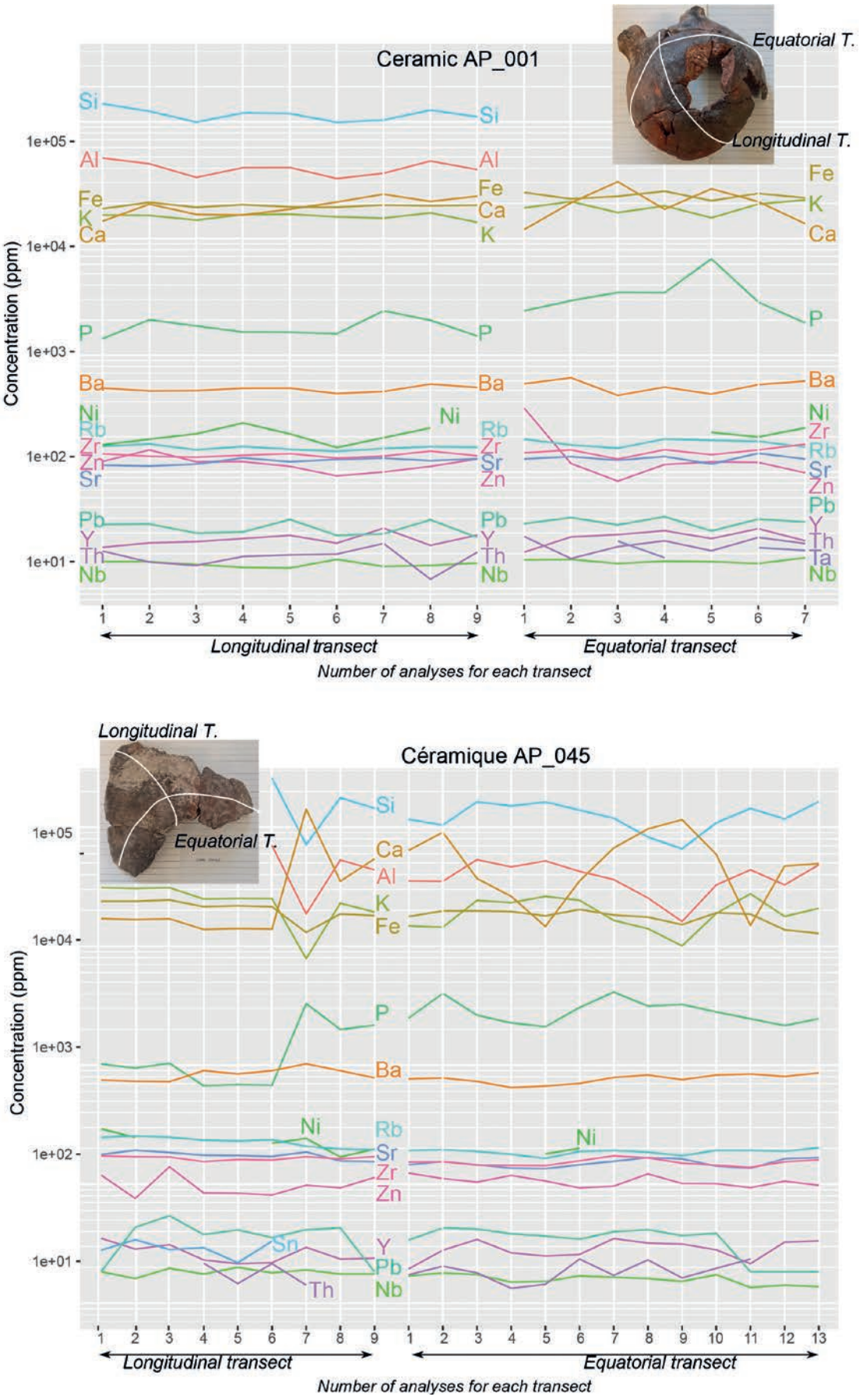


Fig. 9 – Analyses (portable XRF) carried out along the longitudinal and equatorial transects, through the ceramics AP001 and AP045.
Fig. 9 *– Résultats des analyses XRF-portable réalisées selon les transects longitudinaux et équatoriaux, à travers les céramiques AP001 et AP045.*

calcium (Ca), phosphorus (P) and potassium (K). This variability can be attributed to a taphonomic effect rather than to a real heterogeneity of the pastes. Indeed, calcium is particularly mobile and abundant in an open rock shelter context in limestones. Phosphorus is an element associated with organic matter and human occupation of the rock shelter. The variation in K content could be related to its relative mobility under weathering conditions. We also hypothesis that it could also be due to the random density of potassium feldspar phenocrysts under the measurement spot -even if this hypothesis was rejected in in the case of ceramic AP093 (see above).

The thin (sub-millimetre) superficial deposits overlying the archaeological material are not able to alter the results of an XRF analysis. Indeed, the X-ray penetrates the material to depths of a few millimetres, greater than the thickness of most crusts (Liritzis and Zacharias, 2011). However, in some cases, the thickness of the crusts or the porosity of the pastes could be at the origin of a redistribution of the elements within a higher thickness of the sherd. Thus, we have seen that, among the sherds studied, AP093 and AP011 show carbonate crusts clearly visible to the naked eye and XRF analysis revealed high CaO contents of 13.3 and 16.5% respectively.

The estimation of the porosity of the Pendimoun vases built from granitic soils provides some keys to interpret these data. Indeed, analysis by mercury intrusion porosimetry (Drieu *et al.*, 2019) indicates that unlike glauconitic pastes, those derived from mylonite alteration are characterised by the absence of very small pores (< 0.1µm), with a very strong dominance of large pores (between 1 and 50µm). This very open porosity may favour the pollution of the shards by mobile elements resulting either from the dissolution of carbonates from the rock face, or from the redistribution of organic juices linked to the use of the shelter as a sheepfold.

Another taphonomic evolution may be linked to repeated firing phenomena after the vases were abandoned. Thus, sherds AP049 (fired) and AP018 (74P15) were fired after the vases were fragmented. Analyses of the fired sherds show chemical variations compared to analyses of the unfired sherds coming from the same pots (SD. 12). For AP049, a decrease in SiO_2 content (41.9 to 31.6%) and secondarily in Al_2O_3 (10.5 to 8.1%) is observed, mainly in favour of CaO (6.5 to 14.5%). However, the evolution is the opposite for AP018 with a relative enrichment in SiO_2 and Al_2O_3 and a depletion in CaO.

CONCLUSIONS

The quality of geochemical measurements (accuracy, repeatability) made with portable X-ray fluorescence equipment depends on several factors. Firstly, the instrument itself (*e.g.* sensitivity of the sensors, more or less efficient algorithms for interpreting or "deconvoluting" the complex spectra) must be taken into account. The nature of the samples also plays a major role in the quality of the measurements, whether it be the heterogeneity of the materials (granulometry, mineralogy, water content, porosity, etc.) or matrix effects. Finally, as with any measurement, the analytical protocol is essential: in particular, it must be based on the use of international (CRM) and/or internal standards (in-house standards) which allow the accuracy and repeatability of measurements to be controlled.

Once these elements have been taken into account, the data discussed here show the reliability of the measurements carried out using the portable X-ray fluorescence analyser. Indeed, the latter shows an excellent capacity to reproduce the expected measurements on certified materials (CRM). This very good precision was also verified on the "*terres d'intérêt*" (TI) that had previously been the subject of petrographic characterization as well as chemical analyses by ICP-AES and ICP-MS and whose matrices are close to those of the ceramics that we wished to characterise.

The correlations between the expected measurements (certified or reference) and those carried out with the portable analyser on CRMs and TIs show that the analyser reproduces the expected measurements of CRMs with greater precision. It can be assumed that the lower accuracy obtained for TIs is partly related to their composition, which is more heterogeneous than that of the international standards. For this study, the accuracy associated with the "factory" calibration was found to be sufficient to allow the analyser to distinguish between the different sources ("TI"), without the need to calibrate the instrument. In this case, the use of CRMs and in-house standards allows this accuracy to be controlled. For further studies on other materials, however, it may be necessary to calibrate the analyser.

The TIs resulting from the alteration of the Argentera-Mercantour mylonites form a coherent group that is very different from the marls and clayey formations from the Orméa foothills and from the terrae outcropping in and around the Maures-Tanneron massif. Nevertheless, this last geological ensemble does not define a restricted geochemical domain: the characteristics of the Maures-Tanneron materials remain dispersed.

In these conditions, the p-XRF analyses easily allow us to differentiate the ceramics (fig. 7 and fig. 8) whose raw material comes from the Argentera-Mercantour which constituted the essential part of the analysed corpus (15/17) and the ceramic (AP177) using paste whose chemical characteristics are within the variability of those of the Maures-Tanneron. Concerning the ceramic AP093, if it is not a resource not yet identified, the particular composition could indicate an important pollution linked to deposits after its abandonment.

The analyses carried out for this study did not allow us to observe any internal variability likely to argue for a mixture of pastes. The mesoscopic observations are therefore, from this point of view, generally conclusive. The variability in chemical composition observed on the two transects seems to be generated by the burial conditions of the ceramic remains, which can be observed

macroscopically. Therefore, the chemical elements likely to be linked to differential burial conditions and water circulation (Ca, P, K) must be used with caution to characterise the pastes and establish their origin.

Two methodological points deserve particular attention. Firstly, this assessment shows the importance of prior knowledge of potential sources in terms not only of geochemistry but also of petrography and mineralogy. The field and laboratory knowledge enables the quality and credibility of the analyses to be verified. Secondly, it is absolutely necessary to carry out, in parallel with any set of portable XRF analyses, repeated measurements of certified materials and internal standards, which are the only way to check the robustness of the analyses.

Finally, this study demonstrates that, when associated with a naturalistic approach providing a prior knowledge of petrographic and geochemical of the potential sources, the use of the portable XRF makes it possible to carry out non-destructive studies on a large number of ceramics in a relatively constrained period of time and to distinguish the main sources quickly and efficiently.

LIST OF SUPPLEMENTARY INFORMATION AND DATA / *LISTE DES INFORMATIONS ET DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES*

SD-1 – Description of sampling contexts / *Description des contextes échantillonnés.*

SD-2 – Location of "granitic" alteration earths sampled in the Argentera-Mercantour massif and piedmont (geological map 1/50 000, BRGM, sheet n°1579) / *Les « Terres d'intérêt » de l'Argentera. Localisation des terres d'altération « granitiques » échantillonnées dans le massif et le piémont de l'Argentera-Mercantour (carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisé, BRGM, Feuille N°1579).*

SD-3 – Location of "granitic" alteration earths sampled in the Maures massif (geological map 1/50 000, BRGM, sheet n°1359) / *Les « Terres d'intérêts » du massif des Maures. Localisation des terres d'altération « granitiques » échantillonnées dans le massif des Maures (carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisé, BRGM, Feuille N°1359).*

SD-4 – Location of glauconitic marls and earths sampled in the Orméa piedmont (geological map 1/50 000, BRGM, sheet n°1579) / *Les « Terres d'intérêt » du piémont de l'Orméa. Localisation des marnes et terres glauconieuses échantillonnées dans le massif de l'Orméa (carte géologique 1/50000 vecteur harmonisé, BRGM, Feuille N°1579).*

SD-5 – Location of "granitic" alteration earths sampled in the Tanneron massif (geological map 1/50 000, BRGM, sheet n°1359) / *Les « Terres d'intérêts » du massif du Tanneron. Localisation des terres d'altération « granitiques » échantillonnées dans le massif du Tanneron (carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisé, BRGM, Feuille N°1359).*

SD-6 – Portable XRF analyses of CRMs, TIs heated to 700°C and ceramics from the CIMO program, processed during the two sessions in February and July 2019 / *Analyses à l'aide du XRF-portable des CRM, des TI chauffées à 700°C et des céramiques du programme CIMO, réalisées lors des deux sessions de février et juillet 2019.*

SD-7 – Means and standard deviations of portable XRF analyses of CRMs and CIMO ceramics (February and July 2019) / *Moyennes et écarts type des analyses des réalisées à l'aide de l'analyseur XRF portable des CRM et des céramiques du programme CIMO (février et juillet 2019).*

SD-8 – Elements identified by ICP-AES and ICP-MS in geological reference samples (raw and experimentally fired) and archaeological samples /*Table des éléments identifiés par ICP-AES et ICP-MS dans les échantillons de référence géologiques (crus et cuits expérimentalement) et des échantillons archéologiques.*

SD-9 – SiO_2/Al_2O_3 vs Fe_2O_3 diagram allowing to distinguish the terrae coming from the Col de l'Orme, without removing the existing confusions between the three other "terrae of interest" (cf. figure 4) / *Diagramme SiO_2/Al_2O_3 vs Fe_2O_3 permettant de distinguer les terres provenant du col de l'Orme, sans pour autant supprimer les confusions existantes entre les trois autres « terres d'intérêt » (cf. figure 4).*

SD-10 – Harker diagram for some chemical elements allowing to characterise the "terrae of interest" of the CIMO program. The SiO_2 vs. CaO or Zr vs. Nb diagrams are the most discriminating in addition to the SiO_2 vs. Al_2O_3 diagram (figure 4A) / *Diagramme de Harker pour quelques éléments chimiques permettant de caractériser les « terres d'intérêt » du programme CIMO. Les diagrammes SiO_2 vs. CaO ou Zr vs. Nb sont les plus discriminants en plus du diagramme SiO_2 vs. Al_2O_3 (figure 4A).*

SD-11 – Chemical elements normalized to the continental crust. Some elements (Al, Ca, Nb, Zr) appear to be discriminating, but the figure highlights the difficulty in distinguishing between the different "terrae of interest", visible in figure 4 or in SD.3 and 4 / Éléments chimiques normalisés à la croûte continentale. Quelques éléments (Al, Ca, Nb, Zr) apparaissent discriminants, mais la figure souligne la difficulté à distinguer les différentes «terres d'intérêt», visible sur la figure 4 ou les DS.3 et 4.

SD-12 – Variation of SiO2 and Al2O3 concentration of fired shards compared to the same non-fired shards (samples AP_018 and AP_049) / *Variation de concentration en SiO2 et Al2O3 de tessons recuits par rapport aux même tessons non recuits (échantillons AP_018 et AP_049).* https://doi.org/10.34847/nkl.a32ax334

Acknowledgements

This research was conducted as part of the CIMO project (ANR-14-CE31-009, under the direction of Didier

Binder, CNRS, Nice), which co-financed the acquisition of a pXRF by the GEOAZUR laboratory, a project partner.

Damase Mouralis, Didier Binder, Gilles Durrenmath and Chrystèle Verati carried out the pXRF measurements of the reference and archaeological samples. Damase Mouralis processed the data sets and wrote the article with contributions from Didier Binder, Gilles Durrenmath, Jean-Marc Lardeaux and Chrystèle Verati. All co-authors reviewed the article and approved its content.

The authors would like to thank Guillaume Duclaux (GEOAZUR) for his advice on the implementation of the analyses.

REFERENCES

BASSO E., BINDER D., MESSIGA B., RICCARDI M. (2006) – The Neolithic Pottery of Abri Pendimoun (Castellar, France): a Petro-Archaeometric Study. London, Geological Society (Special Publications, 257), p. 33-48.

BELFIORE C. M., LA RUSSA M. F., BARCA D., GALLI G., PEZZINO A., RUFFOLO S. A., VICCARO M., FICHERA G. V. (2014) – A Trace Element Study for the Provenance Attribution of Ceramic Artefacts: the Case of Dressel 1 Amphorae from a Late-Republican Ship, *Journal of Archaeological Science*, 43, p. 91-104.

BINDER D., LARDEAUX J.-M., MUNTONI I. M., DUBAR M., DURRENMATH G., JACOMET S., MONGE G., LEPÈRE C. (2018) – South-Eastern Italian Transfers Towards the Alps During the 5th Millennium cal BCE: Evidence of "Serra-d'Alto" Ware Within Square-Mouthed Pottery Deposits at the Lare 2 Cave (Saint-Benoit, Alpes-de-Haute-Provence, France), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 222-237.

DRIEU L., HORGNIES M., BINDER D., PÉTREQUIN P., PÉTREQUIN A.-M., PECHE-QUILICHINI K., LACHENAL T., REGERT M. (2019) – Influence of Porosity on Lipid Preservation in the Wall of Archaeological Pottery, *Archaeometry*, 61, 5, p. 1081-1096.

ERAMO G., MUNTONI I. M., GALLO S., DE SIENA A. (2018) – Approaching the Early Greek Colonization in Southern Italy: Ceramic Local Production and Imports in the Siritis *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 995-1008.

FORSTER N., GRAVE P. (2012) – Non-Destructive PXRF Analysis of Museum-Curated Obsidian from the Near East, *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 728-736.

FRAHM E. (2013) – Validity of "Off-the-Shelf" Handheld Portable XRF for Sourcing Near Eastern Obsidian Chip Debris, *Journal of Archaeological Science*, 40, p. 1080-1092.

FRAHM E., CAROLUS C. M., CAMERON A., BERNER J., BROWN H., CHENG J., KALODNER J., LEGGETT J. L., NATALE A., SEIBERT S., SPARKS-STOKES D., WUELLNER E. (2022) – Introducing the BRICC (Bricks and Rocks for Instruments' Ceramic Calibration) Sets: Open-Source Calibration Materials for Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 43, p. 103443.

GABRIELE M. (2014) – *La circolazione delle ceramiche del Neolitico nel medio e alto Tirreno e nell'area ligure-provenzale. Studi di provenienza // La circulation des céramiques néolithiques dans l'aire tyrrhénienne et dans l'aire liguro-provençale. Étude de provenance*, doctoral thesis, Università di Pisa and Université Nice – Sophia Antipolis, 437 p.

GABRIELE M., VERATI C., CONVERTINI F., GRATUZE B., JACOMET S., BOSCHIAN G., DURRENMATH G., GUILAINE J., LARDEAUX J.M., GOMART L., MANEN C., BINDER D. (2019) – Long-Distance Mobility in the North-Western Mediterranean During the Neolithic Transition Using High Resolution Pottery Sourcing, *Journal of Archaeological Science Reports*, 29, p. 102050.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork in Pottery Manufacture and the Introduction of Farming to Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501–1514.

HUNT A. M. W., SPEAKMAN R. J. (2015) – Portable XRF Analysis of Archaeological Sediments and Ceramics, *Journal of Archaeological Science*, 53, p. 626-638.

JCGM (2012) – *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM), 3rd Edition 2008 Version with Minor Corrections* Joint Committee for Guides in Metrology.

LAVIANO R., MUNTONI I. M. (2006) – Provenance and Technology of Apulian Neolithic Pottery, in M. Maggetti and B. Messiga (eds.), *Geomaterials in Cultural Heritage*, London, Geological Society, p. 49-62.

LAVIANO R., MUNTONI I. M. (2007) – Analisi archeometriche sulle ceramiche a figure rosse dalla tomba 33 di Timmari: provenienza delle materie prime e tecnologie di manifattura di alcune opere del Pittore di Dario, in M. G. Canosa (ed.), *Una tomba principesca da Timmari*, Rome, Giorgio Bretschneider, p. 189-205.

LIRITZIS I., ZACHARIAS N. (2011) – Portable XRF of Archaeological Artifacts: Current Research, Potentials and Limitations, in M. S. Shackley (ed.), *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, New York, Springer p. 109-142.

MAGGETTI M. (1981) – Composition of Roman Pottery from Lousonna (Switzerland), in M. J. Hughes (ed.), *Scientific Studies in Ancient Ceramics*, London, British Museum Research Laboratory (British Museum Occasional Papers, 19), p. 33-49.

MAGGETTI M. (1986) – Majolika aus Mexiko: ein archäometrisches Fallbeispiel, *Fortschritte der Mineralogie*, 64, 1, p. 87-103.

MOURALIS D. (2016) – *Apports de la géographie à l'étude des sources d'obsidienne d'Anatolie orientale : du terrain aux modèles*, HDR thesis, Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne), 216 p.

MUNTONI I. M., ERAMO G. (2016) – Archaeometric Analyses of Ceramic Materials, in E. S. Elster, E. Isetti, J. E. Robb, and A. Traverso (eds.), *The Archaeology of Grotta Scaloria: Ritual in Neolithic Southeast Italy*, Los Angeles, UCLA Cotsen Institute of Archaeology Press (Monumenta Archaeologica, 38), p. 253–265.

MUNTONI I. M., LAVIANO R. (2008) – Archaeometric Data on Production and Circulation of Neolithic Serra d'Alto Ware in Southern Italy During the Fifth Millennium BC, *ArcheoSciences, Revue d'Archéométrie*, 32, p. 125-135.

PICON M., LE MIÈRE M. (2002) – Géochimie des céramiques, in J.C. Miskovsky (ed.), *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*, Paris, Association pour l'étude de l'environnement de la Préhistoire, p. 1001-1014.

SHACKLEY M. S. (2011) – An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology, in M. S. Shackley (ed.), *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, New York, Springer, p. 7-44.

SCHMITT A., CANTIN N., THIRION-MERLE V. (2009) – De la géochimie des productions provençales à pâte calcaire au référentiel régional, in M. Pasqualini (ed.), *Les céramiques communes d'Italie et de Narbonnaise. Structures de production, typologies et contextes inédits. IIe s. av. J.-C., IIIe s. apr. J.-C.*, Naples, Centre Jean-Bérard, p. 133-156.

SPEAKMAN R. J., SHACKLEY M. S. (2013) – Silo Science and Portable XRF in Archaeology: a Response to Frahm, *Journal of Archaeological Science*, 40, p. 1435-1443.

STAPFER R., HEITZ C., HINZ M., HAFNER A. (2019) – Interdisciplinary Examinations Carried Out on Heterogeneous Coarse Ceramics from Neolithic Lakeside Settlements in the Northern Alpine Foreland (3900–3500 BCE): Analysis Strategy and Preliminary Results from a Test Series Using pXRF. *Journal of Archaeological Science: Reports,* 25, p. 217-238.

TAYLOR S. R., McLENNAN S. M. (1995) – The Geochemical Evolution of the Continental Crust, *Reviews of Geophysics*, 33, p. 241-265.

TOUTIN-MORIN N., CRÉVOLA G., GIRAULD J. D., BROCARD C., DARDEAU G., BULARD P. F., DUBAR M., MEINESZ A. & BONIJOLY D. (1994) – *Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Fréjus-Cannes (1024)*, Orléans, BRGM, 187 p.

Damase Mouralis
Université Rouen Normandie, CNRS, IDEES (UMR6266)
Bâtiment 7c
17, rue Lavoisier
F.-76821 Mont Saint-Aignan cedex
damase.mouralis@univ-rouen.fr
https://orcid.org/0000-0001-7748-0258

Chrystèle Verati
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, GÉOAZUR (UMR7329)
Campus Azur
250, rue Albert Einstein
F.-06560 Valbonne
chrystele.verati@univ-cotedazur.fr

Gilles Durrenmath
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
gilles.durrenmath@univ-cotedazur.fr

Jean-Marc Lardeaux
Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA, GÉOAZUR (UMR7329)
Campus Azur
250, rue Albert Einstein
F.-06560 Valbonne
jean-marc.lardeaux@univ-cotedazur.fr
and
Center for Lithospheric Research, Czech Geological Survey, Klárov 3, 11821, Prague 1, Czech Republic
https://orcid.org/0000-0001-7666-7109

Didier Binder
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM (UMR7264)
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F.-06300 Nice
didier.binder@cepam.cnrs.fr
https://orcid.org/0000-0001-8232-5367

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 327-347
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

From macrotraces to micro-tomography: a multi-scale approach for detecting and characterising the "Spiralled Patchwork Technology" in Northern Mediterranean Neolithic pottery assemblages

Louise Gomart, Didier Binder, Laure Blanc-Féraud, Laura Cassard, Serge Cohen, Vanna Lisa Coli, Marzia Gabriele, Juliette Leblond, François Orange, Didier F. Pisani and Sabine Sorin

Abstract: The macro- and mesoscopic analysis of the *Impresso-Cardial* pottery assemblage from the Pendimoun rock shelter located in Castellar (Alpes-Maritimes, France) revealed a range of previously unrecognised macrotraces and mesostructures on all pottery vessels, independently of their shape or size. These traces suggested a forming sequence involving the juxtaposition and merging of "spiralled patches". This *chaîne opératoire* is unique as it differs from all the operational sequences previously identified in the Early Neolithic contexts of Europe. The macrotraces and mesostructures indicative of the juxtaposition of spiralled patches are more or less visible depending on the state of preservation of the pottery. In addition, due to the lack of an archaeological or ethnographic reference framework, the observations need to be completed in order to confirm the underlying technical actions. These limitations have led us to implement a multi-scale approach based on the analysis of archaeological and experimental samples, combining analysis of microfabrics, 3D surface scanning (topographical analysis) and micro-computed tomography (µ-CT) at different resolutions. Non-destructive µ-CT enables the identification of forming techniques and methods through the 3D visualisation of the internal architecture of the vessels, including interfaces between assembled elements, porous system, and mineral inclusions. Here we present the criteria for identifying this unique forming sequence, as well as the multi-scale approach we developed to build an integrated frame of reference for SPT used to support our archaeological interpretations.

Keywords: ceramic technology, forming sequence, *chaîne opératoire*, macrotraces, microfabrics, µ-CT, technical tradition, European Neolithic

Résumé : Parce qu'elles dépendent du processus d'apprentissage durant lequel le producteur acquiert des automatismes difficilement modifiables, les chaînes opératoires céramiques révèlent des habitudes motrices et permettent d'identifier et de différentier des producteurs et, plus largement, des communautés de pratique. La restitution des séquences de gestes techniques sous-jacents au façonnage des poteries archéologiques se fonde prioritairement sur l'examen approfondi des macrotraces laissées par le producteur lors du montage. Cette étape cruciale de l'analyse s'appuie sur plusieurs études expérimentales ayant démontré que les différents types de pression appliqués sur la matière argileuse pendant le façonnage tendent à orienter les pores et les inclusions inhérents à la pâte selon des schémas spécifiques ; à produire des macroporosités de formes variées dans la structure interne de la poterie, par exemple à l'interface entre éléments assemblés ; et à laisser des signatures topographiques distinctes sur les surfaces des poteries.
L'analyse macro- et mésoscopique de l'assemblage céramique Impresso-Cardial provenant de l'abri sous roche de Pendimoun situé à Castellar (Alpes-Maritimes, France) a révélé un ensemble de macrotraces et de mésostructures jusqu'alors inédites. Identifiées sur l'ensemble des céramiques quels que soient leur forme ou leur format, ces traces suggèrent une séquence opératoire particulièrement complexe dans le cadre de laquelle les poteries sont façonnées par juxtaposition de « patches spiralés » d'environ 4,5 cm de diamètre. Ces patches, tous façonnés par enroulement d'un colombin en spirale, sont adjoints contre un support concave ou convexe pour former la partie inférieure des vases, puis positionnés en rangées pour monter leur partie supérieure. Les macrotraces et mésostructures diagnostiques de la « technique des patches spiralés » (« *Spiralled Patchwork Technology* », abrégé SPT) sont néanmoins plus ou moins visibles selon l'état de conservation des poteries analysées. En raison de l'absence de référentiels archéologique, expérimental

ou ethnographique, les observations doivent en outre complétées afin de s'assurer des actions techniques à leur origine. Ces limites nous ont conduit à développer une approche multi-échelle fondée à la fois sur les échantillons archéologiques et sur des contrôles expérimentaux façonnés dans des conditions maîtrisées afin de développer un cadre de référence enrichissant la lecture des macrotraces et des mésotructures pour SPT. Cette démarche combine l'examen des microfabriques sur lames minces en plan tangentiel, l'analyse topographique des poteries *via* la restitution des surfaces en 3D et l'analyse de la structure interne des céramiques *via* la micro-tomographie (µ-CT).

Pour les céramiques, l'approche des microfabriques consiste à examiner les déformations plastiques et/ou la réorganisation spatiale des différentes unités structurelles composant les matériaux argileux (système poreux, inclusions de nature différente, matrice) à la suite des actions techniques qui y ont été appliquées. Cette approche offre une clé d'entrée cruciale pour appréhender la structure interne des céramiques de Castellar – Pendimoun. Validant l'emploi de modules spiralés comme éléments de base pour le façonnage des poteries des niveaux Impresso-Cardial, cette approche a permis de pister les signatures spatiales internes propres à la technique des patches spiralés.

Pour compléter ce référentiel, l'imagerie par micro-tomographie (µCT) a constitué un jalon essentiel du protocole développé : non invasive, cette méthode révèle avec une exceptionnelle lisibilité le système poreux et les inclusions non plastiques présentes dans l'argile en trois dimensions, ouvrant de multiples perspectives pour l'approche qualitative et quantitative des procédés de fabrication des céramiques anciennes. Dans le cadre de cette étude, les jeux de données µCT issues de tessons archéologiques et de briquettes expérimentales ont dans un premier temps été analysés qualitativement, afin d'identifier les traceurs spécifiques de la technique des patches spiralés dans la structure interne des échantillons. Dans un second temps, un protocole de traitement quantitatif des données µCT a été développé. Dans ce cadre, la transformée de Hough, un algorithme permettant la reconnaissance de formes, a été appliquée afin de pister automatiquement les principaux alignements dans les jeux de données. Ce travail de modélisation nous a permis de nous affranchir de la diversité des macrotraces et mésostructures observées sur les tessons archéologiques et expérimentaux et de proposer un cadre d'analyse des données indépendant de l'analyse visuelle des tessons. L'acquisition micro-tomographique de poteries à profil restitué, conduite dans un troisième temps, a ensuite fourni de précieuses informations sur la séquence opératoire complète de SPT. Cette démarche a en effet révélé les modalités exactes de juxtaposition des patches spiralés en rangées horizontales, une information qui n'était que partiellement accessible sur la base du seul examen macroscopique des surfaces et des sections des poteries. Des analyses corrélatives combinant µCT et analyses topographiques réalisées sur des récipients à profil restitué ont enfin permis d'établir un lien direct entre les caractéristiques de surface (convexités) et celles de la structure interne (alignements d'inclusions minérales organisées en spirales).

En définitive, le développement d'un protocole analytique combinant analyses en 2D et 3D a révélé un ensemble de caractéristiques diagnostiques de la technique des patches spiralés, qui consolident et enrichissent significativement nos interprétations initiales fondées sur la lecture macroscopique en surface et en section des céramiques. Les analyses des microfabriques *via* la micro-tomographie révèlent des marqueurs spécifiques de la technique des patches spiralés (par exemple, alignements d'inclusions minérales ou de pores) qui corroborent ceux identifiés par l'examen macroscopique des surfaces et des sections (par exemple, cassures, discontinuités, organisation générale de la pâte en section ou dans le plan tangentiel). À cet égard, le protocole développé pour l'analyse de l'assemblage céramique issue des niveau Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun fournit le premier référentiel pour la technique des patches spiralés et constitue une étape essentielle pour la démonstration de la mise en œuvre de cette tradition technique qui diffère de toutes les séquences opératoires précédemment identifiées dans les contextes du Néolithique ancien européen.

Mots-clés : technologie céramique, séquences de façonnage, chaîne opératoire, macrotraces, microfabriques, µ-CT, tradition technique, Néolithique européen

INTRODUCTION

The reconstruction of ceramic technical traditions is pivotal for understanding past societies' social structure and historical trajectories. Centred around the concept of *chaîne opératoire*, which defines a series of actions transforming raw material into a finished product (Cresswell, 1976), this approach enables to identify "ways of doing" passed on from generation to generation within given social groups. Invariably involving tutors and apprentices that are socially related, such transmitted "ways of doing" define traditions whose geographical extension outlines the perimeter of communities of practice (Roux, 2016). The reconstruction of the complete *chaînes opératoires* of pottery production encompasses the identification of the raw materials used and their modes of preparation, the forming and finishing sequences, the surface treatments and ornaments, the firing conditions and post-firing treatments, as well as the uses of the vessels. The detailed characterisation of these different stages of production and use among the earliest pottery productions of the Northern Mediterranean formed the main focus of the ANR CIMO project. As part of this project, the *Impresso-Cardial* ceramic assemblage recovered from the Pendimoun rock shelter at Castellar (Alpes Maritimes, France) acted as a key corpus, on which a wide array of high-resolution analytical protocols was developed and tested in order to reconstruct with an unprecedented resolution the entire ceramic technical sub-system (see Binder, Gomart *et al.*, this volume; Cassard *et al.*, this volume; Drieu *et al.*, 2020 and this volume; Gabriele *et al.*, this volume; Lardeaux *et al.*, this volume; Mouralis *et al.*, this volume).

The present article focuses on the high-resolution reconstruction of ceramic forming practices in the *Impressa* and Cardial layers of the site. The initial examination of the assemblage through the lens of fashioning techniques revealed an array of previously unrecognised macrotraces. Observed on the entire *Impressa*

and Cardial assemblage independently from the vessels' morphology or size, these macrotraces were particularly challenging to decipher due to the lack of a frame of reference. Nevertheless, their thorough analysis enabled us to detect the implementation at the site of a unique fashioning sequence we termed "Spiralled Patchwork Technology" (SPT), and for which no archaeological nor experimental frame of reference was available (Gomart *et al.*, 2017). In order to test our technological hypothesis and build a complementary body of evidence, we developed a protocol combining different analytical methods and scales of observation, which include exhaustive macrotraces characterisation, pottery experiments, as well as 2D and 3D imaging (microfabrics, 3D surface scanning and micro-tomography). In addition, as part of the subsequent ToMat project, we developed a protocol for the quantitative processing of the complex micro-tomographic data we obtained using applied mathematics. Here we present the integrated analytical approach we developed for the detection and characterisation of SPT that enabled us to unravel the detailed pottery forming sequence implemented in the *Impresso-Cardial* layers at Castellar – Pendimoun, and more broadly in the *Impresso-Cardial* contexts located west of the Apennine range (Gomart, Binder, Gabriele *et al.*, this volume).

A NEW SET OF MACROTRACES AT PENDIMOUN, A NEW OPERATIONAL SEQUENCE FOR THE EUROPEAN NEOLITHIC

The *Impresso-Cardial* pottery assemblage from Castellar - Pendimoun: petrographic and stylistic variability

Located on the French Riviera in Castellar (Alpes Maritimes) at 690 m above sea level, the Pendimoun rockshelter was extensively excavated between 1985 and 2006 (Binder *et al.*, 1993 and 2020). Along with the Arene Candide cave (Maggi, 1997; Binder and Maggi, 2001; Panelli, 2019), this site is one of the few occupations in the Western Mediterranean for which the internal periodisation of the *Impresso-Cardial* Complex can be detailed on the basis of stratigraphic observations. The initial Neolithic occupations of Castellar – Pendimoun, attributed to the beginning of the *Impressa* and then to the Cardial, are subdivided into a large number of stratigraphic units, and cover a large part of the 6th millennium, up to the emergence of the Square-Mouthed-Pottery Culture and Pre-Chassey features (Binder *et al.*, 1993). The stratified structures and deposits belonging to the *Impressa* stage have provided a large set of AMS dates performed on short-lived materials, including carbonised cereal seeds. The Bayesian modelling made it possible to date the initial phase PND-1A between 5730 and 5660 BCE, and the following PND-1B between 5650 and 5440 BCE (Binder *et al.*, 2017; Binder, Gomart *et al.*, this volume). The successive Cardial occupations (PND-2A and 2B) are respectively dated between 5440 and 5200 BCE in the northern sector, and between 5330 and 5020 BCE in the southern sector of the site (Binder *et al.*, 2017; Binder, Gomart *et al.*, this volume). The associated ceramic assemblage, that includes a minimum number of 211 vessels, is characterised by a wide range of shapes and sizes, including collared and spheroidal vases, as well as open truncated conical and cylindrical pots, often with a flattened base. The pottery is characterised by a variety of decorations made with diverse tools (Binder and Sénépart, 2010; Cassard, 2020; Cassard *et al.*, this volume). The petrographic analysis of the clay materials exploited for pottery manufacturing revealed the use of three types of clay materials: first, glauconitic clay materials accessible in the vicinity of the site; second, clay materials stemming from the alterations of granitic rocks the potential sources of which are more distant; and third, artificially mixed pastes including both granitic and glauconitic clay materials (Binder and Sénépart, 2010; Gabriele, 2014; Gabriele *et al.*, this volume; Lardeaux *et al.*, this volume).

Pottery surface and section analysis

The reconstruction of the sequences of technical gestures underlying pottery forming relies first and foremost on the thorough identification of macroscopic features and meso-structures left by the producer during pot building. This crucial step of analysis is based on experimental and ethnographical studies (Rye, 1981; Pierret *et al.*, 1996; Roux, 2016 and 2019) which have shown that the different types of pressure applied on plastic clay material during pottery forming tend, first, to orient the pores and inclusions that are inherent to the paste according to specific patterns; second, to produce macro-porosities of various shapes in the pottery internal structure, for instance at the interface between assembled clay elements; and third, to leave distinct topographical signatures on pottery surfaces. Therefore, the macro- and mesoscopic analysis of the Castellar – Pendimoun assemblage focused on the complete *Impresso-Cardial* pottery assemblage and centred on the vessels' surface topography, as well as on the shape, orientation and spatial distribution of the voids and non-plastic inclusions in radial and equatorial sections, and in the tangential plan. Macrotrace and mesostructure reading was conducted with the naked eye, as well as using a magnifying glass and a binocular microscope. It was complemented by 3D surface scanning of the whole corpus that allowed a high-resolution analysis of the vessels' surface topography (Cassard *et al.*, this volume).

This comprehensive reading revealed a series of macrotraces on the examined pottery vessels, visible on their base, body and rim:

– The vast majority of the vases show breakage and fracture networks that are predominantly arciform or circular (fig. 1, red dashed lines), to the extent that many sherds are characterised by a circular shape. These circular sherds measure between 42 and 49 mm in diameter and are between 9 and 13 mm thick.

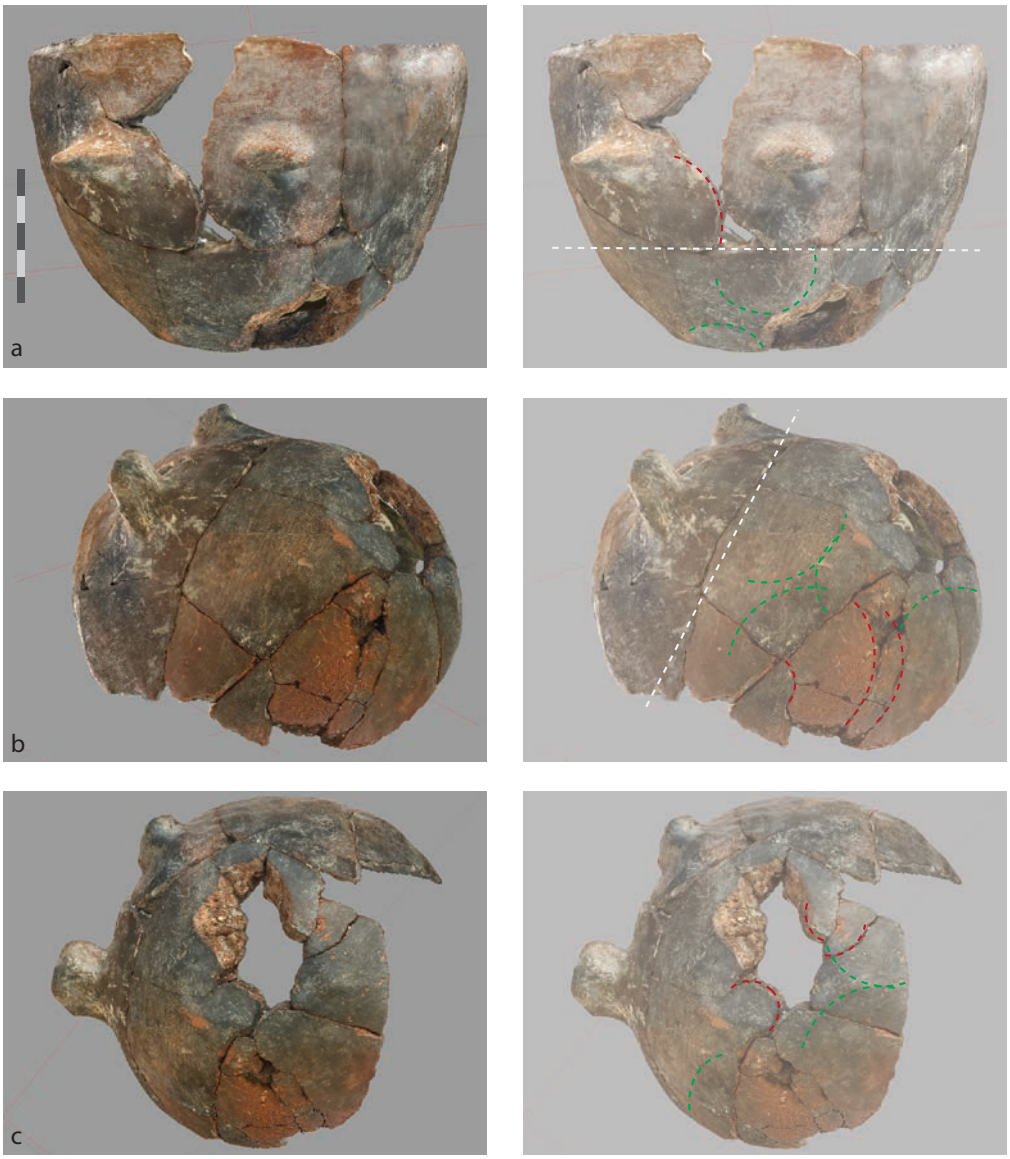


Fig. 1 – The main macrotraces identified on the Impresso-Cardial pottery from Castellar – Pendimoun. Red dotted lines: networks of arciform or circular fractures; green dotted lines: circular convexities visible on the inner or outer surface; white dotted lines: horizontal fracture midpoint horizontal fracture.

***Fig. 1** – Les principales macrotraces identifiées sur les poteries Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun. Lignes pointillées rouges : réseaux de cassures arciformes ou circulaires. Lignes pointillées vertes : convexités circulaires visibles sur la surface interne ou externe des poteries. Lignes en pointillés blancs : fracture horizontale à mi-panse.*

– Most vessels are characterised by significant variation in thickness and a bumpy surface; a feature that was described in a previous study (Binder and Sénépart, 2010). The profile of the vases is characterised by the presence of multiple circular convexities visible on the inner or outer surface (fig. 1, green dashed lines). Delineated by the arciform and circular fracture networks described above (fig. 1b), these convexities are most often associated with depressions suggesting the application of discontinuous finger pressure on the pottery walls. The position of these convexities and digital pressures on the vessels' profile tends to vary according to vessel partonomy, which is particularly visible on surface scanning acquisitions of complete vessels (fig. 2). Significant topographical differences can indeed be observed between the lower and upper parts of the vases, the transition between these two parts being most often marked on reconstructed vessels by a midpoint horizontal fracture (fig. 1a and fig. 1b, white dashed lines and fig. 2). The lower part of the vessels, most often shows differential topography between the inner and the outer surface (fig. 2): in the case one of these two surfaces is characterised by a bumpy and uneven topography, the other shows a more even topography. In contrast, the upper part of the vessels is invariably characterised by a bumpy and uneven surface topography on both the inner and outer surfaces.
– In association with those peculiar topographical features, sub-circular and mesostructural ellipsoidal pat-

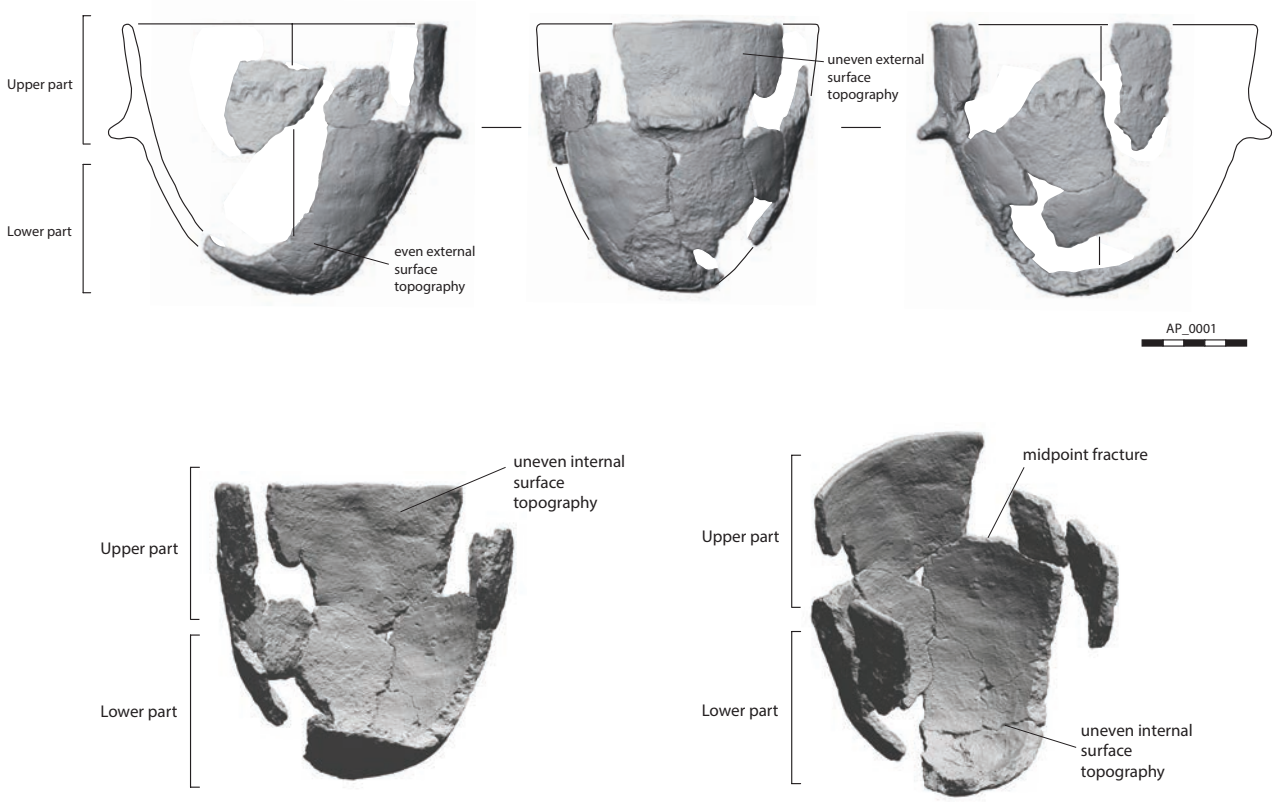


Fig. 2 – 3-D surface acquisition of a complete Impresso-Cardial vessel from Castellar – Pendimoun showing significant topographical differences between its lower and upper parts.

Fig. 2 – *Acquisition de surface en 3-D d'un vase Impresso-Cardial complet de Castellar – Pendimoun caractérisé par d'importantes différences topographiques entre sa partie inférieure et sa partie supérieure.*

Fig. 3 – Sub-circular and ellipsoid patterns of 7-10 mm height (magenta dotted lines) identified in both radial and equatorial sections on Impresso-Cardial vessels from Castellar – Pendimoun. These configurations, which evoke sections of thin coils, are systematically intersected by long oblique to sub-vertical discontinuities (black dotted lines). After Gomart *et al.*, 2017.

Fig. 3 – *Configurations sub-circulaires et ellipsoïdes de 7-10 mm de hauteur (lignes en pointillés magenta) identifiées en plans radial et équatorial sur les poteries Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun. Ces configurations, qui évoquent des sections de colombins fins, sont systématiquement recoupées par de longues discontinuités obliques à sub-verticales (lignes en pointillés noirs). D'après Gomart* et al.*, 2017.*

terns of 7-10 mm height are observed in both radial and equatorial sections. These patterns, which are evocative of sections of thin coils, are systematically intersected by long oblique to sub-vertical discontinuities (fig. 3).

– Some sherds characterised by desquamated surfaces offer a view of their internal structure in the tangential plan. In this case, a generally circular organisation of porosity and non-plastic inclusions enclosed in the network of circular breaks can be observed, and sometimes coiled elements can be distinguished (fig. 4).

– While some vessels present a rim with a specific undulated shape (fig. 5), number of ceramics show a regular rim, associated with a horizontal undulation on the outer and inner surfaces (fig. 6a).

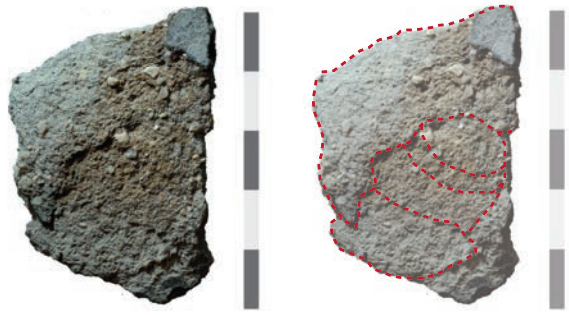


Fig. 4 – *Impresso-Cardial* sherd from Castellar – Pendimoun characterised by a desquamated surface offering a view of its internal structure in the tangential plan. A generally circular organisation of porosity and non-plastic inclusions is associated with a discontinuity underlining a wound longitudinal element (red dotted line).

Fig. 4 – *Tesson Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun caractérisé par une surface desquamée offrant une vue de sa structure interne en plan tangentiel. Une organisation généralement circulaire de la porosité et des inclusions non plastiques est associée à une discontinuité décrivant un élément longitudinal enroulé (ligne rouge pointillée).*

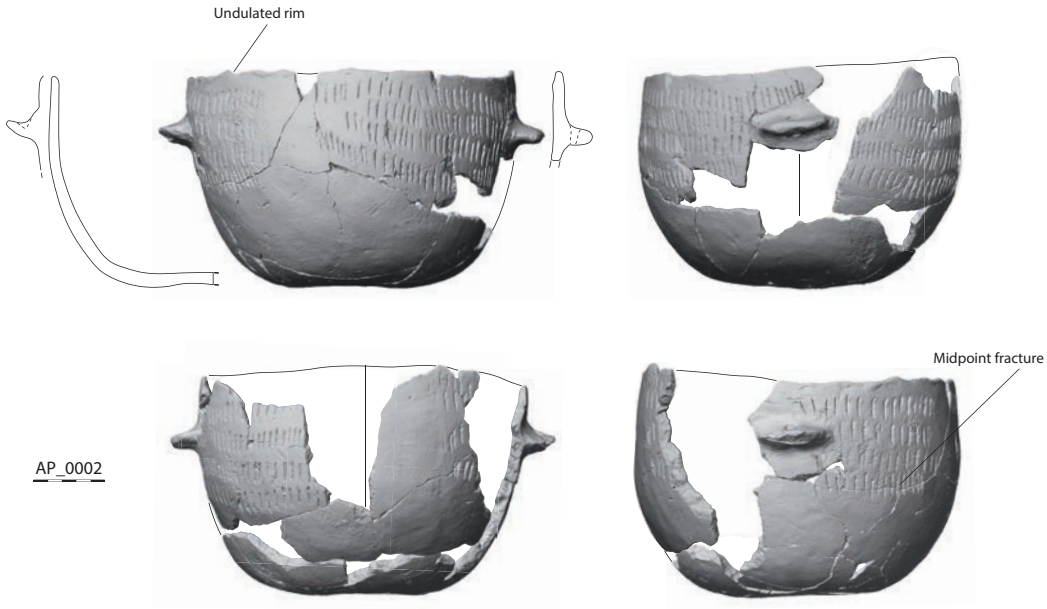


Fig. 5 – 3-D surface acquisition of an *Impresso-Cardial* vessel from Castellar – Pendimoun showing a horizontal midpoint fracture and an undulated rim.

Fig. 5 – *Acquisition de surface en 3-D d'un vase Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun caractérisé par une fracture horizontale à mi-panse et un bord ondulé.*

"Spiralled *Patchwork*", an unparalleled forming technique implemented as part of a complex forming sequence

To be interpreted in terms of technical gestures, macrotraces must be compared to experimental or actualist reference works. In the case of the Pendimoun ceramic assemblage, the body of identified macrotraces could not be directly linked with an existing frame of reference. The interpretation of the series of observations made on pottery surfaces and sections was therefore based on theoretical classification of mechanical stress states associated with the different types of pressure applied to the clay material (Pierret, 2001; Roux, 2016 and 2019).

The networks of arciform or circular breaks and the bumpy surface topography (fig. 1) suggest that the ceramics were formed by juxtaposing circular modules, while the clay material was still very plastic. Each of these modules or "patches", the thickness and diameter of which can be easily measured, show striking regular diameters and thicknesses for the same vase, but also from one vase to another. The use of circular modules for building the vases' walls could echo the sequential slab technique described for instance in the Neolithic of the Levant (Vandiver, 1987) or of Central Europe (Kreiter *et al.*, 2017; Thér *et al.*, 2019). However, in Castellar – Pendimoun, the fact that these circular basic elements are also characterised by thin coils (fig. 3), the cross-sections of which are unusually invariably visible in both the radial and equatorial sections, implies a different and particularly complex *chaîne opératoire*, in which the forming of each basic element involves coiling. This hypothesis is reinforced by the occurrence in the vessels' tangential plan of a general circular organisation of porosity and non-plastic inclusions circumscribed to the arciform fracture networks, and of wound elongated elements (fig. 4). Altogether, these observations suggest that each of these circular modules or "patches" was initially formed by winding a thin coil in spiral, before being juxtaposed and fused to build the pottery walls.

The differences observed with regard to surface topography between the lower and the upper parts of

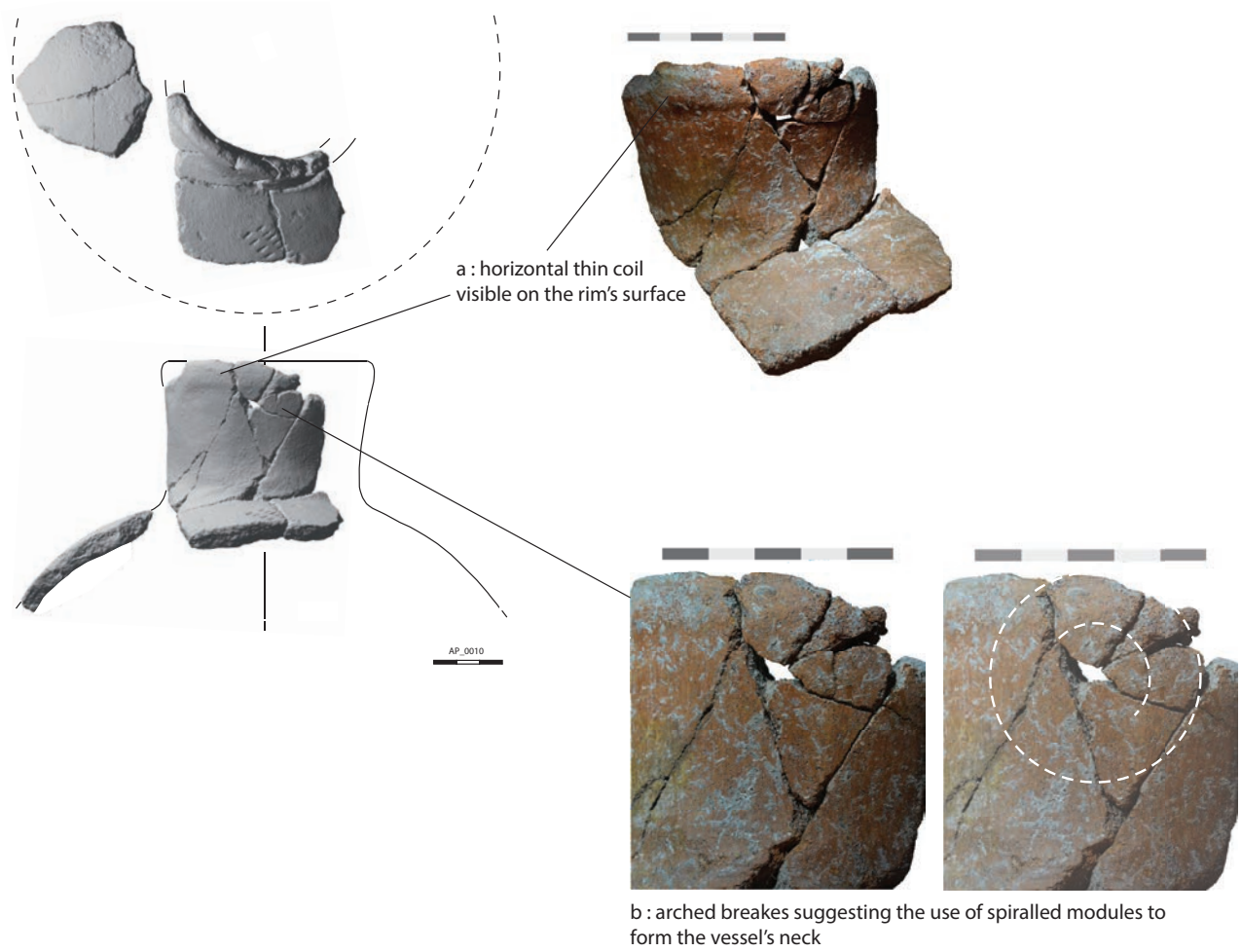


Fig. 6 – *Impresso-Cardial* collared pottery from Castellar – Pendimoun characterised by arciform fractures and circular convexities located on its neck (white dotted lines). The vessel's rim shows a horizontal undulation suggesting the application of a thin coil during forming.

Fig. 6 – *Poterie Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun caractérisée par une série de fractures arciformes et de convexités circulaires situées sur son col (lignes en pointillés blancs). Le bord de la poterie présente une ondulation horizontale suggérant l'application d'un colombin fin pour son façonnage.*

the complete vessels (fig. 2) imply distinct roughing-out processes. On the lower part of the vessels, convexities and digital imprints occur either on the inner or the outer surface, suggesting the application and merging of the spiralled modules against a concave support (when the uneven topography occurs on the inner surface while the outer surface is flatter) or against a convex support (when the uneven topography occurs on the external surface while the inner surface is flatter). In contrast, on the vessels' upper part, the uneven topography on both the inner and the outer surface indicates a sequential juxtaposition of spiralled modules that are here fused through discontinuous finger pressure, without any support. The occurrence of a midpoint horizontal fracture on most complete vessels (visible on vessels shown in fig. 1a, and 1b, fig. 2 and fig. 5) in line with the hypothesis of different processes of spiralled patches adjunction between the lower and upper parts, suggests a possible drying stage occurring between the forming of the two parts. This recurring line of fragility could be due to a difference in hygrometry between the lower part – which was formed at first and therefore slightly dried out, and the upper part – which was built at a later stage and therefore slightly more humid. This assumption is reinforced by differences observed between the lower and the upper parts in the decorative *chaîne opératoire*: most impressions are indeed located on the upper part of the vessels, *i.e.* the part that was probably the most humid at the end of forming and thus the one which had the most suitable consistency for the impressions to be visible, while these are mostly absent from the lower part that was probably dryer and consequently less appropriate for the application of decorations (Cassard, 2020; Cassard *et al.*, this volume). Moreover, the fact that this line of fracture is generally horizontal (and not undulated such as the lip of certain vessels whose rim was formed using only spiralled patches) suggests that the edge of the lower part may have been cut on in order to level it and make it plane prior to the adjunction of new spiralled patches for building the vessel's upper body.

The undulated shape characterising the lip of some ceramics (fig. 5) suggests the forming of the rim by juxtaposing spiralled patches in a horizontal row. Other vessels show a more even and flatter lip associated with horizontal undulation on the rim's outer and inner surfaces: for these, the use of a thin coils to form their rim can be assumed (fig. 6a). Strikingly, spiralled patches seem to also have been used to form the neck of collared pottery, as suggested by the presence of typical arciform fractures and circular convexities on this specific part of some vessels (fig. 6b).

Lastly, it is important to note that the identified macrotraces do not necessary appear on all vessels: while some fragments yield for instance only arciform breaks, others exhibit a circular shape or arciform lines of tension associated with circular convexities. Consequently, only the exhaustive examination of the pottery assemblage enabled us to cross-check the whole body of evidence and assume the implementation at Castellar – Pendimoun of this specific forming sequence using spiralled patches added according to different processes on the lower and upper parts of the vessels.

AN INTEGRATED APPROACH FOR CHARACTERISING NEW MARKERS OF SPT

Identified for the first time in the *Impresso-Cardial* layers of Castellar – Pendimoun on the basis of an atypical set of macrotraces, the "Spiralled Patched Technology" (SPT) had never been documented in any other archaeological nor contemporaneous context. It was therefore imperative to confirm the presence of SPT *via* a different scale of observation not relying solely on surface and section macrotrace evidence. To do this, we developed a multiscale protocol relying on the high-resolution reconstruction of pottery internal architecture, which entailed the analysis of both archaeological pottery and experimental samples formed in controlled conditions.

Experimental vessels

The setting up of an independent frame of reference for SPT first required the development of an experimental protocol adapted to our research question. The objective was to test the hypotheses formulated on the SPT forming sequence through macrotrace reading based on the theoretical classification of mechanical stress states linked to the different types of pressure applied on plastic clay material.

To do this, we built five experimental vessels and compared the macrotraces obtained on these controls to those identified on the Castellar – Pendimoun archaeological ceramics (fig 7). For this purpose, industrial clays of two distinct colours were used, as advocated by Valentine Roux (Roux, 2016), with the aim of observing the macrotraces formed on the surfaces and in section as a result of the different types of pressure applied while juxtaposing and merging the spiralled patches.

This experiment substantially refined our understanding of the entire SPT forming sequence. It notably raised questions regarding first, the management of drying phases so that the vessels do not to collapse under their own weight during forming; second, the modes of juxtaposition of the circular modules in order to obtain pottery walls without voids; and third, the type and intensity of pressure (with or without a support) needed to merge the spiralled patches and obtain a wall of roughly uniform thickness. While these questions remain partly open, they proved to be crucial in the cross-talk between experimental and archaeological material and facilitated significantly the interpretation of specific sets of macrotraces such as the differential topography between the lower and the upper parts of the vessels.

Exploring pottery internal structure in 2D: the microfabric approach

In a second step, a set of tangential thin sections was produced. A selection of three sherds, corresponding to spiralled patches given their circular shape and surface topography, were selected. The thin-sections were cut out of the core of these sherds and over their entire surface, in order to access their internal structure and carry out microfabric analysis.

For ceramics, the microfabric approach involves the examination of the plastic deformations and/or spatial reorganisation of the different structural units composing the clay materials (porous system, inclusions of different nature, matrix) as the result of specific technical actions applied to them. While this approach has so far been thoroughly applied in later contexts to distinguish between wheel thrown and wheel coiled ceramics (Courty and Roux, 1995; Roux and Courty, 1998; Thér and Toms, 2016), it has been used only to a limited extent for ceramics formed without kinetic rotational energy (Courty and Roux, 1995; Thér *et al.*, 2019; Derenne, *et al.*, 2020).

The thin-section analysis performed as part of the present research was conducted using optical and scanning electron microscopes and focused on the profile and organisation of the porous system and inclusions, discontinuities and voids. The thin-section presented in figure 8 shows different features in plane polarized light (PPL), in cross polarized light (XPL) and under SEM (BSE image). In PPL, a clear spiral-shaped discontinuity is visible at the centre of the sherd (fig. 8b, black dashed line). It seems to delineate the extremity of a coil at the starting point of a spiralled patch. In XPL, this central spiral-shaped discontinuity appears less visible, but alignments of small mineral inclusions are clearly apparent along its edges (fig. 8a). These alignments are a well-known diagnostic feature of perpendicular pressure applied on plastic earth while rolling it on a flat surface, *i.e.* coil forming (Roux, 2016). This observation is strengthened by the profile of the matrix, inclusion network, and by the larger minerals' major axis all showing a general circular organisation

1 : Formation of a spiralled patch by winding a thin coil

2 : Smootingh of the spiralled patch

3 : Juxtaposition of spiralled patches against a convex support to form the vessel's lower part

4 : Specific traces on the vessel's outer surface following gestures of juxtaposition and merging of spiralled patches against the convex support

5 : Inner surface of the vessel's lower part before smoothing

6 : After smoothing the lower part's inner surface and cuting it to level it, adjunction of the first spiralled patches to form the upper part

7 : Adjonction and merging of spiralled patches to form the vessel's upper part

8 : Adjonction of the last spiralled patch

9 : Adjonction and merging of a thin coil to form the rim of the complete vessel

Fig. 7 – Forming sequence of the experimental vessels built on the basis of the hypotheses formulated through macrotrace reading on the *Impresso-Cardial* assemblage from Castellar – Pendimoun. Industrial earths of two distinct colours were used in order to observe the traces formed in surface and in section as a result of the different types of pressure applied while juxtaposing and merging the spiralled patches.

Fig. 7 – *Séquence de façonnage des vases expérimentaux montés sur la base des hypothèses formulées grâce à la lecture des macrotraces sur l'assemblage Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun. Des terres industrielles de deux couleurs distinctes ont été utilisées afin d'observer les traces formées en surface et en section suite aux différents types de pression appliqués lors de la juxtaposition et de la fusion des patches spiralés.*

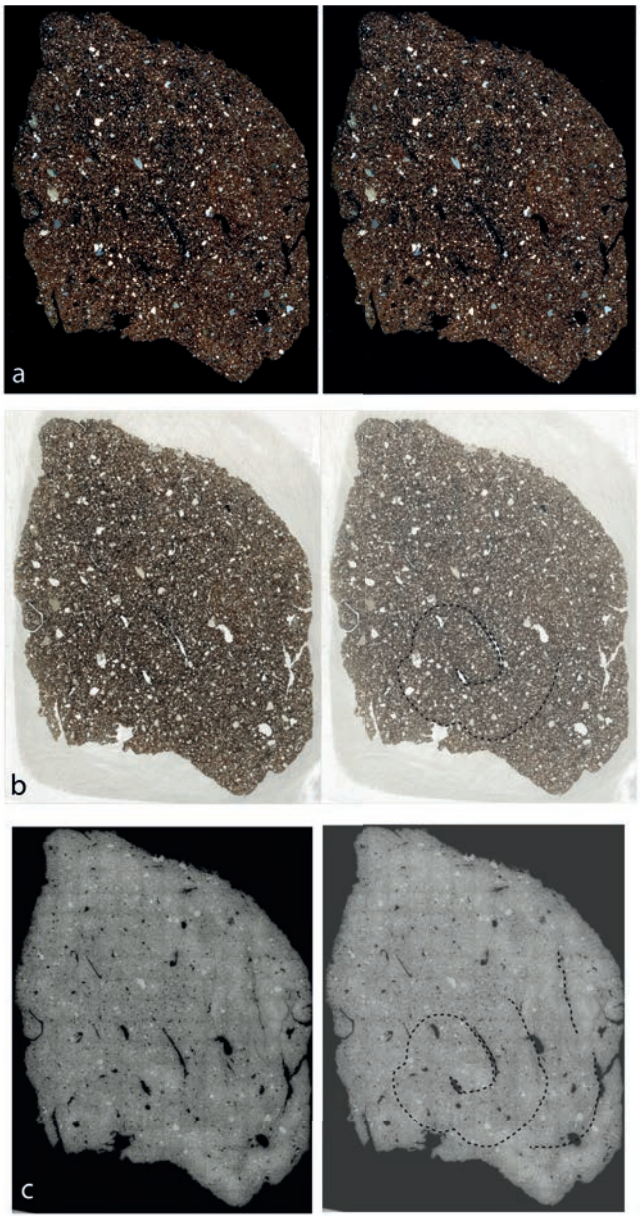


Fig. 8 – Thin-section from an *Impresso-Cardial* pottery of Castellar – Pendimoun in plane polarized light (PPL), in cross polarized light (XPL) and under SEM (BSE image).
Fig. 8 – *Lame mince issue d'une poterie Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun en lumière polarisée plane (PPL), en lumière polarisée croisée (XPL) et sous SEM (image BSE).*

consistent with the hypothesis of winding a coil to form the basic modules used in SPT. The general mapping of this same thin-section performed under SEM, which offers a unique view of the sherd's porous system, yields additional information. It shows very clear long voids and discontinuities (fig. 8c) in the exact same areas as the alignments of mineral inclusions visible under the optical microscope (fig. 8a) reinforcing the hypothesis of the use of a spiralled coil to form each patch.

The analysis of microfabrics in the tangential plane integrating different modes of observation offers a key entry point for assessing the internal structure of the Castellar - Pendimoun ceramic vessels. Providing crucial additional evidence for the use of spiralled modules as the basic elements used for pottery forming, this approach allows to track down the internal "spatial signatures" specific to SPT and link them to surface and section features.

MICRO-TOMOGRAPHY, A METHODOLOGICAL BREAKTHROUGH TO CHARACTERISE THE SPIRALLED PATCHWORK TECHNOLOGY INDEPENDENTLY OF MACROTRACE EVIDENCE

A third step in the validation of the macro- and mesoscopic observations lied in the acquisition of micro-tomographic datasets. Micro-computed tomography (µ-CT) offers a methodological breakthrough in the study of ancient pottery manufacture: non-destructive, it enables remarkable readability of the porous system and non-plastic inclusions contained in the clay in three dimensions, opening up multiple, unprecedented perspectives for the reconstruction of ancient pottery manufacturing processes.

The application of µ-CT on ancient pottery involves, however, inherent challenges due to the nature of the clay material itself, which is very heterogeneous chemically and mineralogically, has different degrees of alteration and, when subjected to high temperatures, different firing states. While several recent studies have shown the strong potential of tomography acquired at different scales of resolution (from medical CT to µ-CT) to visualise the internal structure of ancient pottery and to identify the nature of their inclusions (Kahl and Ramminger, 2012, Sanger *et al.*, 2012; Sanger, 2016 and 2017; Kulkova and Kulkov, 2015 and 2016; Gomart *et al.*, 2017; Neumannová *et al.*, 2017; Kozatsas *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2019; Nicolas, 2020), the use of this method for the characterization of manufacturing processes remains particularly challenging. Indeed, in order to assess the pottery manufacturing *chaîne opératoire*, it is necessary to access the internal architecture of large portions of vessels or whole vessels, which implies the acquisition of large volume samples and the processing of data on large regions of interest (ROI). Moreover, the inherent complexity of the ceramic material tends to yield extremely noisy datasets, which can be particularly difficult to interpret when visualising the reconstructed volumes.

Multi-scale µ-CT acquisition protocol

To overcome these challenges, our µ-CT analytical protocol followed several steps. First experimental briquettes formed out of sourced geomaterial were scanned in order to pin-point within the tomographic datasets the SPT internal "spatial signatures" already identified as part of the microfabric analysis (section "µ-CT data acquired from experimental briquettes and archaeological sherds"). Second, these spatial signatures were compared

to datasets acquired from archaeological sherds, first visually (section "µ-CT data acquired from experimental briquettes and archaeological sherds"), then using specific algorithms (section "Internal structure data quantification: first results and future challenges"). Third, vessels with a preserved profile were acquired and subjected to correlated analyses providing new insights into the SPT forming sequence (section "µ-CT data acquired from vessels with reconstructed profile").

µ-CT data acquired from experimental briquettes and archaeological sherds

The first step of the acquisition protocol aimed at characterising the basic elements defining SPT. To do this, we expanded our existing body of experimental vessels by forming eleven experimental briquettes corresponding to the SPT basic units, *i.e*. spiralled patches. Another batch of five experimental controls was then built using the coiling technique. This technique, that implies the superimposition and merging of clay rolls, predominates in European early Neolithic contexts (Bosquet *et al.*, 2005; Gomart, 2010 and 2014; Gomart, 2020, Van Dooselaere *et al.*, 2013 and 2016; Angeli and Fabbri, 2017; Colombo, 2017; Kreiter *et al.*, 2017; Neumannová *et al.*, 2017; Thér *et al.* 2019). The clay materials sourced and sampled as part of the petrographic analysis carried out on the Castellar – Pendimoun ceramic assemblage (Gabriele *et al.*, this volume; Lardeaux *et al.*, this volume) were used to form these experimental controls. The first series of experimental briquettes was made by winding and then smoothing a 9 mm thick coil, so as to obtain a circular slab about 5 cm in diameter and 8 mm thick, corresponding to a basic SPT module (spiralled patch). The second series of experimental briquettes was formed by superimposing approximately 9 mm thick coils (a diameter frequently observed on pottery vessels in the European Neolithic), which were then merged and smoothed to obtain a square piece of approximately 7 cm on each side and 8 mm thick.

The objective here was to understand the fine structure of the SPT pottery internal architecture by examining the behaviour of the different types of geomaterials under different types of pressure applied during forming and, thereby, track the typical spatial signatures of SPT in the tomographic datasets of both experimental controls and archaeological sherds. To do this, a series of eight archaeological sherds showing characteristic macrotraces (surface topography, fractures, discontinuities, spatial organisation of the pores and inclusions) corresponding to SPT basic elements (spiralled patches) was subjected to µ-CT. A second series of seven non-diagnostic archaeological sherds, *i.e.* not showing any specific macrotrace, was then acquired.

Experimental briquettes and archaeological sherds, whose maximum size is limited to twelve centimetres were scanned using a SkyScan-1178 X-ray micro-computed tomography system (Bruker) with a beam energy of 60kV, a 0.5 mm thick aluminium filter, 0.9° rotation step and a resolution of 104 µm. Data were visualized and processed using the free image-processing package Fiji (https://fiji.sc), and then segmented using the Amira software (FEI). Semi-automated and automated thresholding was used to segment the porous system and mineral inclusions. The same experimental briquettes and archaeological sherds were scanned on the Metrology beamline of the Synchrotron Soleil with a 7 µm voxel edge, using the very-high definition (30Mpx) x-ray camera developed at IPANEMA in half horizontal collection mode. With the high brilliance of the source available at the Synchrotron, the white-beam mode with filtering was used, hence obtaining a pink-beam, and large horizontal slit aperture.

On both experimental and archaeological samples, the morphology, density and organisation of the porosity and mineral inclusions revealed alignments of pores and inclusions trapped in the different assembled elements, as well as discontinuities corresponding to the junctions between these same elements. The µ-CT data obtained on the two sets of experimental controls show that their internal structure is characterised by radically different patterns (fig. 9). The series of experimental briquettes formed by winding a coil in spiral shows alignments of pores organised in a generally circular pattern (at left on fig. 9), consistent with the microfabric evidence presented in section "Exploring pottery internal structure in 2D: the microfabric approach". In contrast, the set of briquettes built by superimposing thin coils shows a porous system composed of elongated voids with a clear horizontal orientation (at right on fig. 9).

The µ-CT data obtained from the *Impresso-Cardial* sherds of Castellar – Pendimoun yielded valuable evidence to support the hypothesis of the use of juxtaposed spiralled patches. The fragment shown in figure 10, made from a granitic clay material, was selected for µ-CT scanning because of its diagnostic macrotraces, *i.e.* desquamated outer surface revealing a circular organisation of the clay particles and an arched discontinuity suggesting

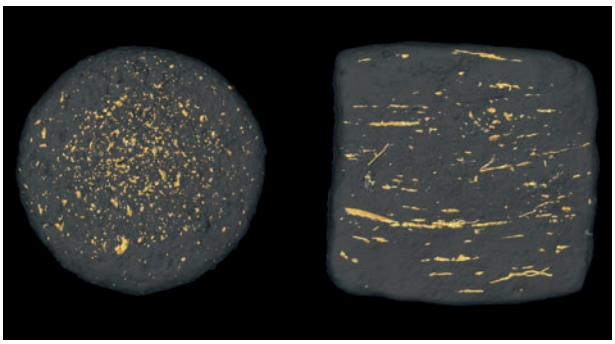


Fig. 9 – Segmented surface (grey) and pores (yellow) of a spiralled experimental control (left) and an experimental control formed using thin superimposed coils (right) acquired by µ-CT. Their internal structures are characterised by radically different patterns. After Gomart *et al.*, 2017.

Fig. 9 – *Segmentation de la surface (gris) et des pores (jaune) d'une briquette expérimentale spiralée (gauche) et d'une briquette expérimentale façonnée par superposition de colombins fins (droite) acquises par µ-CT. Leur structure interne est caractérisée par des géométries radicalement différentes. D'après Gomart* et al.*, 2017.*

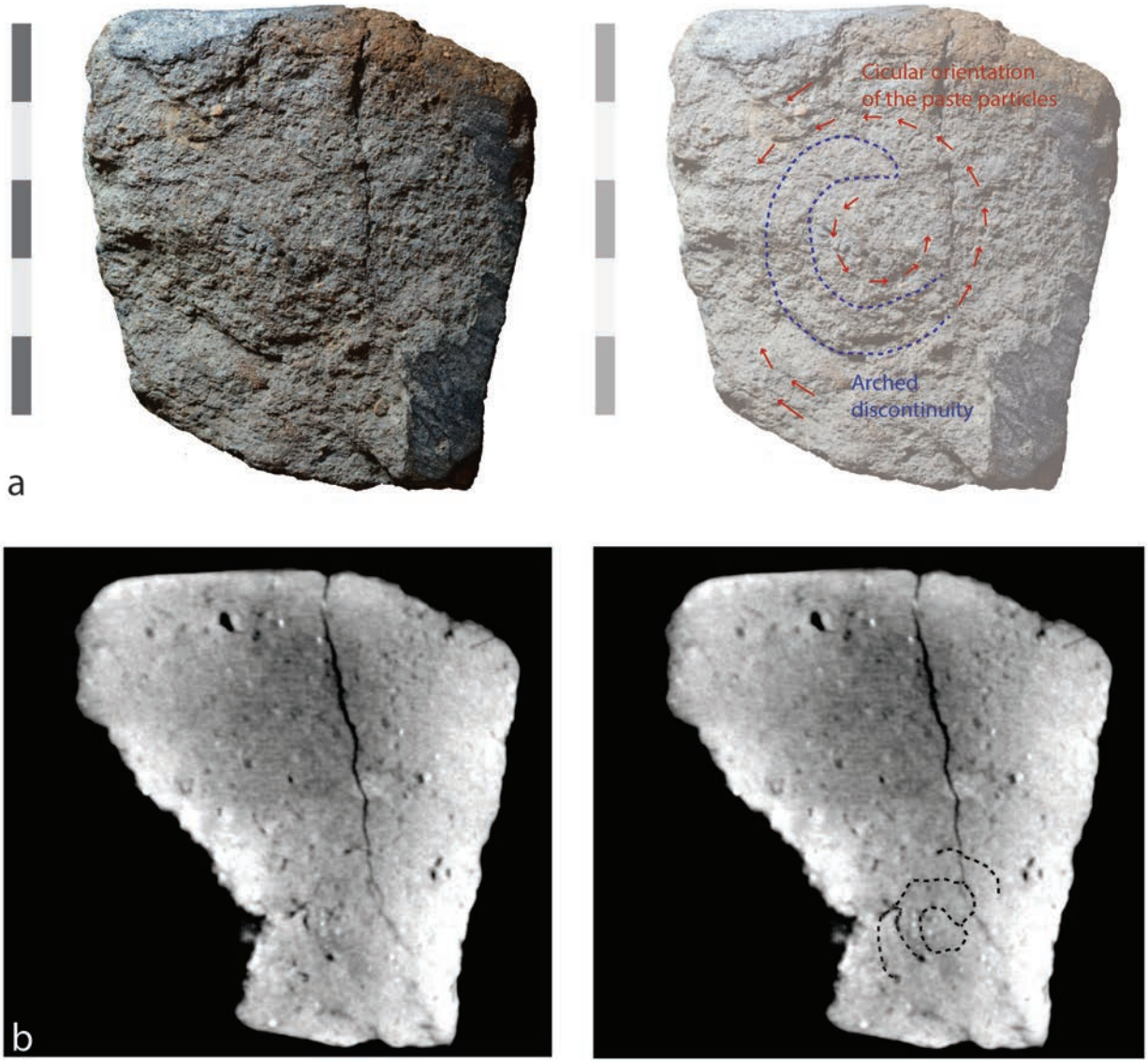


Fig. 10 – Pottery fragment from Castellar – Pendimoun selected for µ-CT scanning because of its diagnostic macrotraces (*i.e.* desquamated external surface revealing a circular organisation of the clay particles and an arched discontinuity suggesting the presence of a wound coil). The central virtual slice (tangential plan) stemming from this sherd µ-CT acquisition displays an equivalent pattern (*i.e.* arched discontinuities) that is not positioned in the same area as that visible in macroscopic analysis.

Fig. 10 – *Fragment de poterie de Castellar – Pendimoun sélectionné pour l'analyse µ-CT en raison de ses macrotraces diagnostiques (i.e. surface externe desquamée révélant une organisation circulaire des inclusions et discontinuité arciforme suggérant la présence d'un colombin enroulé). La coupe virtuelle centrale (plan tangentiel) issue de l'acquisition µ-CT de ce même tesson présente une configuration équivalente (discontinuité arciforme) qui n'est cependant pas localisée dans la même zone que celle visible en analyse macroscopique.*

the presence of a wound coil (fig. 10a, blue dashed line). The central virtual slice (tangential plan) stemming from this sherd µ-CT data displays an equivalent pattern, *i.e.* arched discontinuities underlining the possible centre of a spiralled coil (fig. 10b, black dashed line). This specific pattern is, however, not positioned in the same area as that visible in macroscopic analysis. Here, two different spiralled patches, that were probably juxtaposed onto each other, exhibit the same type of configurations but these are identified using two distinct analytical methods. The µ-CT evidence in the core of the sherd mirrors the macroscopic evidence near the surface, thus enriching and validating the interpretations based on surface and section features.

Figure 11 shows a 3D reconstruction of the mineral inclusions (in red) contained in a sherd characterised by a granitic clay material, that was not showing specific diagnostic macrotraces except slightly arched fractures. The spatial organisation of these inclusions shows a generally circular pattern, consistent with the macroscopic and microfabric data. Within this network of inclusions, arched empty boundaries (green dashed lines) are also apparent and underline the points of contact of the coils that are wound to form the spiralled patches used during building. These arched empty interfaces are consistent with the macrotraces observed on other sherd's surfaces, *i.e.* tangential arched lines and breaks (such as those observed on fig. 4 and

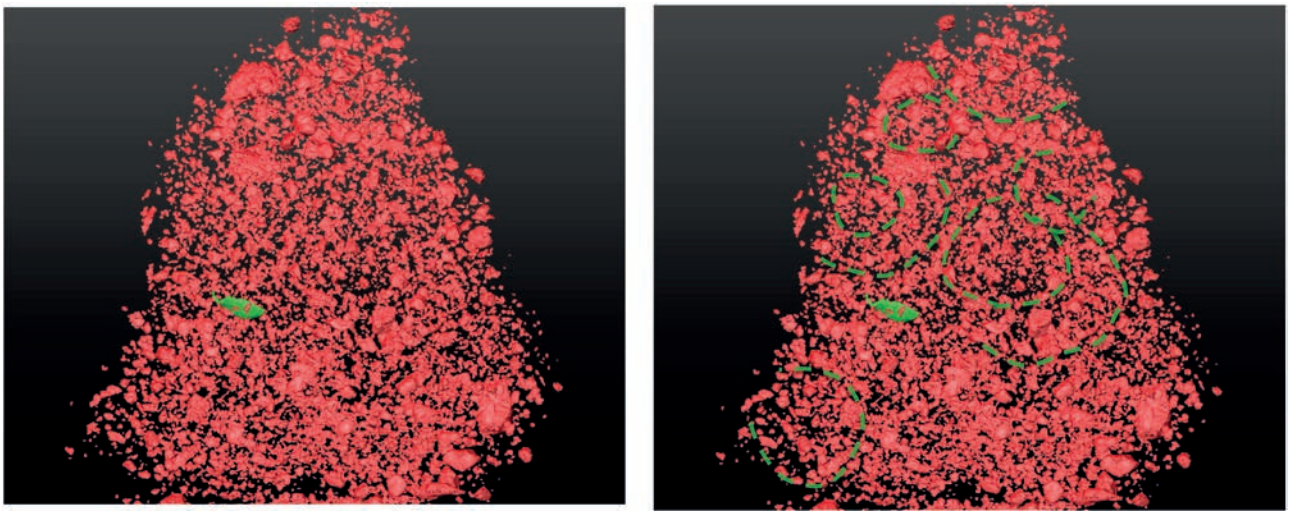


Fig. 11 – 3-D reconstruction of the mineral inclusions contained in a pottery sherd from Castellar – Pendimoun acquired by µ-CT. The spatial organisation of these inclusions shows a generally circular pattern, as well as arched empty boundaries (dotted green lines) which underline the points of contact of the spiralled coils used during forming.

Fig. 11 – *Reconstruction 3-D des inclusions minérales contenues dans un tesson de Castellar – Pendimoun acquis par µ-CT. L'organisation spatiale de ces inclusions est généralement circulaire. Le tesson présente en outre des « effets de paroi » arciformes (lignes vertes pointillées) qui soulignent les points de contact des colombins enroulés en spirale lors du façonnage.*

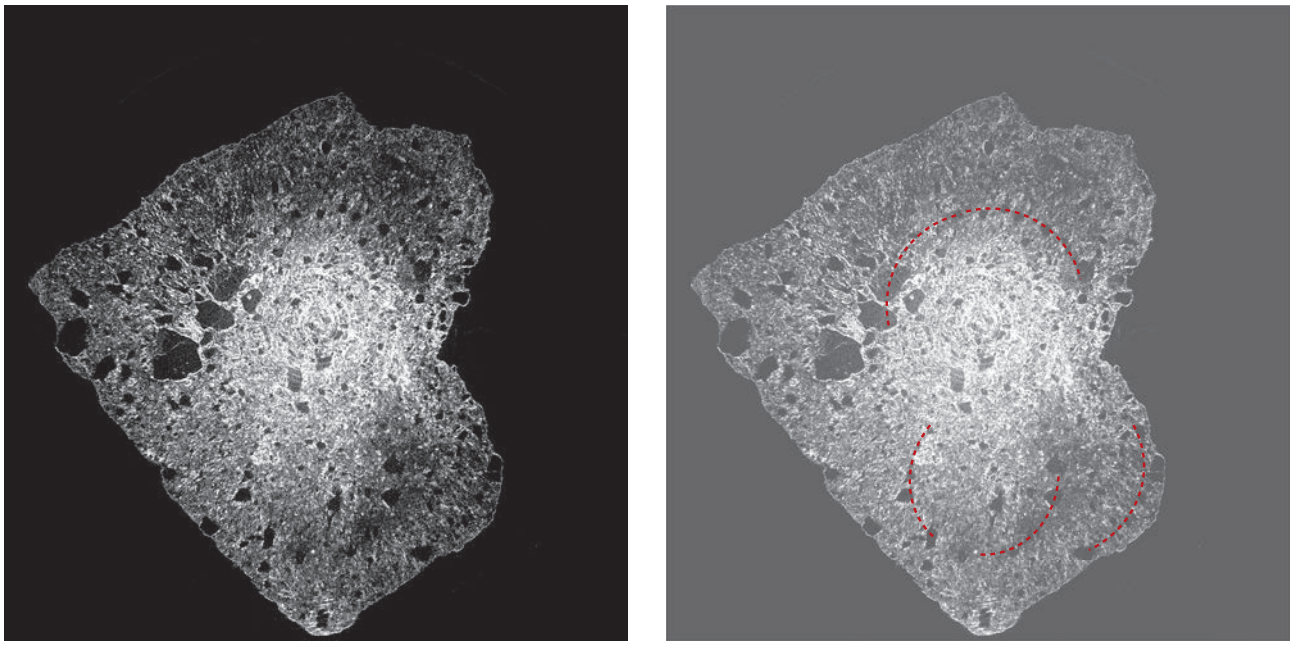


Fig. 12 – Virtual slice (tangential plan) from the core of a pottery sherd from Castellar – Pendimoun acquired by high-resolution µ-CT. Despite the slight artefacts visible on the image (white circles) due to data acquisition and reconstruction, this sherd shows a series of arched alignments of crystalline elements and glauconites (dotted red lines) possibly underlining two distinct overlapping SPT modules.

Fig. 12 – *Coupe virtuelle (plan tangentiel) du centre d'un tesson de Castellar – Pendimoun acquis par µ-CT à haute résolution. Malgré les artefacts visibles sur l'image (cercles blancs) dus à l'acquisition et à la reconstruction des données, ce tesson montre une série d'alignements arciformes d'éléments cristallins et de glauconites (lignes rouges pointillées) décrivant probablement deux modules SPT distincts et juxtaposés.*

fig. 10). Another type of configuration could be identified in the high-resolution µ-CT datasets acquired at the Synchrotron Soleil. Figure 12 shows a virtual slice (tangential plan) stemming from the core of a sherd, made from a mixture of granitic and glauconitic clay materials, that was not showing diagnostic macrotraces. Despite the slight artefacts visible on the image (white circles) due to the data µ-CT acquisition and reconstruction, this sherd is strikingly characterised by a series of arched alignments of crystalline elements and glauconites (red dotted lines) possibly underlining two distinct overlapping SPT modules. These mineral inclusions trapped within the coils used to form these two juxtaposed spiralled patches, mirror the alignments identified as part of the microfabric analysis (fig. 8a).

Ultimately, µ-CT analyses carried out on experimental briquettes and archaeological sherds with and without diagnostic macrotraces revealed an array of specific markers for SPT differing from those identified through surface and section macroscopic reading. These new markers, which confirm the spiralled structure of the circular modules used to form the *Impresso-Cardial* vessels at Castellar – Pendimoun, form a crucial independent body of evidence for this previously undocumented forming sequence.

Internal structure data quantification: first results and future challenges

In order to fully exploit the potential of µ-CT for the study of SPT, a quantitative analysis of the acquired data is required. To do this, a mathematical signal processing protocol adapted to properties of ancient ceramics was developed (Coli *et al.*, 2021). This protocol is based on the Hough transform, an algorithm for pattern recognition, such as lines, representing each detected contour point in a two-dimensional parameter space and thus allowing the identification of the main alignments of points in the µ-CT 3D datasets. In order to overcome the complexity introduced by the diversity of clay materials characterising the Castellar - Pendimoun pottery assemblage (defined by mineral inclusions of different nature and shapes) and to move away from the µ-CT images' visual observations mostly based on the spatial distribution of mineral inclusions, this quantitative analysis focused on the samples' pore system.

This analytical protocol enabled to effectively discriminate the pore systems associated with the coiling technique on the one hand and SPT on the other hand, by comparing the scalar product distributions between the directions of the recovered lines and detect intersection points (fig. 13). The lines defining the coiling technique in experimental briquettes and an archaeological sherd from

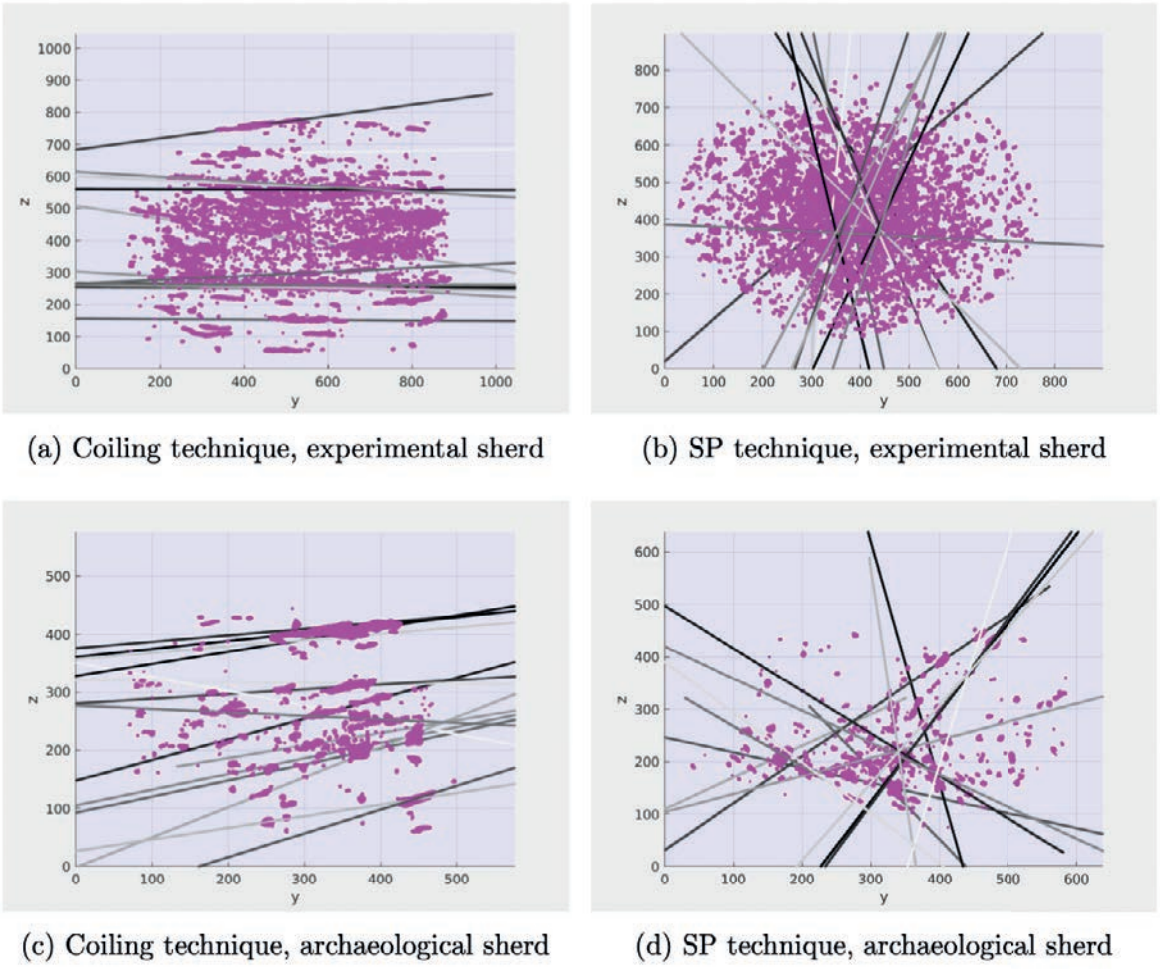


Fig. 13 – Automatic discrimination of the pore systems (represented in magenta) associated with the coiling technique and SPT on experimental briquettes and archaeological sherds acquired by µ-CT, using the Hough transform. The lines defining the coiling technique exhibit mostly the same horizontal direction, while the lines characterising SPT tend to intersect. After Coli *et al.*, 2021.

Fig. 13 – *Discrimination automatique des systèmes poreux (représentés en magenta) associés à la technique du colombin et à SPT sur briquettes expérimentales et tessons archéologiques acquis par µ-CT, grâce à de la transformée de Hough. Les lignes définissant la technique du colombin présentent principalement la même direction horizontale, tandis que les lignes caractérisant la SPT ont tendance à se croiser. D'après Coli* et al.*, 2021.*

a later Neolithic context (Saint-Raphaël – La Cabre, Late Chassey culture: (Binder *et al.*, 2012) exhibit mostly the same horizontal direction (fig. 13a and fig. 13c), while the lines characterising SPT in both experimental and archaeological samples tend to intersect (fig. 13b and fig. 13d). Analysing these different samples *via* the detection of the same geometric shape, a line, allowed to overcome the diversity of the configurations observed on the archaeological sherds (lines, general organisation of the paste particles, as well as alignments and empty boundaries) and to corroborate in an unbiased manner the macrotrace analysis of the archaeological fragments on the one hand, and the visual examination of their µ-CT images on the other hand.

Based on the results of the Hough transform, preliminary tests involving Machine Learning methods were carried out to analyse and classify µ-CT images. Feature based approach (using the Hough transform) with Support Vector Machine (SVM), as well as data driven model with Convolutional Neutral Network (CNN) proved to be particularly efficient to analyse and classify the different images, and automatically differentiate the coiling technique from SPT (Dia *et al.*, 2021).

µ-CT data acquired from vessels with reconstructed profile

After qualitatively and quantitatively characterising the structure of the SPT basic elements, a series of ceramics with a reconstructed profile were subjected to µ-CT. The main question here pertained the modalities of assembling the spiralled patches during pottery building. To acquire complete (and almost complete) ceramics, a device with a large multi-axis manipulator allowing the acquisition of larger objects was required. A first test was conducted on one pottery from Castellar - Pendimoun using a medical CT scanner with a resolution of 600 µm at the imaging facility of the Pasteur University Hospital in Nice, France[(1)]. A series of ten ceramics were then acquired using the V|tome|x L 240 device (GE Sensing & Inspection Technologies Phoenix X-ray) of the AST-RX platform at the Museum of Natural History (MNHN) in Paris, with a beam energy of 165 kV and flux of 270 µA, a 360° rotation with a 0.12° rotation step and a higher resolution of 91 µm.

The tomographic acquisition from the Pasteur Hospital in Nice on one pottery made from a granitic clay material showed faint features in the tangential plan, *i.e.* arched lines underlining the contours of circular overlapping elements possibly corresponding to the edges of SPT modules (fig. 14a and fig. 14b). The resolution of the obtained images was nevertheless too low to visualise the exact structure of these elements. The µ-CT analyses performed on the AST-RX platform of the MNHN with higher resolution on the same vessel (fig. 14c and fig. 14d) and nine others provided highly informative images and offered new insights into the complete *chaîne opératoire* related to SPT forming. The 3D reconstruction of the mineral inclusions and the pore system of vase shown in figure 14 provides a complex image,

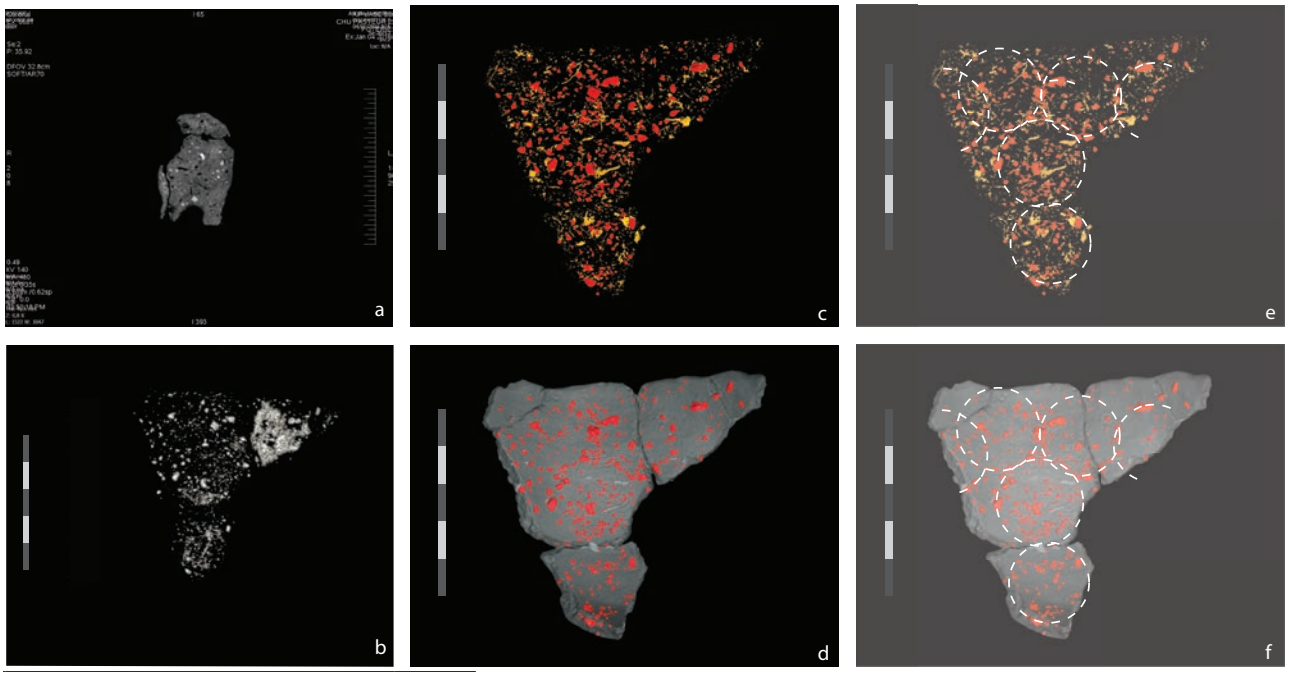


Fig. 14 – Acquisition µ-CT of an Impresso-Cardial vessel from Castellar – Pendimoun at different levels of resolution; a, b: medical µ-CT (Hôpital Pasteur Nice, resolution 600 µm); c, d, e, f: AST-RX (MNHN) industrial µ-CT (resolution 81 µm). Grey: vessel's surface; yellow: pores; red: inclusions. After Gomart *et al.*, 2017.

Fig. 14 – *Acquisition µ-CT d'un vase Impresso-Cardial de* Castellar – Pendimoun *à différents niveaux de résolution ; a, b : µ-CT médical (Hôpital Pasteur Nice, résolution 600 µm) ; c, d, e, f : µ-CT industriel, AST-RX (MNHN, résolution 81 µm). En gris : surface du vase ; en jaune : pores ; en rouge : inclusions. D'après Gomart* et al., *2017.*

within which circular modules can be identified due to the presence of empty boundaries outlining them, as well as alignments of mineral and pores (fig. 14c and fig. 14e). For this ceramic, the inclusions, and particularly the largest inclusions which are less prone to move during surface regularisation, were automatically selected during segmentation using the islands filter with a threshold of 50 voxels (fig. 14d). These appeared to be the best indicators of the localisation of the SPT modules on the vessel's profile, as underlined by circular and arched alignments of minerals about 4.3 cm in diameter corresponding to the edges of spiralled patches (fig. 14f). The spatial distribution of these patches on the vessel's body suggests they were juxtaposed in horizontal rows and staggered to avoid the formation of gaps during building.

Lastly, to establish a precise link between the surface features and the internal structure of complete vessels, a ceramic formed with glauconitic clay material was subjected to a correlative analysis associating micro-topographic analysis and µ-CT scanning (fig. 15). Surface topography was rendered by scanning in 3D the pottery surface using the Artec Spider device and conducting a planarity analysis on the Artec Studio software (https://www.artec3d.com). The largest inclusions contained in this same vessel were then automatically selected during µ-CT data segmentation using the islands filter. The data obtained from both analytical methods were then aligned and projected on the same image (fig. 15b) revealing on the one hand circular alignments of glauconites (figured in blue) underlining the edges and, in some cases, the internal structure of spiralled patches and distributed in horizontal rows (fig. 15d); and on the other hand a striking correspondence between the external surface topography and the localisation of some of the identified patches. Each convexity identified through the planarity analysis (figured in red) appeared indeed to match an underlying circular alignment of glauconites (fig. 15c).

The µ-CT datasets stemming from vessels with a preserved profile provided valuable information on the complete SPT operational sequence revealing the exact modalities of patches' juxtaposition in horizontal rows, an information that was not attainable on the basis of the macroscopic examination of pottery surfaces and sections. In addition, µ-CT carried out on vessels with a preserved profile significantly enriched the SPT body of evidence by allowing to establish a direct link between surface features (convexities) and the corresponding wall internal structure (alignments of mineral inclusions organised in spiralled patterns).

DISCUSSION AND CONCLUSION

The macro- and mesoscopic examination of surface and section features, the microfabric analysis and the multiscale µ-CT analyses carried out on the *Impressa* ceramic assemblage from the Pendimoun rockshelter revealed a forming sequence that had, until recently, no equivalent in any other archaeological context (Gomart *et al.*, 2017) and that has been, since then, uncovered in several early Neolithic contexts in the Mediterranean (Panelli, 2019; Caro, 2020; Cámara Manzaneda *et al.,* 2021; Gomart, Binder, Gabriele *et al.*, this volume). As part of this operational sequence we termed "Spiralled Patchwork Technology", the producers formed circular modules around 4.5 cm in diameter and 9 cm thick by winding a coil in a spiral, which they then juxtaposed and merged in a sequential pattern to build the walls of their pottery. A striking aspect of this *chaîne opératoire* lies in the uniformity of the gestures implemented, regardless of the raw material used, the shape, the format or the decorative style of the vessels. All the vases analysed, without exception, whether made from local materials (glauconitic clay materials) or from more distant ones (granitic clay materials), are characterised by a unique array of macro- and microstructures indicating a same sequence of technical actions, as well as specific dimensions: in spite of the diversity of pottery shapes and formats in the *Impressa* layers of Castellar - Pendimoun on the one hand, and of the disparities in the adhesive properties of the clay materials used on the other hand, the spiralled modules are all virtually defined by equivalent diameters (around 4.5 cm), as if they had been calibrated by the producers. This uniformity finds a surprising echo in other contexts in which SPT has recently been identified (*ibid*): roughly the same patch diameters were identified at all the other sites, despite their geographical distance (from Calabria to the Iberian Peninsula), or their attribution to a different temporal stage of the Neolithic (from Archaic *Impressa* to Epicardial).

The development of an integrated 2D and 3D analytical protocol as part of the CIMO and ToMat projects to detect and characterise SPT revealed an array of diagnostic features for SPT, supporting and significantly enriching the macro- and mesoscopic reading in surface and in cross-section. Lastly, microfabric and µ-CT investigations provide additional markers of SPT (empty boundaries, alignments of mineral inclusions or pores), consistent with those identified through the macro- and mesoscopic examination of pottery surfaces and sections (*e.g.* breaks, discontinuities, general organisation of the paste in section or in the tangential plan). In this respect, the analysis of microfabrics and the multiscale µ-CT analytical protocol applied to the Castellar – Pendimoun assemblage provide an integrated framework for SPT acting as a pivotal milestone for the demonstration of this technique's implementation in Early Neolithic contexts.

This multi-scale approach, which can be applied more widely to ancient pottery productions, represents a significant methodological breakthrough for the restitution of ancient ceramic traditions, provided that the different analytical methods are used appropriately. In this study, it has been shown that microfabric characterisation and µ-CT should be applied in parallel to both petrographic analyses – allowing for the characterisation of the raw materials used, as these react differently to the plastic deformations caused by the technical actions – and

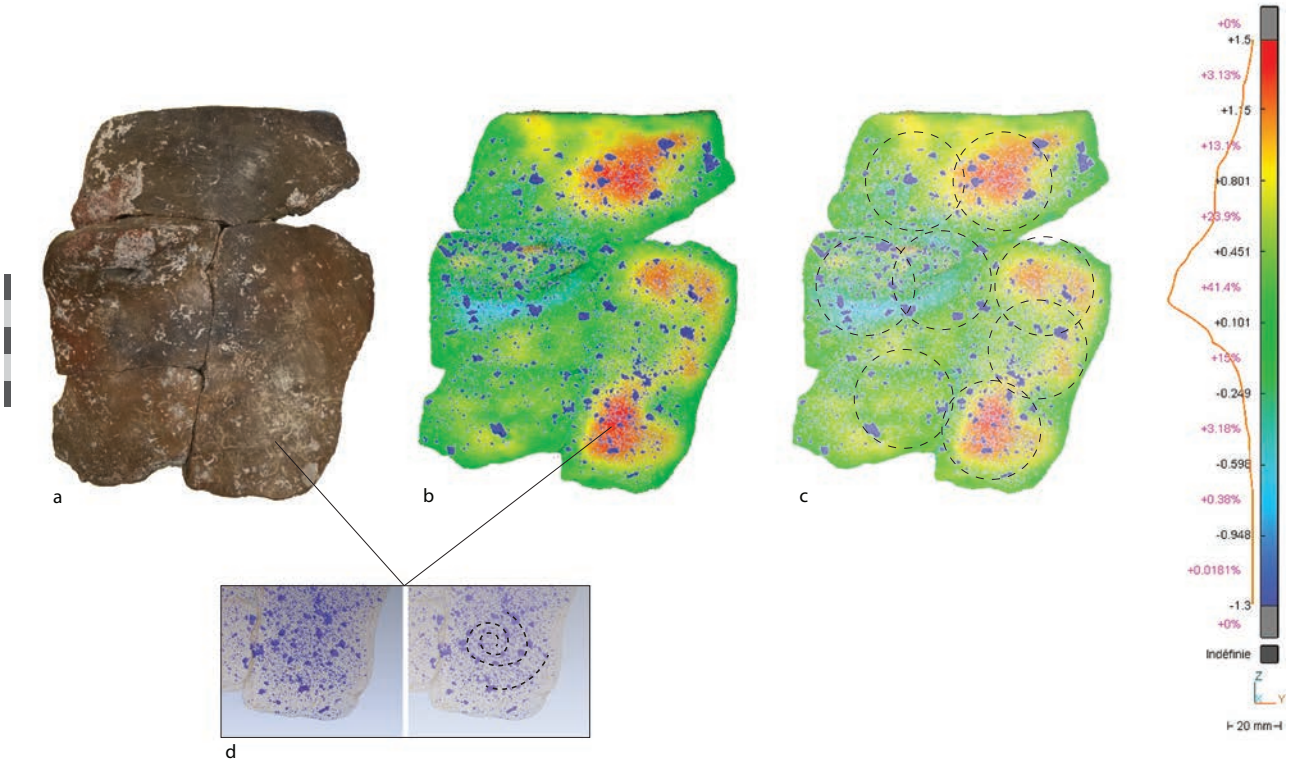


Fig. 15 – *Impresso-Cardial* vessel from Castellar – Pendimoun subjected to correlative analysis, associating micro-topographic surface analysis and µ-CT. The data obtained from both analytical methods are aligned and projected onto the same image revealing a striking correspondence between the outer surface topography and the localisation of some of the identified patches in the vessel's internal structure on the basis of inclusion reconstruction. Blue: inclusions reconstructed from µ-CT acquisition. The represented surface colour varies according to topographical variations (see colour scale on the right). The red areas correspond to a higher topographical level, *i.e.* convexities.

Fig. 15 – *Vase Impresso-Cardial de Castellar – Pendimoun soumis à une analyse corrélative, associant analyse de surface micro-topographique et µ-CT. Les données obtenues via les deux méthodes d'analyse sont alignées et projetées sur la même image, révélant une correspondance entre la topographie de la surface externe et la localisation de certains des patchs identifiés dans la structure interne du vase sur la base de la reconstruction des inclusions. Bleu : inclusions reconstruites à partir de l'acquisition µ-CT. La couleur de la surface représentée varie en fonction des variations topographiques (voir échelle de couleurs à droite). Les zones rouges correspondent à un niveau topographique plus élevé, c'est-à-dire à des convexités.*

exhaustive macro- and mesoscopic analyses of the assemblages, in order to characterise their technical variability. Moreover, the µ-CT analyses should ideally be conducted on a large number of samples of different nature (sherds and complete vessels) so as to obtain different converging information for characterising technical actions beyond the macro- and mesoscopic evidence on the whole forming sequence. These results have to be articulated with an experimental protocol using sourced geomaterials to establish a direct link between the mode of action and the spatial organisation of the clay material components (Roux, 2016 and 2019). Lastly, in order to exploit these frames of reference in an unbiased manner, it is crucial to go beyond the sole qualitative visualisation towards quantitative analysis. In this regard, analyses using artificial intelligence (AI), which form the core of the ongoing Arch-AI-Story[(2)] research project, represent one of the future challenges for modelling and interpreting the remarkably noisy datasets stemming from pottery µ-CT analyses. Fundamentally, given the significant reference framework built in this study on the basis of a multi-scalar and integrated analytical protocol, SPT can now be reliably identified on other ceramic assemblages based on macrotraces and mesostructures.

Acknowledgments

Louise Gomart wrote the paper and carried out the analyses on pottery forming. Vanna Lisa Coli, Laure Blanc-Féraud and Juliette Leblond carried out the mathematical analyses on the µ-CT data together with Didier Binder, Louise Gomart and Serge Cohen. Marzia Gabriele and Louise Gomart performed the microfabric analyses. Laura Cassard and Sabine Sorin acquired the 3D surface data on the pottery assemblage. Sabine Sorin acquired the topographic data on the pottery assemblage. François Orange acquired the SEM images in collaboration with Marzia Gabriele and Louise Gomart. Serge Cohen acquired the µ-CT data from the metrology beamline at Synchrotron Soleil in collaboration with Louise Gomart, Didier Binder and Marzia Gabriele. Didier F. Pisani acquired the µ-CT data at the Insti-

tut de Biologie Valrose in Nice. All the authors read and commented on the manuscript. This research was conducted as part of the following projects: CIMO "Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale : recherches interdisciplinaires sur le Néolithique ancien" (ANR-14-CE31-009, direction D. Binder) ; ToMaT "Tomographie Multi-scalaire : Imagerie et Modélisation des Matériaux, Traditions Techniques et Transferts", IDEX JEDI project (direction D. Binder), Université Côte d'Azur ; and "Early Neolithic Patched Ceramics", (direction Louise Gomart and Serge Cohen) a project carried out in Synchrotron Soleil with the collaboration of USR IPANEMA. The micro-tomographic acquisitions were carried out using the AST-RX platform ("Acquisition et Analyse des Données pour l'Histoire naturelle") at the *Muséum national d'histoire naturelle* in Paris, at the Institut de Biologie Valrose (UCA) in Nice, and the Metrology beamline at the Synchrotron Soleil in Saint Aubin. We would like to thank Léa Drieu and Alain Burr who participated in the µ-CT acquisitions at the Synchrotron Soleil, Patricia Wils and Marta Bellato for welcoming us at the AST-RX platform, and Prof. Bernard Padovani at the Hôpital Pasteur (Nice) for welcoming us in the radiology unit and for running a CT test on a pottery vessel from Castellar – Pendimoun. The CCMA electron microscopy equipment has been funded by the Région Sud – Provence-Alpes-Côte d'Azur, the Conseil Départemental des Alpes Maritimes, and the GIS-IBiSA.

Notes

(1) This µ-CT acquisition was carried out in collaboration with Prof. B. Padovani, radiologist at the Pasteur University Hospital, Nice, France.
(2) Arch-AI-Story (I. Théry-Parisot dir., UCA, CEPAM).

REFERENCES

ANGELI L., FABBRI C. (2017) – Matières premières et technologie : l'exemple de la Céramique Imprimée à Colle Santo Stefano (Italie), in L. Burnez-Lanotte (ed.), *Workshop « Matières à Penser »: Raw Materials Acquisition and Processing in Early Neolithic Pottery Productions*, proceedings of the international conference (Namur, 29-30 May 2015), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 11), p. 93-108.

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., HELMER D., MARINVAL P., THIEBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes). Nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire*, 35, 1, p. 177-251.

BINDER D., LEA V., LEPÈRE C. (2012) – L'établissement de plein-air des Figuiers de la Cabre (Var), un hot-spot de la Préhistoire méditerranéenne (annexe 5), in *Projet collectif de recherche ETICALP : Evolutions, transferts, Interculturalités dans l'arc liguro-provençal : Matières premières, productions, usages, du Paléolithique supérieur à l'âge du Bronze ancien*, Service régional de l'Archéologie Provence-Alpes-Côte d'Azur, Nice, p. 39-82.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I. M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BRANDAGLIA M., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., MARINVAL P., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017) – Modelling the Earliest North-Western Dispersal of Mediterranean Impressed Wares: New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta Praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. É., ALAIN C., CUCCHI T., CLAIRE D., DE STEFANIS C., DRIEU L., EVIN A., FLINK L. G., GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIEBAULT S. (2020) – First Farming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar-Pendimoun during the Sixth Millennium BCE., in K. Gron, L. Sørensen and P. Rowley-Conwy (eds.), Farmers at the Frontier. A Pan-European Perspective on Neolithisation, Oxford and Philadelphia, Oxbow, p. 145-159.

BINDER D., MAGGI R. (2001) – Le Néolithique ancien de l'arc liguro-provençal, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98, 3, p. 411-422.

BINDER D., SÉNÉPART I. (2010) – La séquence de l'Impresso-cardial de l'abri Pendimoun et l'évolution des assemblages céramiques en Provence, , in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, proceedings of the international conference (Toulouse, 11-12 May 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 149-167.

BOSQUET D., LIVINGSTONE-SMITH A., FOCK H. (2005) – La chaîne opératoire de la céramique rubanée : première tentative de reconstitution, in A. Livingstone-Smith, D. Bosquet and R. Martineau (eds.), *Pottery Manufacturing Processes: Reconstitution and Interpretation*, proceedings of the 14th IUPPS Congress (Liège, 2-8 September 2001), Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1349), p. 103-114.

CÁMARA MANZANEDA J., CLOP GARCÍA X., GARCÍA ROSSELLÓ J., CAMALICH MASSIEU M. D., MARTIN-SOCAS D. (2021) – Manufacturing Traces and Pot-Forming Processes during the Early Neolithic at Cueva de El Toro (Málaga, Spain, 5280–4780 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 37, p. 102936.

CARO J. (2020) – Productions céramiques et dynamiques des sociétés au Ve millénaire avant notre ère : la transition du Néolithique ancien au Néolithique moyen dans le bassin Nord-occidental de la Méditerranée, doctoral thesis, université Toulouse 2 – Jean Jaurès, 595 p.

CASSARD L. (2020) – *Systèmes de production céramique des premiers paysans du domaine liguro-provençal (VIème millénaire BCE) : traditions techniques des décors*, doctoral thesis, université Côte d'Azur, Nizza, 1354 p.

COLI V. L., GOMART L., PISANI D. F., COHEN S., BLANC-FÉRAUD L., LEBLOND J., BINDER D. (2021) – Micro-computed Tomography for Discriminating Between Different Forming Techniques in Ancient Pottery: New Segmentation Method and Pore Distribution Recognition, *Archaeometry*, p. 1-16.

COLOMBO M. (2017) – Il complesso del villaggio neolitico di Ripatetta (Lucera - FG): note di tecnologia ceramica, in F. Radina (ed.), *Preistoria e Protostoria della Puglia*, Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Studi di Preistoria e Protostoria, 4), p. 683-688.

COURTY M. A., ROUX V. (1995) – Identification of Wheel Throwing on the Basis of Ceramic Surface Features and Microfabrics, *Journal of Archaeological Science*, 22, 1, p. 17-50.

CRESSWELL R. (1976) – Techniques et culture : les bases d'un programme de travail, *Techniques & Culture*, 191, 1, p. 7-59.

DERENNE E., ARD V., BESSE M. (2020) – Pottery Technology as a Revealer of Cultural and Symbolic Shifts: Funerary and Ritual Practices in the Sion 'Petit-Chasseur' Megalithic Necropolis (3100–1600 BC, Western Switzerland), *Journal of Anthropological Archaeology*, 58, p. 101170.

DIA K., COLI V. L., BLANC-FÉRAUD L., LEBLOND J., GOMART L., BINDER D. (2021) – Applications of Learning Methods to Imaging Issues in Archaeology, Regarding Ancient Ceramic Manufacturing, in *Proceedings of the 2nd International Conference on Deep Learning Theory and Applications – DeLTA* (conference online, 7-9 July 2021), p. 109-116.

GABRIELE M. (2014) – *La circolazione delle ceramiche del Neolitico nel medio e alto Tirreno e nell'area ligure-provenzale: studi di provenienza*, doctoral thesis, université Côte d'Azur and università di Pisa, 440 p.

GOMART L. (2010) – Variabilité technique des vases du Rubané récent du Bassin parisien (RRBP) et du Villeneuve-Saint-Germain (VSG), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 107, 3, p. 537-548.

GOMART L. (2014) – *Traditions techniques et production céramique au Néolithique ancien. Étude de huit sites rubanés du Nord-Est de la France et de Belgique*, Leiden, Sidestone Press, 342 p.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D. F., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork in Pottery Manufacture and the Introduction of Farming to Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501-1514.

GOMART L., ANDERS A., KREITER A., MARTON T., OROSS K., RACZKY P. (2020) – Innovation or Inheritance? Assessing the Social Mechanisms Underlying Ceramic Technological Change in Early Neolithic Pottery Assemblages in Central Europe, *in* M. Spataro et M. Furholt (dir.), *Detecting and Explaining Technological Innovation in Prehistory*, Leiden, Sidestone Press, p. 49-72.

KAHL W.A., RAMMINGER B. (2012) – Non-Destructive Fabric Analysis of Prehistoric Pottery Using High-resolution X-ray Microtomography: a Pilot Study on the Late Mesolithic to Neolithic Site Hamburg-Boberg, *Journal of Archaeological Science*, 39, 7, p. 2206-2219.

KOZATSAS J., KOTSAKIS K., SAGRIS D., DAVID K. (2018) – Inside out: Assessing Pottery Forming Techniques with Micro-CT Scanning. An Example from Middle Neolithic Thessaly, *Journal of Archaeological Science*, 100, p. 102-119.

KREITER A., MARTON T., GOMART L., ORÓSS K., PÁNCZÉL P. (2017) – Looking into Houses: Analysis of LBK Ceramic Technological Change on a Household Level, in L. Burnez-Lanotte (ed.), *Workshop « Matières à Penser »: Raw materials Acquisition and Processing in Early Neolithic Pottery Productions*, proceedings of the international conference (Namur, 29-30 May 2015), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 11), p. 111-132.

KULKOVA M., KULKOV A. (2015) – Investigations of Early Neolithic Ceramics from Eastern Europe by X-Ray Microtomography and Petrography, *Microscopy and Analysis*, 136, p. 7-10.

KULKOVA M., KULKOV A. (2016) – The Identification of Organic Temper in Neolithic Pottery from Russia and Belarus, *The Old Potter's Almanack*, 21, 1, p. 2-12.

MAGGI R. (1997) – *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea - Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calamo, Istituto Italiano di Paletnologia Umana, 5), 642 p.

NEUMANNOVÁ K., PETŘÍK J., VOSTROVSKÁ I., DVOŘÁK J., ZIKMUND T. (2017) – Variability in Coiling Technique in LBK Pottery Inferred by Experiments and Pore Structure Micro-tomography Analysis, *Archeologické rozhledy*, 69, p. 172-186.

NICOLAS T. (2020) – De l'analyse tomodensitométrique à la caractérisation des chaînes opératoires et des matériaux de la céramique, *Les nouvelles de l'archéologie*, 159, p. 60-67.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide : Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI millénaire AEC*, doctoral thesis, université Côte d'Azur, Nizza and università degli studi di Genova, 592 p.

PARK K. S., MILKE R., RYBACKI E., REINHOLD S. (2019) – Application of Image Analysis for the Identification of Prehistoric Ceramic Production Technologies in the North Caucasus (Russia, Bronze/Iron Age), *Heritage*, 2, 3, p. 2327-2342.

PIERRET A. (2001) –*Analyse technologique des céramiques archéologiques : développements méthodologiques pour l'identification des techniques de façonnage. Un exemple d'application : le matériel du village des Arènes à Levroux (Indre)*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 250 p.

PIERRET A., MORAN C. J., BRESSON L.M. (1996) – Calibration and Visualization of Wall-Thickness and Porosity Distributions of Ceramics Using X-radiography and Image Processing, *Journal of Archaeological Science*, 23, 3, p. 419-428.

ROUX V. (2016) – *Des céramiques et des hommes, Décoder les assemblages archéologiques*, Nanterre, Presses universitaires de Paris Nanterre, 480 p.

ROUX V. (2019) – *Ceramics and Society. A Technological Approach to Archaeological Assemblages*, Cham, Springer, 329 p.

ROUX V., COURTY M.A. (1998) – Identification of Wheel-fashioning Methods: Technological Analysis of 4th–3rd Millennium BC Oriental Ceramics, *Journal of Archaeological Science*, 25, 8, p. 747-763.

RYE O. S. (1981) – *Pottery Technology: Principles and Reconstruction*, Washington D.C., Taraxacum, 150 p.

SANGER M. C., THOSTENSON J., HILL M., CAIN H. (2012) – Fibrous Twists and Turns: Early Ceramic Technology Revealed through Computed Tomography, *Applied Physics A*, 111, 3, p. 829-839.

SANGER M. C. (2016) – Investigating Pottery Vessel Manufacturing Techniques using r-Radiographic Imaging and Computed Tomography: Studies from the Late Archaic American Southeast, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, p. 586-598.

SANGER M. C. (2017) – Coils, Slabs, and Molds: Examining Community Affiliation between Late Archaic Shell Ring Communities using Radiographic Imagery of Pottery, *Southeastern Archaeology*, 36, 2, p. 95-109.

THÉR R., KVĚTINA P., NEUMANNOVÁ K. (2019) – Coiling or Slab Building: Potential of Orientation Analysis for Identification of Forming Techniques used by Early Neolithic Potters, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26, p. 101877.

THÉR R., TOMS P. (2016) – Quantification of the Orientation and Alignment of Aplastic Components of a Ceramic Body as a Method for Distinguishing among Various Means of Using a Rotational Device in Pottery Forming, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, p. 33-43.

VAN DOOSELAERE B., BURNEZ-LANOTTE L., GOMART L., LIVINGSTONE SMITH A. (2013) – Analyse technologique de céramiques du Néolithique Ancien de Vaux-et-Borset (Belgique, Hesbaye) : résultats préliminaires, *Notae Praehistoricae*, 33, p. 15-26.

VAN DOOSELAERE B., BURNEZ-LANOTTE L., GOMART L., LIVINGSTONE SMITH A. (2016) – The End of Diversity? Pottery Technology at the LBK-Blicquy/Villeneuve-Saint-Germain Transition in Hesbaye, Belgium, in L. Amkreutz, F. Haack, D. Hofmann and I. Van Wijk (eds.), *Something Out of the Ordinary? Interpreting Diversity in the Early Neolithic Linearbandkeramik and Beyond*, Cambridge, Cambridge Scholars Publishing, p. 159-189.

VANDIVER P. (1987) – Sequential Slab Construction; a Conservative Southwest Asiatic Ceramic Tradition, *ca.* 7000-3000 B.C, *Paléorient*, 13, 2, p. 9-35.

Louise Gomart
Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne
CNRS, UMR 8215 « Trajectoires »
Centre de recherche
9, rue Malher
F-75004 PARIS
louise.gomart@cnrs.fr

Didier Binder
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
didier.binder@cnrs.fr

Laure Blanc-Féraud
Université Côte d'Azur,
CNRS, INRIA, UMR7271 « I3S »
2000, route des Lucioles
BP 121
F-06903 SOPHIA ANTIPOLIS cedex
blancf@i3s.unice.fr

Laura Cassard
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
laura.cassard@cepam.cnrs.fr

Serge Cohen
Université Paris-Saclay, UVSQ, MNHN,
CNRS, USR 3461 « IPANEMA »
Synchrotron SOLEIL
Saint-Aubin
F-91192 GIF-SUR-YVETTE
serge.cohen@ipanema-remote.fr

Vanna Lisa Coli
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
Vannalisa.Coli@cepam.cnrs.fr

Marzia Gabriele
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
marzia.gabriele@gmail.com

Juliette Leblond
Université Côte d'Azur,
INRIA (Équipe FACTAS)
Centre de Recherche Sophia Antipolis
Méditerranée
2004, route des Lucioles
F-06902 Valbonne
juliette.leblond@inria.fr

François Orange
Université Côte d'Azur
Centre commun de microscopie appliquée
28, avenue Valrose
F-06108 NICE cedex 02
francois.orange@unice.fr

Didier F. Pisani
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7370 « LP2M »
Faculté de Médecine
28, avenue de Valombrose
F-06107 NICE cedex 02
didier.pisani@univ-cotedazur.fr

Sabine Sorin
Université Côte d'Azur
CNRS, UMR 7264 « CEPAM »
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
sabine.sorin@cepam.cnrs.fr

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 349-378
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Chaines opératoires décoratives des poteries imprimées de Méditerranée occidentale : apports de l'imagerie 3D surfacique

Laura Cassard, Sabine Sorin, Gilles Durrenmath et Didier Binder

Résumé : Au cours du premier Néolithique de Méditerranée occidentale, les décors des poteries, majoritairement imprimés, illustrent un fort polymorphisme attesté à tous les niveaux de la chaîne opératoire décorative (éléments de base, procédés, architectures, positions). Nous présentons dans cet article un nouveau protocole d'analyse des décors s'appuyant sur l'imagerie 3D surfacique. La méthode développée vise à décrire et caractériser dans le détail, de façon qualitative et quantitative, chaque maillon de la chaîne opératoire, depuis l'empreinte jusqu'au décor dans sa globalité. Dans une démarche intégrée, l'ensemble des données sur les décors est ensuite replacé dans le système de production céramique. Cette nouvelle méthode d'analyse, fondée sur l'imagerie tridimensionnelle et l'expérimentation, permet d'aller au-delà des approches stylistiques et technologiques de la décoration mises en œuvre jusqu'à présent. Elle a notamment permis de préciser la nature des outils de décor et leurs modalités d'utilisation et de mettre en évidence les schémas opératoires de réalisation des décors, aspect totalement inédit dans l'étude des décors du complexe de la céramique imprimée. L'efficacité de cette nouvelle méthode virtuelle d'analyse des décors imprimés est plus particulièrement illustrée ici par l'étude d'un récipient de l'*Impressa* (phase 1B) de l'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes).

Mots-clés : Méditerranée occidentale, complexe culturel *Impresso-Cardial*, poterie, décor imprimé, chaîne opératoire, imagerie 3D surfacique

Abstract: In the course of the 6th millennium BCE, the first agropastoral societies reached the Central and Western Mediterranean. These Neolithic groups are characterised, among other things, by pottery productions decorated mainly by impression. This type of ornamentation was the basis of the initial spatial and temporal frameworks related to this large 'cultural complex of Impressed Wares'', which was broadly divided into two major stages: the *Impressa* followed by the Cardial. Through mainly stylistic approaches of these decorations, different regional synchronic and diachronic facies have subsequently been defined (Binder, 1995; Manen *et al.*, 2010 and 2019; Binder *et al.*, 2017). However, at the regional and local scale the polymorphism of pottery decoration makes it difficult to establish detailed phylogenies. Indeed, each single element (tool, process, architecture, position) is subject to variations. A new approach to pottery decoration has been developed as part of a doctoral thesis supported by the ANR CIMO (Cassard, 2020), with the aim of improving and standardising the current methods of analysis and developing new ones. This was done by using 3D surface imaging and by analysing in more detail the *chaîne opératoire* related to the decoration process within the pottery production system.

Acquisition of 3D data and reconstruction of pots

The acquisition was done in real time with a structured light 3D scanner (Artec Spider, resolution: 0.1 mm, accuracy: 0.05 mm) and we have decided to work on the non-textured 3D models exclusively. The 3D models of sherds from a single pot were used to virtually reconstruct the vessel using the 3DReshaper software, by virtually reassembling sherds and then modelling the shape on the basis of the largest preserved profile. The complete 3D shape model constituted the analytical support of the ensuing observations and measurements. The Meshlab software, which allows to optimise lighting of the surface topography, was used for in-depth qualitative observations of the impressed decoration, both globally and in detail.

Description protocol and technological analysis of impressed decorations

The first part of the operational sequence (chaîne opératoire), the construction of the decoration, was subject to technological analysis. This analysis started from the basic element, understood as the singular result obtained with the help of a tool and a process (technique, gesture and modalities of gesture). Only the impression technique was treated in this article; in this case the basic element is an imprint.

Tools

Three categories of tools were considered: marine shells, fingers/nails and instruments. In order to establish diagnostic characteristics

for marine shell and finger/nail impressions, we built a comparative reference collection by supplementing three pre-existing experimental comparative reference collections for marine shells (Manen and Salanova, 2010; Martínez Sánchez et al., 2017; Breu, 2013) and by first adding an experimental comparative reference collection to the archaeological concerning finger/nail decorations (Natali, 2015). As regards shells, we established a list of identification criteria, which refer to the anatomical parts visible on the imprints, for sixteen species of bivalves and fifteen species of gastropods. We also set up a protocol to deal with the question of size for bivalves with serrated edges, by establishing a correlation between the measurements taken from the imprint and the size of the shell. The description of the finger/nail decorations focused on fingerprints on which measurements provide information on the biological sex and inform about the age range (child, adult) and on the size of nail negatives, which can also indicate age ranges. The instrumental category includes tools for which the precise exact nature could not be identified. The classification is based on the morphological examination of the imprints, made in more detailed and completed thanks to the 3D approach.

Gestures and modalities related to gestures

For each tool, several gestures were considered: four for marine shell decorations (single, rolled, rocker, dragged), two for finger decorations (simple, pinched) and two for the instruments (simple, dragged). Each gesture was characterised by the inclination of the tool and the pressure applied. In cases in which the tool was identified, its inclination was determined based on experiments. The pressure, which varies according to the potter and the water content of the clay, is subject to strong variations. It was only described depending on the degree of penetration of the tool into the clay matter (visibility of anatomical details).

Application of the decoration

The application of the decoration corresponds to the sequence of gestures carried out during the realisation of the decoration. These gestures, which consist in repeating a basic element, are executed according to one or more directions. However, they are not executed in one go, but are repeated in sequences according to a chronology. The 3DReshaper software provides a presentation of the pot in an unrolled view that give access to the entire development of the decoration. This new mode of display makes it possible to identify characteristics that are cyclically repeated or that constitute anomalies in apparently homogeneous sequences. It has been assumed that the gesture follows a rhythmic pattern that can be translated by regular distances spacing out the imprints, their orientation, their alignment and their depth. If irregularities appear, these may correspond to limits between different rhythms and thus refer to several sequences of gestures. Overlapping imprints inform about the chronology of gestures, not only within a sequence but also between the different sequences that were identified. Contiguous imprints can also provide clues as to the chronology of gestures through the remobilisation of the paste during printing. The description of the chronology of the gestures intra-sequences refers to the direction of the gestures, repeated from the left to the right or vice versa and from the rim to the base or vice versa. Once the order of the sequences has been determined, it is possible to reconstruct the entire operational scheme of the construction of the decoration.

Stylistic analysis of impressed decorations

The second part of the process regards the structuration of the decoration, i.e. the final result, which was subject to stylistic analysis. The main decoration forms the dominant unit on the pot; it is the central element around which stylistic analysis is organised. Secondary decoration augmented the main decoration and was restricted to certain parts of the pot. Our stylistic analysis considers the main structure described from the unrolled view of the 3D model, which helps to approach the overall organisation. The decorations related to the Impressed Wares can be described from the rim to the base and broken down into rows. The first level of description focuses on the design, which is related to a recognised type in this context (Binder, 1991 and 1995; Manen et al., 2010). The definition of design types is based on the number of rows and the layout of the identified row(s). A row is composed of one or more motives; a motif corresponds to a basic element (imprint) oriented according to one out of four possibilities (vertical, oblique 45°, horizontal, oblique 135°). Then, the analysis will consist in describing the arrangement of the motives within and between the rows. The position of the main decoration is determined, first, in relation to the pot divided into thirds (upper, middle, lower), the decoration may occupy one or several thirds, and, second, in relation to the handles (the decoration being positioned above, on, below the handle, etc.).

Application of the method to pot AP_0002 from the Pendimoun rock shelter

The contribution of this new approach is illustrated by the results of pot AP_0002 from the Impressa at the Pendimoun rock shelter (Castellar, Alpes-Maritimes). The decoration, positioned on the rim and on the upper part of the body, is organised according to a metope-like design in four panels. Each panel is composed of four rows, within which the imprints are oriented vertically; the second row being systematically aligned with a handle. The hypothesis of the use of a limpet shell has been advanced (Binder et al., 1993). Our experimental comparative reference collection made it possible to identify Patella caerulea, made by simple impressions with normal inclination. Several overlapping imprints between the rows show that the decoration was made from the rim to the base. Irregularities in the layout of imprints suggest that the rows were not made in one go, but were broken down into sequences of gestures. As the variations of the gestures are located at approximately the same level for each row, it can be assumed that the decoration was made in successive steps. The location of the decoration seems to mirror the bipartition of pot manufacturing as described for the “spiralled patchwork technology” (Gomart et al., 2017). It is possible that the second stage of manufacturing was carried out after a time of drying, and that the imprints were made only on the upper part, which was still leather-hard (L. Gomart, pers. comm.). Moreover, if the pot was held in an external support during shaping (Gomart, Binder, Blanc-Féraud et al., this volume), it is obvious that this latter has obstructed and thus delimited the decorated panel in the upper part. Lastly, it can be noted that surface treatment was carried out after the decoration, without any specific caution having been taken to avoid it.

Perspectives

The acquisition and analysis protocol developed for decorations has shown its potential when it comes to describe in more detail the chaîne opératoire of impressed pottery decorations. The accuracy of the 3D models makes it possible to better understand the variety of tools, processes and gestures used by the potters to make decorations. When combined, the data acquired for each step make it possible to reconstruct the general dynamics of the decoration and provide a better understanding of their internal logic. The decoration subsystem is finally replaced within the ceramic production system to obtain a comprehensive overview. Our approach provides objective and multi-scalar demonstrations, combining 3D analysis of the archaeological material with that of the expe-

rimental comparative reference collections. In to substantiate the conclusions, the comparative reference collections of tools and processes have to be enhanced. Lastly, new perspectives result from artificial intelligence methods that can improve the informative potential of 3D models, particularly with regard to the identification and automated classification of tools and process.

Keywords: Western Mediterranean, Impressed Ware complex, pottery, impressed decoration, chaîne opératoire, 3D surface imaging

Au cours du VI^e^ millénaire ACE, les premières sociétés agropastorales atteignent la Méditerranée centrale et nord-occidentale et se propagent selon un modèle de progression rapide et arythmique (Binder et Guilaine, 1999 ; Guilaine, 2001 ; Zilhão, 2001 ; Binder *et al*., 2017 ; Binder, Gomart *et al*., ce volume). Ces groupes néolithiques se caractérisent, entre autres, par des productions céramiques décorées majoritairement par impression[(1)]. C'est à partir de l'étude de cette ornementation particulière que les premiers cadres spatio-temporels de ce courant de néolithisation ont pu être posés, avec notamment la distinction de deux grandes étapes : l'*Impressa* puis le Cardial, composant un vaste « complexe culturel de la céramique imprimée » ou « *Impresso-Cardial* ». Par des approches essentiellement stylistiques de ces décors, différents faciès régionaux, synchrones ou successifs, ont été définis (Binder, 1995 ; Manen *et al*., 2010 et 2019 ; Binder *et al*., 2017).

Si à l'échelle de l'aire culturelle, des caractéristiques générales permettent de dessiner des entités, à l'échelle régionale et locale, le polymorphisme de la décoration rend difficile l'établissement de phylogénies fines. À ces échelles, la variété apparente des décors et la difficulté à identifier des caractères discriminants réduisent les possibilités d'identifier des liens de parentés et des échanges entre les groupes (Manen *et al*., ce volume). En effet, la variété des décors ne s'exprime pas seulement au niveau de l'outil, mais c'est l'ensemble des éléments participant à la décoration (outil, procédé, architecture, position) qui prend des apparences diverses. Les études uniquement stylistiques des décors montrent ainsi leurs limites dans un contexte où les approches technologiques n'en sont encore qu'à leurs débuts pour proposer un cadre général.

Les limites interprétatives des études résultent aussi de l'hétérogénéité des outils et méthodes d'analyse des décors constatée sur cette aire, problème régulièrement rappelé (Binder, 1991 ; Manen, 2002 ; Manen *et al*., 2010 et ce volume). Ces difficultés sont accrues du fait que les procédés descriptifs (observation directe du mobilier, relevés photographiques, relevés graphiques, moulages) permettent principalement la collecte de données qualitatives, difficilement comparables. Les outils métriques sont rarement employés (Breu, 2013) et, parce que très chronophages, ne sont souvent appliqués que sur de petits échantillons, ce qui restreint la portée des comparaisons. Enfin, le manque de référentiels expérimentaux et ethnographiques adaptés limite les possibilités d'identification des outils employés pour la décoration imprimée ; il en résulte que la quantification des outils et des procédés n'est pas pratiquée en routine.

En regard des outils d'analyse employés pour l'étude des autres composantes de la chaîne opératoire céramique, il devenait urgent de réduire le retard constaté dans le renouvellement des outils d'observation et d'étude appliqués aux décors de l'*Impresso-Cardial*. Cet article présente une nouvelle approche analytique, développée dans le cadre d'une thèse adossée à l'ANR CIMO (Cassard, 2020), qui avait pour ambition de perfectionner et d'homogénéiser les méthodes d'analyse en vigueur mais aussi d'en développer de nouvelles, en considérant finement la chaîne opératoire décorative replacée dans le système de production céramique. Cette démarche repose sur la mise au point d'une méthode d'acquisition des données à la fois fine et extensive à l'aide d'un scanner 3D surfacique produisant un modèle numérique sur lequel des observations et des mesures reproductibles sont réalisées de façon systématique.

Après avoir présenté l'outil et la méthode d'acquisition des données 3D et de reconstruction des vases, nous détaillerons le protocole de description et d'analyse des décors imprimés mis en place. Nous illustrerons les potentialités de ce protocole avec l'étude d'un vase *Impressa* de l'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes).

ACQUISITION DES DONNÉES 3D ET RECONSTRUCTION DES VASES

Le scanner 3D choisi pour la numérisation des céramiques est l'Artec Spider, petit scanner à main de 850 g, facilement maniable. Il s'agit d'un scanner surfacique à lumière structurée qui procède par mesure optique pour reconstituer l'objet. Il est muni de LED bleues qui émettent cycliquement une frange lumineuse en direction de l'objet. C'est là un des avantages de cet équipement : l'éclairage est parfaitement maîtrisé et constant car c'est l'appareil qui produit sa propre lumière. Avec cinq caméras embarquées qui permettent des prises de vues rapides (jusqu'à quinze images par seconde) combinées à un système stéréoscopique, les formes lumineuses projetées sur l'objet à chaque émission sont enregistrées, puis les déformations sont analysées pour déterminer les distances réelles entre des points homologues de chaque prise de vue et reconstituer l'objet (Artec 3D, 2018 ; Artec 3D, https://www.artec3d.com/fr/portable-3d-scanners/artec-spider). Cet outil métrologique permet ainsi l'acquisition et la production de modèles 3D orthonormés en temps réel.

Procédure d'acquisition des données 3D

Le scanner a un champ de numérisation de 9 cm par 7 cm (distance minimum de travail : 20 cm) à 18 cm par

14 cm au plus loin (distance maximale de travail : 30 cm). Compte tenu de la fenêtre de numérisation, il est nécessaire de déplacer manuellement le scanner afin de balayer l'ensemble de la surface des fragments de poteries. Pour procéder à leur numérisation, les tessons sont stabilisés dans un bac de sable ou de sel. Ce bac est positionné sur un plateau tournant que l'on actionne manuellement afin de moduler le temps d'acquisition en fonction de la morphologie du tesson. Cette modulation est indispensable, notamment pour la numérisation des parties fines (tranches et bord du tesson) pour lesquelles il faut augmenter le temps d'acquisition et multiplier les prises de vues afin d'identifier des points homologues (fig. 1).

Dans le cas de tessons de petite taille (moins de 2 cm²) sans reliefs remarquables, un modèle 3D est disponible en une dizaine de minutes. Dans le cas de tessons de grande taille (au-delà de 15 cm par 15 cm) et notamment ceux aux reliefs remarquables (*e.g.* présence d'une préhension), le nombre d'acquisitions augmente, pouvant aller jusqu'à dix passages. L'obtention d'un modèle 3D pour les récipients bien conservés et de grande taille peut demander jusqu'à une demi-journée de travail (acquisition et traitements).

La numérisation de la surface des tessons produit des scans bruts. Le logiciel adossé au scanner Artec Spider propose une chaîne de traitement pour la production du modèle 3D, dont le temps d'application est proportionnel à la taille de l'objet numérisé. Plusieurs étapes de nettoyage manuel et automatique sont mises en œuvre sur les acquisitions qui sont ensuite alignées puis fusionnées pour construire le modèle 3D du tesson. Le modèle 3D final est disponible sous trois formes : un nuage de points (fig. 2a), un modèle maillé texturé (fig. 2b) ou non texturé (fig. 2c). Nous avons fait le choix de nous affranchir de la texture, qui obère la lecture technologique, et de n'exporter que les modèles 3D non texturés.

La qualité des modèles 3D produits répond à nos attentes en matière de justesse et de précision : la résolution 3D (distance entre deux points) est de 0.1 mm et la précision (erreur standard sur la position 3D d'un point) est de 0,05 mm. Lorsque l'empreinte est suffisamment large pour permettre l'acquisition, la haute résolution des numérisations permet une lecture optimale des creux des décors. Il est alors possible de documenter la topographie des décors dans leur intégralité, du fond des empreintes jusqu'à la saillance de leurs bords (fig. 3).

Les modèles 3D sont sauvegardés au format standard .ply (*Polygone File Format*) qui est le format d'enregistrement préconisé pour l'archivage par le Consortium 3D (Vergnieux *et al*., 2017 ; Granier *et al*., 2019).

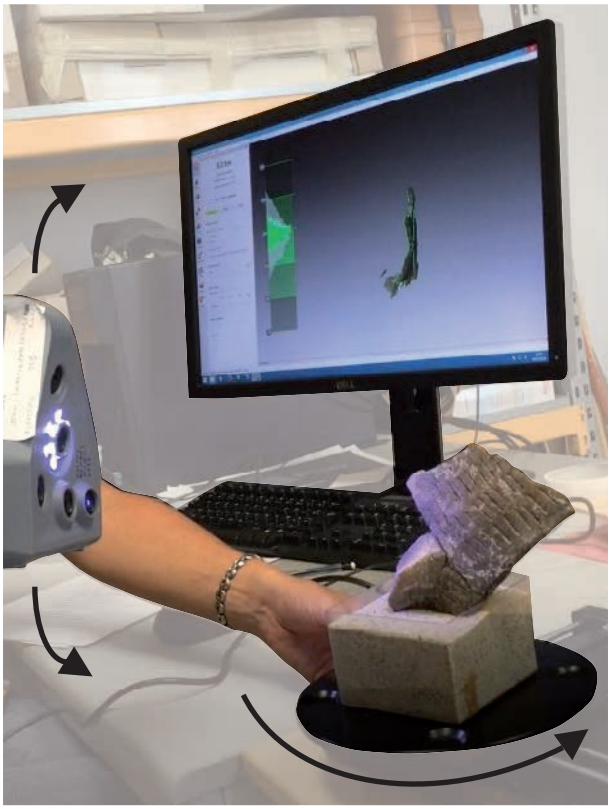


Fig. 1 – Numérisation d'une céramique avec l'Artec Spider.
***Fig. 1** – Digitisation of a pottery using Artec Spider.*

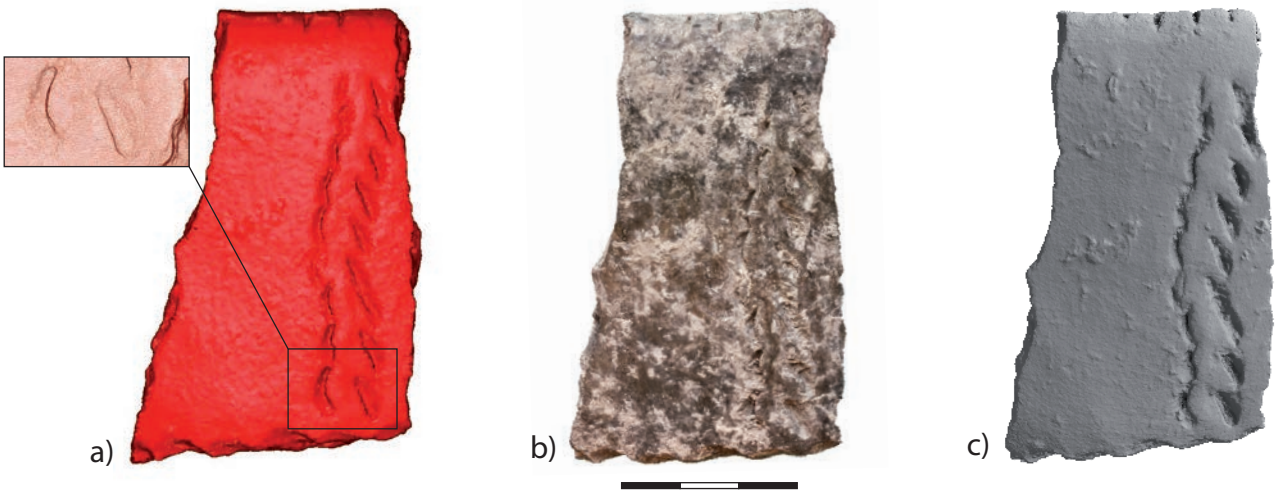


Fig. 2 – Modèle 3D d'un tesson ; a : nuage de points ; b : modèle maillé texturé ; c : modèle maillé non-texturé. Échelle en cm.
***Fig. 2** – 3D model of a potsherd; a: point cloud; b: textured mesh model; c: non-textured mesh model. Scale in cm.*

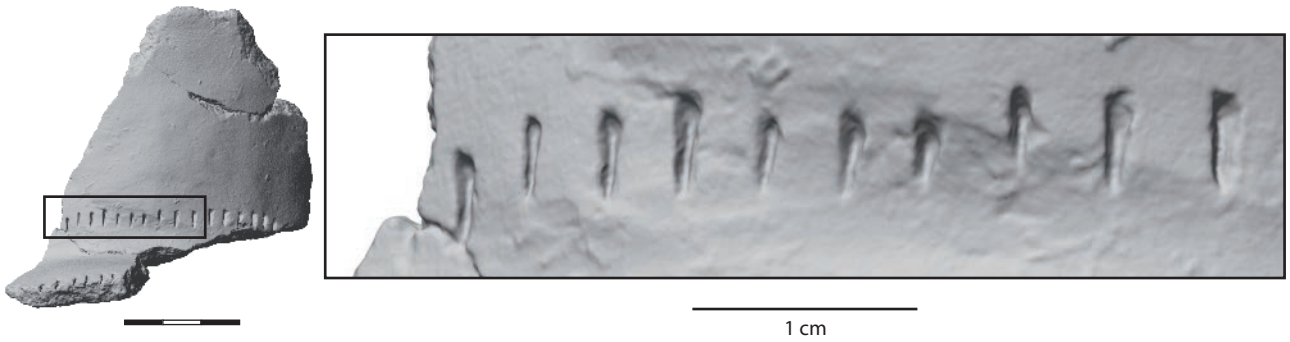


Fig. 3 – Modèle 3D d'un vase et vue détaillée des empreintes décoratives (AP_0009). Échelle en cm.
***Fig. 3** – 3D model of a pot and detailed view of the impressed decoration (AP_0009). Scale in cm.*

Reconstruction virtuelle des vases : remontage et modélisation de la forme et du format

Une fois les modèles 3D des tessons d'un même vase obtenus, le récipient lui-même peut être reconstruit virtuellement à l'aide du logiciel 3DReshaper[(2)]. Les modèles 3D, visualisés au choix sous forme de nuages de points ou de modèles maillés, peuvent être traités à l'aide d'une large gamme de fonctionnalités (Vergnieux *et al*., 2017 ; Granier *et al*., 2019). Certaines d'entre elles correspondent aux outils classiquement utilisés pour reconstituer graphiquement les vases (diamétron, équerre, conformateur, pied à coulisse, etc.). Pour ce qui concerne la préservation de l'intégrité des documents, les bénéfices de cette procédure numérique sont immédiatement perceptibles : les tessons ne sont plus aussi fréquemment manipulés, il y a donc moins de risque de les casser et l'apposition d'outils de mesure ne laisse pas de marques sur les objets.

L'opération se déroule en trois étapes : le remontage virtuel, la modélisation de la forme sur la base du plus grand profil conservé, l'insertion des tessons restant dans le modèle.

Bien que le remontage des vases soit informatisé, nous avons choisi une procédure non-automatique car les séries concernées par notre étude sont insuffisamment standardisées pour que puissent être appliquées des méthodes automatisées fondées sur les concordances des formes (*inter alia* Iqbal et Hisham, 2005 ; Kampel et Sablatnig, 2004 ; Karasik et Smilansky, 2008 ; Zheng *et al*., 2014) ou sur la caractérisation des textures des tessons (Abadi *et al*., 2012 ; Hein *et al*., 2018 ; Rasheed et Jan Nordin, 2015 ; Stanco et Gueli, 2013). Nous procédons à la reconnaissance manuelle des remontages des céramiques que nous reproduisons ensuite virtuellement à partir des modèles 3D des tessons. Le vase ainsi produit est fusionné en un seul objet 3D (fig. 4).

Le remontage réel puis virtuel est une étape fondamentale du protocole de modélisation car il doit permettre d'exploiter la plus grande surface possible pour aboutir ensuite à une modélisation de la forme et du format qui soit la plus fidèle possible. C'est d'autant plus vrai pour les productions impresso-cardiales de cette aire : en effet, la méthode de montage par patchs spiralés donne à la lèvre un aspect gondolé (Gomart *et al*., 2017 ; Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al*., ce volume) ce qui peut conduire à des hypothèses d'orientation différentes selon la portion de bord conservée.

De façon tout à fait classique, la forme du vase est en grande partie restituée si sont présents au minimum le bord ou l'assise ainsi qu'une portion suffisante du profil. Les étapes de reconstruction de la forme et du format reposent en effet sur la détermination d'une orientation, l'obtention d'un diamètre et le tracé d'un profil.

Pour définir l'orientation, un plan est positionné automatiquement à partir de points disposés manuellement sur toute la longueur de la lèvre (fig. 5a) ; l'opérateur doit placer un maximum de points pour minorer le poids des irrégularités de la lèvre dans le calcul. La surface plane créée passe par un maximum de points et exclut les irrégularités extrêmes de la lèvre, c'est-à-dire les parties les plus hautes et les plus basses.

L'orientation du vase peut ensuite être déterminée ; elle est ouverte, droite ou fermée. Le calcul du diamètre se fait à partir de points placés à la jonction entre le plan et la lèvre : un minimum de trois points, permettant de couvrir toute la longueur du bord, est nécessaire. La multiplication des points sur le pourtour de la lèvre augmentera la précision du calcul (fig. 5b). Le centre du cercle, qui correspond au diamètre du vase à l'ouverture, constitue l'origine d'un repère orthonormé (x, y, z), z étant l'axe de rotation du vase.

À partir de l'axe z, des sections radiales régulières permettent d'extraire différents profils du vase ; leur nombre est déterminé par l'opérateur/l'opératrice (fig. 5c). Il est également possible de positionner un curseur pour obtenir une section particulière.

Une fois l'inclinaison, le diamètre, et le profil acquis, une extrusion automatisée du profil est réalisée (fig. 5d). L'extrusion consiste à étendre le profil en continu en suivant la circonférence du vase afin de restituer la forme globale.

On obtient alors un modèle 3D de la morphologie du vase sur lequel les étapes suivantes de la reconstruction vont s'appuyer (fig. 5e et annexe 1). La reconstruction de l'assise, très souvent manquante, est la plupart du temps subjective et fondée sur les tendances morphologiques observées pour la série étudiée. La reconstruction virtuelle des vases permet de repositionner les tessons isolés

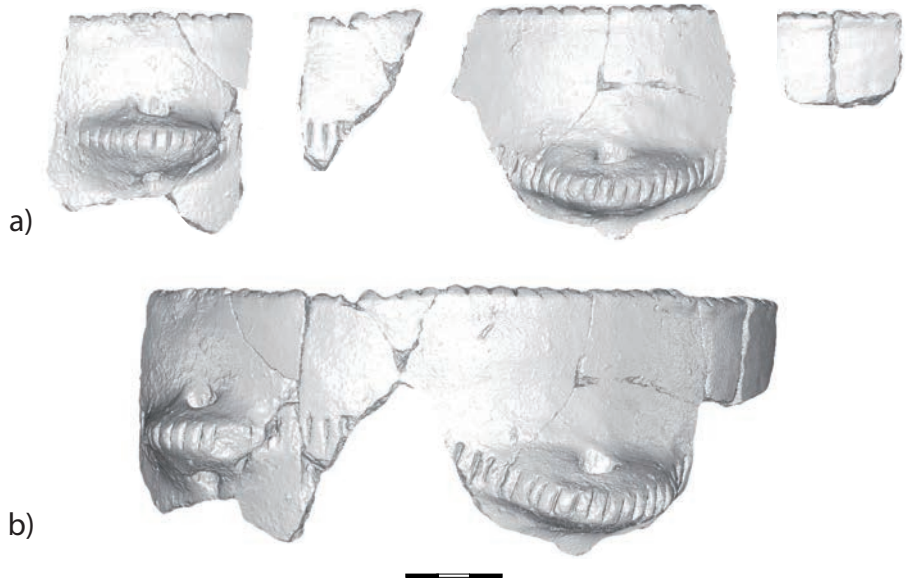


Fig. 4 – A : numérisation des tessons ; b : remontage virtuel du vase (AP_0004). Échelle en cm.
Fig. 4 – *A: digitisation of potsherds; b: virtual reassembly of the pot (AP_0004). Scale in cm.*

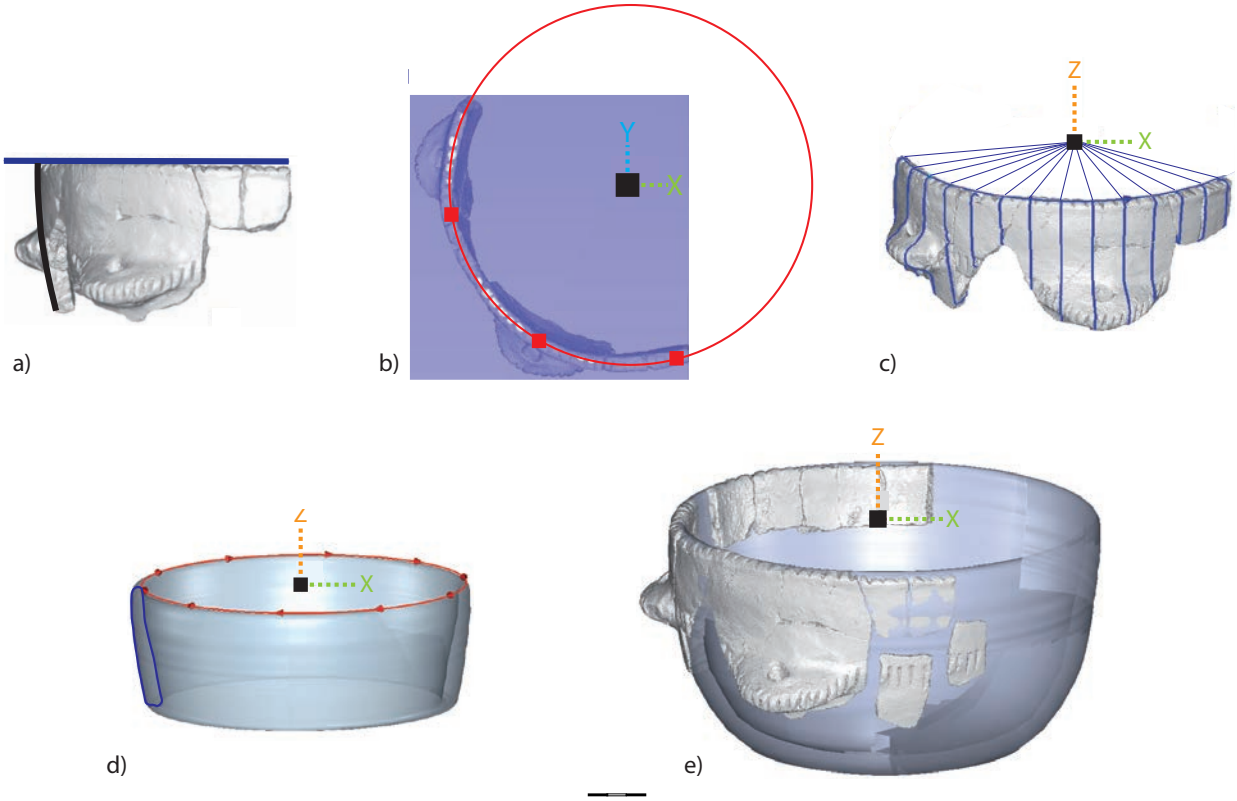


Fig. 5 – A : positionnement du plan et détermination de l'orientation du vase – ici le vase est ouvert ; b : calcul du diamètre et mise en place du système de coordonnées (x, y, z) ; c : extraction des profils ; d : extrusion du profil ; e : reconstruction finale. Échelle en cm.
Fig. 5 – *A: positioning of the plane and determination of the orientation of the pot – here the pot is open; b: calculation of the diameter and setting up of the coordinate system (x, y, z); c: profile extraction; d : profile extrusion; e : final reconstruction. Scale in cm.*

en fonction de l'analyse de l'architecture décorative et de leur adéquation au modèle numérique.

Cette reconstruction constitue le support analytique pour les observations et la prise de mesures à partir des outils numériques proposés par 3DReshaper. Les observations qualitatives du décor, dans son ensemble et dans le détail des empreintes, sont également faites avec le logiciel Meshlab. Ce dernier offre en effet l'avantage d'orienter l'éclairage pour une mise en évidence optimale de la topographie de surface (fig. 6).

Les outils d'acquisition et de traitement des données 3D permettent, en comparaison avec les méthodes manuelles d'étude de la céramique, d'optimiser les temps et la qualité de réalisation des relevés mais aussi la précision des données extraites. L'opérateur/l'opératrice garde un rôle actif en contrôlant et en validant l'ensemble de ces opérations numériques.

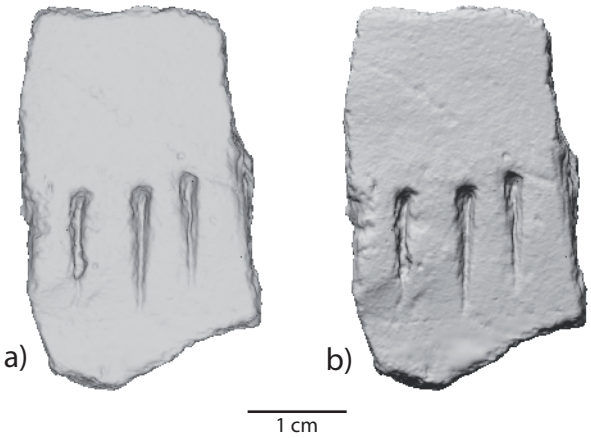


Fig. 6 – A : tesson décoré visualisé avec 3D Reshaper – éclairage frontal ; b : tesson décoré visualisé avec Meshlab – éclairage conventionnel depuis le nord-ouest. Échelle en cm.
Fig. 6 – *A : decorated sherd viewed with 3D Reshaper – frontal lighting; b: decorated sherd viewed with Meshlab - conventional lighting from the northwest. Scale in cm.*

PROTOCOLE DE DESCRIPTION ET D'ANALYSE DES DÉCORS IMPRIMÉS

À l'appui de travaux fondateurs (Shepard, 1956 ; Camps-Fabrer, 1966 ; Balfet *et al.*, 1983 ; Caneva, 1987 ; Balfet, 1991 ; Haour *et al.*, 2010 ; Manen *et al.*, 2010), la chaîne opératoire des décors a été définie comme suit (fig. 7).

La première partie correspond à la construction du décor, qui fait l'objet d'une analyse technologique. Cette analyse part de la plus petite unité considérée, l'élément de base, qui est compris comme étant le résultat singulier obtenu à l'aide d'un outil et d'un procédé, jusqu'aux modalités de manipulation de l'outil et du vase lors de la décoration. Dans le cadre de cet article, nous avons fait porter l'effort sur les analyses relatives à l'élément de base et à sa mise en œuvre.

La seconde partie a trait à la structuration du décor, c'est-à-dire au résultat final, que l'on soumet à une analyse stylistique. Cette dernière décrit l'architecture générale du décor (ou syntaxe décorative) et traite de sa place sur le vase et par rapport aux éléments de préhension ou suspension.

L'analyse technologique

L'élément de base

L'élément de base correspond à la plus petite unité de la chaîne opératoire décorative dont on va chercher à identifier et décrire l'outil (nature, forme, format) et le procédé (technique, geste et modalités du geste). Parmi les techniques de décors recensées dans le courant du premier Néolithique du nord-ouest de la Méditerranée (impression, modelage, gravure, coloration), seule l'impression est traitée dans le cadre de cet article ; l'élément de base est donc abordé à partir d'une empreinte.

Trois catégories d'outils sont considérées dans ce contexte : les coquilles marines, les doigts et les instruments. Pour les décors réalisés à l'aide d'une coquille marine, les gestes recensés sont : simple, déroulé, pivoté, traîné (Manen et Salanova, 2010). Pour les décors au doigt, si une gamme de gestes plus étendue a été reconnue (Natali, 2015), seules les deux modalités d'impression identifiées en Méditerranée du Nord-Ouest ont été considérés ici : simple et pincée. Pour

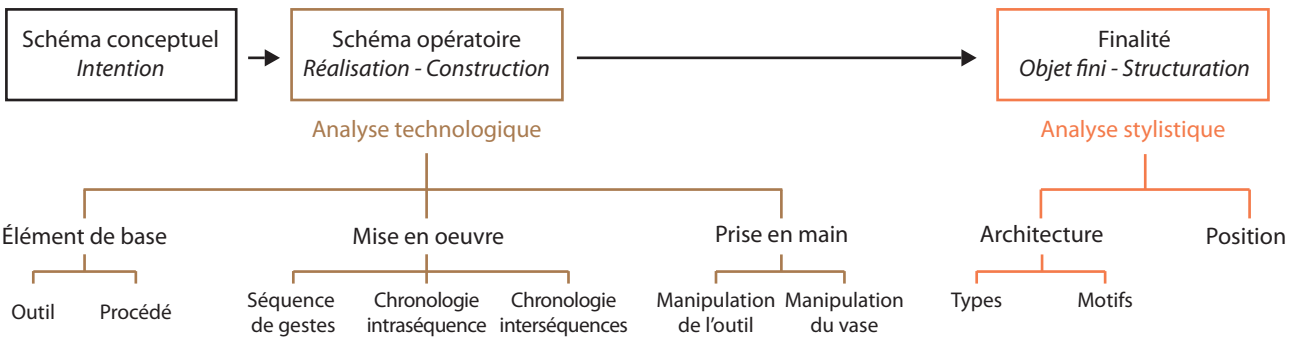


Fig. 7 – Chaîne opératoire des décors céramiques.
Fig. 7 – *Chaîne opératoire of pottery decoration.*

les instruments enfin, seuls les gestes simple et traîné identifiés dans notre corpus ont été pris en compte.

Dans le but d'établir des caractères diagnostiques pour l'identification et la classification des impressions à la coquille marine et au doigt, nous avons conçu un protocole expérimental en nous appuyant sur quatre référentiels existants : trois expérimentaux pour les coquilles marines (Manen et Salanova, 2010 ; Martínez Sánchez *et al*., 2017 ; Breu, 2013), et un archéologique pour les décors digito-unguéaux (Natali, 2015). Il s'est cependant avéré indispensable, *primo*, de compléter les référentiels relatifs aux décors à la coquille marine, en introduisant de nouvelles espèces et, *secundo*, de constituer un premier référentiel expérimental pour les décors digito-unguéaux. Le détail des protocoles expérimentaux suivis et des référentiels 3D construits feront l'objet d'une publication spécifique ultérieure.

Outils

Coquilles marines

La première question à traiter face à un décor fait à la coquille est celle de l'identification de sa famille, son genre ou son l'espèce. Les critères utilisés renvoient aux parties de leur anatomie visibles dans les empreintes et diagnostiques pour l'identification de la coquille. À partir de l'étude de l'anatomie des mollusques (Gaillard, 1987a ; Poutiers, 1987 ; Poppe et Goto, 1993a et 1993b ; DORIS, https://doris.ffessm.fr/ ; WoRMS, https://www.marinespecies.org/), des référentiels expérimentaux publiés par ailleurs (Manen et Salanova, 2010 ; Martínez Sánchez *et al*., 2017) et de notre propre référentiel d'empreintes (fig. 8), nous avons établi une liste de critères d'identification pour seize espèces de bivalves et quinze espèces de gastéropodes. Le choix des espèces s'est fondé sur un inventaire des espèces potentiellement utilisées par les potières ou potiers néolithiques de Méditerranée (Manen et Salanova, 2010) et sur les inventaires de la malacofaune marine retrouvée sur les sites néolithiques méditerranéens (Cade, 1998, 1999 et 2004 ; Prieur, 2007).

Vient ensuite la question de l'identification des gabarits des coquilles à partir des empreintes. Pour le genre *Patella*, dont les espèces sont polymorphes, on sait déjà qu'aucune corrélation ne peut être établie entre le format de la crénelure de la face dorsale et la taille de la coquille (Poppe et Goto, 1993a ; DORIS, https://doris.ffessm.fr/). Toujours parmi les gastéropodes, nos différents tests sur les trochospiralés (*Columbella rustica*, *Luria lurida* par exemple) ont conclu également à l'absence de corrélation entre les mesures relevées sur l'empreinte et la dimension de la coquille. Il s'avère en fait que cette question du gabarit ne peut être traitée que pour les bivalves à front denté parmi toutes les espèces retenues dans notre référentiel. Les travaux d'Adrià Breu (Breu, 2013) ont déjà permis d'établir que le rapport entre la taille de la coquille et le format de la crénelure de la face dorsale d'*Acanthocardia tuberculata* était proportionnel : le gabarit de la coquille utilisée peut donc être déduit de mesures relevées sur l'empreinte. À partir de mesures relevées directement sur les modèles 3D des empreintes expérimentales, nous

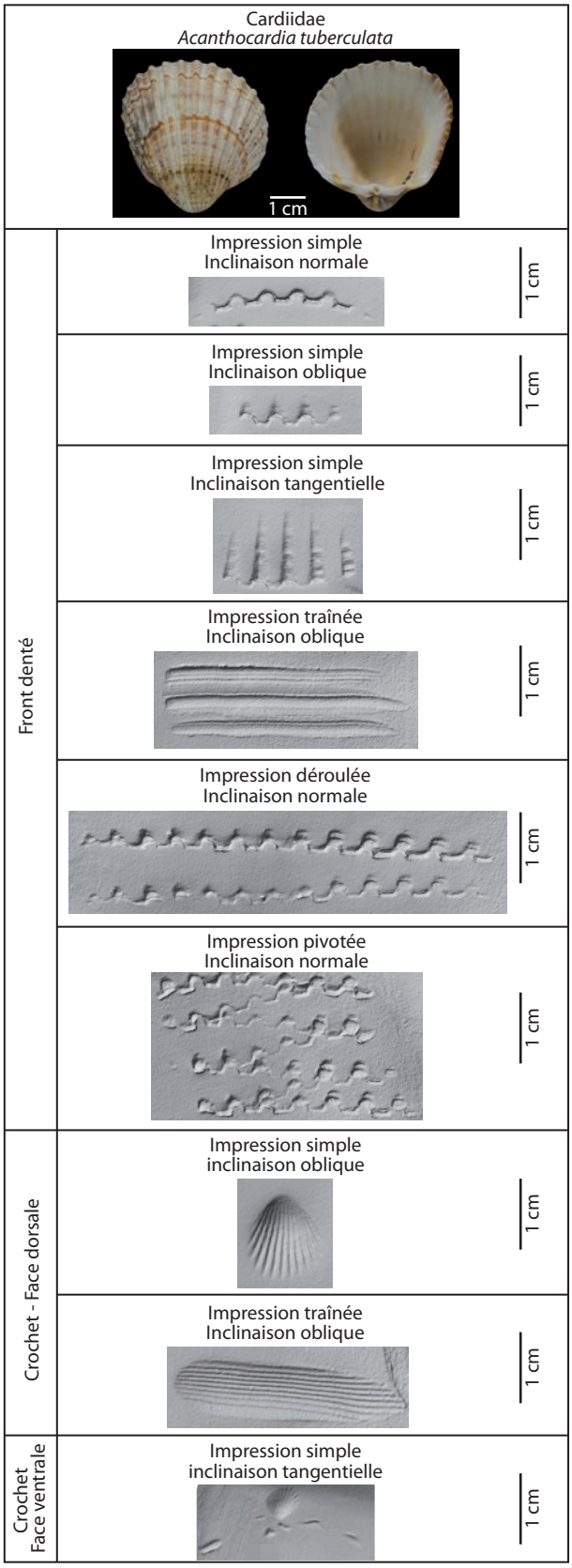


Fig. 8 – Extrait du référentiel d'empreintes : *Acanthocardia tuberculata*, neuf procédés.

***Fig. 8** – Extract from the imprints comparative reference collection: Acanthocardia tuberculata, nine processes.*

aboutissons à la même conclusion pour les deux espèces testées, *Cerastoderma edule* et *Cerastoderma glaucum*.

Par ailleurs, nos tests démontrent que, les formes et formats des crénelures des faces dorsales étant propres à chaque espèce, un petit format d'empreinte n'implique pas automatiquement un petit format de coquille. Il est donc indispensable d'identifier l'espèce pour pouvoir appliquer le protocole métrique de détermination du gabarit.

Doigts

La description des décors réalisés avec les doigts fait appel au vocabulaire anatomique de la main. Sur la face palmaire, les extrémités distales des doigts présentent des pulpes de forme convexe. Ces dernières portent des empreintes digitales, qui se composent de successions de crêtes et de sillons. Sur la face dorsale, les ongles ont une extrémité en arc de cercle. Les jonctions entre la pulpe et l'ongle sont appelées commissures (fig. 9).

En raison d'un dimorphisme sexuel observé pour chaque doigt, les dimensions des crêtes et des sillons renseignent sur le sexe biologique de la personne. Les empreintes évoluant de la naissance à la maturité, ces données métriques donnent également des indications, peu précises, relatives à la classe d'âge (enfant, adulte). L'étude des empreintes laissées lors de la fabrication d'artefacts en terre permet donc de discuter du sexe et l'âge des potières et des potiers (Kamp *et al*., 1999 ; Králík et Novotny, 2003 ; Sanders, 2015 ; Fowler *et al.*, 2019 ; Kantner *et al*., 2019). Deux méthodes de mesure existent et s'appuient sur des photos zénithales. La première consiste à mesurer la largeur d'une crête et d'un sillon associés (*ridge breadth* ; fig. 10a) et la seconde à décompter le nombre de crêtes ou de sillons le long de la diagonale d'une surface de 25 mm² (*ridge density* ; fig. 10b). Si nous avons pu repérer des empreintes digitales sur le mobilier archéologique, leur topographie n'est malheureusement pas discernable sur les numérisations 3D car les reliefs sont trop fins. Pour les intégrer à notre description, nous avons réalisé les prises de mesures sur des vues zénithales acquises à l'aide d'un macroscope Leica Z16 APO avec éclairage rasant. Une technologie à plus haute résolution permettrait sans doute d'obtenir des modèles numériques exploitables.

Parallèlement, l'étude des négatifs des ongles imprimés lors du façonnage de céramiques a récemment été développée afin de distinguer des classes d'âge (Dorland, 2018). La méthode consiste à relier la longueur du négatif de l'ongle (distance entre les deux extrémités de l'empreinte) à des classes d'âge (enfant, juvénile, adolescent et adulte). Comme les empreintes des ongles sont bien lisibles sur nos modèles 3D, nous avons pu systématiser la prise de mesures et discuter leur variabilité en regard des gestes d'impression.

Instruments

La catégorie instrumentale rassemble les outils dont la nature exacte n'a généralement pas pu être identifiée. Le champ des possibles est vaste car tout ce qui se présentait sous la main des potières ou potiers pouvait servir d'outil de décoration. Il peut s'agir d'objets en matière

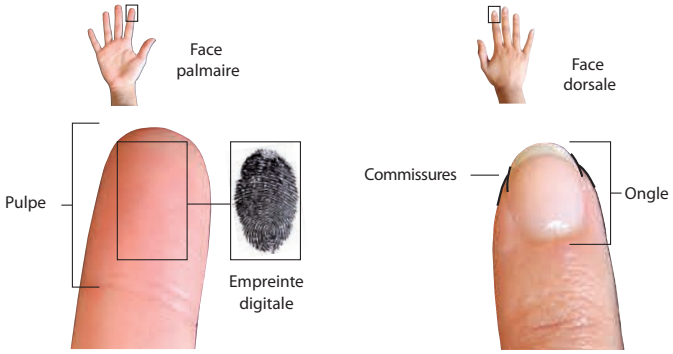


Fig. 9 – Vocabulaire relatif aux doigts.
***Fig. 9 –** Vocabulary related to fingers.*

Fig. 10 – Méthodes de mesure appliquées à une empreinte digitale (modifié d'après Fowler *et al*., 2019).
***Fig. 10 –** Measurement methods applied to a fingerprint (modified after Fowler* et al*., 2019).*

dure animale, végétale ou minérale qui n'ont pas subi de transformation avant utilisation. Ces objets peuvent aussi avoir été plus ou moins façonnés ou aménagés ; dès lors leur identification fondée sur un corpus de formes naturelles n'est plus envisageable.

Ignorant la nature de ces outils, la classification des empreintes repose donc sur leur seule forme. Afin de mettre en valeur tous les reliefs, l'examen morphologique de l'empreinte est réalisé avec le logiciel Meshlab qui permet d'éclairer le modèle numérique selon neuf angles (éclairage frontal, nord-ouest, nord, nord-est, est, sud-est, sud, sud-ouest et ouest). La description d'une empreinte faite avec un instrument s'organise en trois parties : le bord (interface entre l'empreinte et la surface du vase), les parois et le fond (fig. 11a).

La forme du bord de l'empreinte est décrite en vue zénithale. Dans notre corpus, nous avons qualifié les bords d'arciforme, longiligne, punctiforme ou bifide.

En plus de l'observation en vue zénithale sous Meshlab, les formes des parois et du fond sont observées en coupe à partir de 3DReshaper. La section de l'empreinte offre ainsi des vues inédites de la topographie des parois et du fond permettant d'affiner leur description (fig. 11b).

Pour aller plus loin dans la caractérisation des outils employés, des profils sont relevés localement grâce à l'extraction automatique de sections (fig. 11c). Dans le corpus étudié, les parois ont été qualifiées de lisses ou dentées, et les fonds décrits comme plats, arrondis, ou en « V ».

Le format de ces outils, systématiquement relevées sur les modèles 3D, est exprimé par leur longueur et leur largeur (fig. 11c). La longueur correspond à la plus grande distance d'un bout à l'autre de l'empreinte et la largeur est définie perpendiculairement à l'axe longitudinal. Les profondeurs des empreintes sont mesurées afin de définir la taille minimum de la zone active de l'instrument. En outre, les relevés en coupe permettent de mesurer l'angle formé à la jonction des parois et du fond (fig. 11c).

À l'appui de ce que nous avons observé, la forme du bord des empreintes est généralement la partie la plus caractéristique et donc la plus pertinente pour l'établissement d'un classement (fig. 12). Pour les empreintes dentées, la forme des parois est plus pertinente que celle du bord.

Gestes

Impression simple

L'impression simple consiste à presser un outil sur la pâte, puis à le relever, sans aucun déplacement sur la surface du vase (Balfet *et al*., 1983). L'outil est totalement déconnecté de la pâte entre deux impressions. L'empreinte est nette, les bords sont francs et les détails des reliefs sont bien marqués. L'empreinte représente un moulage assez fidèle de la zone active de l'outil (fig. 13).

Lorsque deux doigts sont utilisés, d'une part le pouce et d'autre part l'index ou le majeur, leurs négatifs sont nets, sans aucune remobilisation de pâte, ce qui les distingue des impressions pincées décrites *infra*.

Impression déroulée

Dans le corpus étudié, l'impression déroulée est mise en œuvre avec les fronts des bivalves. Le front de la coquille est imprimé suivant un mouvement de bascule unique (Balfet *et al*., 1983). Les empreintes sont rectilignes, ont des tailles variables, mais sont plus grandes que les empreintes résultant de l'impression simple. Les empreintes sont nettes, les bords sont francs (fig. 14).

Impression pivotée

L'impression pivotée est également exécutée dans ce contexte avec les fronts des bivalves. Le début du geste correspond à celui de l'impression déroulée, puis un mouvement de bascule continu est appliqué en utilisant les extrémités du front de la coquille comme pivot (Balfet *et al*., 1983). Les empreintes sont de taille variable, nettes, avec des bords francs ; cependant les détails morphologiques/anatomiques peuvent être plus difficiles à lire au

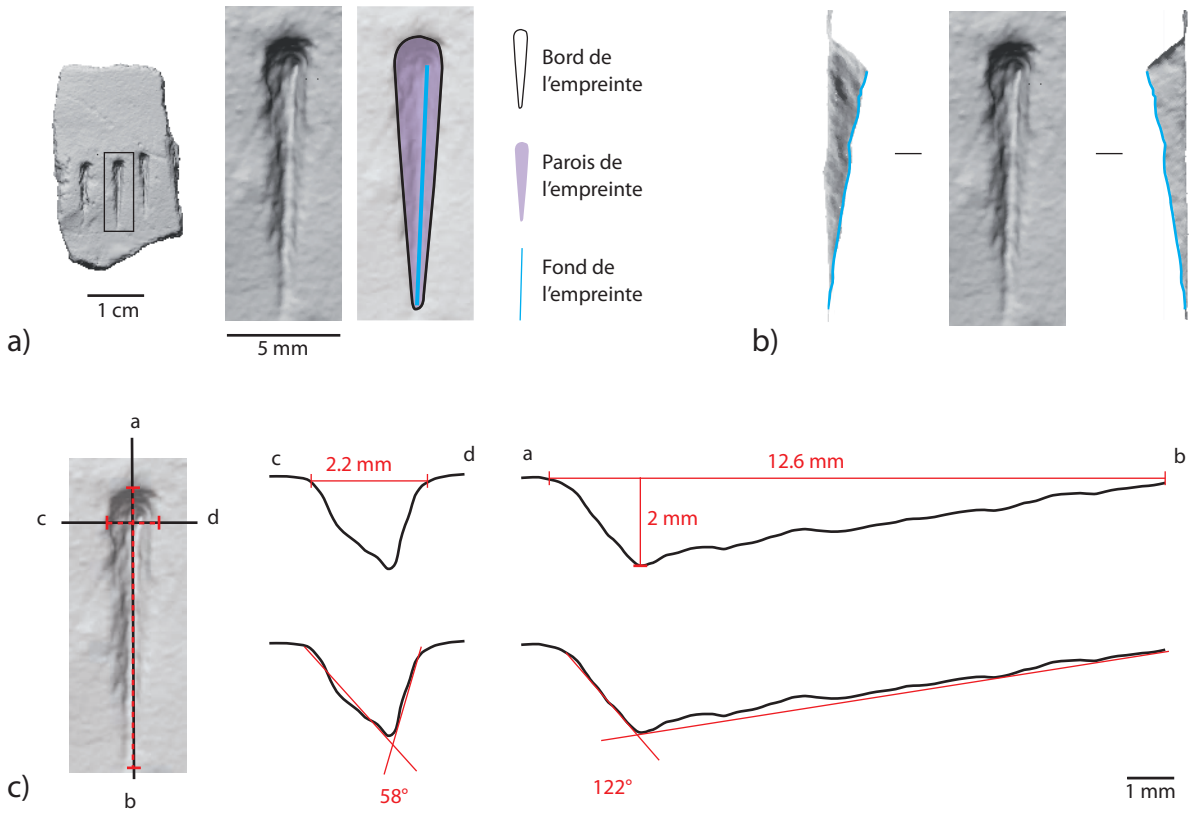


Fig. 11 – A : parties constitutives d'une empreinte ; b : parois internes et fond d'une empreinte ; c : relevés de profils et mesures relevées sur une empreinte.

Fig. 11 – *A : constitutive parts of an imprint; b : internal walls and bottom of an imprint; c: profile sections and measurements taken from an imprint.*

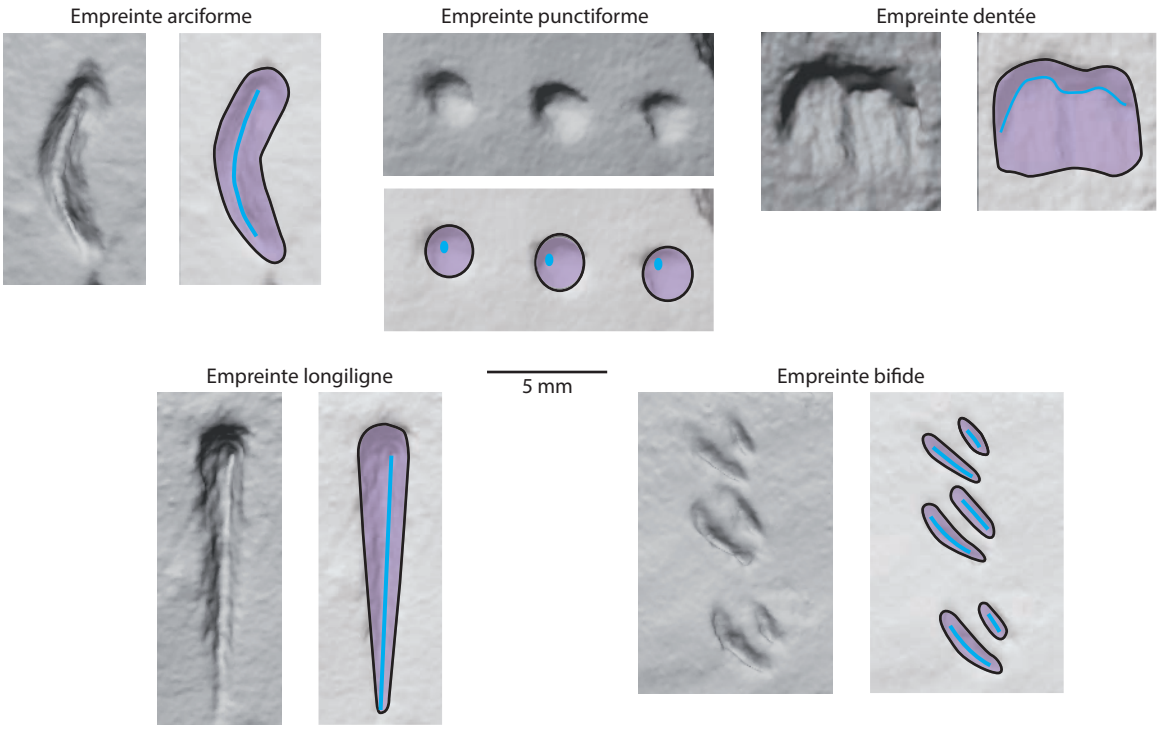


Fig. 12 – Exemples d'empreintes pour chacun des types identifiés.
***Fig. 12** – Examples of imprints for each identified type.*

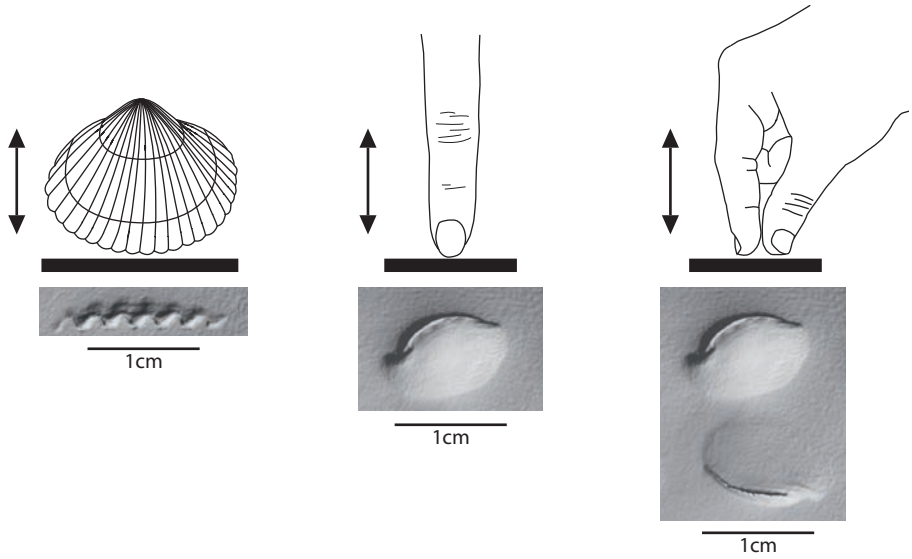


Fig. 13 – Impressions simples et modèles 3D d'empreintes expérimentales.
***Fig. 13** – Simple impressions and 3D models of experimental imprints.*

niveau des extrémités en raison des recoupements engendrés par le pivotement de la coquille (fig. 15).

Impression traînée

L'impression traînée consiste à presser l'outil sur la pâte, puis à le déplacer (Balfet *et al*., 1983). Les empreintes ont des tailles variant selon la distance sur laquelle l'outil a été traîné ; les bords sont francs, mais peuvent être irréguliers, et un report de pâte peut être observé à la fin du tracé (fig. 16).

Dans la démarche exposée dans cet article, les informations relevant de l'outil et du procédé sont dissociées. C'est pourquoi nous n'avons pas repris les notions d'incision, de sillon et de cannelure qui associent une forme et un format d'outil (tranchant/pointu, à pointe mousse plus ou moins large) au procédé d'impression traînée.

Impression pincée

L'impression pincée est exécutée avec deux doigts opposables (pouce *vs.* index ou majeur). Lorsqu'ils sont en contact avec la pâte, les doigts effectuent un déplacement

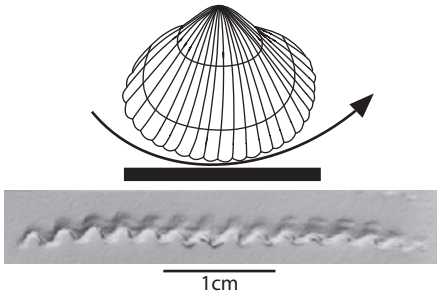


Fig. 14 – Impression déroulée et modèle 3D d'une empreinte expérimentale.
***Fig. 14** – Rolled impression and 3D model of an experimental imprints.*

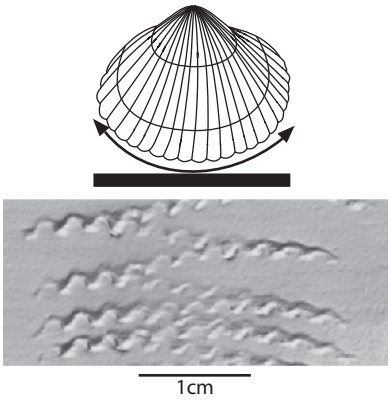


Fig. 15 – Impression pivotée et modèle 3D d'une empreinte expérimentale.
***Fig. 15** – Rocking impression and 3D model of an experimental imprints.*

d'une ampleur plus ou moins grande selon leur position de départ (fig. 17). L'utilisation du pouce et de l'index ou majeur produit deux négatifs en symétrie miroir mais, à la différence de l'impression simple, le négatif de l'ongle est ici dénaturé par le déplacement. La compression de la pâte entre les doigts produit une remobilisation de cette

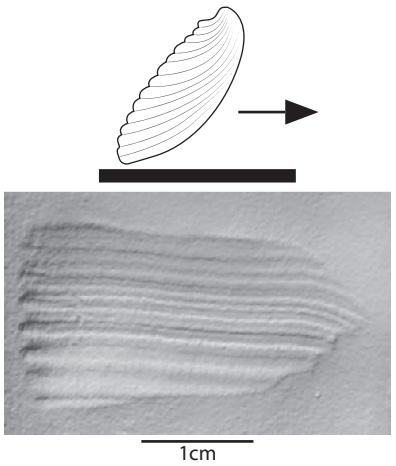


Fig. 16 – Impression traînée et modèle 3D d'une empreinte expérimentale.
***Fig. 16** – Dragged impression and 3D model of an experimental imprints.*

dernière au niveau des négatifs des pulpes, formant un relief entre les empreintes des deux doigts, caractéristique de l'impression pincée. Selon l'écartement des doigts au départ du pincé, et selon la texture de la pâte, cette dernière est plus ou moins remobilisée.

Modalités du geste

Les modalités du geste correspondent à l'inclinaison de l'outil par rapport au support et à la pression exercée par l'opérateur/opératrice au moment de l'impression.

Inclinaison

Lorsque l'outil est connu, comme c'est le cas pour les décors à la coquille et au doigt, l'inclinaison est déterminable car les empreintes ont des formes caractéristiques. En revanche, avec les instruments dont la nature est inconnue, les reliefs observés ne peuvent pas être assurément associés à une inclinaison particulière ; ils peuvent tout autant, ou en même temps, refléter la forme

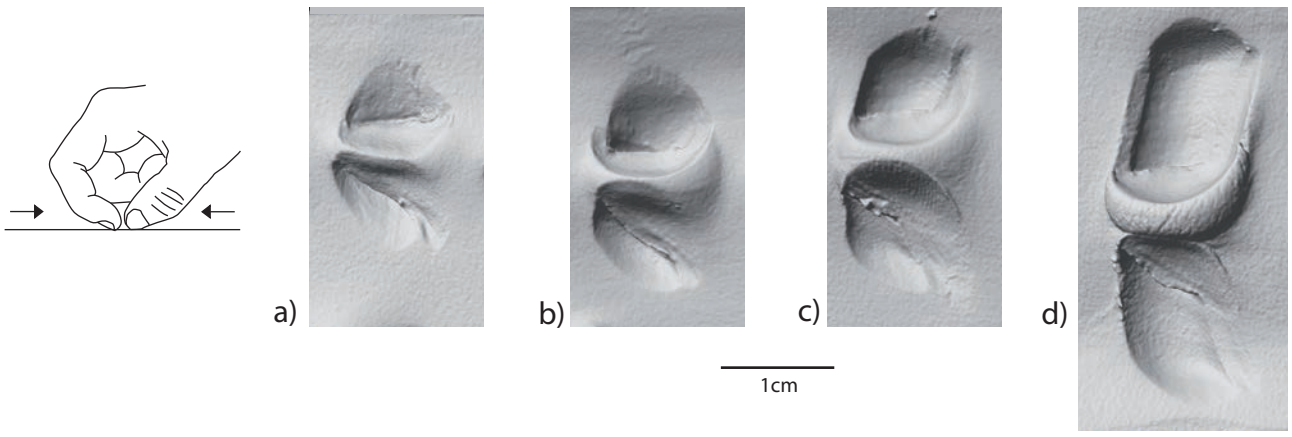


Fig. 17 – Impressions pincées et modèles 3D d'empreintes expérimentales ; a : pincement avec les doigts joints ; b : pincement avec les doigts espacés de 0.5 cm ; c : pincement avec les doigts espacés de 1 cm ; d : pincement avec les doigts espacés de 2 cm.
***Fig. 17** – Finger-pinched impression and 3D models of experimental imprints; a: pinching with fingers joined; b: pinching with fingers spaced 0.5 cm apart; c: pinching with fingers spaced 1 cm apart; d: pinching with fingers spaced 2 cm apart.*

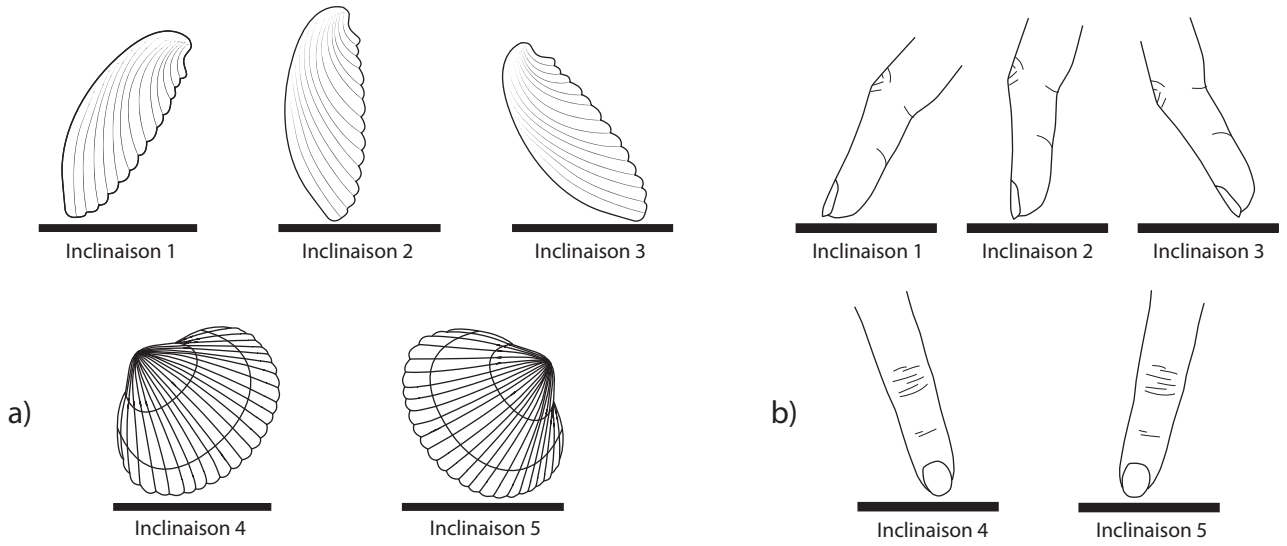


Fig. 18 – A : types d'inclinaisons pour un bivalve à front denté (modifié d'après Brandaglia, 1991 ; Manen et Salanova, 2010) ; b : types d'inclinaisons pour un doigt.

Fig. 18 – *A : types of inclinations for a bivalve with a toothed edge (modified after Brandaglia, 1991; Manen and Salanova, 2010); b: types of inclinations for a finger.*

de l'extrémité de l'instrument. De ce fait, si l'inclinaison des instruments par rapport au support peut être discutée, elle ne peut être affirmée pour autant.

Nous avons cherché à caractériser les différentes inclinaisons possibles pour les décors à la coquille et au doigt. Pour cela un protocole expérimental a été établi en nous appuyant sur des travaux antérieurs (Brandaglia, 1991 ; Manen et Salanova, 2010).

Le protocole expérimental que nous avons conçu comprend cinq inclinaisons possibles (fig. 18) :

– inclinaison 1 : la face ventrale/palmaire est inclinée vers le support ;
– inclinaison 2 : l'outil est perpendiculaire au support ;
– inclinaison 3 : la face dorsale est inclinée vers le support ;
– inclinaison 4 : l'outil est incliné sur la gauche ;
– inclinaison 5 : l'outil est incliné sur la droite.

Pour les décors à la coquille, nous avons choisi de conserver la nomenclature traditionnelle qui qualifie les empreintes – et non pas l'inclinaison de l'outil – de normale, oblique et tangentielle (fig. 19).

L'appréciation de ces inclinaisons repose toujours sur la simple observation de l'empreinte. Par exemple, dans le cas d'impression avec une coquille à face dorsale crénelée, l'inclinaison 1 (empreinte normale) se distingue bien par la seule présence de la crénelure du front ; l'inclinaison 2 associe la marque de la crénelure du front et une faible partie de la face dorsale ; l'inclinaison 3 quant à elle produit une empreinte beaucoup plus grande avec une large partie de la face dorsale. Ces différents types d'inclinaisons, dont les effets décoratifs sont nettement différents, ne constituent cependant que des jalons posés de façon subjective au sein d'un continuum. Les différents tests métriques qui ont été réalisés ne nous ont pas permis d'établir de limites nettes entre

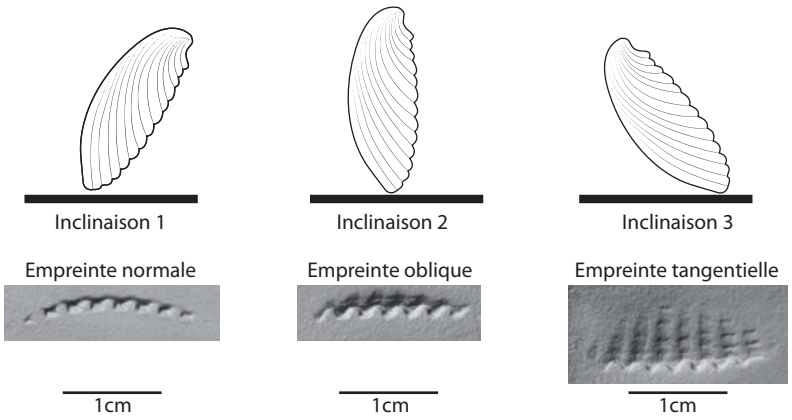


Fig. 19 – Décors à la coquille : correspondances entre les types d'inclinaison 1, 2 et 3, leurs empreintes et les dénominations de ces dernières.

Fig. 19 – *Shell decorations: correspondences between inclination types 1, 2 and 3, their imprints and their terminology.*

les différentes classes, particulièrement entre les inclinaisons 2 (empreinte oblique) et 3 (empreinte tangentielle). Cette typologie doit donc être comprise comme la formalisation d'une tendance.

Pression

La seconde modalité du geste identifiée est la pression exercée au moment de l'impression. Celle-ci est évaluée à partir de la profondeur de l'empreinte. Généralement appréciée visuellement jusqu'ici, elle peut être précisément mesurée sur le modèle 3D.

S'il est possible de quantifier cette profondeur, en déduire la pression exercée est cependant plus complexe. En plus d'être sujette à de très fortes variations intra- et inter-individus, la pression est assurément dépendante du degré hydrique de la pâte au moment de l'impression. Pour témoigner du degré de pression, plus ou moins élevé lors de l'utilisation d'un même outil, nous avons choisi dans un premier temps de considérer les parties anatomiques caractéristiques visibles dans les empreintes. Ainsi, pour les empreintes de doigt par exemple, l'observation des négatifs de l'ongle, puis de la pulpe et enfin des commissures, témoigne d'un gradient dans la pression exercée (fig. 20).

Des expérimentations spécifiques devront être mises en œuvre pour apprécier l'impact de l'état hydrique de la pâte sur l'estimation de l'intensité des pressions.

Mise en œuvre de la décoration

La mise en œuvre de la décoration procède de la répétition des éléments de base selon une ou plusieurs directions. Cette opération n'est cependant pas réalisée d'une traite mais découpée en séquences successives. La mise en évidence de la chronologie de ces gestes techniques permet d'accéder au schéma opératoire de construction du décor.

Cette démarche a été ponctuellement mise en œuvre, notamment lors de l'étude de motifs réalisés par la technique du sillon d'impressions (Binder et Nonza-Micaelli, 2019 ; Panelli, 2019). Cette problématique peut être explorée plus systématiquement grâce à une des fonctionnalités de 3DReshaper. Il est en effet possible d'obtenir une vue déroulée en 2D du vase, offrant ainsi une lecture du décor dans son entièreté (fig. 21).

L'exploitation de la vue déroulée permet d'identifier des régularités et irrégularités de composition, des ruptures de rythme, à partir desquelles seront en premier lieu identifiées des séquences de gestes. La mise en évidence de recoupements entre empreintes permet ensuite de reconstituer les différentes séquences chronologiques.

Identifier des séquences de gestes

L'identification des séquences consiste à repérer des caractères qui se répètent cycliquement ou qui

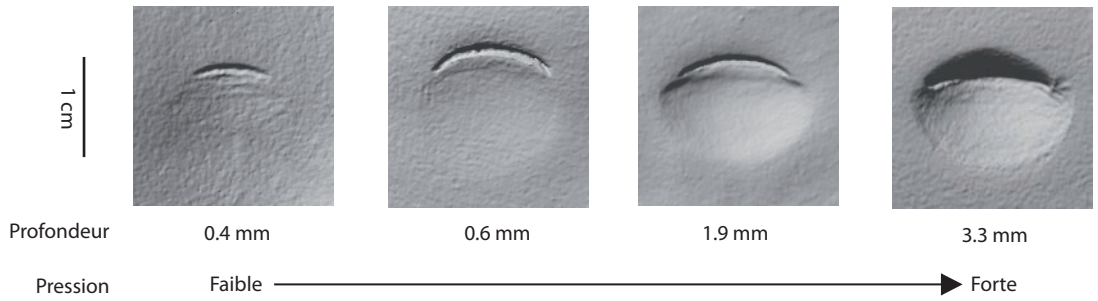


Fig. 20 – Modèles 3D d'empreintes d'impressions simples d'index selon l'inclinaison 2 sur une pâte à consistance cuir.
***Fig. 20** – 3D models of simple impressions of index finger according to inclination 2 on leather-hard clay.*

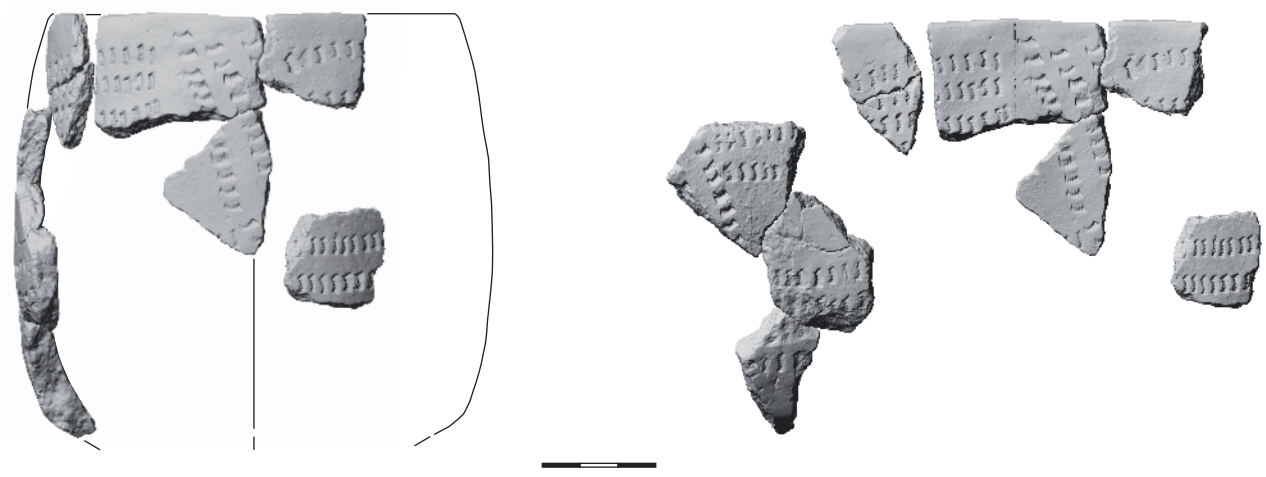


Fig. 21 – Vues conventionnelle et en déroulé 2D d'un vase (AP_ 0018). Échelle en cm.
***Fig. 21** – Conventional and unrolled 2D views of a pot (AP_ 0018). Scale in cm.*

constituent des anomalies au sein d'ensembles apparemment homogènes.

Espacement

Nous postulons que la gestuelle suit une rythmique qui se traduit par un espacement régulier des empreintes. Dans cette perspective, des variations significatives d'espacement correspondent potentiellement à des changements de rythme matérialisant un changement de séquence de gestes. L'espacement peut être mesuré en degrés lorsque le diamètre du vase est restitué, grâce à la projection de sections radiales ; dans les autres cas la mesure est prise au milieu de la longueur de l'empreinte et est donnée en millimètres (fig. 22).

Orientation

Lorsque le geste est enchaîné dans une séquence, l'orientation des empreintes est généralement similaire. Un changement d'orientation des empreintes sera interprété comme le signe d'un changement de séquence. Trois modalités d'orientation des empreintes (verticale, oblique ou horizontale) ont été définies en considérant la position de leur axe le plus long par rapport à l'axe radial du vase (fig. 23).

Alignement

L'alignement correspond à la position des empreintes les unes par rapport aux autres. Un décalage marqué dans l'alignement sera retenu comme un indice de limite entre deux séquences (fig. 24).

Profondeur

Tout comme les précédents caractères, l'observation de la profondeur des empreintes vise à identifier des différences marquées susceptibles de correspondre à des limites de séquences. Pour acquérir cette donnée, des cartes de profondeurs – mesurées à partir de la surface du vase – ou des relevés de profils sont réalisées (fig. 25).

Identifier la chronologie intra- et inter-séquences des gestes

Pour aller plus loin dans la caractérisation du schéma opératoire mis en œuvre dans la réalisation des décors, nous avons recherché des recoupements d'empreintes (fig. 26), que les vues déroulées et les différentes vues rapprochées des modèles 3D, rendent plus facilement identifiables.

Ces recoupements démontrent dans quel ordre les empreintes ont été réalisées. Ils permettent d'établir la chronologie des gestes, non seulement à l'intérieur d'une même séquence mais également entre les différentes séquences identifiées.

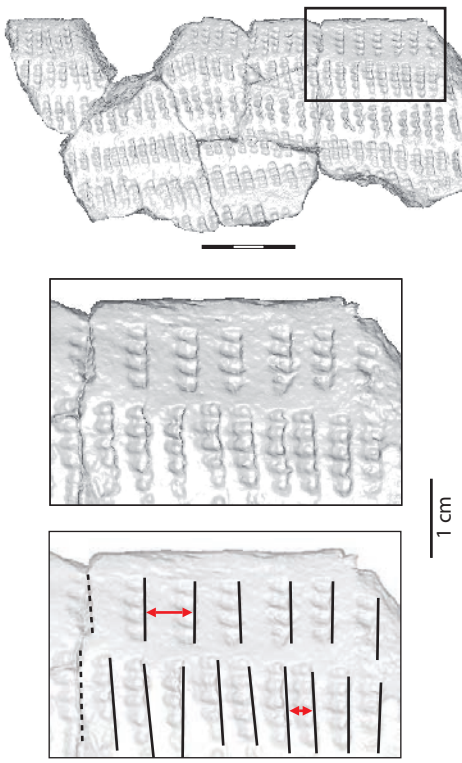


Fig. 22 – Mesure de l'espacement des empreintes. Vue déroulée, échelle en cm.

***Fig. 22 –** Measuring of the imprints spacing. Unrolled view, scale in cm.*

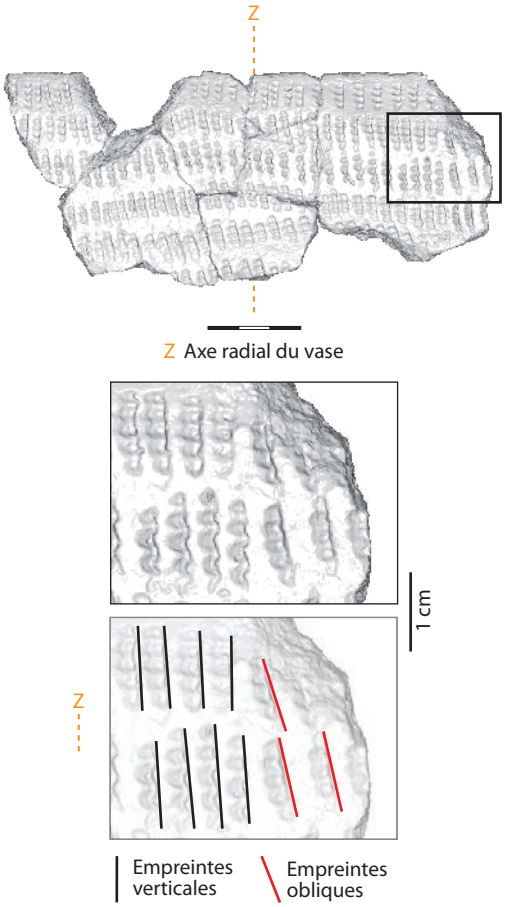


Fig. 23 – Détermination de l'orientation des empreintes. Vue déroulée, échelle en cm.

***Fig. 23 –** Identification of the orientation of the imprints. Unrolled view, scale in cm.*

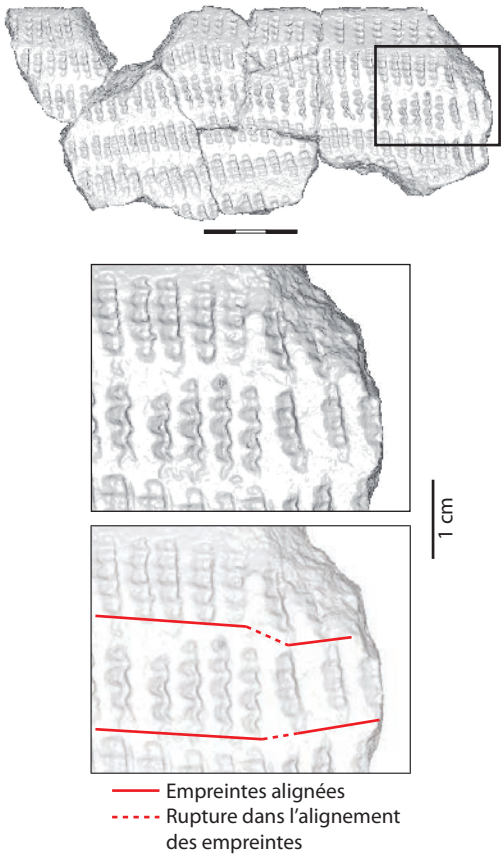


Fig. 24 – Identification des alignements. Vue déroulée, échelle en cm.
Fig. 24 – *Identification of the alignments. Unrolled view, scale in cm.*

Il est entendu que la possibilité d'observer des recoupements d'empreintes est directement liée au mode de répétition de l'élément de base. Selon que les empreintes seront enchaînées les unes aux autres (mode séquentiel) ou distinctes (répétition discontinue), la chronologie des gestes sera plus ou moins accessible. À défaut des recoupements nets, les empreintes proches les unes des autres peuvent tout de même livrer des indications relatives à leur chronologie. En effet, lors de la réalisation d'impressions contiguës, chaque impression provoque une remobilisation de la pâte vers la périphérie ; ainsi, par proximité, chaque nouvelle impression va, peu ou prou, déformer la précédente, ce qui permet de les ordonner dans le temps. Une série d'expérimentations nous a permis d'identifier plusieurs traits relatifs à ces déformations (fig. 27).

Description de la chronologie des gestes intra-séquence

La description de la chronologie des gestes intra-séquence prend en considération la direction selon laquelle l'outil est déplacé. Dans le cas d'une séquence à répétition horizontale, la direction est qualifiée de sénestre (de la droite vers la gauche) ou de dextre (de la gauche vers la droite).

Si la répétition est verticale on parlera de direction descendante (du bord vers l'assise) ou montante (de l'assise vers le bord).

Description de la chronologie des gestes inter-séquences

L'ordre de réalisation des séquences est défini à partir des recoupements, ou des déformations, observés entre des empreintes appartenant à des séquences différentes. Une fois cet ordre déterminé, leur numérotation permet de reconstruire et de coder le schéma opératoire (fig. 28).

La direction des gestes et les schémas opératoires peuvent varier en fonction de la prise en considération par la potière ou par le potier des éléments de préhension/

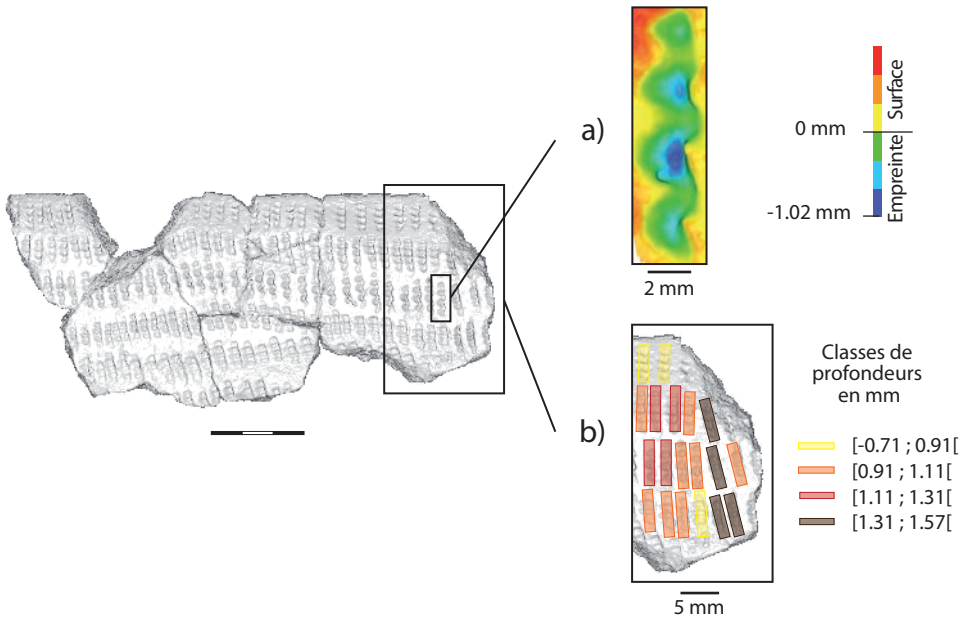


Fig. 25 – Carte de profondeurs d'une empreinte ; b : distribution des profondeurs mesurées sur le vase. Vue déroulée, échelle en cm.
Fig. 25 – *A : depth map of an imprint; b: distribution of depth measurements taken from the pot. Unrolled view, scale in cm.*

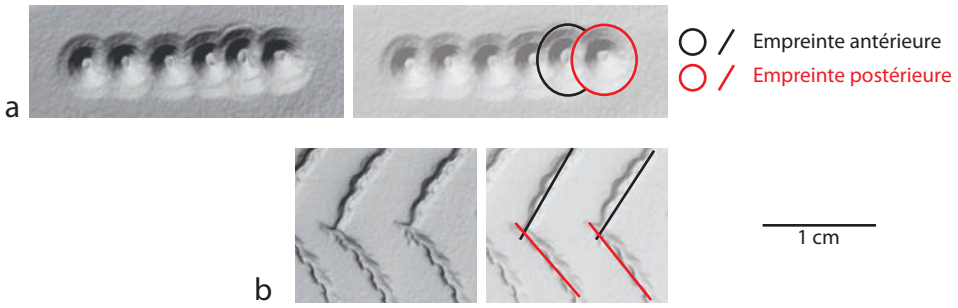


Fig. 26 – Recoupements d'empreintes (référentiel expérimental) ; a : modèles 3D d'empreintes de *Columbella rustica* ; b : modèles 3D d'empreintes de *Cerastoderma edule.*

Fig. 26 – *Overlapping imprints (experimental comparative reference collection); a: 3D models of Columbella rustica imprints; b: 3D models of Cerastoderma edule imprints.*

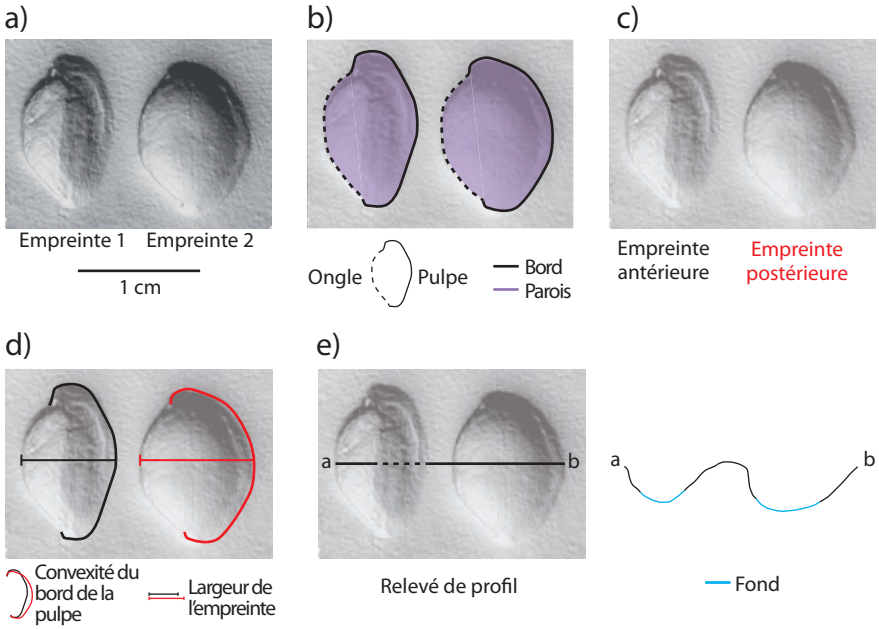


Fig. 27 – A : modèles 3D d'empreintes contiguës expérimentales réalisées par impression simple du majeur ; b : localisation des parties anatomiques du doigt ; c : chronologie des gestes réalisés. Constats : d : la réalisation de l'empreinte 2 a déformé le négatif de la pulpe de l'empreinte 1 : le bord est moins convexe et la largeur globale de l'empreinte est réduite ; e. Le fond de l'empreinte 1 est plus aigu que celui de l'empreinte 2.

Fig. 27 – *A: 3D models of experimental contiguous imprints made by simple impression of the middle finger; b: location of the anatomical parts of the finger; c: chronology of the gestures realized; Observations: d: the making of impression 2 has deformed the negative of the pulp of impression 1: the edge is less convex and the overall width of the imprint is reduced; e: the bottom of impression 1 is more acute than that of impression 2.*

suspension ; ils peuvent également varier en raison du mode de manipulation du vase au cours de la décoration.

L'analyse stylistique

L'analyse stylistique considère *in fine* la structure générale du décor : architecture (ou composition ou encore syntaxe décorative) et nature des éléments (ou rangées) qui la composent, composition des rangées (motifs), position de l'ensemble sur le vase.

Deux types de décor sont distingués. Le décor principal forme l'unité dominante sur le vase ; c'est autour de lui que s'organise l'analyse stylistique. Le décor secondaire, dit aussi additionnel, est restreint à certaines parties du vase et vient en complément du décor principal. Les décors secondaires sont décrits au cas par cas.

L'analyse du vase s'appuie sur une lecture de la vue déroulée du modèle 3D en suivant la nomenclature précédemment proposée pour l'*Impressa* et le Cardial (Binder, 1991 et 1995 ; Manen *et al.*, 2010).

Dans le contexte considéré, les décors se prêtent à une description depuis le bord vers l'assise du vase et à une décomposition en rangées. Chaque rangée correspond à une suite d'empreintes disposées côte à côte pour constituer un ensemble fini. Les rangées sont numérotées de une à n dans un premier temps sans prendre en considération la chronologie des gestes (fig. 29). La disposition du décor principal est également donnée en regard de celle des éléments de

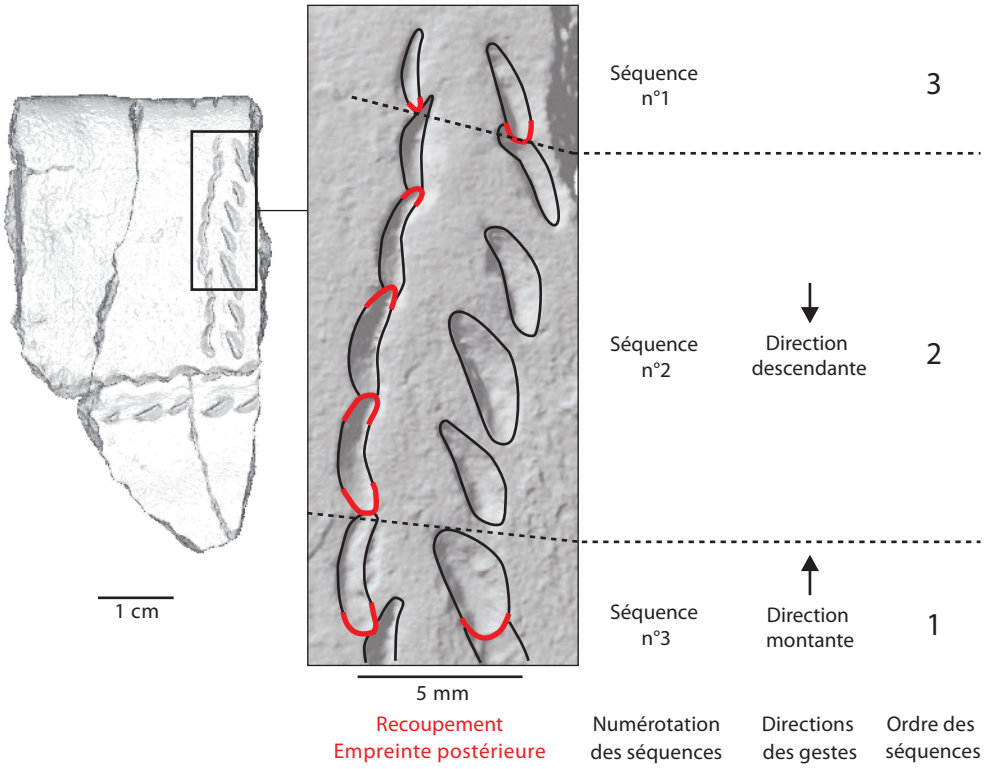


Fig. 28 – Schéma opératoire de réalisation d'un ruban vertical.
Fig. 28 – *Operating scheme for making a vertical band.*

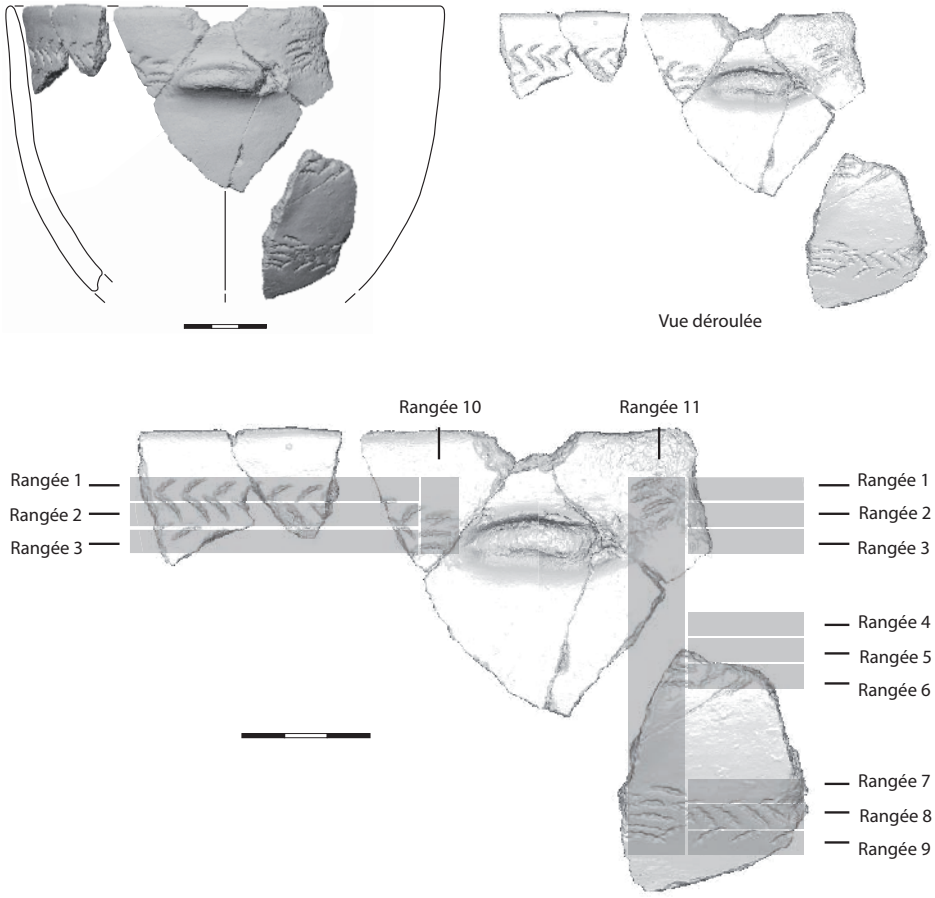


Fig. 29 – Décomposition d'un décor en rangées (vase AP_0040). Échelle en cm.
Fig. 29 – *Decomposition of a decoration in rows (vase AP_0040). Scale in cm.*

préhension : décor passant au-dessus, décor aligné mais ne les ornant pas, décor aligné et ornementation du champ, etc.

L'architecture

Les types

Sur la base des travaux antérieurs (Binder, 1991 et 1995 ; Binder *et al*., 1993 ; Manen *et al*., 2010), sept types d'architecture (ou syntaxe) définis à partir de la disposition relative et de l'orientation des différentes composantes (rangées) ont été distingués (fig. 30).

Les parties non décorées entre le bord et le décor principal et entre le décor principal et l'assise sont considérées comme des plages vides. Le terme de réserve est appliqué aux espaces vides contribuant à la composition.

– Architecture en ruban(s) horizontal(-aux) : composition fondée sur la présence d'au moins un ruban horizontal lui-même formé d'une à n rangées.
– Architecture en ruban(s) vertical(-aux) : présence d'au moins un ruban vertical, également formé d'une à n rangées.
– Architecture orthogonale : combinaison d'au moins un ruban horizontal et un ruban vertical disposés perpendiculairement. Chaque ruban est composé d'une seule rangée, ce qui les distingue des architectures métopales.
– Architecture métopale : composition à partir de formes quadrangulaires (panneaux ou rubans) résultant de la juxtaposition de plusieurs rangées (ce qui les distingue des architectures orthogonales) et séparées par des réserves horizontales et/ou verticales ou disposées (la plupart du temps en alternance) de part et d'autre d'un cordon.
– Architecture oblique-miroir : composition à partir de rubans obliques et/ou de triangles, formés de plusieurs rangées et dupliqués par rapport à un axe de symétrie vertical.

Des variantes existent pour chacun de ces types architecturaux selon qu'il y a un ou plusieurs rubans et selon la composition desdits rubans (nombre de rangées et types de motifs dans les rangées).

Les architectures dites « complexes » constituent des cas à part ; elles correspondent à des compositions singulières dont la structuration ne répond pas strictement à la définition des types *supra*. Chaque exemplaire fait donc l'objet d'une description détaillée particulière reposant toujours sur l'identification de rangées.

Les motifs

Les rangées qui composent les types architecturaux sont formées d'un ou de plusieurs motifs dont la nature et le mode de distribution sont décrits.

Dans le contexte étudié, un motif correspond à un élément de base (empreinte) caractérisé par son orientation, elle-même définie en référence à l'axe radial du vase. On peut donc identifier sur un même vase, voire dans une seule rangée, un ou plusieurs (n) motifs, à raison de l'orientation de l'élément de base, définie à partir de la plus grande longueur de l'empreinte. Ces orientations sont regroupées selon quatre modalités : verticale, oblique 45°, horizontale, oblique 135° (fig. 31). Lorsqu'un vase décoré n'est pas orientable (absence de caractéristiques diagnostiques telles que le bord ou le fond), l'orientation des éléments de base reste indéterminée.

Il s'agit ensuite de décrire les modalités de leur distribution (duplication, articulation) au sein d'une rangée. En présence d'un seul motif, deux modalités sont possibles selon que le motif est répété dans le sens de la longueur ou de la largeur de l'empreinte. En présence de plusieurs motifs sur une même rangée, il s'agira également de décrire la façon dont chaque motif est répété mais aussi l'articulation entre les motifs ; celle-ci correspond dans tous les cas rencontrés à une symétrie miroir (fig. 32).

Dans le cas où un seul motif est utilisé sur toutes les rangées, la description de la distribution se limite au décompte du nombre de répétitions.

Lorsque la composition comporte plusieurs rangées trois modes d'articulation principaux ont été distingués :

– une ou plusieurs rangées d'un ou plusieurs motifs peuvent être encadrées par deux rangées d'un même motif (fig. 33a) ;
– deux rangées ou plus composées de motifs obliques peuvent, par leur juxtaposition, créer une symétrie

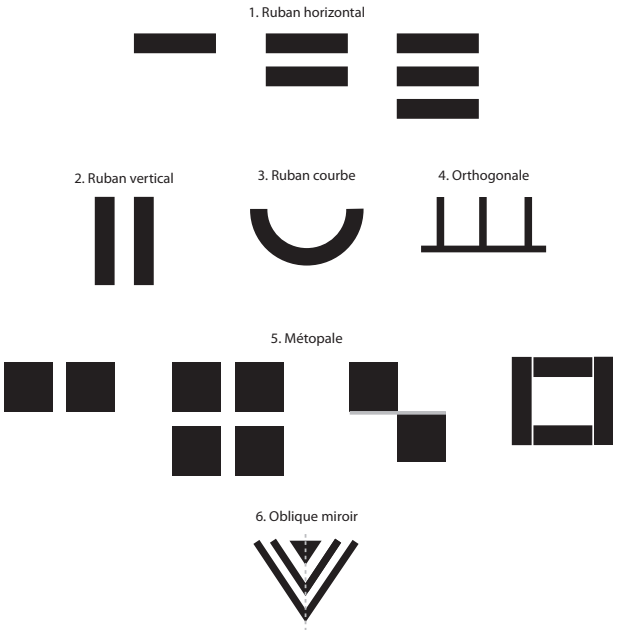


Fig. 30 – Types d'architecture reconnus dans le contexte considéré.
Fig. 30 – *Types of architecture identified in the considered context*

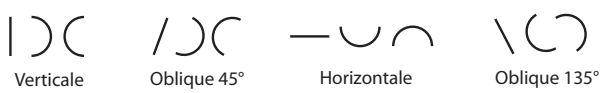


Fig. 31 – Types d'orientation des éléments de base.
Fig. 31 – *Types of orientation of the basic elements.*

Fig. 32 – Modalités de duplication d'un ou plusieurs motifs au sein d'une rangée.
***Fig. 32** – Modalities of duplication of one or several motifs within a row.*

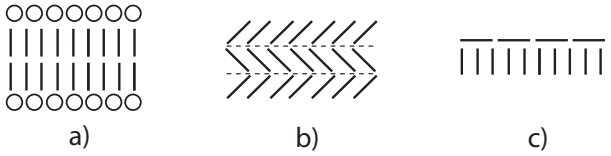


Fig. 33 – Modalités d'organisation des rangées et de leurs motifs.
***Fig. 33** – Modalities of organisation of the rows and their motives.*

miroir, comme c'est le cas par exemple pour les décors dits en zigzag (fig. 33b) ;
– deux rangées, constituées chacune d'un motif particulier, forment par des orientations opposées de leurs motifs ce qu'il est convenu d'appeler une ligne frangée (fig. 33c).

La position

La décoration peut concerner la face externe et/ou interne des vases. La méthode employée pour décrire la position du décor principal est fondée sur celle en usage pour les contextes de la Céramique imprimée (Binder *et al*., 2010). Elle est déterminée par rapport à une division du vase en tiers : supérieur, médian et inférieur (fig. 34). Le tiers supérieur renvoie à plusieurs parties anatomiques du vase : lèvre, col, bord ; le tiers médian correspond au corps et le tiers inférieur à l'assise. Le décor peut occuper un ou plusieurs tiers. Lorsque le vase est insuffisamment conservé, la position du décor ne peut être déterminée avec certitude.

Les décors secondaires sont non seulement localisés sur le vase (tiers supérieur, médian ou inférieur) mais également par rapport aux parties spécifiques (lèvre, col, préhension) avec lesquelles ils sont en relation (fig. 35).

APPLICATION AU VASE AP_0002 DE L'ABRI PENDIMOUN

Avec 197 vases attribués aux phases de l'*Impressa* (1A et 1B) et du Cardial (2A et 2B), l'abri Pendimoun est l'un des sites les plus riches de Méditerranée du Nord-Ouest pour cette période (Binder *et al*., 1993 et 2020 ; Binder, 1995 ; Drieu *et al*., 2021). Les vases décorés représentent plus de la moitié de la série et de nombreuses formes sont restituables, ce qui facilite le recueil des données concernant l'ensemble de la chaîne opératoire

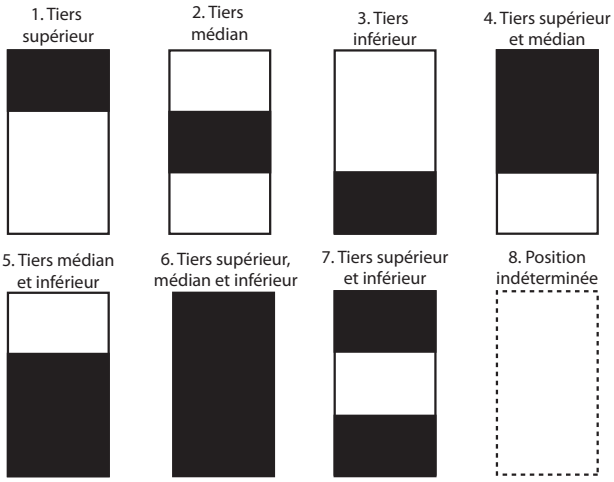


Fig. 34 – Positions des décors principaux sur le vase ; les zones noires correspondent aux parties décorées (modifié d'après Binder *et al*., 2010).
***Fig. 34** – Positions of main decorations; black areas correspond to decorated parts (modified after Binder et al., 2010).*

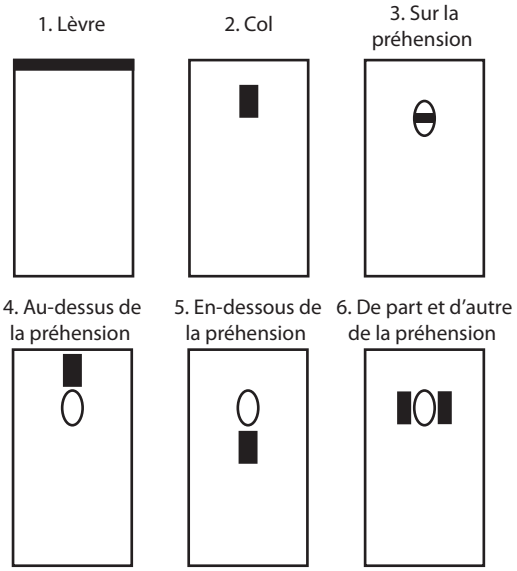


Fig. 35 – Positions les plus fréquentes des décors secondaires ; les zones noires correspondent aux parties décorées (modifié d'après Binder *et al*., 2010).
***Fig. 35** – The most frequent positions of secondary decorations; black areas correspond to decorated parts (modified from Binder* et al.*, 2010).*

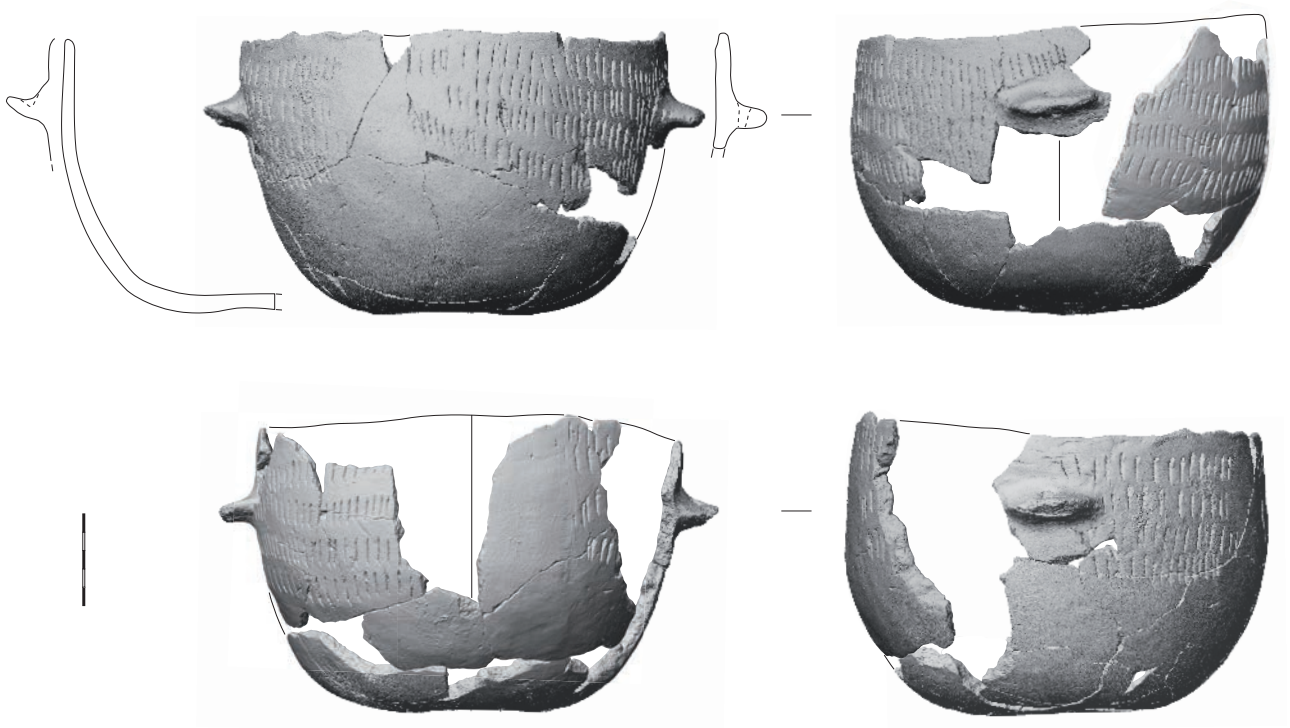


Fig. 36 – Vase AP_0002. Échelle en cm.
***Fig. 36 –** Pot AP_0002. Scale in cm.*

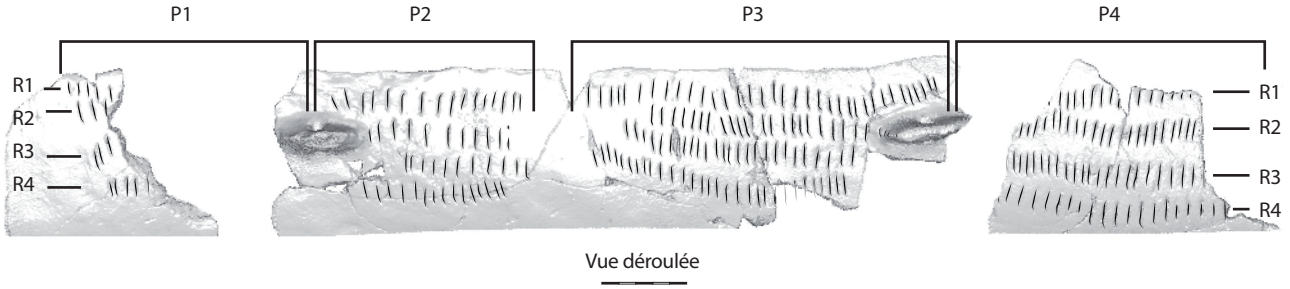


Fig. 37 – Décomposition de l'architecture du décor en panneaux (P) et rangées (R). Échelle en cm.
***Fig. 37 –** Decomposition of the decorative architecture into panels (P) and rows (R). Scale in cm.*

décorative. Les apports de cette nouvelle approche sont illustrés ici par l'analyse d'un vase de l'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes). Ce récipient (réf. AP_0002) est issu de l'assemblage céramique de l'*Impresso-Cardial* du site, support à nos développements méthodologiques (Cassard, 2020).

Le vase AP_0002

Le vase AP_0002 est l'un des récipients les mieux conservés de l'étape *Impressa* (phase 1B) de Pendimoun ; son profil est entièrement conservé et la préservation de nombreux tessons a permis de le reconstituer en grande partie (fig. 36 et annexe 2). Le bord irrégulier permet d'estimer sa hauteur entre 15,5 cm et 16,5 cm. Son diamètre est de 23 cm. Il porte deux languettes de préhension et son assise est concave.

Position et architecture

Le décor est positionné sur le bord, approximativement

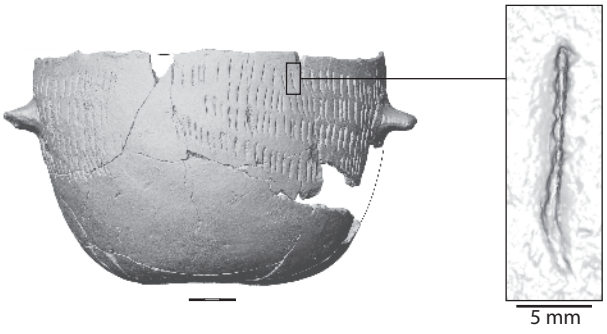
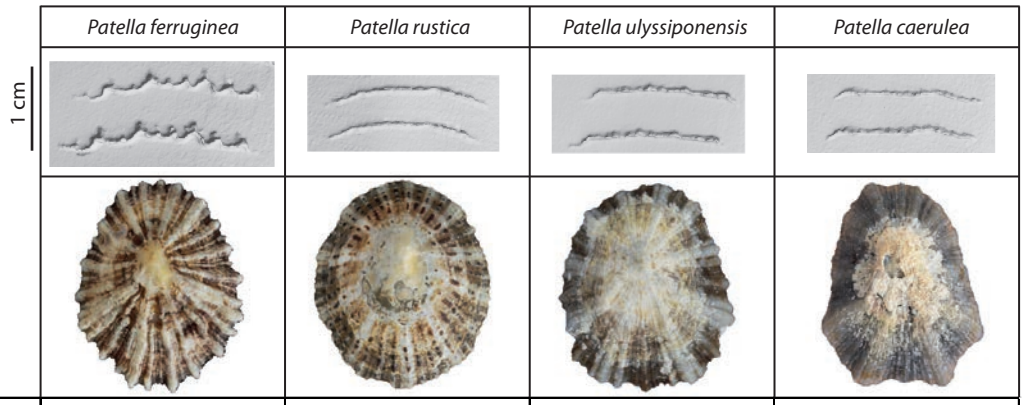


Fig. 38 – AP_0002, élément de base extrait du panneau 3. Vase, échelle en cm.
***Fig. 38 –** AP_0002, basic element extracted from panel 3. Pot, scale in cm.*



		Patella ferruginea	*Patella rustica*	*Patella ulyssiponensis*	*Patella caerulea*
Forme de la base	Arrondie		x		
	Arrondie et rectiligne	x		x	x
Forme des côtes	Arrondies		x		
	Triangulaires	x			
	Mixtes			x	x
Régularité de la crénelure	Irrégulière	x			
	Régulière			x	x
	Très régulière		x		

Fig. 39 – Caractéristiques morphologiques des espèces de *Patella* et modèles 3D de leurs empreintes (référentiel expérimental).
Fig. 39 – *Morphological characteristics of the Patella species and 3D models of their imprints (experimental reference collection).*

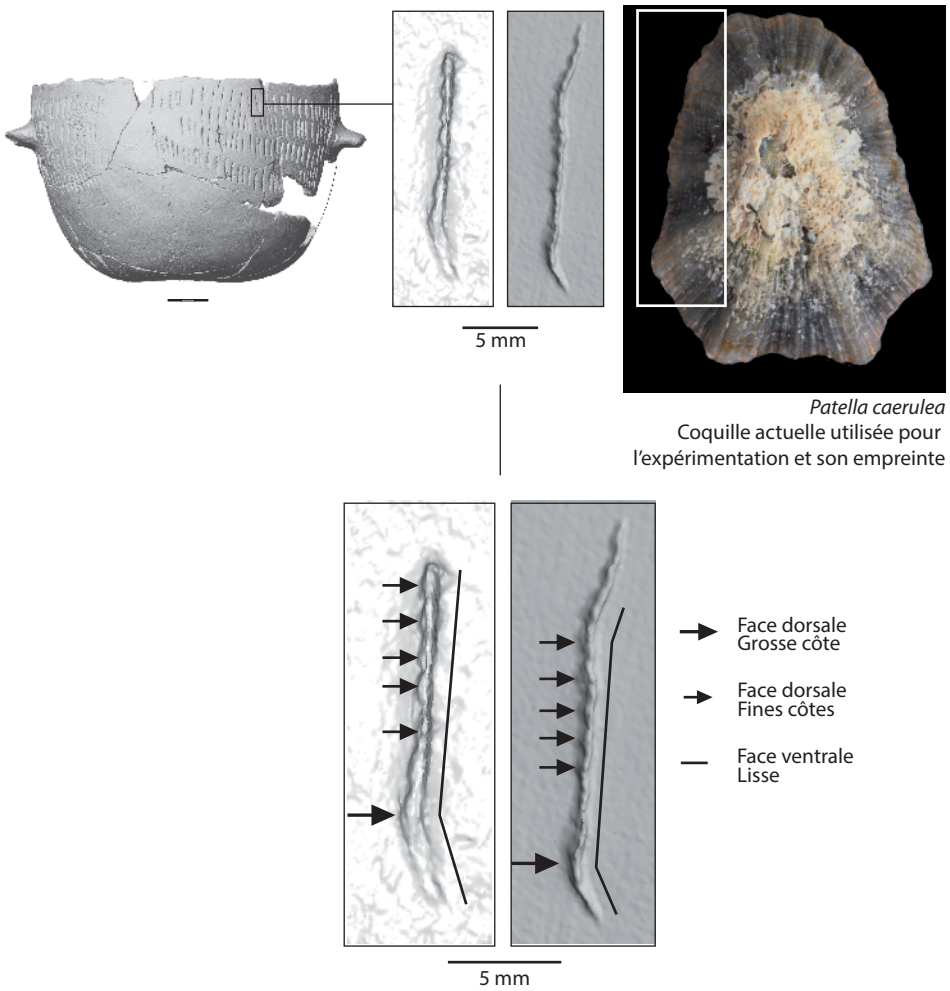


Fig. 40 – Identification de *Patella caerulea* par anatomie comparée. Vase, échelle en cm.
Fig. 40 – *Identification of Patella caerulea by comparative anatomy. Pot, scale in cm.*

entre 0,5 et 1,5 cm sous la lèvre, et sur la première partie du corps. Les zones décorées mesurent environ 8 cm de haut et varient entre 11 et 20 cm de long. La moitié du vase est donc concernée par la décoration.

Ce vase porte un décor organisé selon une architecture métopale, formée de quatre panneaux, numérotés P1 à P4 (fig. 37). Ces derniers sont séparés par des réserves et par les languettes de préhensions. Chaque panneau est composé de quatre rangées, au sein desquelles les empreintes sont orientées verticalement ; la deuxième rangée est systématiquement alignée sur une préhension. Les premières rangées de P2 et P3 se poursuivent au-dessus des languettes. Les rangées sont globalement horizontales, mais sont très irrégulières ; une forte obliquité est d'ailleurs observée pour la quatrième rangée de P3.

L'élément de base

Les empreintes présentent un aspect à la fois rectiligne et côtelé, avec une association de plusieurs fines côtes et d'une plus grossière (fig. 38). En ne considérant que les outils naturellement présents dans l'environnement et à la morphologie non modifiée, l'hypothèse de l'emploi d'une patelle avait été suggérée (Binder *et al*., 1993) ; la face ventrale du gastéropode correspondrait au bord rectiligne et la face dorsale au bord côtelé.

Pour tester la validité de cette hypothèse, les numérisations des tessons archéologiques ont été confrontées à celles d'empreintes expérimentales de *Patella ferruginea*, *Patella rustica*, *Patella ulyssiponensis* et *Patella cerulea*, principales espèces de *Patella* de Méditerranée du Nord-Ouest (Gaillard, 1987b ; Poppe et Goto, 1993a) identifiées au sein de la malacofaune de Pendimoun (Cade, 1998). Adossée aux vues virtuelles très détaillées des empreintes expérimentales, une grille de lecture a été établie présentant les caractéristiques morphologiques permettant de distinguer les espèces (fig. 39). Aucune mesure des empreintes n'a été faite pour tenter de caractériser la taille des coquilles car les patelles sont des espèces polymorphes, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de format standard propre à chaque espèce.

En procédant par anatomie comparée, non seulement l'emploi d'une patelle a été confirmé mais une identification à l'espèce a pu être proposée, l'association d'une forte et de fines côtes étant propre à *Patella caerulea* (fig. 40). Les comparaisons avec nos référentiels permettent de conclure qu'il s'agit d'impressions simples avec inclinaison normale, que la face dorsale est orientée à gauche et la face ventrale orientée à droite.

Mise en œuvre de la décoration

L'analyse de la mise en œuvre de la décoration a été réalisée sur le panneau 3 (cf. fig. 37) presque entièrement conservé. Ce panneau est composé d'un grand nombre d'empreintes (117 pour un nombre total de 284 empreintes décomptées sur l'ensemble du vase) ce qui augmente son potentiel informatif sur la mise en œuvre.

L'alignement des empreintes, leur orientation et leur espacement indiquent que le décor a été réalisé rangée par rangée. Au sein des rangées, les empreintes ne sont pas suffisamment proches les unes des autres pour que des recoupements ou des déformations puissent être identifiées et nous indiquer la direction du geste. Entre les rangées, peu de recoupements sont identifiés ; s'ils sont ténus, ils sont cependant suffisamment clairs pour en déduire que le décor a été réalisé du bord vers l'assise (fig. 41).

La disposition des empreintes les unes par rapport aux autres est irrégulière dans l'ensemble, mais l'examen des alignements, des orientations et des espacements a révélé des variations caractéristiques (fig. 42a) qui suggèrent que les rangées n'ont pas été réalisées d'un seul tenant, mais ont été décomposées en séquences de gestes (fig. 42b).

Les séquences de gestes identifiées par rangée sont au nombre de sept pour R1, cinq pour R2, quatre pour R3 et cinq pour R4. D'après le découpage proposé, ces vingt-et-une séquences de gestes sont composées chacune de trois à onze empreintes, avec une médiane à cinq (fig. 43).

Les séquences de gestes sont assez régulières et il est possible que les séquences de plus de sept empreintes (S15, S19, S21) résultent en réalité de deux séquences, ou plus, mais qu'il n'a pas été possible de distinguer.

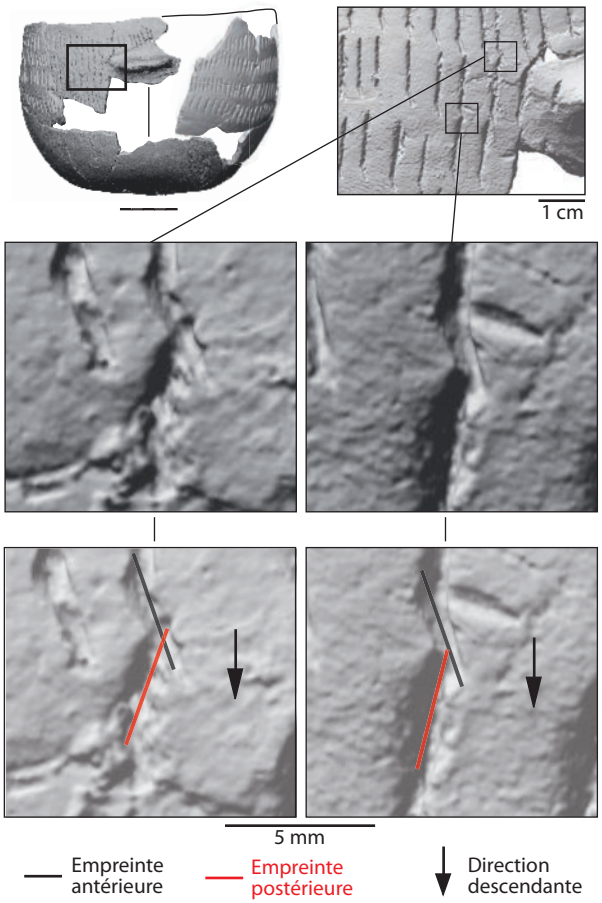


Fig. 41 – Recoupements d'empreintes. Vase, échelle en cm.
Fig. 41 – *Overlapping imprints. Pot, scale in cm.*

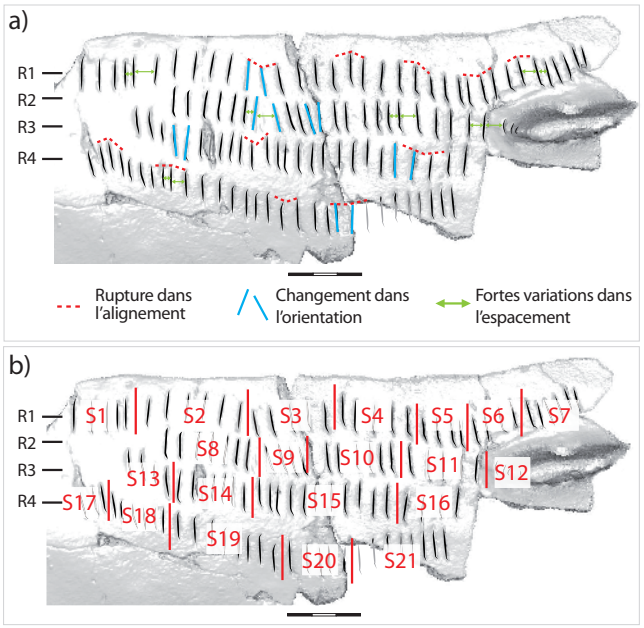


Fig. 42 – Séquences de gestes sur la vue déroulée du panneau 3. Échelle en cm.
Fig. 42 – *Sequences of gestures carried out on the unrolled view of panel 3. Scale in cm.*

Les variations de gestes étant localisées approximativement au même niveau pour chaque rangée, nous supposons que le décor a été réalisé du bord vers l'assise par plages successives : une partie de chaque rangée pourrait avoir été faite à la suite, puis l'opération répétée *n* fois jusqu'à ce que la zone à décorer soit terminée (fig. 44).

L'orientation différenciée des empreintes entre deux séquences de gestes d'une même rangée pourrait suggérer que l'angle de travail n'est pas le même. Cet aspect, qui reste à approfondir ultérieurement, pourrait informer sur les postures des potières et potiers, ainsi que sur les manipulations du vase (*e.g.* rotation) lors de la décoration.

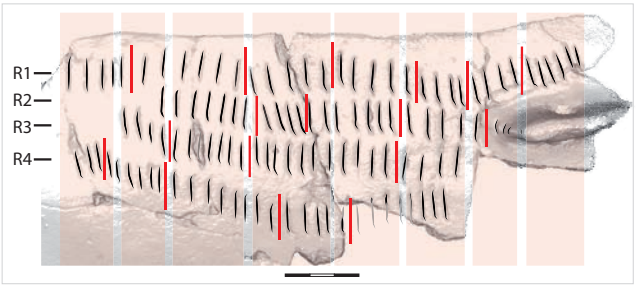


Fig. 44 – Hypothèse d'identification des plages successives de réalisation du décor. Échelle en cm.
Fig. 44 – *Hypothesis for the identification of successively decorated portions. Scale in cm.*

Approche intégrée de la chaîne opératoire céramique : décor, méthode de façonnage et finition

En dépit de leur diversité morphologique, toutes les poteries de l'*Impressa* et du Cardial de Pendimoun ont été façonnées avec la technique des patchs spiralés (Gomart *et al.*, 2017). Le montage comporte deux étapes : le façonnage de l'assise et d'une partie du corps avec l'aide d'un support interne ou externe, puis celui du reste du corps et du bord (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, ce volume).

Dans le cadre d'une démarche intégrée de la chaîne opératoire céramique, l'analyse du vase AP_0002 apporte des éléments de discussion quant à l'imbrication des étapes de façonnage et de décoration (fig. 45).

La localisation du décor, entre le bord et la première partie du corps, fait écho au montage bipartite du récipient. La limite basse du décor, correspondant à la quatrième rangée de chaque panneau, se calque assez précisément sur les principales fractures, lesquelles se développent au niveau des zones plus fragiles, comme la jonction entre la partie inférieure et la partie supérieure du vase (communication personnelle L. Gomart). Si, lors du façonnage et de la décoration, le vase est maintenu dans un support externe (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, ce volume), il est évident que celui-ci fait obstacle, restreignant ainsi le registre décoré dans la partie haute du vase.

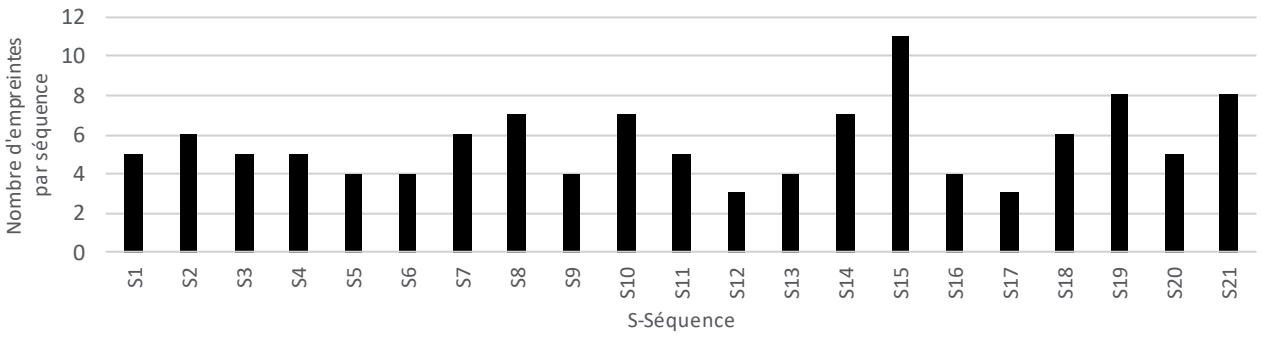


Fig. 43 – Décompte du nombre d'empreintes par séquence de gestes – panneau 3.
Fig. 43 – *Count of the number of imprints per gesture sequence – panel 3.*

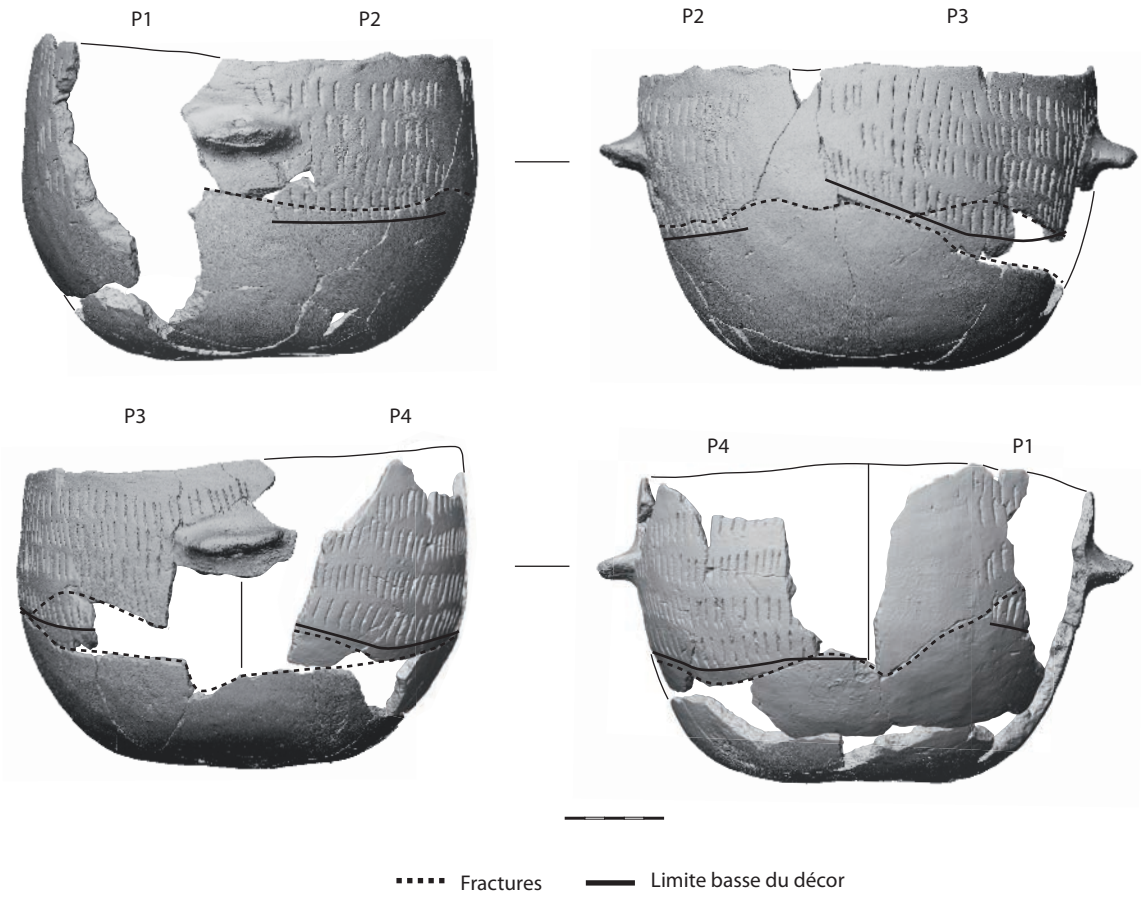


Fig. 45 – Position du décor et réseau de fractures. Échelle en cm.
***Fig. 45** – Positioning of the decoration and fracture network. Scale in cm.*

Une autre hypothèse peut être faite sur cette relation entre technique de montage et réalisation du décor. Elle relève ici de l'impact d'un possible temps de séchage de la moitié inférieure du vase précédant le montage de sa moitié supérieure. Dans cette configuration, la potière ou le potier se trouve dans l'obligation, au moment de décorer le vase, de rester sur une zone à consistance cuir autorisant l'impression, donc sur la moitié supérieure du vase, quitte à « déformer » son décor. C'est semble-t-il ce que l'on observe avec la quatrième rangée de P3. Si pour l'ensemble du décor, les rangées sont organisées horizontalement, cette quatrième rangée est fortement oblique, sans contrainte visible empêchant son développement horizontal. Cette obliquité apparaît en revanche conforme au réseau de fractures correspondant à la limite entre les deux parties du vase, limite irrégulière en raison de la juxtaposition de patchs discoïdes (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al*., ce volume).

Le traitement de surface identifié est le brunissage (Binder *et al*., 1994 et 2010). Les stries sont multidirectionnelles. La texture de la surface du vase est partout la même, que ce soit au niveau des plages vides ou entre les empreintes, ce qui indique que le brunissage a été exécuté postérieurement au décor ; en outre, cela signale que ce traitement a été appliqué sur toute la surface, sans que des précautions spécifiques aient été prises pour éviter le décor. Malgré un brunissage postérieur aux impressions, qui a entraîné localement des arrachements de pâte ainsi que des reports de pâte dans les empreintes, la morphologie des empreintes est bien préservée.

Identification d'un possible repentir

La précision des modèles 3D nous a permis de repérer des empreintes très estompées que les méthodes classiques d'observation n'auraient pas permis de mettre en valeur, voire de distinguer. Il s'agit de très petites empreintes localisées dans la réserve séparant les panneaux 4 et 1, en bordure du panneau 1 et au niveau des rangées 1, 2 et 3 (fig. 46).

On y reconnaît de fines rainures, rebouchées par une remobilisation de la matière, où les caractéristiques morphologiques de *Patella caerulea* sont gommées. Il semble que dans ce cas particulier, en occultant ces quelques empreintes, la potière ou le potier ait cherché à régulariser la bordure du panneau 1, lui conférant un aspect plus rectiligne.

PERSPECTIVES

Le protocole d'acquisition et d'analyse des décors mis au point a montré son potentiel pour décrypter plus précisément la chaîne opératoire des décors céramiques

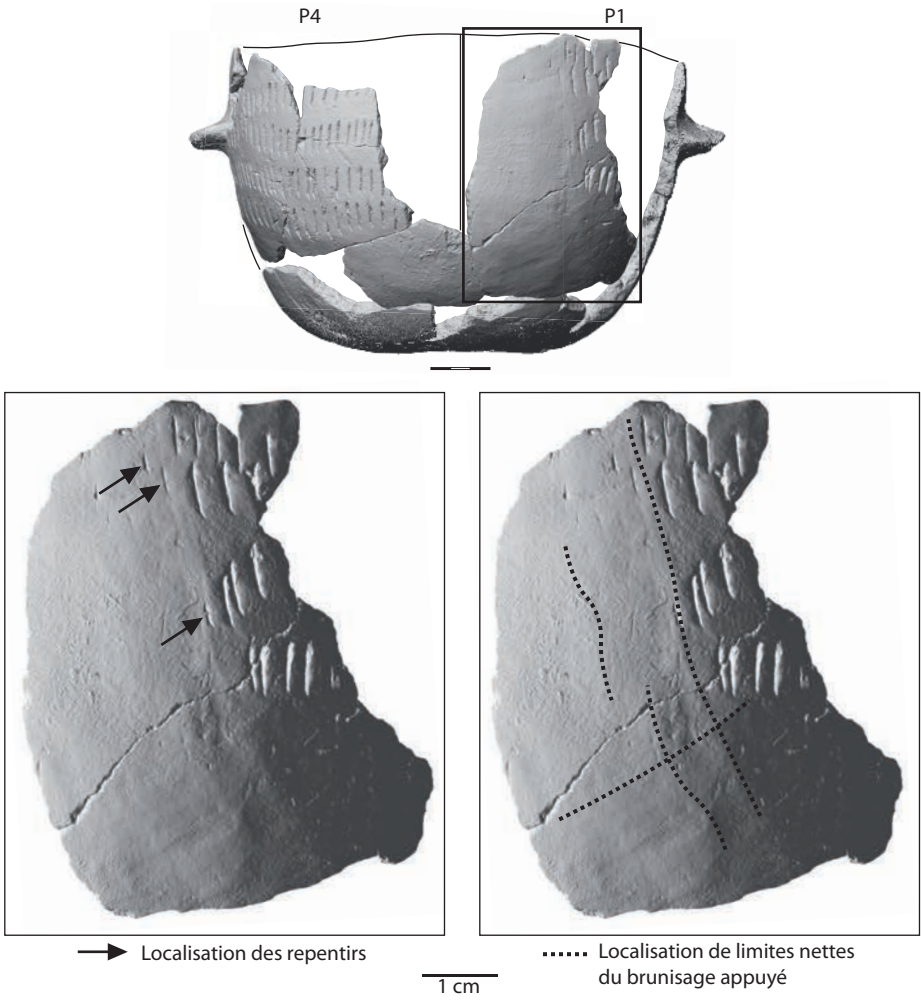


Fig. 46 – Empreintes rebouchées par une remobilisation de la matière, caractéristique d'un repentir. Échelle en cm.
***Fig. 46** – Imprints filled in by a remobilization of clay material, characteristic of a reversal. Scale in cm.*

imprimés. La précision des modèles numériques obtenus permet de mieux percevoir et comprendre la diversité des outils, des procédés et des gestes mis en œuvre par les potières ou potiers dans la réalisation des décors. Il en résulte que chaque étape de la chaîne opératoire peut être décomposée et décrite de la façon la plus détaillée. Réassemblées, les données acquises pour chaque étape permettent une restitution de la dynamique générale de la décoration et offrent une meilleure compréhension de leur logique interne. Le sous-système des décors est finalement replacé dans le système de production céramique pour aboutir à une vision intégrée. Le saut qualitatif réalisé ici constitue un palier méthodologique dont nous pouvons déjà envisager le perfectionnement. De nouvelles perspectives d'analyse s'ouvrent en effet avec les outils de l'intelligence artificielle qui peuvent augmenter le potentiel informatif des modèles numériques. Des possibilités de reconnaissance des éléments de base (outil et procédé) par des méthodes de classification automatisée (*Deep Learning*) sont actuellement explorées[3].

Notre démarche fournit des démonstrations objectives, de l'échelle de l'empreinte à celle du vase, qui combinent l'analyse tridimensionnelle appliquée au mobilier archéologique et celle d'un référentiel expérimental. Pour gagner en robustesse, les référentiels sur les outils et les procédés devront être enrichis. Il est notamment nécessaire d'ouvrir l'expérimentation à des outils encore peu ou pas considérés en contexte de la céramique imprimée, comme notamment les restes osseux. Des développements expérimentaux se dessinent également pour améliorer l'approche anthropologique de ces décors ; ainsi l'analyse des décors réalisés au doigt ouvre d'importantes perspectives concernant le genre et l'âge des potiers/potières[4].

Enfin, l'approche anthropologique et sociale des gestes liés à la décoration devra également être développée à l'instar de travaux existants pour d'autres étapes du système céramique et au sein d'autres sous-systèmes techniques. À partir de la description et de l'analyse des décors imprimés, il est en effet possible d'accéder aux modes de manipulation des vases et des outils lors de la décoration (Cassard, 2020). Cette dimension de la chaîne opératoire décorative, peu abordée à notre connaissance, ouvre sur la question des techniques du corps engagées lors de l'ornementation céramique (Mauss, 1936 ; Balfet, 1991 ; Bril et Roux, 2002 ; Bril, 2010 et 2019 ; Roux, 2016). Une perspective de recherche particulièrement stimulante se dessine sur ce thème à partir de l'articulation entre la direction des gestes accomplis, que nous

parvenons très souvent à identifier sur les décors archéologiques, le sens de rotation du vase et la posture des artisans. La question de la manipulation des outils, entendue comme la prise en main des outils et non pas le procédé appliqué pour les utiliser, semble plus délicate à aborder car les variables à prendre en considération sont multiples : nature de l'outil, préférence manuelle des opérateurs/opératrices, mode de manipulation du vase pour n'en citer que quelques-uns. Le recours à un référentiel ethnographique solide et adapté permettra sans doute de conforter ces pistes pour explorer une nouvelle approche technologique des décors céramiques.

Notes

(1) « Action d'imprimer par pression perpendiculaire ou oblique d'un outil sur la surface de l'argile encore plastique », Balfet *et al.*, 1983, p. 97

(2) Devenu depuis Leica Cyclone 3DR, édité par Leica Geosystems

(3) Projet « Arch-AI-Story. De l'objet au système, potentiel des mathématiques appliquées et de l'IA pour l'archéologie et l'histoire », 2021, Idex JEDI – UCA, dir. I. Théry-Parisot, UCA, CNRS, CEPAM ; axe 3, « TRADIA : IA pour la caractérisation des traditions techniques préhistoriques », dir. D. Binder, UCA, CNRS, CEPAM et J. Leblond, Inria, FACTAS.

(4) Projet « Potières, potiers ? Une contribution à la caractérisation des rapports sociaux par l'étude de la décoration céramique aux premiers temps du Néolithique en Méditerranée centre-occidentale », 2021, financé par le programme UCA-JEDI ANR-15-IDEX-01, dir. D. Binder, UCA, CNRS, CEPAM.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABADI M., KHOUDEIR M., MARCHAND S. (2012) – Gabor Filter-Based Texture Features to Archaeological Ceramic Materials Characterization, *in* A. Elmoataz, D. Mammass, O. Lézoray, F. Nouboud and D. Aboutajdine (dir.), *Image and Signal Processing*, proceedings of the 5th International Conference ICISP'12 (Agadir, 28-30 June 2012), Springer, Berlin, p. 333-342.

ARTEC 3D (2018) – User Guide. Artec Studio 10, 148 p.

BALFET H. (1991) – *Observer l'action technique. Des chaînes opératoires, pour quoi faire ?*, Paris, CNRS, 172 p.

BALFET H., FAUVET-BERTHELOT M.F., MONZON S. (1983) – *Pour la normalisation de la description des poteries*, Paris, CNRS, 134 p.

BINDER D. (1991) – *Une économie de chasse au Néolithique ancien : la grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographies du CRA, 5), 248 p.

BINDER D. (1995) – Éléments pour la chronologie du Néolithique ancien à céramique imprimée dans le Midi, *in* J.L. Voruz (dir.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien*, Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne (Documents du Département d'Anthropologie et d'Écologie de l'Université de Genève), p. 55-65.

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., MARINVAL P., THIÉBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes). Nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire*, 35, p. 177-251.

BINDER D., GASSIN B., SÉNÉPART I. (1994) – Éléments pour la caractérisation des productions céramiques néolithiques dans le Sud de la France, *in* D. Binder et J. Courtin (dir.) *Terre cuite et société : la céramique, document technique, économique, culturel*, actes des XIVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire (Antibes, 21-23 octobre 1993), Antibes, APDCA, p. 255-267.

BINDER D., CONVERTINI F., MANEN C., SÉNÉPART I. (2010) – Les productions céramiques du Néolithique ancien : proposition d'un protocole d'analyse, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder et I. Sénépart (dir.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, actes du colloque international (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 29-42.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I.M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BRANDAGLIA M., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., MARINVAL P., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017) – Modelling the Earliest North-Western Dispersal of Mediterranean Impressed Wares: New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta Praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. É., CARRÉ A., CUCCHI T., DELHON C., DE STEFANIS C., DRIEU L., ÉVIN A., GIRDLAND FLINK L., LE BRAS-GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIÉBAULT S. (2020) – First Farming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar - Pendimoun during the 6th Millennium BCE, *in* K. Gron, P. Rowley-Conwy et L. Sørensen (dir.), *Farmers at the Frontier: a Pan-European Perspective on Neolithisation*, Oxford, Oxbow, p. 145-159.

BINDER D., GUILAINE J. (1999) – Rapports du groupe de travail sur la néolithisation : la Méditerranée centrale et occidentale, *in* J. Évin, C. Oberlin et J.F. Salles (dir.) *C14 et Archéologie*, actes du symposium international (Lyon, 6-10 avril 1998), Paris, Société préhistorique française, p. 454-459.

BINDER D., NONZA-MICAELLI A. (2019) – Aspects de l'horizon impresso-cardial de l'abri Albertini - E Spilonche (Albertacce, Corse), *in* J. Sicurani (dir.), *L'habitat pré- et protohistorique,* Calvi, Association de Recherches pré- et protohistoriques corses, p. 29-44.

BRANDAGLIA M. (1991) – Il Neolitico a ceramica impressa dell'Isola del Giglio. La ceramica, *Studi per l'Ecologia del Quaternario*, 13, p. 43-104.

BREU A. (2013) – *How to Measure the Invisible. A Quantitative Approach Towards the Analysis of Prints by Toothed Shells*, mémoire de master, Universitat Autonoma Barcelona, Barcelona, 8 p.

BRIL B. (2010) – Description du geste technique : quelles méthodes ?, *Techniques et Culture*, 54-55, p. 245-259.

BRIL B. (2019) – Comment aborder la question du geste technique pour en comprendre l'expertise et l'apprentissage ?, *Techniques et Culture*, 71, p. 78-91.

BRIL B., ROUX V. (2002) – *Le geste technique. Réflexions méthodologiques et anthropologiques*, Ramonville Saint-Agne, Éditions Erès (Technologies/Idéologies/Pratiques, 14, 2), 309 p.

CADE C. (1998) – Les coquillages marins dans les gisements préhistoriques du Midi méditerranéen français, *in* G. Camps (dir.), *120e Congrès National des Sociétés Historiques et Scientifiques*, *Aix-en-Provence*, Paris, CTHS, p. 339-350.

CADE C. (1999) – La malacofaune marine, *in* S. Tinè (dir.), *Il Neolitico nella Caverna delle Arene Candide: scavi 1972-1977*, Bordighera, Istituti Internazionale di Studi Liguri (Collezione di Monografie Preistoriche ed Archeologiche, 10), p. 51-65.

CADE C. (2004) – Malacofaunes méditerranéennes des côtes françaises et ligures, *in* J.P. Brugal et J. Desse (dir.), *Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire aux ressources utilitaires*, actes des XXIVe Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire (Antibes, 23-25 octobre 2003), Antibes, APDCA, p. 29-35.

CAMPS-FABRER H. (1966) – *Matière et Art Mobilier dans la Préhistoire Nord-Africaine et Saharienne, Arts et Métiers Graphiques*, Alger, Centre de Recherches Anthropologiques Préhistoriques et Ethnographiques (Mémoires, 5), 574 p.

CANEVA I. (1987) – Pottery Decoration in Prehistoric Sahara and Upper Nile: a New Perspective, *in* B. E. Barich (dir.), *Archaeology and Environment in the Libyan Sahara: the excavations in the Tadrart Acacus*, *1978-1983*, Oxford, Anthony Hands and David Walker (BAR, International Series, 368), p. 231-254.

CASSARD L. (2020) – *Systèmes de production céramiques des premiers paysans du domaine liguro-provençal (VIème millénaire BCE) : traditions techniques des décors*, thèse de doctorat, université Côte d'Azur, Nice, 370 p.

DORLAND S. G. H. (2018) – The Touch of a Child: An Analysis of Fingernail Impressions on Late Woodland Pottery to Identify Childhood Material Interactions, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 298-304.

DRIEU L., LUCQUIN A., CASSARD L., SORIN S., CRAIG O. E., BINDER D., REGERT M. (2021) – A Neolithic without Dairy? Chemical Evidence from the Content of Ceramics from the Pendimoun Rock-Shelter (Castellar, France, 5750-5150 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, 21 p.

FOWLER K. D., WALKER E., GREENFIELD H. J., ROSS J., MAEIR A. M. (2019) – The Identity of Potters in Early States: Determining the Age and Sex of Fingerprints on Early Bronze Age Pottery from Tell es-Sâfi/Gath, Israel, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 26, p. 1410-1512.

GAILLARD J. M. (1987a) – Gastéropodes, *in Guide Fao d'Identification des Espèces pour les besoins de la Pêche. Méditerranée et Mer Noire - Zone de Pêche 37 - Révision 1*, Rome, FAO - CEE, p. 513-525.

GAILLARD J. M. (1987b) – Patellidae, *in* Gastéropodes. *Guide Fao d'Identification des Espèces pour les besoins de la Pêche. Méditerranée et Mer Noire - Zone de Pêche 37 - Révision 1*, Rome, FAO - CEE, p. 513-525.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork Technology: a Newly Identified Pottery-Manufacturing Sequence Sheds Light on the Process of Farming Introduction into Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501-1514.

GRANIER X., CHAYANI M., ABERGEL V., BENISTANT P., BERGEROT L., BOHBOT H., CASSEN S., DE LUCA L., DUTAILLY B., EPAUD F., ESPINASSE L., EUSEBE S., FLAMMIN A., FLEURY P., GRIMAUD V., JEANSON L., JOFFRES A., KEROUANTON J. L., LAROCHE F., LE MORT F., LEFEVRE N., LESCOP L., MADELEINE S., MANSERI H., MARLET O., VERGNIEUX R., MATHIEU V., MORA P., MORINEAU C., PAITIER H., PAMART A., POUYET T., QUANTIN M., RODIER X., SANZ LALIBERTE S., SCHMITT A., SORIN S., TOUNON-VALIENTE S., BERNARD J.-F. (2019) – *Les recommandations du Consortium 3D SHS*, Rapport technique, Paris, CNRS - SHS, 204 p.

GUILAINE J. (2001) – La diffusion de l'agriculture en Europe : Une hypothèse arythmique, *Zephyrus*, 53-54, p. 267-272.

HAOUR A., MANNING K., ARAZI N., GUÈYE S., KEITA D., LIVINGSTONE SMITH A., MACDONALD K., MAYOR A., MCINTOSH S., VERNET R. (2010) – *African Pottery Roulettes Past and Present: Techniques, Identification and Distribution*, Oxford, Oxbow Books, 180 p.

HEIN I., ROJAS-DOMINGUEZ A., ORNELAS M., D'ERCOLE G., PELOSCHEK L. (2018) – Automated Classification of Archaeological Ceramic Materials by Means of Texture Measures, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 921-928.

IQBAL M., HISHAM Q. (2005) – Virtual Assembly of Pottery Fragments Using Moiré Surface Profile Measurements, *Journal of Archaeological Science*, 32, p. 1527-1533.

KAMP K. A., TIMMERMAN N., LIND G., GRAYBILL J., NATOWSKY I. (1999) – Discovering Childhood: Using Fingerprints to Find Children in the Archaeological Record, *American Antiquity*, 64, 2, p. 309-315.

KAMPEL M., SABLATNIG R. (2004) – On 3D Mosaicing of Rotationally Symmetric Ceramic Fragments, *in* J. Kittler, M. Petrou et M. Nixon (dir.), *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition ICPR 2004*, actes du colloque international (Cambridge, 23-26 août 2004), IEEE, Los Alamitos, p. 265-268.

KANTNER J., MCKINNEY D., PIERSON M., WESTER S. (2019) – Reconstructing Sexual Divisions of Labor from Fingerprints on Ancestral Puebloan Pottery, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 25, p. 12220-12225.

KARASIK A., SMILANSKY U. (2008) – 3D Scanning Technology as a Standard Archaeological Tool for Pottery Analysis: Practice and Theory, *Journal of Archaeological Science*, 35, p. 1148-1168.

KRÁLÍK M., NOVOTNY V. (2003) – Epidermal Ridge Breadth: an Indicator of Age and Sex in Paleodermatoglyphics, *Variability and Evolution*, 11, p. 5-30.

MANEN C. (2002) – Structure et identité des styles céramiques du Néolithique moyen entre Rhône et Èbre, *Gallia Préhistoire*, 44, p. 121-166

MANEN C., CONVERTINI F., BINDER D., SÉNÉPART I. (2010) – *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, actes du colloque international (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), 265 p.

MANEN C., PERRIN T., GUILAINE J., BOUBY L., BRÉHARD S., BRIOIS F., DURAND MARINVAL P., et VIGNE J.-D. (2019) – The Neolithic Transition in the Western Mediterranean: A Complex and Non-Linear Diffusion Process – The Radiocarbon Record Revisited, *Radiocarbon,* 61, 2, p. 531-571.

MANEN C., SALANOVA L. (2010) – Les impressions de coquilles marines à front denté dans les décors céramiques néolithiques, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*, Paris, Société préhistorique française (Mémoires, 51), p. 57-64.

MARTINEZ SANCHEZ R. M., VERA RODRIGUEZ J. C., MORENO GARCIA M., PEREZ JORDA G., PEÑA-CHOCARRO L., BOKBOT Y. (2017) – Beyond Adornment: Cowry Use as Potter's Tool in the First Impressed Wares of the Southwestern Mediterranean Coast (Northern Morocco), *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 13, 3, p. 420-437.

MAUSS M. (1936) – Les techniques du corps, *Journal de Psychologie*, 32, 3-4, p. 1-23.

NATALI E. (2015) – The Earliest Pottery in Italy: a Technological Approach to Impressed Decoration during the Archaic Phase, *The Old Potter's Almanack*, 19, 2, p. 2-13.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide. Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI millénaire AEC,* thèse de doctorat, université Côte d'Azur, Nice, 590 p.

POPPE G. T., GOTO Y. (1993a) – *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastra, Gastropoda)*, *vol. I*, Wiesbaden, Christa Hemmen, 221 p.

POPPE G. T., GOTO Y. (1993b) – *European Seashells (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*, *vol. II*, Wiesbaden, Christa Hemmen, 221 p.

POUTIERS J. M. (1987) – Bivalves, *in Guide Fao d'Identification des Espèces pour les besoins de la Pêche. Méditerranée et Mer Noire - Zone de Pêche 37 - Révision 1*, Rome, FAO - CEE, p. 369-500.

PRIEUR A. (2007) – Chapitre XVI - La malacofaune, *in* J. Guilaine, C. Manen, et J.D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique, p. 176-180.

RASHEED N. A., JAN NORDIN M. (2015) – Archaeological Fragments Classification Based on RGB Color and Texture Features, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 76, 3, p. 358-365.

ROUX V. (2016) – *Des céramiques et des hommes. Décoder les assemblages céramiques*, Paris, Presses universitaires de Paris Ouest, 480 p.

SANDERS A. (2015) – Fingerprints, Sex, State, and the Organization of the Tell Leilan Ceramic Industry, *Journal of Archaeological Science*, 57, p. 223-238.

SHEPARD A. O. (1956) – Analysis and Description, *in* A. O. Shepard (dir.), *Ceramics for the Archaeologist*, Carnegie Institution of Washington, Washington (Publication, 609), p. 255-294.

STANCO F., GUELI A. M. (2013) – Computer Graphics Solutions for Pottery Colors Specification, *in* N. Sampat et S. Battiato (dir.), *IS&T/SPIE Electronic Imaging*, Burlingame, International Society for Optics and Photonics (Digital Photography, 9), p. 1-11.

VERGNIEUX R., BERNARD J.-F., CHAYANI M., ABERGEL V., BENISTANT P. BERGEROT L., BOHBOT H., CASSEN S., DE LUCA L., DUTAILLY B., EPAUD F., ESPINASSE L., EUSÈBE S., FLAMMIN A., FLEURY P., GRIMAUD V., JEANSON L., JOFFRES A., KEROUANTON J. L., LAROCHE F., LE MORT F., LEFÈVRE N., LESCOP L., MADELEINE S., MANSÉRI H., MARLET O., MATHIEU V., MORA P., MORINEAU C., PAITIER H., PAMART A., POUYET T., QUANTIN M., RODIER X., SANZ LALIBERTÉ S., SCHMITT A., SORIN S., TOURNON-VALIENTE S. (2017) – *Livre Blanc du Consortium 3D SHS*, rapport technique, Paris, CNRS, SHS, 234 p.

ZHENG S. Y., HUANG R. Y., LI J., WANG Z. (2014) – Reassembling 3D Thin Fragments of Unknown Geometry in Cultural Heritage, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II, 5, p. 393-399.

ZILHÃO J. (2001) – Radiocarbon Evidence for Maritime Pioneer Colonization at the Origins of Farming in West Mediterranean Europe, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 24, p. 14180-14185.

Ressources en ligne

ARTEC 3D (consulté en 2021) – Artec Space Spider – Site internet. https://www.artec3d.com/fr/portable-3d-scanners/artec-spider

DORIS (consulté en 2018) – Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques, Fiches espèces – Site internet. https://doris.ffessm.fr

WoRMS (consulté en 2019) – World Register of Marine Species, Taxon Details – Site internet. https://www.marinespecies.org/

Laura Cassard
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
laura.cassard@cepam.cnrs.fr

Gilles Durrenmath
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
gilles.durrenmath@cepam.cnrs.fr

Sabine Sorin
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
sabine.sorin@cepam.cnrs.fr

Didier Binder
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
didier.binder@cepam.cnrs.fr

Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 379-391
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Studying the use of the pots from the Pendimoun rock shelter: considerations about organic residue analysis of Mediterranean Neolithic pottery

Léa Drieu, Didier Binder and Martine Regert

Abstract: The detailed stratigraphy and in-depth study of the pottery *chaîne opératoire* at the Pendimoun rock shelter make it an ideal context for studying the use of the initial pottery in the North-Western Mediterranean. However, the first batch of lipid extraction, carried out using the traditional dichloromethane/methanol method, provided very scarce information. The combination of multiple factors of climatic and sedimentary origin and related to the ceramic matrix is responsible for the almost complete degradation of lipids that are free or weakly bound to the ceramic matrix. These low extraction yields have questioned the interpretation of lipid extracts, by revealing the presence of molecules of uncertain origin and by suggesting specific uses of pottery. Additionally, these data were considered in order to optimise the extraction protocol and release the lipid fraction strongly bound to the ceramic wall. The approach set up for the ceramics of the Pendimoun rock shelter could in the future be a guideline for the analysis of the contents of Mediterranean Neolithic pottery, which has been little explored to date.

Keywords: organic residue analysis, pottery use, Mediterranean, lipid preservation

Résumé : La stratigraphie détaillée et l'étude approfondie de la chaîne opératoire céramique à l'abri Pendimoun en font un contexte idéal pour étudier l'usage des premières poteries de Méditerranée nord-occidentale. Les premières extractions des lipides des parois des céramiques, réalisées avec la méthode traditionnelle d'extraction au dichlorométhane/méthanol n'ont pourtant livré que très peu d'informations. La conjugaison de multiples facteurs d'origine climatique, sédimentaire et liés à la matrice céramique est en effet responsable de la dégradation quasi-complète de la fraction « libre » des lipides ou faiblement liée à la matrice céramique. Ces faibles rendements d'extraction ont permis d'interroger les modes d'interprétation des extraits lipidiques, en révélant la présence de molécules à l'origine incertaine et en questionnant les modes d'utilisation des récipients céramiques. La prise en compte de ces données a, de plus, permis d'optimiser les protocoles d'extraction, afin d'obtenir plus informations, en accédant notamment à la fraction lipidique fortement liée à la paroi céramique. La démarche mise en place pour étudier l'usage des céramiques de l'abri Pendimoun pourra à l'avenir servir de feuille de route pour l'analyse du contenu des céramiques néolithiques méditerranéennes, encore peu exploré.

Mots-clés : résidus organiques amorphes, usage des céramiques, bassin méditerranéen, préservation des lipides

The Mediterranean is one of the two main routes along which the Neolithic economy spread from the Near East to Western Europe, but surprisingly few studies have focused on exploring the content of the earliest pottery that appeared on these coasts during this period (Breu *et al.*, 2021; Debono Spiteri *et al.*, 2016; Tarifa-Mateo *et al.*, 2019). Organic residue analyses have however proved their high informative potential, in particular based on the study of several hundred vessels dating from the Neolithic in Central and Northern Europe. These analyses provided crucial information for understanding the Neolithic phenomenon, revealing, for example, the growing importance of dairy products as farming spreads through Europe (*e.g.* Copley *et al.*, 2005a; Cramp *et al.*, 2014; Salque *et al.*, 2013; Smyth and Evershed, 2016), or the persistence of the exploitation of aquatic products around the Baltic Sea, despite the introduction of farming practices (*e.g.* Courel *et al.*, 2020; Craig *et al.*, 2007 and 2011; Heron *et al.*, 2015). The study of the content of Early Neolithic vessels of the Mediterranean seems to be a topical issue over these last few years (Breu *et al.*, 2021; Debono Spiteri *et al.*, 2016; McClure *et al.*, 2018; Tarifa-Mateo *et al.*, 2019; Whelton *et al.*, 2017), but still very limited data is available. This is particularly true for the earliest Neolithic settlement sites in the Western Mediterranean, located in the Liguro-Provençal region and in Languedoc, which are key sites for understanding the functioning of the initial farming societies in Western Europe.

The Pendimoun rock shelter, through its precise stratigraphy and the detailed ceramic study that was conducted as part of the ANR CIMO (Binder, De Stefanis *et al.*, this volume; Cassard *et al.*, this volume; Gabriele *et al.*, this volume; Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, this volume; Lardeaux *et al.*, this volume; Mouralis *et al.*, this volume), is a unique opportunity to explore the content of pottery within such contexts even though the analysis of these samples is quite challenging, particularly due to the poor preservation of organic matter. Nevertheless, this matter of fact proved to be an excellent opportunity to address the modes of degradation of organic matter, to refine the interpretations and to optimise the extraction and analysis protocols.

This paper presents the scientific approach implemented during the study of the *Impresso-Cardial* ceramic corpus of the Pendimoun rock shelter and the questions that have gradually been raised during this work, and finally proposes a guideline for the analysis of organic residues in the Mediterranean context.

PRESERVATION OF LIPIDS IN THE POTTERY OF THE PENDIMOUN ROCK-SHELTER

Low lipid extraction yields

A first sampling of thirty-eight potsherds and four contextual sedimentary samples was performed at the site of the Pendimoun rock shelter (see materials and methods, table 1). Lipid extraction was carried out using the conventional dichloromethane/methanol extraction method (DCM/MeOH, see materials and methods; Evershed *et al.*, 1990). The extraction yields for all potsherds were very low: only two vessels provided enough lipids (> 5 µg/g lipids; Dudd *et al.*, 1999) to be interpretable. In addition to low concentrations of fatty acids ($C_{16:0}$ and $C_{18:0}$) and a linear alcohol ($C_{18}OH$), a large proportion of these samples yielded large amounts of modern contaminants, probably from plastic bag packaging (various phthalates and benzoic acid esters; fig. 1a and 1b).

The two samples that yielded lipid related to their use (AP_0001, 10.46 µg/g and AP_0022, 34.09 µg/g), are mainly composed of fatty acids ($C_{10:0}$ to $C_{18:0}$), dominated by palmitic acid ($C_{16:0}$; fig. 1a). The molecular profile of the AP_0001 sample only indicates the presence of an undetermined fat. The presence in the AP_0022 sample of unsaturated fatty acids ($C_{18:1}$ and $C_{16:1}$) in relatively large amounts, the two isomers (*threo* and *erythro* isomers) of 9,10dihydroxyoctadecanoic acid as a trace, and the prevalence of $C_{16:0}$ versus $C_{18:0}$, ($C_{16:0}/C_{18:0} = 2.4$) suggest the presence of a substance of vegetable or aquatic origin (Copley *et al.*, 2005b; Hansel and Evershed, 2009).

Lipid extracts from sediments are dominated by wax esters (W_{44} to W_{60}) and linear alcohols (fig. 1c). The alcohols identified in free form and within esters ($C_{22}OH$ to $C_{30}OH$, dominated by $C_{26}OH$), correspond to a typical plant wax profile (Gülz, 1994; Kolattukudy, 1970). $C_{18}OH$ is also present in large amounts, mainly in free form (not in esters). This compound is not ubiquitous among vegetable waxes, but has been identified in some plants (Kolattukudy, 1970). Odd-carbon-numbered linear alkanes are also present, with a maximum of C_{31}, a typical profile of epicuticular plant waxes origin (Gülz, 1994; Kolattukudy, 1970). Some compounds form an unresolved massif difficult to interpret which could be due to the presence of $C_{18:0}$ and $C_{18:1}$ amides (predominance of *m/z* 59 and 72 ions) resulting from contamination via packaging in plastic bags (Cooper and Tice, 1995). The much higher lipid yields in sediments (13.4 to 49.7 µg/g) compared to potsherds confirm that contamination from sediments in the ceramics is limited (Heron *et al.*, 1991). The main compounds identified in the sediments (long-chain alcohols, alkanes, and wax esters) are poorly soluble in water, which limits their diffusion via runoff water. However, it cannot be ruled out that the shortest compounds ($C_{16:0}$ and $C_{18:1}$ fatty acids and $C_{18}OH$ linear alcohol), which are much more soluble in water and present in small amounts in most potsherds (less than 2 µg/g each), are due to sediment contamination.

Lipid preservation in the vessels at the site (5.5% of interpretable vessels, with a maximum yield of 34.1 µg/g lipid) is very poor compared to most studies on Neolithic pottery (Craig *et al.*, 2007; Cramp *et al.*, 2014; Salque *et al.*, 2013). The time period of approximately six years between the end of the excavation and the first analyses could partly explain the degradation of lipids within the potsherds, as observed on the site of Clairvaux XIV (Drieu, 2020). However, this duration is not exceptional in organic residue analysis, suggesting that other param-

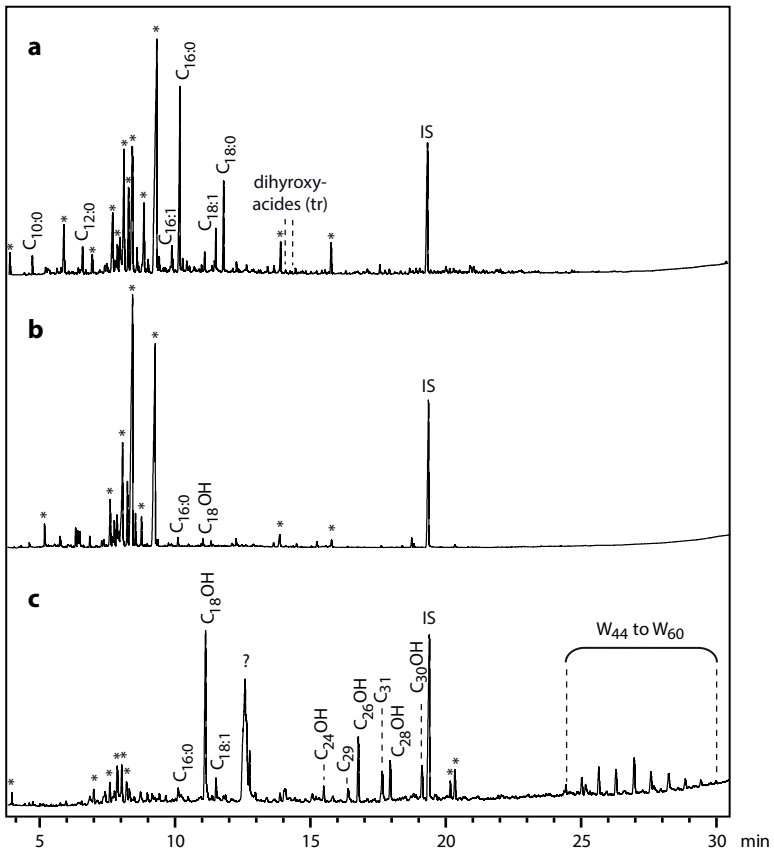


Fig. 1 – Chromatograms obtained on samples from Pendimoun, after extraction with DCM/MeOH; a: pot with preserved interpretable lipids (AP_0022); b: pot with a very low amount of interpretable lipids (AP_0001); c: sediments (sample 48045). $C_{xx:x}$: fatty acids; $C_{xx}OH$: linear alcohols; C_{xx}: linear alkanes; W_{xx}: wax esters; ?: unidentified compound; IS: internal standard; *: modern contamination.

Fig. 1 – *Chromatogrammes obtenus sur des échantillons de Pendimoun, après extraction au DCM/MeOH ; a : récipient avec lipides interprétables préservés (AP_0022) ; b : récipient avec une très faible quantité de lipides interprétables (AP_0001) ; c : sédiments (sample 48045). $C_{xx:x}$: acides gras ; $C_{xx}OH$: alcools linéaires ; C_{xx} : alcanes linéaires ; W_{xx} : esters de cire ; ? : composé non identifié ; IS : standard interne ; * : contamination moderne.*

eters, such as climatic and sedimentary conditions at the site, may have had an adverse role in preserving lipids.

Is the geographical location of the site responsible for the poor preservation of lipids at Pendimoun?

Many Mediterranean Neolithic pottery published in the literature yielded low amounts of lipids (Debono Spiteri *et al.*, 2016; Decavallas, 2011; Evershed *et al.*, 2008b; Salque *et al.*, 2012; Šoberl *et al.*, 2014). This observation has led some authors to suggest that the Mediterranean climate, characterized by hot and dry periods alternating with phases of heavy rainfall, is very unfavourable to the preservation of lipids, since it promotes both hydrolysis and oxidation mechanisms (Cramp, 2008; Evershed *et al.*, 2008a). However, some Mediterranean sites are characterised by a very good preservation of lipids in pottery, for example at Fondo Azzollini in Italy (Spiteri *et al.*, 2017) or at Cuciurpula on Corsica (Drieu *et al.*, 2018). This suggests that the Mediterranean climate may not be the main cause of lipid degradation at the Pendimoun rock shelter.

The geographical location of the Pendimoun rock shelter could be a factor in the degradation of lipids, since its location at the base of a cliff favours water circulation (Binder *et al.*, 1993), and therefore the elimination of organic matter by leaching. Calcium carbonate deposits on the potsherds testify to successive steps of humidification and drying during burial, which could also promote the degradation of lipids. These calcified deposits are distributed indifferently over the internal and external surfaces and fracture edges, in contrast to calcified deposits related to use, located only on the internal surface and which seem to favour the preservation of organic matter (Hendy *et al.*, 2018).

Soil properties may also have an influence on the preservation of lipids. The sediment samples from the site were measured for pH and total calcareous content to investigate this hypothesis by assessing their acidity (see materials and methods). These measurements reveal that the sediments of the site have a pH ranging between 8 and 9, and therefore correspond to a basic soil, typical of limestone substrates, which buffer the pH above 6.5 by a high concentration of Ca^{2+} ions (Fabian *et al.*, 2014). These results are supported by total calcareous content

measurements: sediment samples do have a high to very high total calcareous content (37 to 81% calcareous content as a percentage of dry matter). Basic conditions, such as those in Pendimoun, are slightly favourable to the development of microbial activity (DeLaune *et al.*, 1981; Moucawi *et al.*, 1981). This type of context therefore leads to a greater degradation of lipids than in the acidic contexts typical of northern Europe, but are not optimal conditions for microbial degradation (neutral pH; Hita *et al.*, 1996; Moucawi *et al.*, 1981). In addition, in a basic soil, fatty acids exist in the form of soluble salts and are therefore more easily eliminated by leaching (Evershed *et al.*, 1997).

The climate and soil properties, as a result of the geographical location of the Pendimoun rock shelter, explain, at least in part, the low lipid extraction yields from pottery. Although the degradation mechanisms are different, it is worth mentioning that bone collagen is not consistently well preserved in faunal remains from the Pendimoun rock shelter either (Le Bras-Goude *et al.*, 2006).

What influence do the properties of Pendimoun vessels have on the preservation of lipids?

The porosity of the vessels also seems to have an impact on the preservation of lipids. First analyses have been performed using scanning electron microscopy (SEM), but they did not allow to study the smallest pores (<10 µm) and their distribution. Mercury intrusion porosimetry measurements, however, provided sufficiently accurate data to be compared with lipid extraction yields for a dozen vessels from the Pendimoun rock-shelter. The methodology, results and interpretations are presented elsewhere (Drieu *et al.*, 2019), and are briefly reported here. These measurements revealed that some pots made of granitic paste have both a very small amount of small diameter pores (less than 40% of pores with diameter < 1 µm) and very little lipids preserved (less than 1 µg/g of lipids). A small pore diameter limits the access of microorganisms and water, which are largely responsible for the degradation of the lipids in archaeological pottery (Drieu *et al.*, 2019). Some of the granitic pots at the site therefore seem to have a limited capacity to preserve lipids. No conclusion can be drawn on the function of these pots, since, even if they absorbed lipids at the time of use, they were likely to be rapidly consumed by the microorganisms and degraded by hydrolysis, in the absence of effective protection of the ceramic matrix. Concerning the rest of the pots, the porosity ranges (more than 40% of pores with diameter < 1 µm), although showing various profiles, are all favourable to the preservation of lipids (Drieu *et al.*, 2019).

The mineralogical composition of the ceramic pastes of the Pendimoun rock shelter does not seem to have an influence on the preservation of lipids, since the comparison of extraction yields with the types of paste did not reveal any correlation (fig. 2).

POOR PRESERVATION OF LIPIDS: AN OPPORTUNITY TO EXAMINE MORE GLOBALLY THE USE OF ORGANIC PRODUCTS BY ANCIENT SOCIETIES

Molecular series opening up new avenues for exploration

The poor preservation of molecules related to the use of the vessels (*e.g.* fatty acids) has made it possible to identify very clearly a homologous series of odd- and even-carbon-numbered alkanes, dominated by C_{22} or C_{23} (between 1 and 6 µg/g in total, fig. 3), in some samples. Similar series of alkanes have been identified many times in the literature, for example in other *Impresso-Cardial* sites, in Southern Italy and Spain (Debono Spiteri, 2012), but their interpretation remains a matter of debate. In the case of the pottery recovered from the Pendimoun rock shelter, several hypotheses may be considered to explain their presence: use of bituminous products during the Neolithic, modern contamination with petroleum derivatives (glue, varnish, marker solvent, etc.), sediment contamination, organic material degraded at high temperature, etc. Further experiments and analyses are ongoing to investigate the origin of these compounds.

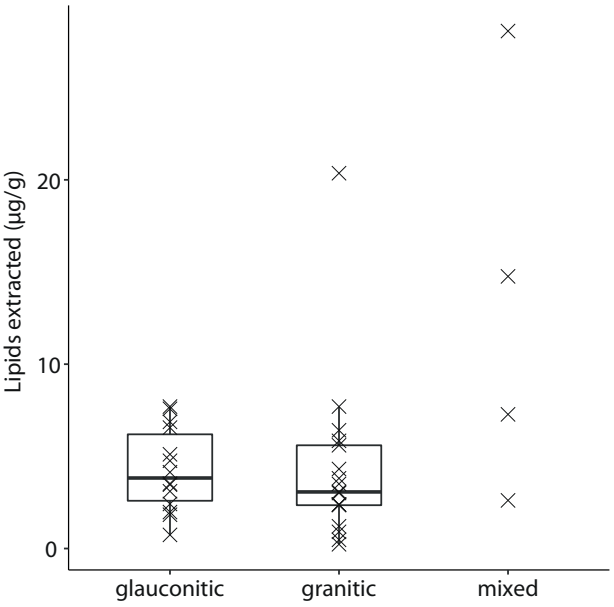


Fig. 2 – Comparative extraction yields by type of ceramic paste from the Pendimoun rock shelter. The box plot represents the minimum and maximum, the median and the first and third quartiles of the dataset. Each sample is represented by a "×". Due to the small number of samples of mixed paste, the data are not represented as a box plot.

***Fig. 2** – Rendements d'extraction comparés par type de pâte céramique de l'abri Pendimoun. Les diagrammes à moustache représentent les minimum et maximum, la médiane et les premier et troisième quartiles du jeu de données. Chaque échantillon est représenté par un « × ». Du fait du faible nombre d'échantillons de pâte mixte, les données ne sont pas représentées sous la forme d'un diagramme à moustache.*

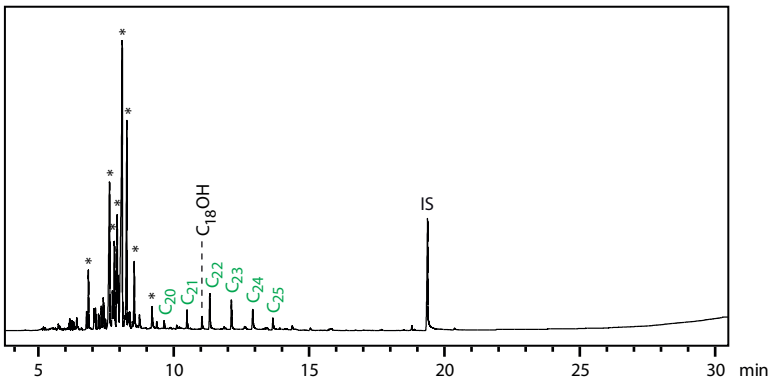


Fig. 3 – Chromatogram of a lipid extract from sample AP_48021, showing the distribution of alkanes (in green). $C_{xx}OH$: linear alcohols; C_{xx}: linear alkanes; IS: internal standard; *: modern contamination.

Fig. 3 – *Chromatogramme d'un extrait lipidique de l'échantillon AP_48021, montrant la distribution des alcanes (en vert). $C_{xx}OH$: alcools linéaires ; C_{xx} : alcanes linéaires ; IS : standard interne ; * : contamination moderne.*

Questioning the absence of preserved lipids in terms of use

It is important to note that the absence of lipids in the pottery from the Pendimoun rock shelter could be explained, not by the degradation of lipids, but by the way pottery was used during the Neolithic. First, some of the pots may have been used to store or process low-fat substances, such as water, cereals or wild fruits, for example, which are well documented on site (Binder *et al.*, 2020; Delhon *et al.*, 2020). Such a hypothesis has, for example, been raised for other sites within the *Impresso-Cardial* complex in Southern Italy (Spiteri *et al.*, 2017). The pots of the Pendimoun rock shelter could also have been used to contain or transform fatty or waxy materials, but to a very low intensity. The status of the site, which seems to be, at the beginning of the 6th millennium BC, a temporary occupation related to specialised activities (Binder *et al.*, 2020), could be correlated to a low intensity of use of ceramic vessels. A parallel can be drawn with the Neolithic site of Mala Triglavca in Slovenia, a temporarily occupied site whose pottery has preserved less lipids (48% of the pots with interpretable content) than a contemporary site, occupied all year round (Moverna vas, 66% of containers with interpretable content; Šoberl *et al.*, 2014). As one of the main activities represented at Pendimoun is the manufacturing of pottery, it can be suggested that one part of this production, made of locally produced glauconitic earth (Gabriele *et al.*, this volume; Gabriele, 2014), has not or only rarely been used. Other types of containers, made of perishable material, may also have been used at the site. Use-wear analysis on lithic tools suggests, for example, plant treatments that may be related to basketry activities (Binder *et al.*, 2020; De Stefanis, 2018).

ADAPTING THE ANALYTICAL PROTOCOL

To complete the first data obtained by DCM/MeOH extraction, a second sampling of fifty-two potsherds (materials and methods, table 1) was carried out to perform an extraction with acidified methanol, more recently developed for the analysis of archaeological samples (H_2SO_4/MeOH; Correa-Ascencio and Evershed, 2014; Craig *et al.*, 2013). Interpretations regarding the contents of the pots, proposed based on these extracts, are presented elsewhere (Drieu *et al.*, 2021), but here we will discuss the results in terms of extraction yields.

The acidified methanol method has proven to be much more effective (88% of the pots yielded enough lipids to be interpretable in terms of use, and delivered up to 547 µg/g (fig. 4), compared to 5% of interpretable potsherds, maximum 34 µg/g with DCM/MeOH) and has led to isotopic measurements on fatty acids, in order to work on the origin of these fats (Drieu *et al.*, 2021). This method is very effective because acid conditions break the chemical bonds that bind some of the organic molecules to the ceramic matrix. In addition, sulphuric acid dissolves part of the ceramic matrix, as well as carbonate deposits (Correa-Ascencio and Evershed, 2014), present on many potsherds of the Pendimoun rock shelter.

It is noteworthy that after heating the samples in acidified methanol, the solvent sometimes had become basic or neutral, indicating that all the acid had been consumed

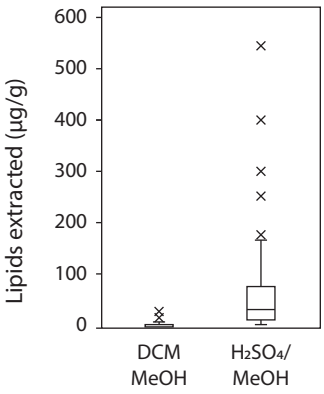


Fig. 4 – Comparative extraction yields on samples from the Pendimoun rock shelter. The box plot represents the minimum and maximum, the median and the first and third quartiles of the dataset. Outliers are represented by a "×".

Fig. 4 – *Rendements d'extraction comparés sur des échantillons de l'abri Pendimoun. Les diagrammes à moustache représentent les minimum et maximum, la médiane et les premier et troisième quartiles du jeu de données. Les valeurs extrêmes sont représentées par un « × ».*

during the reaction and that additional reactant is required to complete the trans-methylation. Post-depositional carbonate deposits and carbonate inclusions of potsherds are probably the cause of the unintentional consumption of sulphuric acid, although it was introduced in large amounts (about 20% v/v). When extracting lipids from archaeological pots, it is therefore important, first, to consider the nature of the ceramic paste with petrographic or mineralogical analyses in order to adapt the amount of acid added before the reaction. In addition, it is crucial to check the pH of the solvent at the end of the reaction, in order to avoid hydrolysing and methylating only a small part of the lipids preserved in the pots.

The difference in yield between the two extraction methods is probably due to the parameters mentioned above: climate, leaching, soil pH, and specific porosity of some vessels. Their combination has certainly led to an almost total disappearance of the "free" lipids within the vessel wall, *i.e.* simply trapped within the pores, or bound to the ceramic matrix via weak chemical bonds, which could explain the low extraction yields with DCM/MeOH. In contrast, lipids strongly bound to the ceramic walls (and extracted only using acidified methanol extraction) have resisted, at least partially, these degradations. In contexts that favour the degradation of "free" lipids, such as the Pendimoun rock shelter, it should be noted that the chemical signal obtained by extraction under acidic conditions may therefore be biased, since only part of the signal related to use has been preserved. The binding of the lipids to the ceramic matrix could have been catalysed by heating, *e.g.* during successive cooking episodes when the lipids were already absorbed into the pottery wall (Copley *et al.*, 2005b; Correa-Ascencio and Evershed, 2014; Regert *et al.*, 1998). This would mean that at the Pendimoun rock shelter, it would not be possible to study the uses such as storage or non-thermal transformation, unless subsequent heating episodes (*e.g.* reuses) had strengthened the bonds to the ceramic matrix.

It is important to note that, while extraction under acidic conditions is particularly effective, it is always interesting to extract samples with DCM/MeOH, at least the best preserved ones, in order to identify specific compounds, such asalkylresorcinols (cereals markers; Colonese *et al.*, 2017; Hammann and Cramp, 2018), and to precise the natural origin of fat and wax using triacylglycerols and wax esters potentially preserved in small amounts. This extraction step has, for example, helped to identify beeswax from wax esters in a pot from the Pendimoun rock shelter (Drieu *et al.*, 2021).

CONCLUSION: A GUIDELINE FOR THE ANALYSIS OF THE CONTENT OF NEOLITHIC POTTERY IN THE MEDITERRANEAN

The approaches implemented for the analysis of the content of the pottery from the Pendimoun rock shelter led to the refinement of the organic residue analysis process and the opening of new fields of investigation. The results obtained, both positive and negative, can guide future lipid studies in Mediterranean Neolithic pots:

– Contexts with acidic soils (*e.g.* Corsica, North-East Sardinia and the Tuscan archipelago, South Calabria, Central Croatia) are probably the most favourable to the preservation of lipids in the Mediterranean.
– Cave sites are also to be favoured, as they are less exposed to seasonal variations in humidity and temperature (Debono Spiteri, 2012; Tarifa-Mateo *et al.*, 2019). For example, preliminary analyses carried out on pots from the Arene Candide cave (data not presented) have shown good lipid preservation, including well-preserved triacylglycerols and wax esters.
– As a general rule, and all the more so for open-air sites with neutral or slightly basic soils, extraction with acidified methanol is to be preferred, as proposed for the contexts of the Iberian Peninsula (Breu *et al.*, 2021; Breu Barcons, 2016; Tarifa-Mateo *et al.*, 2019). As many Mediterranean clays are rich in carbonate inclusions, the extraction solvent must be highly concentrated in sulphuric acid (according to the protocol developed by O. E. Craig and his team; 2013) and the pH must be tested at the end of the reaction. DCM/MeOH extractions can be performed in a second step on an additional sub-sample to refine the interpretations.
– Whenever possible, sampling should include contextual sediment samples associated with the pottery to verify potential contamination.

Based on this framework, the analysis of the content of Mediterranean Neolithic vessels has great potential, still largely unexplored, to understand the mechanisms of the neolithisation process along the Mediterranean route.

Acknowledgements

The authors would like to thank Louise Purdue for her help in soil analysis and François Orange for his collaboration on the SEM imaging study. This research was conducted as part of the CIMO project « Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale : recherches interdisciplinaires sur le Néolithique ancien » (ANR-14-CE31-009, direction D. Binder).

REFERENCES

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., HELMER D., MARINVAL P., THIEBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes). Nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire,* 35, p. 177-251.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. É., CARRÉ A., CUCCHI T., DELHON C., DE STEFANIS C., DRIEU L., EVIN A., GIRDLAND FLINK L., GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIEBAULT S. (2020) – First farming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar – Pendimoun during the 6th Millennium BCE, in K. J. Gron, P. Rowley-Conwy and L. Sørensen (eds.), *Farmers at the Frontier: a Pan-European Perspective on Neolithisation*, Oxford, Oxbow, p. 145-159.

BREU BARCONS A. (2016) – New Methods, New Possibilities. An Evaluation of Organic Residue Analysis Extraction Methods for the Archaeology of the Iberian Peninsula, in I. Pinto Coelho, J. Bento Torres, L. Serrão Gil and T. Ramos (eds.), *Entre Ciência e Cultura: Da Interdisciplinaridade à Transversalidade Da Arqueologia*, proceedings of the VIII Jornadas de Jovens Em Investigação Arqueológica, Colecção ArqueoArte (Lisbon, 2015), Lisbon, CHAM and IEM, p. 363-368.

BREU A., GÓMEZ-BACH A., HERON C., ROSELL-MELÉ A., MOLIST M. (2021) – Variation in Pottery Use Across the Early Neolithic in the Barcelona plain, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13, 3, p. 53.

COLONESE A. C., HENDY J., LUCQUIN A., SPELLER C. F., COLLINS M. J., CARRER F., GUBLER R., KÜHN M., FISCHER R., CRAIG O. E. (2017) – New Criteria for the Molecular Identification of Cereal Grains Associated with Archaeological Artefacts, *Scientific Reports*, 7, p. 6633.

COOPER I., TICE P. A. (1995) – Migration Studies on Fatty Acid Amide Slip Additives from Plastics into Food Simulants, *Food Additives & Contaminants*, 12, 2, p. 235-244.

COPLEY M. S., BERSTAN R., MUKHERJEE A. J., DUDD S. N., STRAKER V., PAYNE S., EVERSHED R. P. (2005a) – Dairying in Antiquity. III. Evidence from Absorbed Lipid Residues Dating to the British Neolithic, *Journal of Archaeological Science*, 32, 4, p. 523-546

COPLEY M. S., BLAND H. A., ROSE P., HORTON M., EVERSHED R. P. (2005b) – Gas Chromatographic, Mass Spectrometric and Stable Carbon Isotopic Investigations of Organic Residues of Plant Oils and Animal Fats Employed as Illuminants in Archaeological Lamps from Egypt, *Analyst*, 130, 6, p. 860-871.

CORREA-ASCENCIO M., EVERSHED R. P. (2014) – High Throughput Screening of Organic Residues in Archaeological Potsherds Using Direct Acidified Methanol Extraction, *Analytical Methods*, 6, p. 1330-1340.

COUREL B., ROBSON H. K., LUCQUIN A., DOLBUNOVA E., ORAS E., ADAMCZAK K., ANDERSEN S. H., ASTRUP P. M., CHARNIAUSKI M., CZEKAJ-ZASTAWNY A., EZEPENKO I., HARTZ S., KABACIŃSKI J., KOTULA A., KUKAWKA S., LOZE I., MAZURKEVICH A., PIEZONKA H., PILIČIAUSKAS G., SØRENSEN S. A., TALBOT H. M., TKACHOU A., TKACHOVA M., WAWRUSIEWICZ A., MEADOWS J., HERON C. P., CRAIG O. E. (2020) – Organic Residue Analysis Shows Sub-Regional Patterns in the Use of Pottery by Northern European Hunter-Gatherers, *Royal Society Open Science*, 7, p. 192016.

CRAIG O. E., FORSTER M., ANDERSEN S. H., KOCH E., CROMBÉ P., MILNER N. J., STERN B., BAILEY G. N., HERON C. P. (2007) – Molecular and Isotopic Demonstration of the Processing of Aquatic Products in Northern European Prehistoric Pottery, *Archaeometry*, 49, 1, p. 135-152.

CRAIG, O. E., STEELE V. J., FISCHER A., HARTZ S., ANDERSEN S. H., DONOHOE P., GLYKOU A., SAUL H., JONES D. M., KOCH E., HERON C. P. (2011) – Ancient Lipids Reveal Continuity in Culinary Practices Across the Transition to Agriculture in Northern Europe, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 44, p. 17910-17915.

CRAIG O. E., SAUL H., LUCQUIN A., NISHIDA Y., TACHÉ K., CLARKE L., THOMPSON A., ALTOFT D. T., UCHIYAMA J., AJIMOTO M., GIBBS K., ISAKSSON S., HERON C. P., JORDAN P. (2013) – Earliest Evidence for the Use of Pottery, *Nature*, 496, 7445, p. 351-354.

CRAMP L. J. (2008). *Foodways and Identity: Organic Residue Analysis of Roman Mortaria and Other Pottery*, doctoral thesis, University of Reading, 343 p.

CRAMP L. J., EVERSHED R. P., LAVENTO M., HALINEN P., MANNERMAA K., OINONEN M., KETTUNEN J., PEROLA M., ONKAMO P., HEYD V. (2014) – Neolithic Dairy Farming at the Extreme of Agriculture in Northern Europe, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281, p. 20140819.

DE STEFANIS C (2018) – *Systèmes techniques des derniers chasseurs-cueilleurs et des premiers agro-pasteurs du domaine liguro-provençal (7000-5500 av. JC) : approche fonctionnelle*, doctoral thesis, université Côte d'Azur, Nice, 450 p.

DEBONO SPITERI C. (2012) – *Pottery Use at the Transition to Agriculture in the Western Mediterranean. Evidence from Biomolecular and Isotopic Characterisation of Organic Residues in Impressed/Cardial Ware Vessels*, doctoral thesis, University of York, 347 p.

DEBONO SPITERI C., GILLIS R. E., ROFFET-SALQUE M., CASTELLS NAVARRO L., GUILAINE J., MANEN C., MUNTONI I. M., SEGUI M. S., UREM-KOTSOU D., WHELTON H. L., CRAIG O. E., VIGNE J.D., EVERSHED R. P. (2016) – Regional Asynchronicity in Dairy Production and Processing in Early Farming Communities of the Northern Mediterranean, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 48, p. 13594-13599.

DECAVALLAS O. (2011) – Étude de l'alimentation dans le domaine égéen au Néolithique et à l'Age du bronze à partir de l'analyse chimique de résidus organiques conservés dans les poteries, doctoral thesis, université Bordeaux 3 – Michel de Montaigne, 359 p.

DeLAUNE R., REDDY C., PATRICK W (1981) – Organic Matter Decomposition in Soil as Influenced by pH and Redox Conditions, *Soil Biology and Biochemistry*, 13, 6, p. 533-534.

DELHON C., BINDER D., VERDIN P., MAZUY A. (2020) – Phytoliths as a Seasonality Indicator? The Example of the Neolithic Site of Pendimoun, South-Eastern France, *Vegetation History and Archaeobotany*, 29, p. 229-240.

DRIEU L. (2020) – A Pottery Biography: Considering the Entire Lifecycle of a Pot in Organic Residue Analysis, *ArchéoSciences,* 44, 2, p. 129-143.

DRIEU L., PECHE-QUILICHINI K., LACHENAL T., REGERT M. (2018) – Domestic Activities and Pottery Use in the Iron Age Corsican Settlement of Cuciurpula Revealed by Organic Residue Analysis, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, p. 213-223.

DRIEU L., HORGNIES M., BINDER D., PETREQUIN P., PETREQUIN A.M., PECHE-QUILICHINI K., LACHENAL T., REGERT M. (2019) – Influence of Porosity on Lipid Preservation in the Wall of Archaeological Pottery, *Archaeometry*, 61, 5, p. 1081-1096.

DRIEU L., LUCQUIN A., CASSARD L., SORIN S., CRAIG O. E., BINDER D., REGERT M. (2021) – A Neolithic Without Dairy? Chemical Evidence From the Content of Ceramics from the Pendimoun Rock-Shelter (Castellar, France, 5750-5150 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, p. 102682.

DUDD S. N., EVERSHED R. P., GIBSON A. M. (1999) – Evidence for Varying Patterns of Exploitation of Animal Products in Different Prehistoric Pottery Traditions Based on Lipids Preserved in Surface and Absorbed Residues, *Journal of Archaeological Science*, 26, 12, p. 1473-1482.

EVERSHED R. P., HERON C., GOAD L. J. (1990) – Analysis of Organic Residues of Archaeological Origin by High-Temperature Gas Chromatography and Gas Chromatography-Mass Spectrometry, *Analyst,* 115, 10, p. 1339-1342.

EVERSHED R. P., MOTTRAM H. R., DUDD S. N., CHARTERS S., STOTT A. W., LAWRENCE G. J., GIBSON A. M., CONNER A., BLINKHORN P. W., REEVES V. (1997) – New Criteria for the Identification of Animal Fats Preserved in Archaeological Pottery, *Naturwissenschaften*, 84, 9, p. 402-406.

EVERSHED R. P., COPLEY M. S., DICKSON L., HANSEL F. A. (2008a) – Experimental Evidence for the Processing of Marine Animal Products and Other Commodities Containing Polyunsaturated Fatty Acids in Pottery Vessels, *Archaeometry*, 50, 1, p. 101-113.

EVERSHED R. P., PAYNE S., SHERRATT A. G., COPLEY M. S., COOLIDGE J., UREM-KOTSU D., KOTSAKIS K., ÖZDOĞAN M., ÖZDOĞAN A. E., NIEUWENHUYSE O., AKKERMANS P., BAILEY D., ANDEESCU R. R., CAMPBELL S., FARID S., HODDER I., YALMAN N., ÖZBAŞARAN M., BIÇAKCI E., GARFINKEL Y., LEVY T., BURTON M. M. (2008b) – Earliest Date for Milk Use in the Near East and Southeastern Europe Linked to Cattle Herding, *Nature,* 455, 7212, p. 528-531.

FABIAN C., REIMANN C., FABIAN K., BIRKE M., BARITZ R., HASLINGER E., TEAM T. G. P. (2014) – GEMAS: Spatial Distribution of the pH of European Agricultural and Grazing Land Soil, *Applied Geochemistry*, 48, p. 207-216.

GABRIELE M. (2014) – *La circolazione delle ceramiche del Neolitico nel medio e alto Tirreno e nell'area ligure provenzale: studi di provenienza*, doctoral thesis, université Côte d'Azur and università di Pisa, 437 p.

GÜLZ P.G. (1994) – Epicuticular Leaf Waxes in the Evolution of the Plant Kingdom, *Journal of Plant Physiology*, 143, 4, p. 453-464.

HAMMANN S., CRAMP L. J. (2018) – Towards the Detection of Dietary Cereal Processing Through Absorbed Lipid Biomarkers in Archaeological Pottery, *Journal of Archaeological Science*, 93, p. 74-81.

HANSEL F. A., EVERSHED R. P. (2009) – Formation of Dihydroxy Acids from Z-Monounsaturated Alkenoic Acids and Their Use as Biomarkers for the Processing of Marine Commodities in Archaeological Pottery Vessels, *Tetrahedron Letters*, 50, 40, p. 5562-5564.

HENDY J., COLONESE A. C., FRANZ I., FERNANDES R., FISCHER R., ORTON D., LUCQUIN A., SPINDLER L., ANVARI J., STROUD E., BIEHL P. F., SPELLER C., BOIVIN N., MACKIE M., JERSIE-CHRISTENSEN R. R., OLSEN J. V., COLLINS M. J., CRAIG O. E., ROSENSTOCK E. (2018) – Ancient Proteins from Ceramic Vessels at Çatalhöyük West Reveal the Hidden Cuisine of Early Farmers, *Nature communications*, 9, 1, p. 4064.

HERON C., EVERSHED R. P., GOAD L. J. (1991) – Effects of Migration of Soil Lipids on Organic Residues Associated with Buried Potsherds, *Journal of Archaeological Science,* 18, 6, p. 641-659.

HERON C., CRAIG O. E., LUQUIN A., STEELE V. J., THOMPSON A., PILIČIAUSKAS G. (2015) – Cooking Fish and Drinking Milk? Patterns in Pottery Use in the Southeastern Baltic, 3300-2400 Cal BC., *Journal of Archaeological Science*, 63, p. 33-43.

HITA C., PARLANTI E., JAMBU P., JOFFRE J., AMBLES A. (1996) – Triglyceride Degradation in Soil, *Organic Geochemistry*, 25, 1, p. 19-28.

KOLATTUKUDY P. (1970) – Plant Waxes, *Lipids*, 5, 2, p. 259-275.

LE BRAS-GOUDE G., BINDER D., FORMICOLA V., DUDAY H., COUTURE-VESCHAMBRE C., HUBLIN J.-J., RICHARDS M. (2006) – Stratégies de subsistance et analyse culturelle de populations néolithiques de Ligurie : approche par l'étude isotopique ($\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$) des restes osseux, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Pari*s, 18, 1-2, p. 43-53.

McCLURE S. B., MAGILL C., PODRUG E., MOORE A. M., HARPER T. K., CULLETON B. J., KENNETT D. J., FREEMAN K. H. (2018) – Fatty Acid Specific δ13C Values Reveal Earliest Mediterranean Cheese Production 7,200 Years Ago, *PloS One*, 13, 9, p. e0202807.

MOUCAWI J., FUSTEC E., JAMBU P., JACQUESY R. (1981) – Decomposition of Lipids in Soils: Free and Esterified Fatty Acids, Alcohols and Ketones, *Soil Biology and Biochemistry*, 13, 6, p. 461-468.

REGERT M., BLAND H. A., DUDD S. N., VAN BERGEN P. F., EVERSHED R. P. (1998) – Free and Bound Fatty Acid Oxidation Products in Archaeological Ceramic Vessels, *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 265, 1409, p. 2027-2032.

SALQUE M., RADI G., TAGLIACOZZO A., URIA B. P., WOLFRAM S., HOHLE I., STÄUBLE H., WHITTLE A., HOFMANN D., PECHTL J., SCHADE-LINDIG S., EISENHAUER U., EVERSHED R. P. (2012) – New Insights into the Early Neolithic Economy and Management of Animals in Southern and Central Europe Revealed Using Lipid Residue Analyses of Pottery Vessels, *Anthropozoologica*, 47, 2, p. 45-61.

SALQUE M., BOGUCKI P. I., PYZEL J., SOBKOWIAK-TABAKA I., GRYGIEL R., SZMYT M., EVERSHED R. P. (2013) – Earliest Evidence for Cheese Making in the Sixth Millennium BC in Northern Europe, *Nature*, 493, 7433, p. 522-525.

SMYTH J., EVERSHED R. P. (2016) – Milking the Megafauna: Using Organic Residue Analysis to Understand Early Farming Practice, *Environmental Archaeology*, 21, 3, p. 214-229.

ŠOBERL L., HORVAT M., ZIBRAT GASPARIC A., SRAKA M., EVERSHED R., BUDJA M. (2014) – Neolithic and Eneolithic Activities Inferred from Organic Residue Analysis of Pottery from Mala Triglavca, Moverna vas and Ajdovska jama, Slovenia, *Documenta Praehistorica*, 41, p. 149-179.

SPITERI C., MUNTONI I. M., CRAIG O. E. (2017) – Dietary Practices at the Onset of the Neolithic in the Western Mediterranean Revealed Using a Combined Biomarker and Isotopic Approach, in: O. García Puchol and D. C. Salazar García (eds.), *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean*, Springer, p. 253-279.

TARIFA-MATEO N., CLOP-GARCÍA X., ROSELL-MELÉ A., CAMALICH-MASSIEU M. D., COMES-BORDAS P., MARTÍN-SOCAS D., NONZA-MICAELLI A., RODRÍGUEZ-SANTOS F. J. (2019) – New Insights from Neolithic Pottery Analyses Reveal Subsistence Practices and Pottery Use in Early Farmers from Cueva de El Toro (Málaga, Spain), *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, p. 5199-5211.

WHELTON H. L., ROFFET-SALQUE M., KOTSAKIS K., UREM-KOTSOU D., EVERSHED R. P. (2017) – Strong Bias Towards Carcass Product Processing at Neolithic Settlements in Northern Greece Revealed through Absorbed Lipid Residues of Archaeological Pottery, *Quaternary International*, 496, p. 127-139.

MATERIALS AND METHODS

Study of soil acidity

A Bernard calcimeter was used for the total calcareous content measurement, after a calibration with a known mass of pure $CaCO_3$. The raw sediment samples (weighed, between 300 mg and 1 g) were introduced into a filter paper papillote in the flask containing hydrochloric acid. After stirring to achieve a total reaction, the position of the glass ampoule was adjusted to match its water level with that of the measuring cylinder. The water level, corresponding to the volume of CO_2 released, was measured on the graduated cylinder ($V_{measured}$). The percentage of total calcareous content was calculated from the following formula:

For the pH measurement, 2 g of sediment was sieved to 2 mm. The sample was poured into a 50 ml beaker and 25 ml of distilled water was added. After a magnetic stirring for a few minutes, the solution was left to stand for half an hour. The pH meter (Eutech PC 450, Thermo Scientific) was calibrated with three buffer solutions: a neutral value (pH 7.00) and two values that surround the measurements made (pH 4.00 and 9.81). The pH of the sediment solutions was then measured under magnetic stirring.

Study of organic matter

List of samples

The list of sherds and contextual sediments analysed is presented in table 1.

The contextual sediment samples were selected from the samples taken at the time of the excavation for bioarchaeological analysis (phytoliths).

Table. 1 – List of samples analysed at the Pendimoun rock shelter.
***Tab. 1** – Liste des échantillons analysés à l'abri Pendimoun.*

Type	Vase	Culture	Sample	m²	US (sampling)	Area	Extraction method	
							DCM/ MeOH	H2SO4/ MeOH
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 26816	O13	5711 (26717)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 26618	O13	5711 (26550)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 26702	O12	5711 (26551)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 26938	O14	5711 (26827)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 26855	O13	5711 (26716)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 27246	N12	27226 (27243)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 27452	N12	27354 (27371)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 27450	N12	27354 (27371)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 26650	O13	5711 (26548)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 26986	O13	5711 (26900)	South	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 48123	L22	47801 (48120)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 48174	L22	48159 (48142)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 47548	M22	47647 (47724)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 48084	M22	47801 (48046)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 48095	M22	47801 (48046)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 47544	M22	47647 (47724)	North	X	

Type	Vase	Culture	Sample	m²	US (sampling)	Area	Extraction method	
							DCM/ MeOH	H2SO4/ MeOH
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 47987	M23	47801 (48150)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 48026	L22	47801 (48120)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 48233	L21	47803 (48229)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 47986	M23	47801 (48150)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 47383	L22	47801 (48120)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 48021	M22	47801 (48045)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 47855	L23	47799 (47958)	North	X	
Pottery	Unattributed potsherd	Impressa	AP 47930	M22	47800 (47915)	North	X	
Pottery	AP_0001	Impressa	AP 58949	O16	VI-VII	South	X	
			AP 57 O16	O16	VI (R7)	South		X
Pottery	AP_0002	Impressa	AP 59393	P15	IX	South	X	
			AP 36 P15	P15	IX (R5)	South		X
Pottery	AP_0003	Impressa	AP 48122	L22	47801 (48120)	North		X
Pottery	AP_0004	Impressa	AP 48066	L20	30 (48069)	North		X
Pottery	AP_0007	Impressa	AP 28869	O13	28535 (28691)	South		X
Pottery	AP_0008	Impressa	AP 27778	N12	27743 (27751)	South	X	
			AP NC Q15	Q15	IX	South		X
Pottery	AP_0011	Impressa	AP 30061	M11	30016	South	X	X
Pottery	AP_0014	Impressa	AP 359 O15	O15	(RC)	South		X
Pottery	AP_0015	Impressa	AP 145 O16	O16	IX (R1)	South	X	X
Pottery	AP_0016	Impressa	AP 28461	O13	5711 (28382)	South	X	
			AP 28451	O14	5711 (28381)	South		X
Pottery	AP_0018	Impressa	AP 244 M19	M19	(RC)	North	X	
			AP 29120	O12	28890 (28939)	South		X
Pottery	AP_0019	Impressa	AP 5767	O14	5711 (5723)	South		X
Pottery	AP_0020	Impressa	AP 26806	O13	5711 (26717)	South		X
Pottery	AP_0022	Impressa	AP 58367	O15	IX	South	X	
			AP 154 Q17	Q17	TGC	South		X
Pottery	AP_0027	Impressa	AP 290 O15	O15	NIV 12 (R3)	South		X
Pottery	AP_0028	Impressa	AP 26880	M11	26884 (26885)	South	X	X
Pottery	AP_0029	Impressa	AP 59391	P15	IX	South	X	
			AP 130 O15	O15	IXB	South		X
Pottery	AP_0030	Impressa	AP 42311	L21	40549 (42274)	North		X
Pottery	AP_0036	Impressa	AP 26155	P13	26040 (26055)	South		X
Pottery	AP_0037	Impressa	AP 223 O15	O15	NIV 10 (R1)	South		X
Pottery	AP_0038	Impressa	AP 198 O15	O15	NIV 9-10 (R1)	South		X
Pottery	AP_0039	Impressa	AP 47974	M22	47647 (47915)	North	X	
			AP 47976	N22	47647 (47915)	North		X
Pottery	AP_0040	Impressa	AP 485 K19	K19	SEP2 (R9)	South		X
Pottery	AP_0042	Impressa	AP 47107	L21	45972 (47106)	North		X
Pottery	AP_0045	Impressa	AP 50002	I19	out of stratigra-phy	North	X	X

Type	Vase	Culture	Sample	m²	US (sampling)	Area	Extraction method	
							DCM/ MeOH	H2SO4/ MeOH
Pottery	AP_0046	Impressa	AP 46111	K20	43829 (46066)	North		X
Pottery	AP_0052	Impressa	AP 46245	J20	45437 (46245)	North		X
Pottery	AP_0053	Impressa	AP NC O15	O15	NIV 11-12	South		X
Pottery	AP_0081	Impressa	AP 348 O15	O15	(RC)	South		X
Pottery	AP_0137	Impressa	AP 47004	L21	46832 (46997)	North		X
Pottery	AP_0146	Cardial	AP 392 N16	N16	14'C	South		X
Pottery	AP_0148	Cardial	AP 40042	L20	19011 (19459)	North		X
Pottery	AP_0152	Cardial	AP 32D Q16	Q16	IX	South		X
Pottery	AP_0157	Cardial	out of stratigraphy	_	_	_		X
Pottery	AP_0158	Cardial	AP 24964	O12	24087 (24955)	South		X
Pottery	AP_0163	Cardial	AP 23590	O11	23588 (23589)	South		X
Pottery	AP_0164	Cardial	AP 5562	P14	5557 (5559)	South		X
Pottery	AP_0165	Cardial	AP 21687	N15	21069 (21618)	South		X
Pottery	AP_0166	Cardial	AP 23590	O11	23559 (23589)	South		X
Pottery	AP_0170	Cardial	AP 18802	L20	18390 (18749)	North		X
Pottery	AP_0171	Cardial	AP 23491	M13	22801 (23284)	South		X
Pottery	AP_0174	Cardial	AP 42410	L23	42370 (42405)	North		X
Pottery	AP_0175	Cardial	AP NC N22	N22	(Z 240-245)	North		X
Pottery	AP_0176	Cardial	AP 41845	L22	19000 (41700)	North		X
Pottery	AP_0178	Cardial	AP NC N22	N22	(Z 250-255)	North		X
Pottery	AP_0180	Cardial	AP 19956	K21	19011 (19956)	South		X
Pottery	AP_0181	Cardial	AP NC N22	N22	(Z 220)	North		X
Pottery	AP_0182	Cardial	AP 40326	L21	19908 (40230)	North		X
Pottery	AP_0187	Cardial	AP 19153	M22	17440 (19025)	South		X
Pottery	AP_0206	Cardial	AP 40016	L23	17440 (19498)	North		X
Pottery	AP_0207	Cardial	AP 41024	I22	17440 (40738)	North		X
Pottery	AP_0212	Cardial	AP 21467	N14	21466 (21467)	South		X
Sediment	_	Impressa	AP 48045	M22	47801 (48045)	North	X	
Sediment	_	Impressa	AP 48229	L21	47803 (48229)	North	X	
Sediment	_	Impressa	AP 26717	O13	5711 (26717)	South	X	
Sediment	_	Impressa	AP 27751	N12	27743 (27751)	South	X	

Extraction using DCM/MeOH

The surfaces of the sample were removed with a clean scalpel to eliminate the top layers of ceramics that were potentially contaminated by sediment or handling. The samples were then crushed using a clean mortar and pestle and 20 µl of an internal standard solution (n-C_{34} in hexane at 1 mg/ml) was added to the ceramic powder. The lipids were extracted in 10 ml of DCM/MeOH (2:1, v/v) by two ultrasonications of 15 minutes each. The samples were then centrifuged (15 min at 3000 rpm) and the supernatant liquid was recovered. It was then evaporated under nitrogen flow and dissolved in 500 µl of DCM/MeOH solution to obtain the Total Lipid Extract (TLE). An aliquot of the TLE of each sample (100 µl) was selected and then evaporated to dryness under nitrogen flow. It was then derivatised with 50 µl of BSTFA (N,Obis(trimethylsilyl)trifluroacetamide, containing 1% trimethylchlorosilane) and heated for one hour at 70°C. After cooling, the BSTFA was evaporated under nitrogen flow and the samples were dissolved in cyclohexane, before injection in chromatography.

GC analyses were performed on an Agilent 7890A chromatograph equipped with a flame ionization detector (FID). The injection of 1 µl of sample was carried out via an on-column injector. The compounds were separated in a DB-5MS apolar capillary column (15 m × 0.32 mm, internal diameter: 0.1 µm; Agilent). Hydrogen was used as a carrier gas with a flow maintained at 2 ml/min during 22 min, then increased to 4 ml/min during 4 min and finally increased to 6 ml/min during 16 min. The oven temperature program has been set as follows: temperature increase from 50 to 100°C at 15°C/min, then increase to

375°C at 10°C/min. The detector temperature was set at 375°C.

GC-MS analyses were performed using a Shimadzu GC2010PLUS chromatograph equipped with an injector used in splitless mode at 280°C and a DB-5HT non-polar capillary column (15 m × 0.32 mm, internal diameter: 0.1 µm). The following temperature program was used: 1 min at 50°C, followed by an increase to 100°C at 15°C/min, an increase to 240°C at 10°C/min, an increase to 380°C at 20°C/min, and a temperature hold time of 7 min. The carrier gas (helium) flow rate at the head of the column was set at 3 ml/min. The molecules were detected in a QP2010ULTRa mass spectrometer equipped with a quadrupole analyser and a 70 eV Electron Ionization (EI) source. The temperature of the source was set at 200°C and that of the interface at 280°C. The mass spectrometer operated in full scan mode with a mass scan of *m/z* 50 to 950.

Extraction with acidified methanol

This extraction method and the instruments used to study the extracts are detailed in Drieu *et al.* (2021).

Dataset

DCM/MeOH extraction data for pottery and contextual sediment samples are available in annex 1 and 2 respectively. Dataset for extractions after acid methylation are available in Drieu *et al.*, 2021.

Léa Drieu
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
lea.drieu@cepam.cnrs.fr

Didier Binder
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
didier.binder@cepam.cnrs.fr

Martine Regert
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM
MSHS Sud-Est
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
martine.regert@cepam.cnrs.fr