

LES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE

Les Séances de la Société préhistorique française sont organisées deux à trois fois par an. D'une durée d'une ou deux journées, elles portent sur des thèmes variés : bilans régionaux ou nationaux sur les découvertes et travaux récents ou synthèses sur une problématique en cours dans un secteur de recherche ou une période en particulier.

La Société préhistorique française considère qu'il est de l'intérêt général de permettre un large accès aux articles et ouvrages scientifiques sans en compromettre la qualité ni la liberté académique. La SPF est une association à but non lucratif régie par la loi de 1901 et reconnue d'utilité publique, dont l'un des buts, définis dans ses statuts, est de faciliter la publication des travaux de ses membres. Elle ne cherche pas le profit par une activité commerciale mais doit recevoir une rémunération pour compenser ses coûts de gestion et les coûts de fabrication et de diffusion de ses publications.

Conformément à ces principes, la Société préhistorique française a décidé de proposer les actes des Séances en téléchargement gratuit sous forme de fichiers au format PDF interactif. Bien qu'en libre accès, ces publications disposent d'un ISBN et font l'objet d'une évaluation scientifique au même titre que nos publications papier périodiques et non périodiques. Par ailleurs, même en ligne, ces publications ont un coût (secrétariat d'édition, mise en page, mise en ligne, gestion du site internet) : vous pouvez aider la SPF à poursuivre ces activités de diffusion scientifique en adhérant à l'association et en vous abonnant au *Bulletin de la Société préhistorique française* (voir au dos ou sur <http://www.prehistoire.org/form/515/736/formulaire-adhesion-et-ou-abonnement-spf-2014.html>).

LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE

La Société préhistorique française, fondée en 1904, est une des plus anciennes sociétés d'archéologie. Reconnue d'utilité publique en 1910, elle a obtenu le grand prix de l'Archéologie en 1982. Elle compte actuellement plus de mille membres, et près de cinq cents bibliothèques, universités ou associations sont, en France et dans le monde, abonnées au *Bulletin de la Société préhistorique française*.

Tous les membres de la Société préhistorique française peuvent participer :

- aux séances scientifiques de la Société – Plusieurs séances ont lieu chaque année, en France ou dans les pays limitrophes. Le programme annuel est annoncé dans le premier *Bulletin* et rappelé régulièrement. Ces réunions portent sur des thèmes variés : bilans régionaux ou nationaux sur les découvertes et travaux récents ou synthèses sur une problématique en cours dans un secteur de recherche ou une période en particulier ;
- aux Congrès préhistoriques de France – Ils se déroulent régulièrement depuis la création de la Société, actuellement tous les quatre ans environ. Leurs actes sont publiés par la Société préhistorique française. Depuis 1984, les congrès se tiennent sur des thèmes particuliers ;
- à l'assemblée générale annuelle – L'assemblée générale se réunit en début d'année, en région parisienne, et s'accompagne toujours d'une réunion scientifique. Elle permet au conseil d'administration de rendre compte de la gestion de la Société devant ses membres et à ceux-ci de l'interpeller directement. Le renouvellement partiel du conseil se fait à cette occasion.

Les membres de la Société préhistorique française bénéficient :

- d'information et de documentation scientifiques – Le *Bulletin de la Société préhistorique française* comprend, en quatre livraisons de 200 pages chacune environ, des articles, des comptes rendus, une rubrique d'actualités scientifiques et une autre sur la vie de la Société. La diffusion du bulletin se fait par abonnement annuel. Les autres publications de la SPF – Mémoires, Travaux, Séances, fascicules des Typologies de la Commission du Bronze, Actes des Congrès, Tables et index bibliographiques ainsi que les anciens numéros du *Bulletin* – sont disponibles au siège de la Société préhistorique française, sur son site web (avec une réduction de 20 % pour les membres de la SPF et téléchargement gratuit au format PDF lorsque l'ouvrage est épuisé) ou en librairie.
- de services – Les membres de la SPF ont accès à la riche bibliothèque de la Société, mise en dépôt à la bibliothèque du musée de l'Homme à Paris.

Régie par la loi de 1901, sans but lucratif, la Société préhistorique française vit des cotisations versées par ses adhérents. Contribuez à la vie de notre Société par vos cotisations, par des dons et en suscitant de nouvelles adhésions autour de vous.

ADHÉSION ET ABONNEMENT 2017

Le réabonnement est reconduit automatiquement d'année en année*.

Paiement en ligne sécurisé sur

www.prehistoire.org

ou paiement par courrier : formulaire papier à nous retourner à l'adresse de gestion et de correspondance de la SPF :

BSPF, Maison de l'archéologie et de l'ethnologie

Pôle éditorial, boîte 41, 21 allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex

1. PERSONNES PHYSIQUES Zone €** Hors zone €

Adhésion à la *Société préhistorique française* et abonnement au *Bulletin de la Société préhistorique française*

▶ tarif réduit (premier abonnement, étudiants, moins de 26 ans, demandeurs d'emploi, membres de la Prehistoric Society***) 40 € 45 €

▶ abonnement papier et électronique / renouvellement 75 € 80 €

▶ abonnement électronique seul (PDF)**** 50 € 50 €

OU

Abonnement papier et électronique au *Bulletin de la Société préhistorique française*****

▶ abonnement annuel (sans adhésion) 85 € 90 €

OU

Adhésion seule à la *Société préhistorique française*

▶ cotisation annuelle 25 € 25 €

2. PERSONNES MORALES

Abonnement papier au *Bulletin de la Société préhistorique française*****

▶ associations archéologiques françaises 110 €

▶ autres personnes morales 145 € 155 €

Adhésion à la *Société préhistorique française*

▶ cotisation annuelle 25 € 25 €

NOM : PRÉNOM :

ADRESSE COMPLÈTE :

TÉLÉPHONE : DATE DE NAISSANCE : _ _ / _ _ / _ _ _ _

E-MAIL :

VOUS ÊTES : « professionnel » (votre organisme de rattachement) :

« bénévole » « étudiant » « autre » (préciser) :

Date d'adhésion et / ou d'abonnement : _ _ / _ _ / _ _ _ _

Merci d'indiquer les période(s) ou domaine(s) qui vous intéresse(nt) plus particulièrement :

.....

Date, signature :

Paiement par chèque libellé au nom de la Société préhistorique française, par **carte de crédit** (Visa, Mastercard et Eurocard) ou par **virement** à La Banque Postale • Paris IDF centre financier • 11, rue Bourseul, 75900 Paris cedex 15, France • RIB : 20041 00001 0040644J020 86 • IBAN : FR 07 2004 1000 0100 4064 4J02 086 • BIC : PSSTFRPPPAR.

Toute réclamation d'un bulletin non reçu de l'abonnement en cours doit se faire au plus tard dans l'année qui suit. Merci de toujours envoyer une enveloppe timbrée (tarif en vigueur) avec vos coordonnées en précisant vous souhaitez recevoir un reçu fiscal, une facture acquittée ou le timbre SPF de l'année en cours, et au besoin une nouvelle carte de membre.

Carte bancaire : CB nationale Mastercard Visa

N° de carte bancaire : _ _ _ _ _

Cryptogramme (3 derniers chiffres) : _ _ _ Date d'expiration : _ _ / _ _ signature :

* : Pour une meilleure gestion de l'association, merci de bien vouloir envoyer par courrier ou par e-mail en fin d'année, ou en tout début de la nouvelle année, votre lettre de démission.

** : Zone euro de l'Union européenne : Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Pays-Bas, Portugal, Slovaquie, Slovénie.

*** : Pour les moins de 26 ans, joindre une copie d'une pièce d'identité; pour les demandeurs d'emploi, joindre un justificatif de Pôle emploi; pour les membres de la Prehistoric Society, joindre une copie de la carte de membre; le tarif « premier abonnement » profite exclusivement à des membres qui s'abonnent pour la toute première fois et est valable un an uniquement (ne concerne pas les réabonnements).

**** : L'abonnement électronique n'est accessible qu'aux personnes physiques; il donne accès également aux numéros anciens du *Bulletin*. L'abonnement papier donne accès aux versions numériques (numéros en cours et anciens).

PROCEEDINGS
OF THE WORKSHOP
OF NAMUR (BELGIUM)
ACTES DE LA TABLE RONDE
DE NAMUR (BELGIQUE)

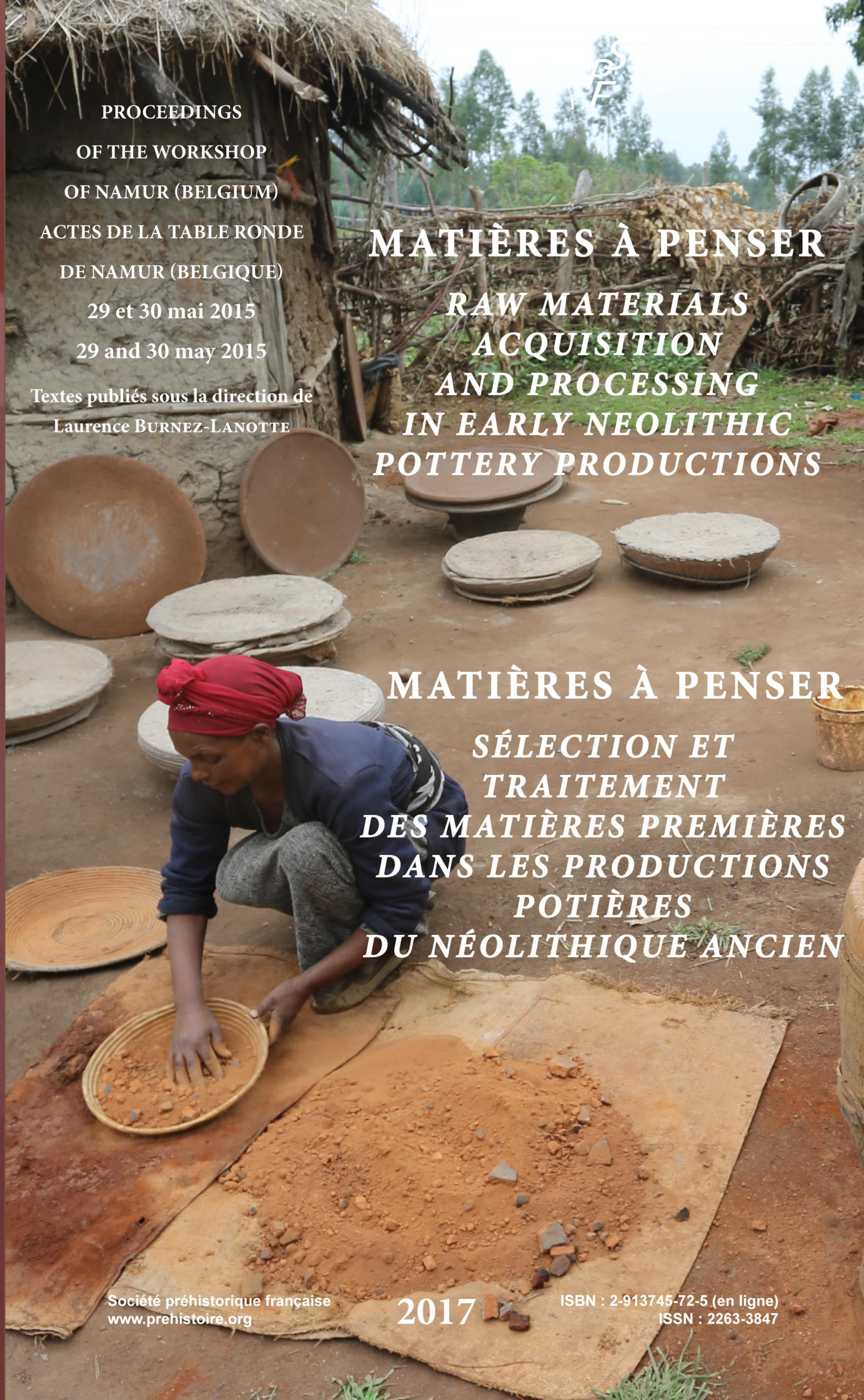
29 et 30 mai 2015

29 and 30 may 2015

Textes publiés sous la direction de
Laurence BURNEZ-LANOTTE

MATIÈRES À PENSER
RAW MATERIALS
ACQUISITION
AND PROCESSING
IN EARLY NEOLITHIC
POTTERY PRODUCTIONS

MATIÈRES À PENSER
SÉLECTION ET
TRAITEMENT
DES MATIÈRES PREMIÈRES
DANS LES PRODUCTIONS
POTIÈRES
DU NÉOLITHIQUE ANCIEN



SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE

11

MATIÈRES À PENSER

**RAW MATERIALS
ACQUISITION AND PROCESSING
IN EARLY NEOLITHIC
POTTERY PRODUCTIONS**

**SÉLECTION ET TRAITEMENT
DES MATIÈRES PREMIÈRES
DANS LES PRODUCTIONS POTIÈRES
DU NÉOLITHIQUE ANCIEN**

PROCEEDINGS

OF THE WORKSHOP OF NAMUR (BELGIUM), 29-30 MAY 2015

ACTES DE LA TABLE RONDE DE NAMUR (BELGIQUE), 29-30 MAI 2015

Textes publiés sous la direction de

Laurence BURNEZ-LANOTTE



Société préhistorique française

Paris

2017

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

www.prehistoire.org

Illustrations de couverture : Première de couverture : les Oromo de Qarsa : dans un mortier, les potières brisent au pilon les fragments de plats à Ingera pour fabriquer de la chamotte, d'après J. Cauliez (Cauliez *et al.*, ce volume, fig. 13, n° 2); quatrième de couverture : expérimentation, © L. Gomart (UMR 8215 Trajectoires).

Illustration de belles pages : De gauche à droite et de haut en bas : céramique du Limbourg, dégraissant osseux, d'après L. Gomart (Gomart *et al.*, ce volume, fig. 15c); expérimentation, © L. Gomart; les Oromo de Qarsa : dans un mortier, les potières brisent au pilon les fragments de plats à Ingera pour fabriquer de la chamotte, d'après J. Cauliez (Cauliez *et al.*, ce volume, fig. 13, n° 2); expérimentation, © L. Gomart; image MEB en électrons rétrodiffusés à fort grossissement d'une section épaisse polie d'une poterie figulina provenant du site de Samuso (Italie du Sud-Est), d'après M. Spataro (Spataro, ce volume, fig. 11); expérimentation, © L. Gomart; Cuiry-lès-Chaudardes : macrotraces caractéristiques de la méthode de façonnage céramique CCF12, surface externe de la panse et plan radial (Gomart *et al.*, ce volume, fig. 8a et b); dégraissants : sable et gravier calcaire, d'après L. Gomart (Gomart *et al.*, ce volume, 4a).



Responsables des réunions scientifiques de la SPF :
Jacques Jaubert, José Gomez de Soto, Jean-Pierre Fagnart et Cyril Montoya
Directeur de la publication : Jean-Marc Pétillon
Révision du texte : L. Burnez-Lanotte
Maquette et mise en page : Daniel Beucher (Toulouse)
Mise en ligne : Ludovic Mevel



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

Maison de l'archéologie et de l'ethnologie,
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 et de la Communication (sous-direction de l'Archéologie),
du Centre national de la recherche scientifique, du Centre national du Livre,
du Fonds national de la Recherche scientifique belge, de l'Académie universitaire de Louvain (Belgique),
du Laboratoire LIATEC de l'Université de Namur (Belgique)
et du programme Marie Curie de la Commission européenne

© Société préhistorique française, Paris, 2017.
Tous droits réservés, reproduction et diffusion interdite sans autorisation.

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2017

ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-72-5 (en ligne)

SOMMAIRE/CONTENTS

Laurence BURNEZ-LANOTTE — Avant-propos / *Foreword* 7

Première partie

Ethnoarchaeology and ceramic technology / *Ethnoarchéologie et technologie céramique*

Dean E. ARNOLD — Raw material selection, landscape, engagement, and paste recipes: insights from ethnoarchaeology / *Choix du matériau brut, paysages, engagement, et recettes de pâtes : perceptions ethnoarchéologiques* 15

Jessie CAULIEZ, Claire MANEN, Vincent ARD, Joséphine CARO, Ayed BEN AMARA, Anne BOCQUET-LIÉNARD, Laurent BRUXELLES, Nadia CANTIN, Xavier SAVARY, Fabien CONVERTINI and Victoria BORGEN — Technical traditions and potter craftsmanship among the Woloyta and Oromo groups in Ethiopia. Actualist references for refining prehistoric ceramic analytical protocols / *Traditions techniques et artisanat potier chez les groupes Woloyta et Oromo d'Éthiopie. Des référentiels actualistes pour le perfectionnement des protocoles analytiques des céramiques préhistoriques* 29

Deuxième partie

Raw materials acquisition and technological traditions from east to south Europe / *Sélection des matériaux argileux et traditions techniques de l'est au sud de l'Europe*

Michela SPATARO — Innovation and regionalism in the middle/late Neolithic of south and south-eastern Europe (ca. 5,500-4,500 cal. BC): a ceramic perspective / *Innovation et régionalisme durant le Néolithique moyen-récent dans le sud et le sud-est de l'Europe (env. 5500-4500 cal. BC) : le point de vue de la céramique* 61

Agnieszka CZEKAJ-ZASTAWNY, Sławomir KADROW and Anna RAUBA-BUKOWSKA — Ceramic raw material acquisition and transfer of technological ideas among the Early Neolithic communities around the Western Carpathians / *L'acquisition des matières premières argileuses et le transfert d'innovations techniques entre les communautés du Néolithique ancien dans la région des Carpates occidentales* 81

Lucia ANGELI et Cristina FABBRI — Matières premières et technologie : l'exemple de la céramique imprimée à Colle Santo Stefano (Italie) / *Raw materials and technology: the case of Impressed Ware from Colle Santo Stefano (Italy)* 93

Troisième partie

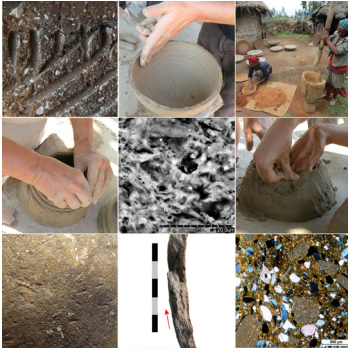
Production modes: a household perspective / *Organisation des productions céramiques : la perspective d'une échelle domestique*

Attila KREITER, Tibor MARTON, Louise GOMART, Krisztián OROSS and Péter PÁNCZÉL — Looking into houses: analysis of LBK ceramic technological change on a household level / *Regard à l'intérieur des maisonnées : une analyse des changements dans les techniques céramiques LBK à l'échelle domestique* 111

Louise GOMART, Claude CONSTANTIN and Laurence BURNEZ-LANOTTE — Ceramic production and village communities during the Early Neolithic in north-eastern France and Belgium. Issues regarding tempers and pot-forming processes / *Production céramique et communautés villageoises au Néolithique ancien dans le Nord-Est de la France et la Belgique. Quelques questions concernant les dégraissants et les techniques de façonnage* 133

Quatrième partie
Ceramic recipes and raw materials: analytical perspectives /
Recettes de pâtes et caractérisation des matériaux : les outils analytiques

Denis JAN and Xavier SAVARY — Petrographic study of tempers in Early and Middle Neolithic pottery in Lower Normandy (France) / <i>Étude pétrographique des dégraissants dans les céramiques du Néolithique ancien et moyen en Basse-Normandie (France)</i>	159
Benjamin GEHRES et Guirec QUERRÉ — La signature chimique des inclusions minérales comme traceur de l'origine des céramiques : l'apport des analyses par LA-ICP-MS / <i>Chemical signature of mineral inclusions as a tracer of the origin of ceramics: contribution of LA-ICP-MS analysis</i>	177



*Matières à Penser: Raw materials acquisition and processing
in Early Neolithic pottery productions*
*Matières à penser : sélection et traitement des matières premières
dans les productions potières du Néolithique ancien*
Proceedings of the Workshop of Namur (Belgium)
Actes de la table ronde de Namur (Belgique)
29 et 30 mai 2015 – 29 and 30 May 2015
Textes publiés sous la direction de Laurence BURNEZ-LANOTTE
Paris, Société préhistorique française, 2017
(Séances de la Société préhistorique française, 11), p. 177-197
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-72-5

La signature chimique des inclusions minérales comme traceur de l'origine des céramiques

L'apport des analyses par LA-ICP-MS

Benjamin GEHRES, Guirec QUERRÉ

Résumé : L'analyse de la matière première des céramiques, qu'il s'agisse d'observations pétrographiques des inclusions au microscope polarisant ou d'analyses chimiques globales, peut se heurter dans certains cas à des difficultés liées à la nature des terres employées par les artisans. C'est notamment le cas dans les massifs cristallins, comme le Massif central ou le Massif armoricain, où la redondance de certaines roches comme le granite ou le gabbro, dont les argiles d'altérations ont été employées pour fabriquer les poteries, ne permettent pas de différencier précisément les productions. Ainsi, des vases, montés à partir de terres granitiques éloignées de plusieurs centaines de kilomètres, pourront présenter des inclusions minérales similaires et posséder des signatures chimiques globales proches. Il en va de même pour des poteries façonnées à partir des argiles d'altération de gabbros ou de serpentinites, dont les affleurements bien que moins nombreux peuvent également semer le doute quant au traçage de l'origine géographique des matières premières argileuses. Ces verrous méthodologiques oblitèrent donc la discussion quant aux échanges ayant pu avoir lieu entre les communautés et bloquent ainsi notre compréhension des relations entre les groupes humains. Il s'agit donc de développer de nouvelles approches dans l'étude des matières premières des céramiques, aux travers notamment d'outils comme le spectromètre de masse à source plasma, couplé à un système de prélèvement par ablation laser (LA-ICP-MS). Cette technique a permis de renouveler l'étude des inclusions des céramiques, comme le montrent les travaux sur la détermination de l'origine de dégraissant coquillier fluvial ou encore la datation U/Pb par LA-ICP-MS d'inclusions de zircons détritiques, mais aussi de tracer les sources d'approvisionnement à partir de l'analyse des matrices argileuses englobant les inclusions. Cet article présente les dernières avancées méthodologiques réalisées à l'aide de la technique du LA-ICP-MS dans les problématiques de différenciation de l'origine des matières premières argileuses, pétrographiquement et géochimiquement semblables. Ainsi, au travers de plusieurs exemples, situés sur le Massif armoricain et répartis chronologiquement du Néolithique ancien au second âge du Fer, nous verrons que certains minéraux inclus dans les pâtes des terres cuites peuvent servir de traceurs pour différencier les productions et identifier précisément les sources des terres et les roches mères.

Il sera dans un premier temps question de décrire comment la composition chimique de tablettes de biotite permet de distinguer les origines des céramiques dont les inclusions correspondent à l'assemblage minéralogique d'une roche granitique. Dans un second temps, nous présenterons les résultats obtenus grâce aux analyses de grains d'amphibole contenus dans les pâtes de poteries façonnées à l'aide d'argiles d'altération de roches gabbroïques et nous verrons que cette méthode permet d'identifier et de distinguer les productions des deux principaux ateliers de potiers du second âge du Fer. Par la suite, nous verrons que la singularité d'une pâte ne permet pas toujours d'identifier son origine, au travers de l'exemple unique d'une céramique paléo-onctueuse de l'âge du Bronze. Cette poterie a été montée à partir d'argiles d'altération d'une roche ultrabasique, la serpentinite, formation géologique n'affleurant qu'à deux endroits en Bretagne. Dès lors, l'analyse de minéraux opaques nous permettra de surmonter cet obstacle et d'identifier la zone géographique d'où provient ce vase.

Dans les bassins sédimentaires peuvent exister des productions de terres cuites basées sur des argiles de décalcification de calcaires coquilliers, comme dans la plaine de Caen. Ces vases présentent des bioclastes fossiles, qui peuvent être cimentées à du calcaire, il s'agit d'un des principaux indices permettant de déterminer l'origine fossilifère des bioclastes. Cependant, dans le cas d'une découverte de céramiques à inclusions bioclastiques et de l'absence de fragments de calcaires associés à ces bioclastes, la question est de savoir si les potiers ont utilisé des terres où sont naturellement présents des fossiles, ou s'il s'agit d'un dégraissant à base de bioclastes ramassés sur l'estran et adjointes aux pâtes par les artisans. Nous verrons que le LA-ICP-MS fournit un procédé pour distinguer la nature de ces deux types d'inclusions à l'aide de leurs compositions chimiques. Enfin, l'application de ces méthodes sur le site du Néolithique ancien de Kervouyec-Névez (Finistère) fournira un exemple de croisement des données que l'on peut obtenir à partir des analyses de plusieurs types d'inclusions minérales.

Mots-clés : Origine de la matière première, céramique, LA-ICP-MS, analyse de minéraux, Néolithique, Protohistoire, Massif armoricain.

Abstract: The analysis of ceramic raw materials, whether through petrographic observations of the inclusions using a polarizing microscope or through general chemical analysis, may, in some cases, encounter difficulties related to the nature of the clay used by potters. This is particularly the case in the crystalline massifs, such as the Massif Central or the Armorican Massif, where the ubiquity of certain rocks such as granite or gabbro (weathered clays of which have been used by potters to make vessels) does not allow us to accurately identify the origins of the products. In fact, ceramics fashioned using granitic clays from locations several hundred kilometres apart, may have similar mineral inclusions and chemical signatures. The same is true for pottery made with rock alteration products such as gabbro and serpentinite, whose outcrops (although less numerous) may also cause doubt as to the exact geographical origin of the clays.

These methodological obstacles curtail discussion regarding the exchanges which may have taken place between communities, and thus hamper our understanding of the relationships between human groups.

It is, therefore, necessary to develop new approaches to the study of ceramic raw materials, in particular using tools such as the plasma mass spectrometer coupled with a laser ablation sampling system (LA-ICP-MS). This technique has allowed renewed studies of ceramic inclusions, as demonstrated by the work on the sourcing of fluvial shell tempers or the dating of detrital zircon inclusions using U/Pb methods. However, it also allows the sources of ceramic raw materials to be identified through analysis of the clay matrix, including mineral inclusions.

This article presents the latest methodological advances made using the LA-ICP-MS technique for distinguishing the origin of ceramic pastes that are petrographically and geochemically similar. By means of several examples, located on the Armorican Massif and chronologically spanning the Early Neolithic to the Late Iron Age, we will demonstrate that some of the minerals included in these pastes can be used as tracers to differentiate between productions and to precisely identify clay sources and parent rocks.

We will describe how the chemical composition of biotite tablets allows us to distinguish the origins of ceramics whose inclusions correspond to the mineral assemblage of granitic rock. Secondly, we will present the results obtained from the analysis of the biotites included in the clay paste of a Bronze Age urn discovered on Belle-Ile-en-Mer (Morbihan), an island whose geology does not feature granitic outcrops. This urn is, therefore, an import, which may have come from the neighbouring islands of Houat or Hoedic, or from the mainland.

Next, we will present the results obtained from the analyses of amphibole grains included in pottery made from alteration clay derived from gabbroic rocks and we will see that this method allows us to identify and distinguish between two main pottery productions from workshops dating to the Late Iron Age. In fact, during this period in Brittany, two production areas used gabbroic clay to produce ceramics: these are located on two different gabbroic massifs, one at Trégomar (Côtes-d'Armor) and the other at Saint-Jean-Du-Doigt (Finistère). Their products were exported over several hundred kilometres, as far as the site of Hengistbury Head in southern England (Morzadec, 1995). However, until analysis of the amphibole grains using LA-ICP-MS, it was very difficult to identify the precise origin of the products.

Furthermore, through the unique example of a Bronze Age '*paléo-onctueuse*' ceramic discovered on the site of Kermenguy (Finistère), we will see that the singularity of a paste does not always allow us to identify its origin. This vessel was made with clay which derived from serpentinite, an ultra-basic rock, only two outcrops of which exist in Brittany: one located at Ty-Lan (Finistère) and the other at Belle-Isle-en-Terre (Côtes-d'Armor). However, since Kermenguy is equidistant from the two outcrops, it is difficult to identify the exact origin of the raw material used. Furthermore, clay from Ty-Lan was used by potters during the late Iron Age to make '*proto-onctueuses*' ceramics. We will outline the results of the analyses of the opaque minerals present in the paste of the '*paléo-onctueuse*' and '*proto-onctueuse*' ceramics and in the two serpentinites, in order to identify their chemical signatures.

In sedimentary basins, such as the Caen Plain, certain ceramic workshops may have existed that used clays derived from the decalcification of shelly limestone. These vessels are naturally tempered with fossil shells which are more or less cemented by limestone. This is one of the main clues permitting the origin of fossil shells to be determined. Examples of this type of pottery are common in the sedimentary basin of the Caen Plain, where Bronze Age and Early Iron Age potters produced pottery known as Caen Plain ware (Manson et al., 2011). However, in the case of shell-tempered pottery discovered in a crystalline massif we need to determine whether the inclusions are fossil shells derived from shelly limestone, or if the potters deliberately added crushed shells to their pastes. This is the case on the Late Iron Age site of La Batterie-Basse (Manche) where several ceramics containing crushed shell temper were found on the shore. We will see that the LA-ICP-MS can help us to determine the nature of these inclusions on the basis of their chemical compositions.

Finally, the application of the methods presented in this article to ceramics from the Early Neolithic site of Kervouyec-Nevez (Finistère) provides us with an example of data crossover which can be obtained from analysis of several types of mineral inclusions. In fact, we will see that the inclusions within a section of wattle and daub can be used as a reference to determine the chemical compositions of several local minerals which can then be compared to the inclusions in the pottery discovered on the site.

Keywords: Raw material origins, ceramics, LA-ICP-MS, mineral analysis, Neolithic, Protohistory, Armorican Massif.

INTRODUCTION

DÉTERMINER l'origine géologique et géographique des artefacts archéologiques est primordial pour identifier les réseaux d'échanges et les relations établies entre les différents groupes humains pour une région et une période données.

Ces objectifs reposent sur des analyses qui peuvent porter sur de nombreuses matières différentes, comme les roches, haches polies en jadéite alpine du Néolithique ancien (Pétrequin *et al.*, 2012), perles en variscite importées depuis l'Espagne jusqu'en Armorique (Querré *et al.*, 2013), circulation de l'obsidienne (Poupeau *et al.*, 2010), les échanges de silex (Andreeva *et al.*, 2014), ou de quartzite (Pitblado *et al.*, 2013), également pour le verre (Gratuze, 2014) ou les métaux (Blet-Lemarquand *et al.*, 2014 ; Leroy *et al.*, 2014). Il en va de même dans l'étude des terres utilisées pour façonner les céramiques archéologiques, dont l'apport complémentaire de la typochronologie permet de retrouver les centres de production. Afin de déterminer l'origine géologique et géographique de ces argiles et donc des terres cuites, des méthodes issues des Sciences de la Terre sont employées. Elles ont notamment été développées par P.-R. Giot, ou encore J.-C. Échallier (Échallier, 1984 ; Giot et Querré, 1987). Il s'agit le plus souvent d'analyses minéralogiques et pétrographiques par microscopie en lumière polarisée, afin d'identifier la nature des inclusions non plastiques, qu'elles soient présentes naturellement, elles caractérisent alors une source géologique particulière, ou rajoutées par les potiers. Il s'agit dans ce second cas de dégraissant, qui a vocation à rendre les terres moins plastiques ou bien à répondre à des pratiques traditionnelles. Il peut alors s'agir d'éléments minéraux (calcite : Sénépart et Convertini, 2003), ou d'inclusions biominérales (coquille : Manson *et al.*, 2011 ; os : Constantin et Kuijper, 2002), ou encore végétales (van Doosselaere et Oberweiler, 2009).

Des analyses chimiques élémentaires globales peuvent également être réalisées selon plusieurs techniques (spectrométrie de fluorescence des rayons X portable : HH-XRF, analyse par activation neutronique instrumentale : INAA, la spectrométrie à émission optique : ICP ICP-OES, la spectrométrie de masse à source plasma : ICP-MS...). Une liste plus complète détaillant les avantages de ces méthodes est disponible dans différents ouvrages généraux tels que ceux de Rice (Rice, 2006) et de Quinn (Quinn, 2009 et 2013). L'existence de différences entre les minéraux inclus dans les pâtes des céramiques et ceux du substratum géologique du site permet de déduire qu'il s'agit de productions importées. Par exemple en contexte insulaire, où la présence de céramiques façonnées à partir d'argiles d'altération de roches absentes de l'île est une preuve de leurs importations (Boileau *et al.*, 2009). Dans d'autres cas, c'est la singularité ou la rareté des inclusions minérales qui permettent d'identifier des productions importées ou de proposer des parallèles avec des formations géologiques locales (Peacock, 1988 ; Martineau *et al.*, 2007 ; Quinn et Day, 2007). Cependant,

des massifs cristallophylliens, comme le Massif armoricain ou encore le Massif central, sont composés notamment de roches granito-gneissiques constituées de cristaux de quartz, de plagioclase, de feldspath potassique comme principaux minéraux, mais aussi de micas comme la biotite ou la muscovite, ou de roches gabbroïques à amphibole, pyroxène, plagioclase et olivine.

Ainsi, contrairement aux terres issues de roches sédimentaires, les terres accumulées sur les massifs cristallins sont pour la plupart issues de la dégradation mécanique et chimique de roches cristallophylliennes. Il s'agit notamment de la désagrégation des cristaux de micas et de feldspath qui va former ces argiles primaires. Ces couches ou poches d'altération seront alors composées de terres peu ou pas transportées (terres développées *in situ*). Cela aura pour conséquence la formation de gisements certes plus nombreux, mais plus localisés et plus petits que dans les bassins sédimentaires, mais aussi dont l'identité reflète celle du substrat dont ils sont issus. Leurs exploitations pourront dès lors mettre en péril la ressource et l'épuiser.

Il est dès lors très difficile a priori, à partir des argiles d'altération de ces roches, de distinguer les origines géographiques des matières premières utilisées, tant les formations et les massifs sont minéralogiquement similaires.

Au niveau des analyses chimiques globales, le problème est le même ; les céramiques possèdent des signatures chimiques reflétant l'assemblage minéralogique présent en son sein et donc le type de roche qui a été altéré et dont la terre a été utilisée. Cependant, il est très difficile de distinguer, par ces méthodes, des origines de matières premières différentes et encore plus de pouvoir préciser de quels massifs ou formations géologiques sont issus les produits d'altérations utilisés.

Ainsi, il existe de nombreux verrous méthodologiques à notre compréhension de la production des céramiques, dès lors que les potiers ont utilisé des argiles dont les inclusions minérales sont communes à de nombreuses roches et ne présentent pas de singularité. Il est donc difficile de mettre en perspectives ces résultats et nous nous privons de données essentielles permettant de tracer les transferts à plus ou moins longues distances entre les groupes humains.

MÉTHODOLOGIE

Depuis quelques années, les méthodes d'analyses spectrométriques ponctuelles ont ouvert la voie à de nouvelles perspectives comme : l'identification des sources de dégraissant coquiller fluvatile (Peacock *et al.*, 2007), l'analyse élémentaire des céramiques (Kennett *et al.*, 2004 ; Golitko et Terrel, 2012), la datation U/Pb par spectrométrie de masse à source plasma, couplée à un système de prélèvement par ablation laser (LA-ICP-MS) d'inclusions de zircons détritiques présentes dans du sable utilisé comme dégraissant dans les pâtes des poteries (Tochilin *et al.*, 2012).

Cet article porte sur l'analyse des micas et d'autres espèces minérales, approche inédite dans la détermination des origines des terres.

Nous avons appliqué la technique du LA-ICP-MS à ces problématiques de différenciation et de regroupement des productions de céramiques. Différentes phases minérales ont été analysées afin d'obtenir leurs signatures chimiques pouvant être extrapolées à la céramique puis au groupe pétrographique et d'ainsi définir les origines géographiques des terres cuites.

Afin de développer cette application, nous avons travaillé sur des céramiques archéologiques provenant de plusieurs sites localisés sur le Massif armoricain (fig. 1, partie gauche), datés du Néolithique au second âge du Fer, soit du V^e millénaire au I^{er} siècle avant notre ère. Ces vases ont été façonnés à partir d'argiles d'altérations de roches différentes (fig. 1, partie droite) : des granites, des gabbros et des roches ultrabasiques de type serpentinite, permettant ainsi d'établir plusieurs méthodes d'analyses, correspondant à des phases minérales distinctes comme : les biotites, les amphiboles et les minéraux opaques. En effet, les compositions chimiques de ces minéraux peuvent fluctuer en fonction des conditions physico-chimiques des différents magmas dans lesquels ils cristallisent (Wones et Eugster, 1965 ; Haslam, 1968 ; Czamanske et Wones, 1973 ; Helz, 1973 ; Speer, 1984). Enfin, dans l'optique de caractériser les origines des inclusions, nous avons travaillé sur la différenciation chimique de fossiles, comme les huîtres, les brachiopodes, les bryozoaires ou les échinodermes comme les crinoïdes, présents originellement dans les argiles, et de coquilles

contemporaines de bivalves, rajoutées par les potiers en tant que dégraissant. En effet, il n'est pas toujours aisé de distinguer les coquilles fossiles emballées dans de l'argile, des coquilles ramassées sur l'estran et rajoutées à la pâte.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE ET PARAMÈTRES D'ANALYSE

Afin d'obtenir lors de nos analyses le dosage d'une large gamme d'éléments allant du plus léger comme le lithium au plus lourd comme l'uranium, nous avons choisi d'utiliser un spectromètre de masse à source plasma, couplé à un système d'ablation laser (LA-ICP-MS). En effet, l'ICP-MS a la faculté de mesurer un éventail étendu d'éléments, avec une précision permettant de mesurer les teneurs en éléments majeurs, mineurs, traces et ultra-traces. Le système d'ablation laser permet quant à lui de réaliser des microprélèvements directement sur la céramique, la roche, ou bien directement sur la section épaisse d'une lame mince non couverte. La présence d'un polarisateur dans le système permet de déterminer les espèces minérales et donc d'analyser un ou plusieurs types d'inclusions. Cet aspect permet un gain de temps considérable et une préparation très peu contraignante, contrairement à d'autres méthodes comme la spectrométrie d'émission atomique par plasma (ICP-AES), où il serait nécessaire de pratiquer une séparation magnétique au Frantz

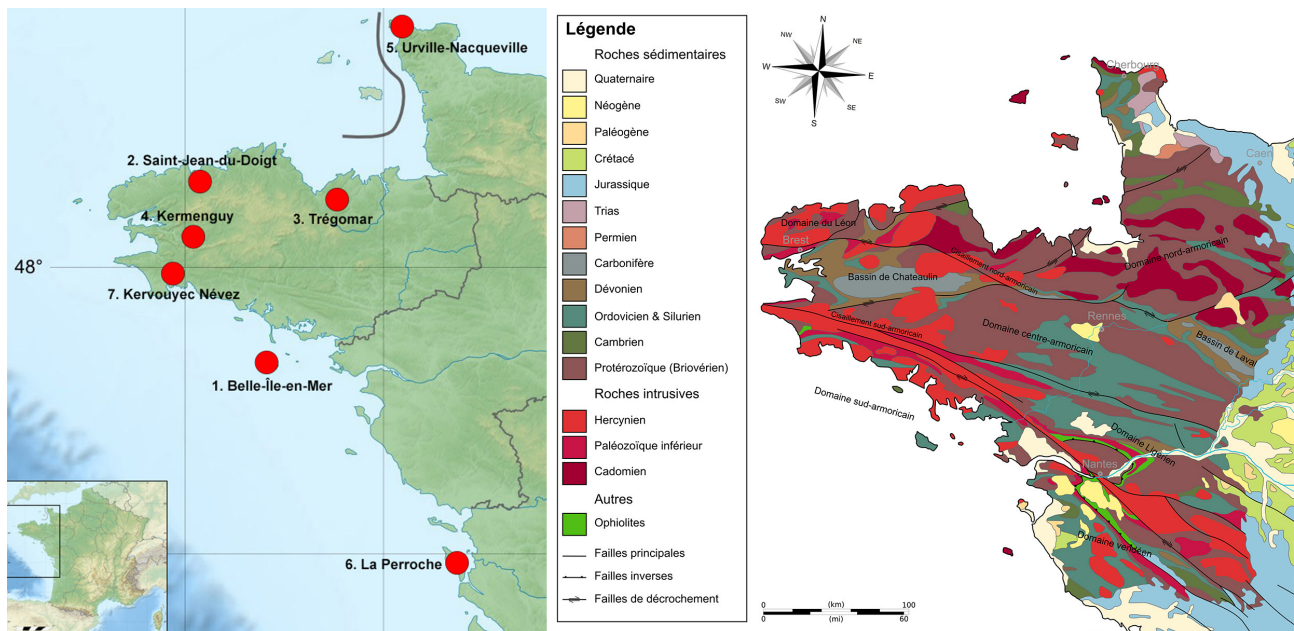


Fig. 1 – Localisation des principaux sites mentionnés dans l'article et carte géologique du Massif armoricain. 1 : analyse des tablettes de biotite ; 2-3 : analyse des grains d'amphibole ; 4 : analyse des grains de minéraux opaques ; 5-6 : analyse des inclusions bioclastiques ; 7 : analyses des tablettes de biotites et des grains d'amphibole.

Fig. 1 – Locations of the main sites mentioned in the paper and geological map of the Armorican massif. 1 : analysis of the tablet-shaped crystals of biotite; 2-3: amphibole grain analysis; 4: opaque mineral grain analysis; 5-6: bioclastic inclusion analysis; 7: analysis of biotite tablets and amphibole grains.

(Konings *et al.*, 1988) des grains, ainsi qu'une mise en solution, pour obtenir la composition chimique d'une espèce minérale. On pourra dès lors faire le lien direct entre les céramiques archéologiques et les roches dont les argiles d'altération ont été utilisées pour façonner les poteries, sans avoir à passer par des prélèvements d'argiles de la région concernée.

Enfin, cet outil offre la possibilité de réaliser des tracés d'ablation permettant de s'adapter à la forme de l'inclusion ou encore des analyses ponctuelles, contrairement à d'autres méthodes comme l'émission gamma induite par particules chargées (PIGE ; Calligaro *et al.*, 2000 ; Bugoi *et al.*, 2008).

Ces analyses ont été réalisées à l'aide d'un spectromètre de masse quadripolaire à source plasma (*Agilent Technologies, 7700 Series*) et les prélèvements réalisés par un système d'ablation laser Nd : YAG de 213 nm (*Cetac Technologies, LSX-213, G2*). L'instrument a été calibré à partir d'étalons géologiques internationaux : DR-N, DT-N, UB-N (Govindaraju et Roelandts, 1989) et MICA-Fe (Govindaraju et Roelandts, 1988). C'est au total 46 éléments qui ont été dosés (au-dessus des limites de détection) : Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Li, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cd, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, Tl, Pb, Th, U.

Les paramètres pour l'ablation laser qui ont été utilisés sont : temps d'analyse total 180 s, diamètre du spot : 20 μm , < 2.5 mJ/pulse, largeur du pulse > 5 ns, fréquence des pulses 20 Hz, et une vitesse d'ablation de 20 $\mu\text{m/s}$ en mode balayage et ligne suivant la forme des inclusions.

EXEMPLES D'APPLICATIONS ET D'IMPLICATIONS ARCHÉOLOGIQUES

L'idée n'est pas ici de présenter des résultats analytiques, mais les principes des nouvelles approches que nous avons développées dans l'identification des origines des matières premières des poteries. Les analyses précises de chaque occupation sont consultables dans la thèse de doctorat de B. Gehres (Gehres, 2016).

Les tablettes de biotite : traçage des sources des céramiques à pâtes de nature granitique. Le dépôt de l'âge du Bronze de Bordustard à Belle-Île-en-Mer, Morbihan

Il existe sur le Massif armoricain de nombreux massifs granitiques dont les produits d'altérations ont très souvent été exploités par les potiers des différentes époques. Ces céramiques représentent dans la plupart des cas l'ensemble pétrographique le plus important et il est très souvent difficile de proposer une origine géographique précise pour ce type de vase (Gehres, 2016).

Le dépôt de Bordustard a été découvert à proximité d'un tumulus de l'âge du Bronze, sur la commune du Palais au lieu-dit Champ du Héron sur l'île de Belle-Île-en-Mer, Morbihan (fig. 2). Cent dix-neuf objets et fragments métalliques ont été retrouvés, ainsi qu'un morceau de lignite et quatorze tessons, correspondant à une urne contenant le dépôt (Audouard *et al.*, 2010). L'ensemble métallique a été daté de l'horizon Bronze final III atlantique (Taraud, 2009).

L'analyse pétrographique en lame mince de la céramique a permis de déterminer que le potier a employé une terre provenant de l'altération d'une roche granitique à deux micas (fig. 3 et 4). Ces terres sont caractérisées le plus souvent par des grains de quartz, d'orthose et de feldspath plagioclase acide de type albite et oligoclase, plus ou moins altérés, et de micas (biotite et muscovite), dont la taille moyenne est d'environ 250 μm . Dans certains cas, des lithoclastes plurimillimétriques (sans schistosité) associant ces minéraux sont observables (fig. 3 et 4) et caractéristiques de granites à deux micas. Cependant, il n'existe aucun massif granitique sur Belle-Île-en-Mer, composée presque exclusivement de roches métamorphiques en faciès schistes verts (Audren *et al.*, 1982). Dès lors, la question de l'origine de ce vase est posée. Provient-il des îles à socle granitique que sont Houat ou Hoedic, situées à proximité de Belle-Île, ou du continent (fig. 2) ?

Si l'on étudie les compositions chimiques globales des poteries à pâte granitique provenant des occupations situées sur les îles d'Houat et d'Hoedic, et de l'urne de Belle-Île-en-Mer par HH-XRF, on remarque une forte dispersion des teneurs de plusieurs éléments majeurs comme le SiO_2 , le CaO, le Fe_2O_3 ou encore le K_2O . Par exemple, dans le diagramme $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ (fig. 5), l'ensemble des points représentatifs se place dans un très large domaine de composition ne permettant pas de distinguer les éventuelles différentes roches mères à l'origine des terres. Ces fluctuations sont dues aux variations de quantité de certaines espèces minérales au sein des pâtes. Il s'agit d'un problème récurrent sur les céramiques dont les pâtes présentent une forte hétérogénéité tant au niveau des espèces minérales que de leurs quantités.

Nous avons donc analysé la composition chimique des paillettes de biotite incluses dans la pâte de l'urne belliloise, du granite formant Houat et Hoedic, ainsi que des tablettes de biotite contenues dans plusieurs céramiques du Néolithique et du second âge du Fer, découvertes sur ces deux îles. Entre 10 et 20 tablettes de biotite ont été analysées par échantillon.

Les résultats analytiques ont montré une dispersion des compositions chimiques en fonction des gisements et des céramiques. Comme pour les analyses par HH-XRF, les éléments majeurs dosés par LA-ICP-MS ne permettent pas de différencier d'éventuelles sources différentes. Cependant, d'autres éléments chimi-

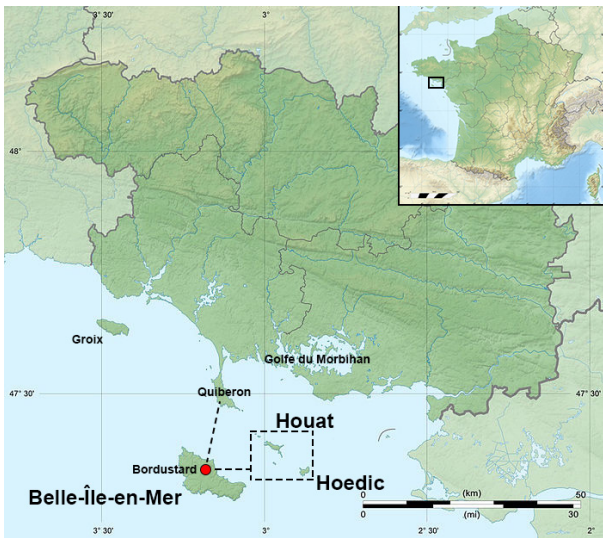


Fig. 2 – Localisation du site de Bordustard sur l'île de Belle-Île-en-Mer (Morbihan) et hypothèses d'origine de la matière première de l'urne.

Fig. 2 – Location of the site of Bordustard on the island of Belle-Île-en-Mer (Morbihan) and suggested origin of the raw material used to make the urn.

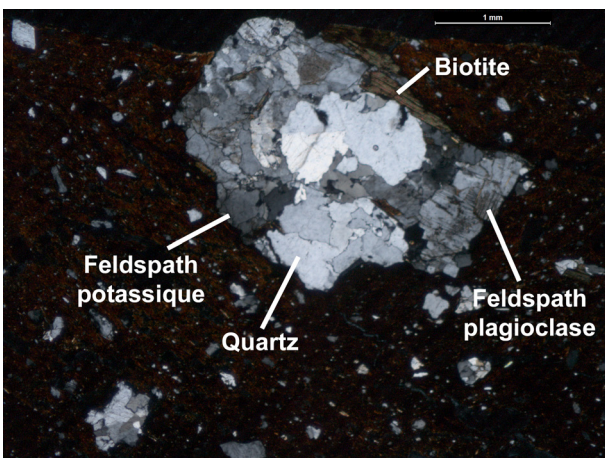


Fig. 4 – Micrographie d'une lame mince de la céramique de Bordustard en lumière polarisée (LP).

Fig. 4 – Thin section photomicrograph of the Bordustard vessel in polarised light (XPL).

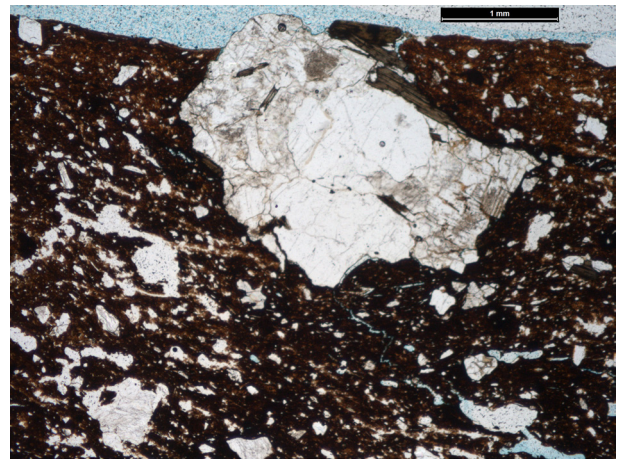


Fig. 3 – Micrographie d'une lame mince de la céramique de Bordustard en lumière doublement polarisée non analysée (LPNA).

Fig. 3 – Thin section photomicrograph of the Bordustard vessel in non-analysed double polarised light (PPL).

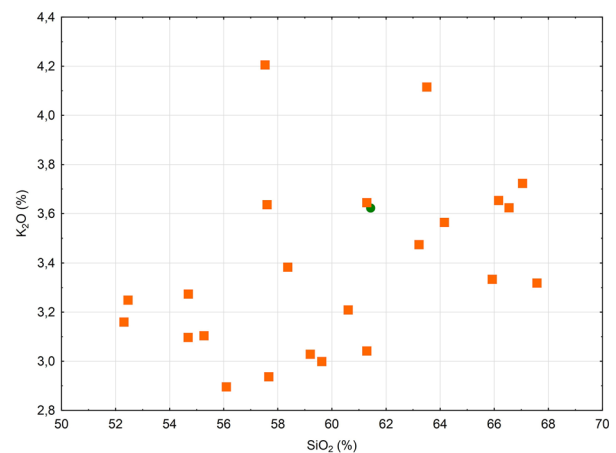


Fig. 5 – Diagramme binaire représentant les concentrations en SiO₂ et K₂O des céramiques d'Hoedic et de l'urne de Belle-Île-en-Mer analysées par HH-XRF.

■ Céramiques d'Hoedic
● Urne de Belle-Île-en-Mer

Fig. 5 – Binary diagram representing the concentrations of SiO₂ and K₂O of the ceramics from the island of Hoedic and the urn from Belle-Île-en-Mer, analysed using HH-XRF.

■ Ceramics from Hoedic
● Urn from Belle-Île-en-Mer

ques sont discriminants, comme le Li et le V dont les concentrations permettent de distinguer différentes formations granitiques entre elles (fig. 6). En effet, deux ensembles se distinguent à partir des concentrations en Li et en V dans les tablettes de biotite des céramiques et des granites.

Le premier groupe d'analyses présentant un rapport Li/V très élevé et à faibles teneurs en V, correspondant aux tablettes de biotite de la céramique de Belle-Île-en-Mer (fig. 6). Les gammes de concentration de ces deux éléments sont comprises entre 882 et 2400 ppm pour le Li et 36 à 105 ppm pour le V. Le second ensemble regroupe les analyses du granite d'Hoedic ainsi que celles des tablettes de biotite des céramiques découvertes sur cette île (fig. 6). Les concentrations du Li y sont comprises entre 90 et 860 ppm et celles du V, entre 49 à 530 ppm. On notera que les variations des teneurs du Li dans les biotites sont attribuées, le plus souvent, à l'intensité des altérations hydrothermales des granites (Konings *et al.*, 1988).

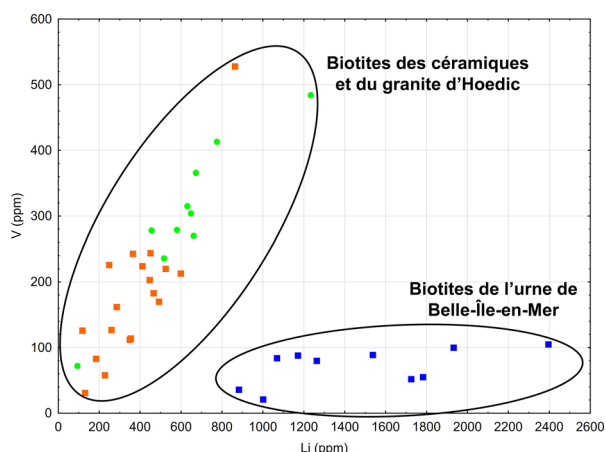


Fig. 6 – Diagramme binaire représentant les concentrations en Li et V des tablettes de biotites analysées par LA-ICP-MS, contenues dans le granite formant l'île d'Hoedic et de Houat, dans des poteries découvertes sur l'île d'Hoedic et dans l'urne de Bordustard. Chaque point correspond à un cristal de biotite analysé.

- Grains de biotite des céramiques d'Hoedic
- Grains de biotite l'urne de Bordustard
- Grains de biotite du granite d'Hoedic

On observe que les points forment deux ensembles distincts et sont répartis autour de deux droites dont les coefficients directeurs sont différents.

Fig. 6 – Binary diagram representing the concentrations of Li and V of the LA-ICP-MS analysis of biotites contained in the Hoedic granite, in the pottery discovered on Hoedic and in the urn from Bordustard. Each point corresponds to an analysed biotite tablet.

- Biotite grains in the ceramics
- Biotite grains in the Bordustard urn
- Biotite grains in the granite

The points form two separate sets, and are distributed around two lines whose directrix coefficients are different.

Ces résultats démontrent que l'urne belliloise n'a pas été façonnée à partir des argiles d'altération du granite d'Hoedic. Comme il s'agit d'une importation, elle est probablement continentale. De plus, nos analyses nous permettent de confirmer le lien génétique existant entre les terres cuites des différentes périodes découvertes sur l'île d'Hoedic et le granite formant son socle, puisque les rapports Li/V des tablettes de biotite sont les mêmes que celles des roches locales.

Les céramiques à pâtes « gabbroïques » : des ateliers de productions de poteries du second âge du Fer en Bretagne, recherche des sources à partir de l'analyse des grains d'amphibole

Les potiers gaulois du second âge du Fer ont implanté leurs ateliers sur plusieurs massifs gabbroïques armoricains afin d'exploiter leurs argiles d'altérations de manière plus intensive. Ces zones de productions n'ont, à ce jour, pas été découvertes sur le terrain, mais sont uniquement caractérisées par les études pétrographiques des céramiques. Ainsi, la répartition des nombreuses découvertes autour de deux massifs gabbroïques bretons a amené les chercheurs à supposer l'existence de deux zones de productions de poteries dans ces régions. L'un est situé à Trégomar (fig. 1), dans les Côtes-d'Armor (Morzadec, 1995) et l'autre, à Saint-Jean-Du-Doigt (fig. 1), dans le Finistère (Giot *et al.*, 1986 ; Giot et Querré, 1987). Ces vases ont connu beaucoup de succès vu leur découverte sur des sites éloignés de plusieurs centaines de kilomètres, dont le port d'Hengistbury Head en Angleterre (Morzadec, 1995). Ces poteries sont caractérisées par un mélange naturel d'argiles d'altérations issues de gabbros mais aussi de roches granitiques (fig. 7 et 8). Ainsi, de nombreuses inclusions d'amphibole (verte et incolore), de feldspath potassique et de feldspath plagioclase basique (de type labrador) sont observables, tout comme des grains de quartz et de micas (biotite et muscovite). Dans certains cas, la présence de grains de pyroxène est attestée (Morzadec, 1995). Sur la base de la composition chimique globale, ces productions de vases sont difficilement discernables et présentent toutes deux de fortes variations dans les concentrations en éléments majeurs (Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O et CaO) et en V et Cr (éléments mineurs). Par exemple, dans le diagramme $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (fig. 9), les points correspondant aux poteries considérées comme étant originaires des zones de productions de Saint-Jean-Du-Doigt et de Trégomar se placent dans une même gamme de composition ne permettant pas de distinguer les origines des matières premières.

Des poteries montées à partir de terres d'origine gabbroïque ont été mises en évidence sur le site de Mez Notariou sur l'île d'Ouessant (Finistère), mais aussi dans l'occupation portuaire de la Batterie-Basse à Urville-Nacqueville (Manche) ou encore sur le site de Thaon, Calvados (fig. 10). Les observations pétrographiques et les analyses chimiques de ces poteries n'ont pas

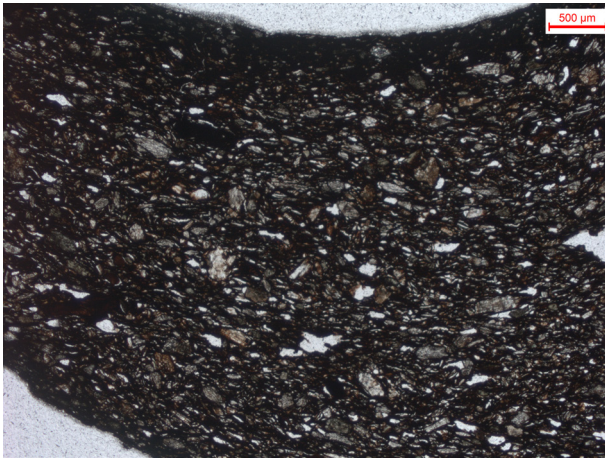


Fig. 7 – Micrographie d'une lame mince d'une céramique façonnée à partir des argiles d'altération d'un gabbro (LPNA). On observe une texture fine de la pâte et la forte angularité des grains, synonymes d'un broyage de l'argile par les potiers.

Fig. 7 – Thin section photomicrograph of a ceramic made with a clay alteration of gabbro (PPL). The paste is characterized by a fine texture and the grains are angular, synonymous with the grinding of the clay by the potters.

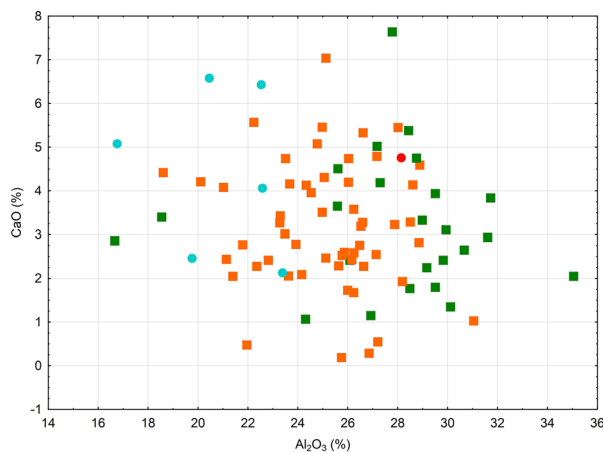


Fig. 9 – Diagramme binaire représentant les concentrations en CaO et Al_2O_3 de plusieurs céramiques à pâte gabbroïque découvertes sur le massif Armoricaïn et analysées par HH-XRF.

■ Céramiques à pâte gabbroïque considérées par les analyses pétrographiques comme provenant de la zone de production de Saint-Jean-Du-Doigt

■ Céramiques à pâte gabbroïque considérées par les analyses pétrographiques comme provenant de la zone de production de Trégomar

● Céramiques découvertes sur le site de Mez Notariou (île d'Ouessant)

● Céramique découverte sur le site de la Batterie-Basse (Urville-Nacqueville)

Fig. 9 – Binary diagram representing the concentrations of CaO and Al_2O_3 of several vessels made with gabbroic clays, found on the Armorican Massif, and analysed using HH-XRF.

■ Gabbroic clay ceramics attributed to the Saint-Jean-Du-Doigt production area on the basis of petrographic analysis

■ Gabbroic clay ceramics attributed to the Trégomar production area on the basis of petrographic analysis

● Gabbroic clay ceramics found on the site of Mez Notariou (Island of Ouessant)

● Gabbroic clay ceramics found on the site of la Batterie-Basse (Urville-Nacqueville)

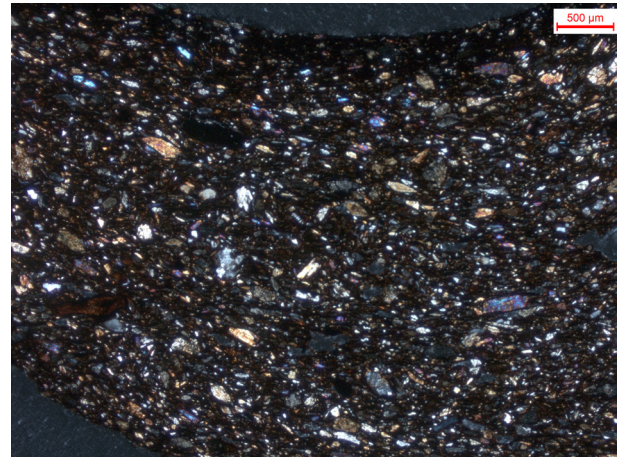


Fig. 8 – Micrographie d'une lame mince d'une céramique façonnée à partir des argiles d'altération d'un gabbro (LP). On observe de nombreux grains anguleux d'amphibole de couleur jaune dorée.

Fig. 8 – Thin section photomicrograph of a ceramic made with a clay alteration of gabbro (XPL). There are several angular amphibole grains which have a golden yellow color.

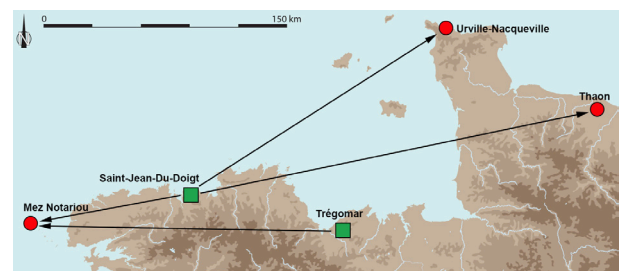


Fig. 10 – Localisations des deux zones ateliers de productions de céramiques à pâte gabbroïque du second âge du Fer et circulation des productions.

Fig. 10 – Locations of the two workshop areas which produced pottery using gabbroic clay during the late Iron Age, and the circulation of their products.

permis de déterminer s'il s'agit de productions issues de Trégomar ou de Saint-Jean-Du-Doigt. Le point commun à ces céramiques étant la grande quantité d'inclusions d'amphiboles dans leurs pâtes, il a été décidé d'analyser par LA-ICP-MS ces minéraux dans les vases, ainsi que ceux présents dans les gabbros de Saint-Jean-Du-Doigt et de Trégomar. Nous avons complété notre corpus à l'aide de terres cuites à pâte gabbroïque ayant été précédemment analysées en lame mince, provenant des sites du souterrain de Bellevue à Plouégat-Moysan, Finistère (Giot et Querré, 1987) et du Moulin de la Rive, Finistère (Giot *et al.*, 1986) localisé dans la région de Saint-Jean-Du-Doigt.

Les résultats montrent la présence de deux types d'amphibole dans chacune des productions de vase : des grains de hornblende verte et d'actinote/trémolite. Ainsi, deux groupes de grains se distinguent au travers de plusieurs éléments majeurs : MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 (fig. 11). Le premier groupe correspond aux cristaux

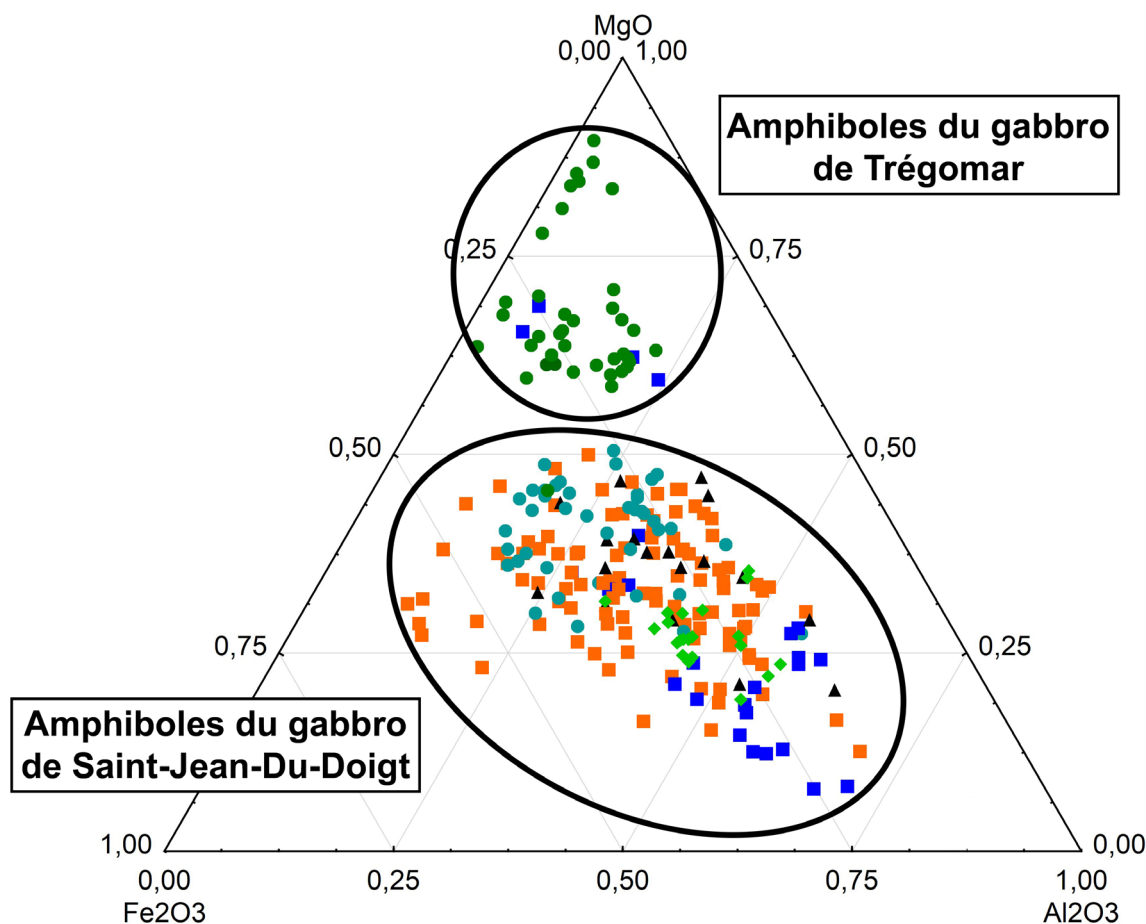


Fig. 11 – Diagramme ternaire représentant les teneurs en MgO , Al_2O_3 et Fe_2O_3 des grains d'amphibole des gabbros de Trégomar (Côtes-d'Armor) et de Saint-Jean-Du-Doigt (Finistère) et de plusieurs poteries à pâte à empreinte gabbroïque, analysés par LA-ICP-MS. Chaque point correspond à l'analyse d'un grain d'amphibole.

- Grains d'amphibole du gabbro de Trégomar
- Grains d'amphibole du gabbro de Saint-Jean-Du-Doigt
- Grains d'amphibole des céramiques à pâte gabbroïque comme provenant de la zone de production de Saint-Jean-Du-Doigt, par les analyses pétrographiques
- Grains d'amphibole des céramiques à pâte gabbroïque du site de Mez Notariou (île d'Ouessant)
- ◆ Grains d'amphibole des céramiques à pâte gabbroïque du site de Thaon (Manche)
- ▲ Grains d'amphibole des céramiques à pâte gabbroïque du site de la Batterie-Basse (Urville-Nacqueville)

On observe deux ensembles correspondant aux deux différentes roches.

Fig. 11 – Ternary diagram representing the MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 contents of the analyzed amphibole grains from the gabbros of Trégomar (Côtes-d'Armor) and Saint-Jean-Du-Doigt (Finistère) and from pottery made from gabbroic paste, analysed by LA-ICP-MS. Each point corresponds to an analyzed amphibole.

- Amphibole grains from Trégomar gabbro
- Amphibole grains from Saint-Jean-Du-Doigt gabbro
- Amphibole grains from gabbroic clay ceramics considered as coming from the Saint-Jean-Du-Doigt production area on the basis of petrographic analysis
- Amphibole grains from gabbroic clay ceramics considered as coming from the Trégomar production area on the basis of petrographic analysis
- ◆ Amphibole grains from gabbroic clay ceramics from the site of Thaon (Manche)
- ▲ Amphibole grains from gabbroic clay ceramics from the site of la Batterie-Basse (Urville-Nacqueville)

The points form two separate sets corresponding to the two different rocks.

ayant la concentration en MgO la plus forte. Il s'agit des grains d'amphibole du gabbro de Trégomar et de plusieurs céramiques provenant du site de Mez Notariou. Le second groupe est représenté par les grains ayant des teneurs plus fortes en Al_2O_3 et Fe_2O_3 et plus faibles en MgO, provenant du gabbro de Saint-Jean-Du-Doigt et des poteries des sites du Moulin de la Rive et du souterrain de Bellevue (fig. 11).

L'analyse par LA-ICP-MS des grains d'amphibole nous a permis également de déterminer l'origine des poteries à pâte à empreinte gabbroïque des sites de Mez Notariou (Île d'Ouessant, Finistère), Thaon (Calvados) et de la Batterie-Basse (Urville-Nacqueville, Manche). Ainsi, les vases découverts à Ouessant proviennent des deux zones d'ateliers de potiers. Les céramiques de Thaon ont été importées depuis l'aire de production de Saint-Jean-Du-Doigt situé à 250 km à vol d'oiseau, tout comme la terre cuite du site de la Batterie-Basse en Normandie (fig. 10). Il est intéressant de noter que ce dernier site était probablement en lien avec l'Angleterre comme l'ont démontré les nombreuses découvertes qui y ont été faites (Lefort *et al.*, 2010 ; Lefort *et al.*, 2011 ; Lefort et Rottier, 2013) et le site portuaire anglais d'Hengistbury Head, où ont été retrouvées des céramiques à pâte gabbroïque, supposées provenir de Trégomar (Morzadec, 1995). Il serait donc nécessaire de réétudier ces vases. L'outil LA-ICP-MS, serait très utile pour confirmer ou infirmer cette origine.

Les minéraux opaques ; provenance des céramiques à pâtes ultrabasiques : le cas unique d'une poterie « paléo-onctueuse » de l'âge du Bronze

La serpentinite est une roche métamorphique issue de l'altération de roches ultrabasiques (péridotites). Elles sont principalement constituées de minéraux d'antigorite (ancienne famille des serpentines), de cristaux d'olivine, de pyroxène et d'amphibole incolore (Plaine *et al.*, 1979). L'argilisation (altération atmosphérique) donne une terre grasse dont les inclusions sont principalement des grains de serpentinite et de minéraux opaques ainsi que des rubans de talc. Il n'existe que deux zones restreintes où affleurent ces roches en Bretagne (fig. 12) : l'une dans la région de Belle-Isle-en-Terre, Côtes-d'Armor et l'autre à Ty-Lan, Finistère. Ce second affleurement et ses gisements d'argiles ont été utilisés durant le second âge du Fer afin de réaliser des « céramiques proto-onctueuses ». Ce terme est dérivé des poteries onctueuses médiévales issues de la même région (Giot, 1971 ; Giot et Querré, 1987 ; Le Noac'h, 2009). Ces poteries sont bien connues dans le Sud-Finistère (Giot et Querré, 1987 ; Giot *et al.*, 1988 ; Daire, 1990 et 1992 ; Morzadec, 1995 ; Daire et Querré, 2006 ; Daire et Hamon, 2013 ; Gehres, 2015) et ont été exportées sur des sites situés dans un rayon de 40 km autour des affleurements (Daire et Querré, 2006 ; Gehres, 2015). Ces poteries se distinguent par

leurs compositions minéralogiques ainsi que par leur toucher doux et savonneux, provenant de la présence d'un fort taux de talc. Le reste de l'assemblage minéralogique étant composé de grains de serpentinite (fig. 13) et de minéraux opaques (chromite, magnétite, spinelle) principalement (Giot et Querré, 1987 ; Morzadec, 1995 ; Gehres, 2015).

Ces productions sont uniquement connues au second âge du Fer, cependant, sur le site de Kermenguy à Châteauneuf-du-Faou, Finistère (Tinévez, 2011) une poterie de l'âge du Bronze a été trouvée dont l'analyse pétrographique de la pâte a mis en évidence l'utilisation d'une argile correspondant à l'altération de serpentinite. Il s'agit donc du premier exemplaire de céramique que nous avons baptisée du fait de son antériorité à l'âge du Fer « paléo-onctueuse ». Le site de Châteauneuf-du-Faou est localisé à équidistance des deux gisements d'argiles d'altération des serpentinites de Ty-Lan ou de Belle-Isle-en-Terre (fig. 12), il est donc *a priori* impossible de déterminer à partir de quelles terres cette poterie a été façonnée sans recourir à des analyses géochimiques.

La comparaison des compositions chimiques globales des poteries proto-onctueuses et de la céramique paléo-onctueuse nous permet d'observer une différence entre les deux types de vase. En effet, on remarque des teneurs plus élevées dans la poterie paléo-onctueuse de certains éléments, notamment en K_2O et en Al_2O_3 (fig. 14). De plus, au sein du groupe des poteries proto-onctueuses, trois ensembles de pâte se différencient selon les concentrations en Ni et en Cr (Morzadec, 1995 ; Gehres, 2015). Ces céramiques possèdent donc des compositions chimiques hétérogènes, pouvant s'expliquer par des origines géologiques différentes ou par des variations des proportions de certaines espèces minérales.

Des comparaisons plus fines doivent donc être faites afin de mieux appréhender ces variations dans les compositions chimiques globales. Ainsi, des analyses par LA-ICP-MS des minéraux opaques, tels que la chromite, la magnétite ou encore du groupe des spinelles (Deer *et al.*, 2013), d'échantillons de serpentinites de Ty-Lan et de Belle-Isle-en-Mer, et de céramiques proto-onctueuses gauloises ont servi de référentiels de comparaison à la signature chimique des minéraux opaques de la poterie paléo-onctueuse de Kermenguy. Ainsi, les rapports V/Cr et $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ des minéraux opaques de la serpentinite de Belle-Isle-en-Terre sont élevés, tandis que ceux de la serpentinite de Ty-Lan sont plus faibles (fig. 15). Ces analyses confirment dans un premier temps les liens existant entre les terres utilisées pour façonner les céramiques proto-onctueuses du second âge du Fer et dans un second temps, que l'origine de la matière première de la poterie paléo-onctueuse du site de Kermenguy est également originaire des gisements de serpentinite de Ty-Lan. Ainsi, ce vase a été transporté sur plus de 50 km de distance, depuis le sud-Finistère.

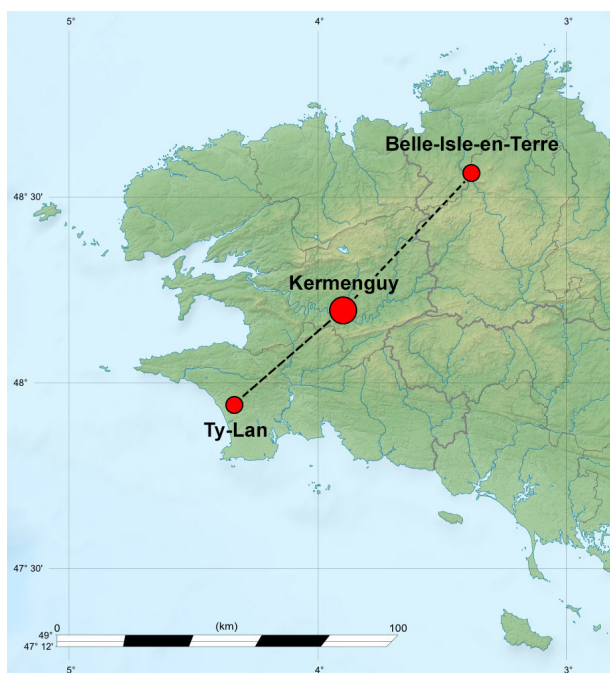


Fig. 12 – Localisations du site de Kermenguy (Finistère) et des deux zones d'affleurement de serpentinite.

Fig.12 – Location of the site of Kermenguy (Finistère) and of the two areas where serpentinite outcrops occur.

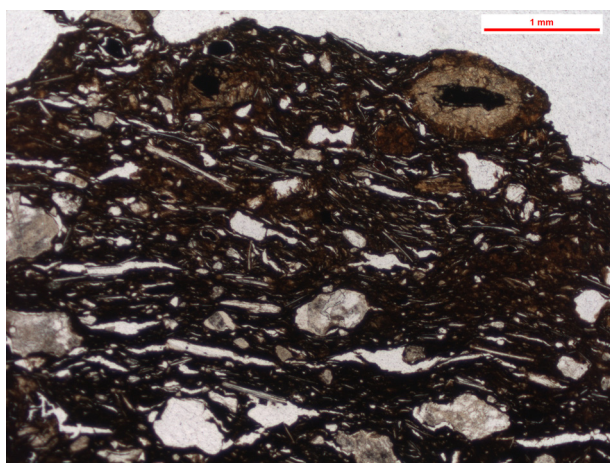


Fig. 13 – Micrographie d'une lame mince d'une céramique paléo-onctueuse de l'âge du Bronze (LPNA). On observe de nombreux grains incolores de quartz et de feldspath potassique, ainsi qu'un « œil » de serpentine dans le coin supérieur droit de l'image.

Fig. 13 – Thin section photomicrograph of a 'paléo-onctueuse' ceramic from the Bronze Age (PPL). There are several colourless grains of quartz and potassium feldspar, and an 'eye' of serpentine in the upper right corner of the image.

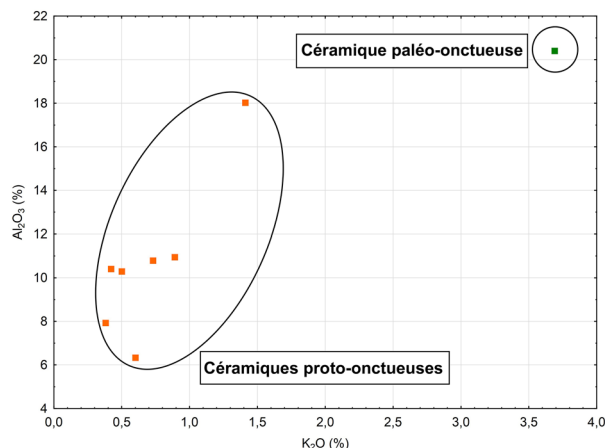


Fig. 14 – Diagramme binaire représentant les concentrations en K_2O et Al_2O_3 des céramiques proto-onctueuses et paléo-onctueuse, analysées par HH-XRF.

■ Céramiques proto-onctueuses gauloises

■ Poterie paléo-onctueuse

Fig. 14 – Binary diagram representing the concentrations of K_2O and Al_2O_3 of the 'proto-onctueuse' and 'paléo-onctueuse' ceramics, analysed using HH-XRF.

■ Proto-onctueuse Gallic ceramics

■ Paléo-onctueuse ceramic

Le très faible nombre de céramiques de l'âge du Bronze analysées en Bretagne laisse la place à de nombreuses questions sur l'exploitation de ces terres à cette période : s'agit-il d'exploitations domestiques et d'échanges limités ou bien d'une utilisation réfléchie et tournée vers l'exportation de ces céramiques, ce qui poserait la question de la période d'apparition des ateliers de potiers en Armorique, située actuellement au second âge du Fer, avec l'arrivée des outils de potiers comme le tour et le tour rapide (Daire, 1992).

La distinction entre inclusions fossiles et dégraissant bioclastique : un indicateur des actions anthropiques sur la matière première

L'utilisation d'argiles de décalcification de calcaire coquiller ou de marnes fossilifères est attestée sur de nombreux sites à différentes périodes, comme au Néolithique final à Chalain (Martineau *et al.*, 2007), durant l'âge du Bronze et l'âge du Fer (fig. 16) en plaine de Caen (San Juan, Meniel *et al.*, 1999 ; San Juan, Savary *et al.*, 1999 ; Carpentier *et al.*, 2002 ; Besnard-Vautrin *et al.*, 2009 ; Manson *et al.*, 2011), ou encore au Moyen Âge (Leclercq, 2008). Il s'agit d'une terre où sont naturellement présentes des inclusions de bioclastes fossiles.

D'autres sites ont, quant à eux, permis d'observer des vases dégraissés à partir de débris de coquilles qui n'étaient pas présentes naturellement dans la matière première argileuse. Il peut s'agir soit de fossiles ajoutés comme sur le site Néolithique final de La Perroche

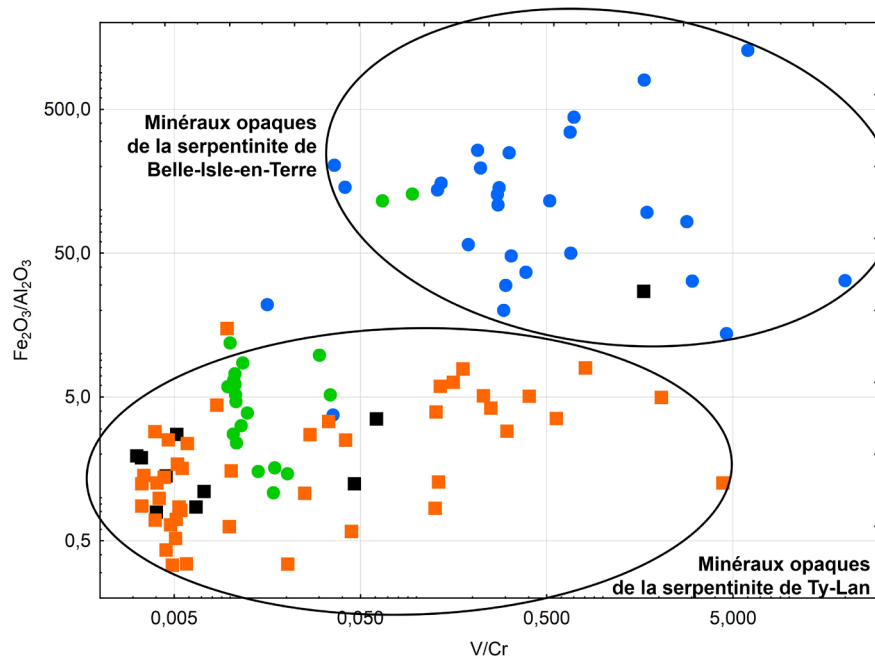


Fig. 15 – Diagramme binaire représentant les rapports entre les teneurs des minéraux opaques en V/Cr et $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, contenus dans les serpentinites de Ty-Lan (Finistère) et Belle-Isle-en-Terre (Côtes-d’Armor) ainsi que dans plusieurs poteries proto-onctueuses du second âge du Fer et dans la céramique paléo-onctueuse de l’âge du Bronze. Chaque point correspond à l’analyse d’un grain de minéral opaque.

- Grains de minéral opaque des céramiques proto-onctueuses gauloises.
- Grains de minéral opaque de la poterie paléo-onctueuse.
- Grains de minéral opaque de la serpentinite de Ty-Lan.
- Grains de minéral opaque de la serpentinite de Belle-Isle-en-Terre.

On observe deux ensembles correspondant aux deux différentes roches.

Fig. 15 – Binary diagram representing the ratios between the concentrations of V/Cr and $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ of the opaque minerals in the serpentinites of Ty-Lan (Finistère), Belle-Isle-en-Terre (Côtes-d’Armor), and in several ‘proto-onctueuses’ ceramics of the late Iron Age and in the ‘paléo-onctueuse’ pottery from the Bronze Age. Each point corresponds to an analyzed amphibole.

- Opaque minerals from the ‘proto-onctueuses’ ceramics
- Opaque minerals from the ‘paléo-onctueuse’ pottery
- Opaque minerals from the serpentinite of Ty-Lan
- Opaque minerals from the serpentinite of Belle-Isle-en-Terre

The points form two separate sets, corresponding to the two different rocks

(fig. 1 ; Guiavarc’h et Querré, 2009) soit d’éléments ramassés par l’artisan sur l’estran (bioclastes marins) ou dans les rivières (coquilles d’eau douce) pour la consommation et/ou leur adjonction à la pâte, comme sur le site Néolithique moyen des Gouillauds (Rousseau *et al.*, 2001). Comme l’ont démontré les expérimentations et l’éthnoarchéologie, les bioclastes sont préalablement passés au feu, afin de retirer les chairs pouvant rester, mais aussi pour les rendre plus faciles à broyer (Bronitsky et Hammer, 1986 ; Rice, 2006).

Toutefois, il n’est pas toujours aisé de distinguer la nature fossilifère ou non des bioclastes. En effet, l’absence de critères discriminant comme la présence de fragments de calcaire dans la pâte ou cimentés à des bioclastes (fig. 17, 18, 19 et 20), synonymes d’inclusions de fragments de roches fossilifères, n’est pas observée. C’est notamment le cas sur le site gaulois de la Batterie-Basse (fig. 16) à Urville Nacqueville, Manche (Lefort *et al.*, 2010 ; Lefort *et al.*, 2011 ; Lefort et Rottier, 2013), où les analyses pétrographiques (fig. 17 et 18) ont permis de

relever la présence de nombreux bioclastes dans la pâte des céramiques (Gehres *et al.*, 2015). Cependant, l’absence d’indices pouvant indiquer une origine géologique aux inclusions de bioclastes de la pâte n’a pas permis, à la seule lumière des observations pétrographiques en lame mince, de définir s’il s’agit de bioclastes contemporains rajoutés par les potiers ou de fossiles présents naturellement dans les terres. Ainsi, l’analyse chimique ponctuelle par LA-ICP-MS des fragments de coquilles, en s’inspirant notamment des travaux de Peacock (Peacock *et al.*, 2007) et Eerksen (Eerksen *et al.*, 2007) sur la détermination de l’origine géographique des coquillages fluviaux incorporés comme dégraissant dans des céramiques du Mississippi a fourni des éléments offrant la possibilité de différencier ce type d’inclusions. Les détails de cette étude ayant été publiés précédemment, nous résumerons donc les résultats obtenus ci-dessous (Gehres *et al.*, 2015). On notera cependant que la technique du LA-ICP-MS ne permet pas de déterminer l’espèce minéralogique constitutive des coquilles (aragonite ou calcite).

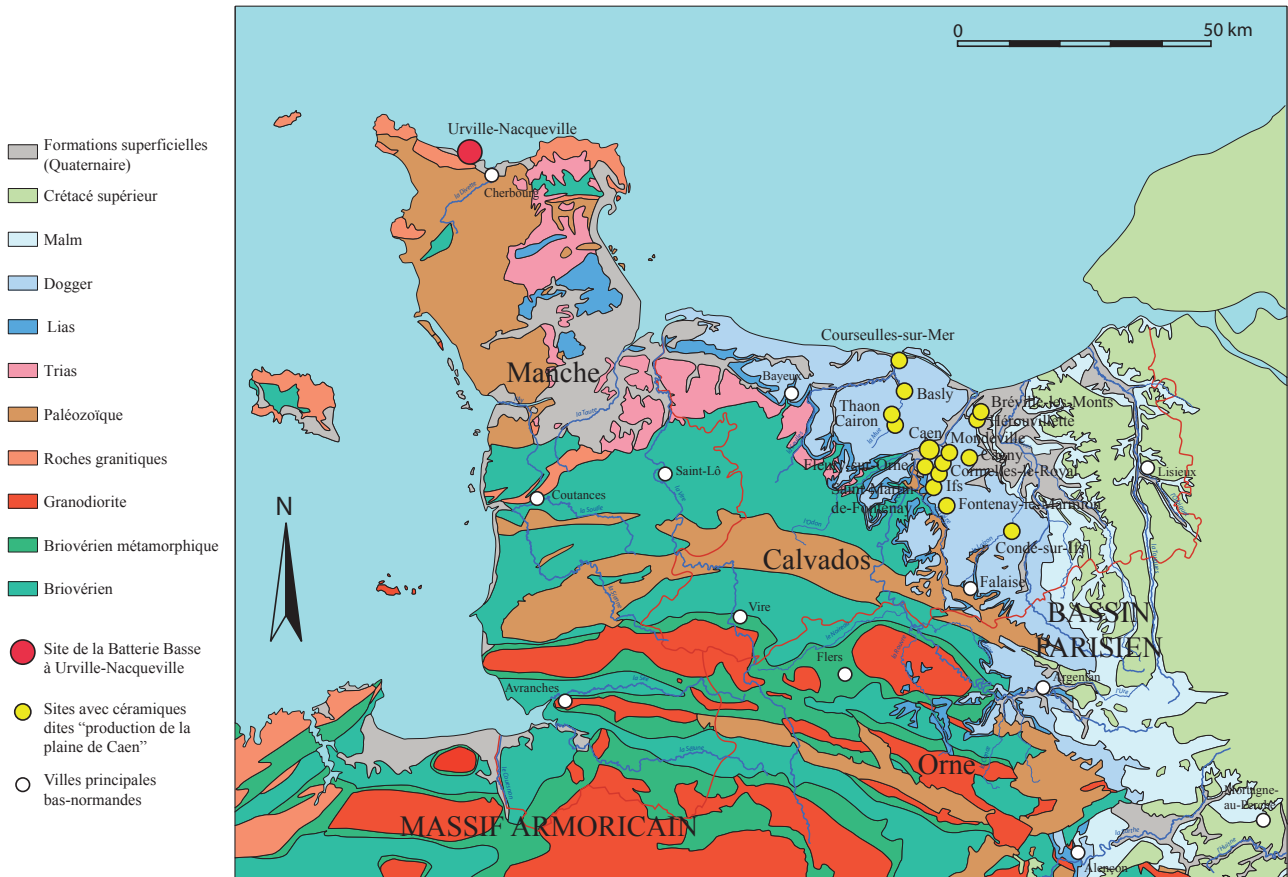


Fig. 16 – Carte géologique et localisation des sites et de la zone de production de poterie à inclusions fossiles de La Plaine de Caen (d’après X. Savary in Gehres et al., 2015).

Fig. 16 – Geological map and locations of the sites and the production area of the shell tempered pottery of the Caen Plain (after X. Savary in Gehres et al., 2015).

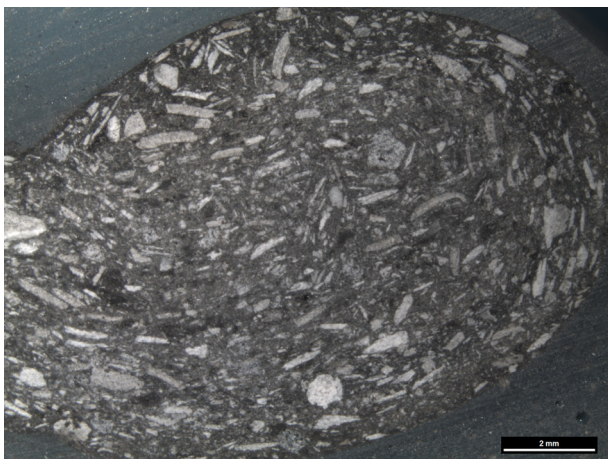


Fig. 17 – Photographie de la coupe d’une céramique du second âge du Fer, présentant de nombreuses inclusions de coquilles ramassées sur l’estran et broyées avant d’être incorporées comme dégraissant dans les argiles. Les fragments quadrangulaires blancs correspondent aux inclusions de coquilles.

Fig. 17 – Photograph of a cross-section of a shell tempered ceramic from the late Iron Age. The shells were collected on the beach and crushed before being incorporated into the paste by the potters. The white quadrangular fragments are shell inclusions.

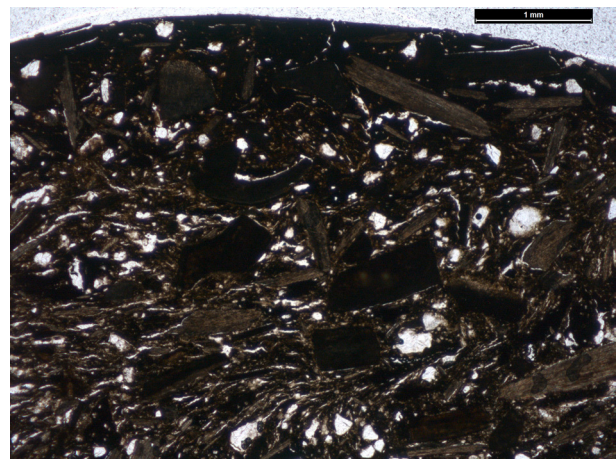


Fig. 18 – Micrographie d’une poterie dégraissée à l’aide de fragments de coquilles fraîches (LPNA). Les inclusions quadrangulaires brunes correspondent à des morceaux de coquilles broyées.

Fig. 18 – Thin section photomicrograph of a shell tempered ceramic (PPL). The brown quadrangular inclusions correspond to the crushed shells.



Fig. 19 – Micrographie d'un vase à inclusions de coquilles fossiles (ici une huître), façonnées à partir des altérations d'un calcaire coquillier (LPNA).

Fig. 19 – Thin section photomicrograph of a fossil-shell tempered pottery (oysters in this case), made with shelly limestone derived clay (PPL).

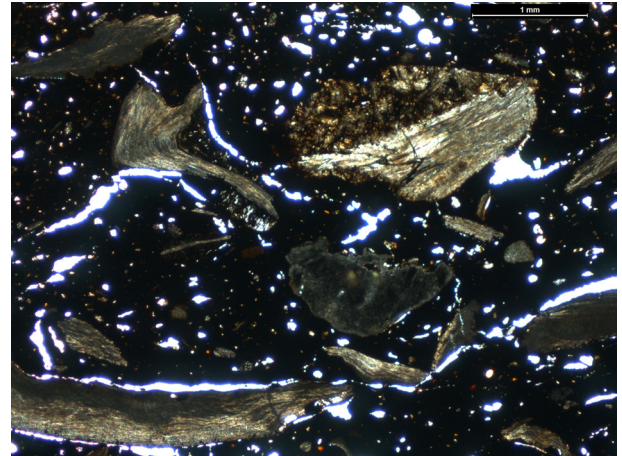


Fig. 20 – Micrographie d'un vase à inclusions de coquilles fossiles (LP). On observe notamment une coquille cimentée à du calcaire, caractéristique des inclusions fossilifères.

Fig. 20 – Thin section photomicrograph of a fossil-shell tempered ceramic (XPL). We can see a shell cemented to limestone, characteristic of fossil inclusions.

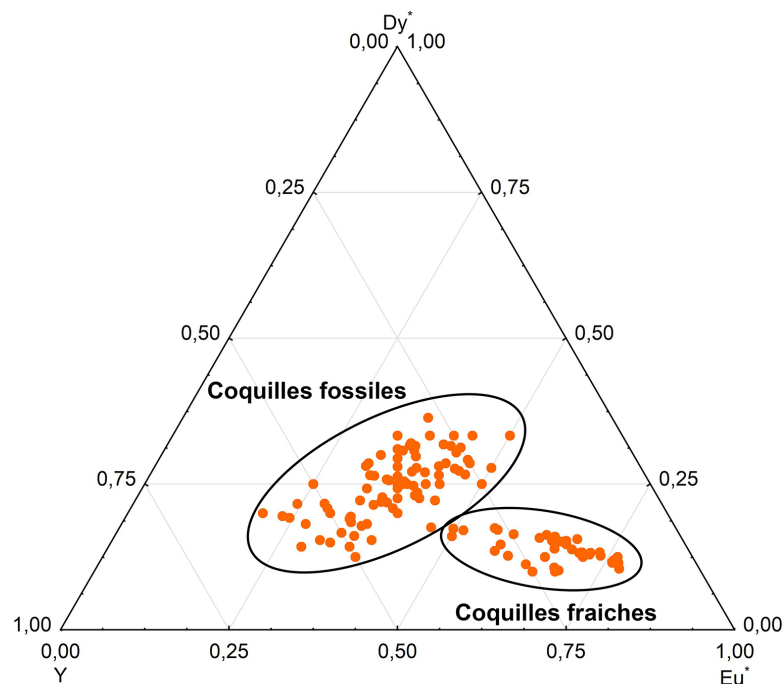


Fig. 21 – Diagramme ternaire représentant les concentrations en Dy^* , Eu^* , Y . Chaque point correspond à l'analyse d'une inclusion coquillère dans des céramiques issues de la Plaine de Caen (Calvados), du site du Néolithique récent de la Perroche sur l'île d'Oleron (Charente-Maritime) et du site de la Batterie-Basse à Urville-Nacqueville (Manche). On observe deux groupes de points, correspondant aux deux types d'inclusions, fossilifère et contemporaine.

Fig. 21 – Ternary diagram representing the concentrations of Dy^* , Eu^* , Y . Each point corresponds to the analysis of a shell or fossil shell inclusion in ceramics from the Caen Plain (Calvados), the late Neolithic site of La Perroche on the Island of Oleron (Charente-Maritime) and the site of La Batterie-Basse at Urville-Nacqueville (Manche). The points form two groups, corresponding to the two types of inclusions: shells and fossil shells.

Pour construire un référentiel de comparaison, environ 60 bioclastes inclus dans des céramiques, datées du Néolithique au second âge du Fer, dont la nature fossilifère des bioclastes a été prouvée par les études pétrographiques, ont été analysés (San Juan, Meniel *et al.*, 1999 ; Besnard-Vautrin *et al.*, 2009 ; Guiavarc'h et Querré, 2009). Il s'agit pour les sites localisés en Plaine de Caen, de fossile d'huîtres, de brachiopodes, de bryozoaires, d'échinodermes et de crinoïdes (Gehres *et al.*, 2015) ou de lamellibranches pour les poteries néolithiques de la Perroche sur l'île d'Oléron (Guiavarc'h et Querré, 2009). Ces résultats ont ensuite été comparés aux analyses des inclusions coquillères des poteries du site de la Batterie-Basse.

Sur la base de notre référentiel, une relative homogénéité des concentrations en éléments majeurs a été observée entre les coquilles fossiles et contemporaines. Toutefois, les teneurs en Li, Cr, Sr, Y et Ba, ainsi que celles des terres rares légères (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) sont plus hétérogènes et permettent de distinguer les fossiles des coquilles contemporaines utilisés par les potiers. Il sera intéressant par la suite d'analyser des coquilles d'eau douce afin d'augmenter notre référentiel. Ceci nous permettra notamment d'observer s'il existe au niveau géochimique des distinctions possibles entre les origines des coquilles d'eau douce et de mer.

Il existe une relation de proportionnalité entre le Dy*⁽¹⁾ et l'Eu* au sein des coquilles. Les teneurs de ces éléments sont, en effet, localisées autour de deux droites ayant des coefficients directeurs différents. L'une correspondant aux coquilles fossiles et l'autre aux coquilles contemporaines, en supposant qu'elles soient d'une même espèce ou qu'elles aient eu un même comportement biogéochimique. Sur les diagrammes ternaires : Dy*-Eu*-Y ou Dy*-Eu*-Th, il est possible de distinguer clairement deux groupes (fig. 21). L'un représentant les inclusions fossiles et l'autre les coquilles contemporaines. On remarque enfin que les coquillages contemporains possèdent des teneurs plus élevées en terres rares légères que les fossiles analysés.

Ces analyses ont donc permis de déterminer que les artisans du site de la Batterie-Basse ont utilisé des bioclastes frais préalablement broyés comme dégraissant de leurs argiles, mais aussi qu'une poterie à inclusions fossilifères et typologiquement comparable à des productions de la plaine de Caen a été importée sur le site.

Cette approche a permis de déterminer que le site de la Batterie-Basse est, en l'état actuel de la recherche, le seul site du second âge du Fer, dans l'Ouest de la Gaule, où ont été découvertes des céramiques volontairement dégraissées à l'aide de bioclastes contemporains préalablement broyés (Gehres *et al.*, 2015).

Cette pratique qui rallonge nécessairement la chaîne opératoire, ne trouve donc pas d'équivalent dans la région étudiée et semble se référer à des traditions existantes dans le sud de l'Angleterre comme celles des sites d'Hengistbury Head ou de Cambourne (Cunliffe *et al.*, 1987 ; Wright *et al.*, 2009). Ainsi, alors

qu'en plaine de Caen les potiers utilisent des argiles de décalcification des calcaires coquilliers du Jurassique moyen de la zone où sont naturellement présents des fossiles de coquillages (Manson *et al.*, 2011), les artisans de la Batterie-Basse utilisent des coquilles passées au feu puis les broient afin de les rajouter à leurs pâtes. Ces tests peuvent être issus d'une consommation des coquillages ou d'un ramassage prédestiné à cette pratique artisanale. Il s'agit selon nous de deux pratiques bien distinctes, bien que comme le montrent les analyses des bioclastes par LA-ICP-MS, une importation de céramique de la plaine de Caen a eu lieu (Gehres *et al.*, 2015). S'agit-il dès lors d'une importation d'une tradition technique anglaise ou bien de populations britanniques ayant occupé le site de la Batterie-Basse ? La question reste posée pour l'instant, mais on notera la présence sur le site de formes de céramiques, de pratiques d'inhumations et d'architectures, inconnues en Gaule à cette période, mais présentes dans le sud de l'Angleterre. Il existerait donc bien à l'époque des liens entre les deux régions (Lefort *et al.*, 2010 ; Lefort *et al.*, 2011 ; Lefort et Rottier, 2013).

Le site néolithique ancien de Kervouyec-Nevez à Quimper : un exemple d'approches multiples par LA-ICP-MS

Le site de Kervouyec-Nevez (Finistère) fouillé par J.-Y. Tinévez est une occupation datée du Néolithique ancien (culture Villeneuve-Saint-Germain ; ¹⁴C : 4991-4800 cal. BC ; Tinévez *et al.*, 2015).

Les fouilles ont mis au jour des fosses et des trous de poteaux, mais aussi de nombreux vestiges de cette période, comme des anneaux en schiste, des fragments de terres cuites et d'un clayonnage, induré par une cuisson volontaire ou lors d'un incendie (Tinévez *et al.*, 2015). Des analyses pétrographiques des céramiques et du clayonnage (ce dernier servira *in fine* de référentiel des terres locales) ont été menées par G. Querré. Elles ont permis de mettre en avant l'utilisation de terres essentiellement locales, à empreintes granitiques ou gabbro-granitiques. Ces observations sont confirmées par le clayonnage, fabriqué à partir de terres à inclusions gabbro-granitiques.

Une poterie à dégraissant de chamotte et de grains de quartz roulés révélant une origine probablement sédimentaire est vraisemblablement le résultat d'une importation. En effet, l'utilisation de chamotte n'étant pas connue durant cette période sur le Massif armoricain (Morzadec, 1995), il pourrait s'agir d'une importation depuis le Bassin parisien (Tinévez *et al.*, 2015). Toutefois, une céramique fabriquée en terre locale a été dégraissée à l'aide de chamotte. Il semblerait donc que les néolithiques ont également introduit l'utilisation de chamotte (Tinévez *et al.*, 2015), qui reste cependant limitée à une seule terre-cuite.

Nous avons souhaité étayer ces observations à partir d'analyses par LA-ICP-MS des tablettes de biotite et des grains d'amphibole contenus dans le clayonnage d'une part, et dans plusieurs céramiques découvertes sur le site de Kervouyec-Nevez, d'autre part. Ceci permettra également de comparer les résultats obtenus pour chaque espèce minérale et d'ainsi mettre en avant les possibilités offertes par la méthode du LA-ICP-MS. Les signatures chimiques des minéraux analysés dans le clayonnage serviront, comme pour les observations pétrographiques, de référentiels locaux et seront comparées à celles des inclusions présentes au sein des poteries.

Dans un premier temps l'analyse des tablettes de biotite incluses dans le clayonnage et dans deux céramiques, représentant les deux types de pâtes observées (granitique et gabbro-granitique), ont été réalisées. On soulignera que les biotites des pâtes gabbro-granitiques sont issues

des roches granitiques, les gabbros ne contenant pas de cristaux de biotite. La poterie façonnée localement et dégraissée à la chamotte ne présentait pas de cristaux de biotite suffisamment grands pour être analysés (fig. 22). Ainsi, les concentrations en Li et V permettent d'observer deux groupes de cristaux de biotite, répartis selon deux droites. Les biotites du clayonnage (groupe 1) où la concentration en Li est faible et celle en V élevée. Un second groupe montre des teneurs inverses, le Li est fortement concentré et les teneurs en V sont plus faibles, correspondant aux poteries à pâte granitique et gabbro-granitique (fig. 22). Les biotites des deux types de pâtes sont donc issues de la même roche.

Dans un second temps, les grains d'amphibole ont été analysés. Il s'agit des mêmes terres cuites analysées précédemment : le clayonnage, la poterie à pâte gabbroïque et le vase dégraissé à la chamotte. La céramique à pâte

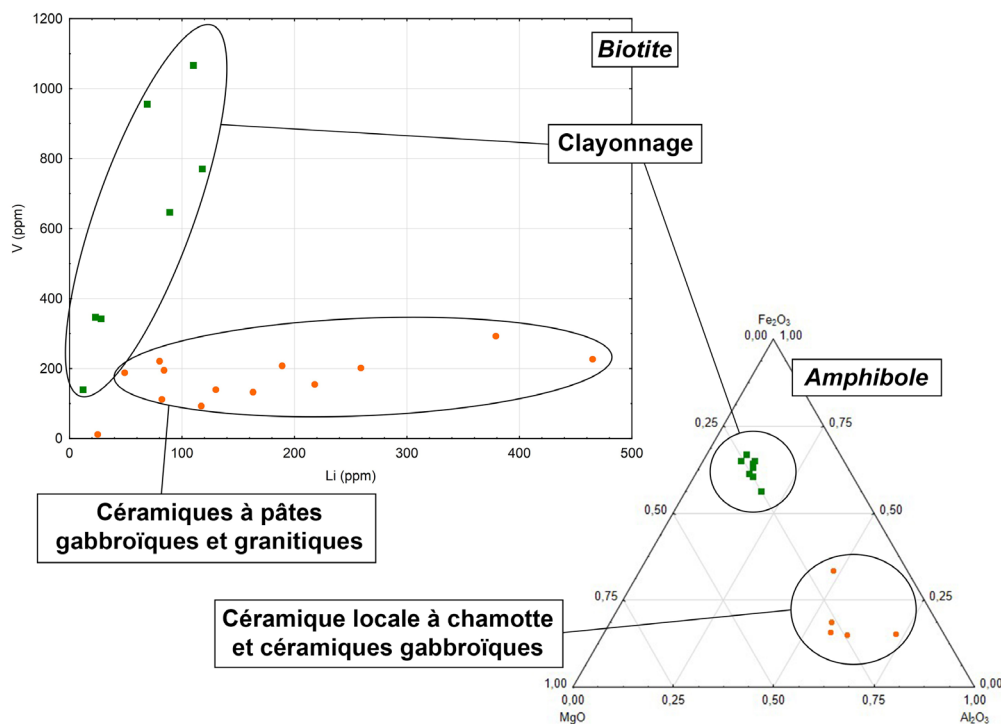


Fig. 22 – Diagrammes binaires et ternaires représentant les analyses des grains de biotite et d'amphibole contenus dans les céramiques du Néolithique ancien de Kervouyec-Névez (Finistère) et dans le clayonnage, servant de référentiel local.

- Minéraux du clayonnage
- Minéraux des poteries

On observe que les inclusions de biotite des céramiques et du clayonnage ne possèdent pas les mêmes signatures chimiques, démontrant qu'il ne s'agit pas des mêmes matières premières, analyses confirmées par celles des grains d'amphiboles.

Fig. 22 – Binary and ternary diagrams representing the analysis of biotite and amphibole grains included in the Early Neolithic ceramics of Kervouyec-Névez (Finistère) and in a wattle and daub sample found on the site which is used as a local chemical reference.

- Minerals from the wattle and daub
- Minerals from the pottery

The inclusions of biotite in the ceramics and the wattle and daub do not have the same chemical signatures, demonstrating they are not made with the same raw materials. This is confirmed by the analysis of the amphibole grains.

granitique n'a pas pu être analysée, du fait de l'absence de grains d'amphibole en son sein (fig. 22). Les concentrations en Fe_2O_3 , Al_2O_3 et MgO des différents grains permettent d'observer deux groupes d'amphibole. Les plus concentrées en Fe_2O_3 correspondent au clayonnage tandis que celles dont les teneurs en Al_2O_3 et MgO sont les plus élevées sont incluses dans les céramiques à pâte gabbroïques et dégraissées à la chamotte (fig. 22).

L'analyse par LA-ICP-MS des tablettes de biotite et des grains d'amphibole nous démontre donc qu'il n'existe pas de lien entre le clayonnage et les céramiques étudiées (fig. 22). Il semblerait dès lors que ces poteries n'aient pas été montées avec la même terre que le clayonnage. En partant du postulat que cet élément d'architecture a été façonné à l'aide de terres localisées dans le périmètre immédiat du site, il est probable que les sources des matières premières utilisées pour monter les poteries soient plus éloignées. Il faudra réaliser des prélèvements des différentes roches composant le territoire aux alentours de l'occupation, afin de déterminer l'origine précise des terres employées. Cet échantillonnage permettra d'identifier les roches dont les altérations ont été utilisées, mais aussi de mieux cerner les modalités d'exploitation du territoire par les populations du Néolithique ancien et son étendue. Enfin, les données obtenues par LA-ICP-MS de différentes phases minérales sont complémentaires et permettent de confirmer les résultats antérieurs. Il est également intéressant de noter que les tablettes de biotite ont les mêmes signatures chimiques que ce soit dans les pâtes à empreinte gabbro-granitique que dans les terres granitiques. L'origine de la part granitique des inclusions présentes dans les céramiques à pâte gabbro-granitique est donc la même que pour les poteries à pâte granitique. Nous pouvons en déduire que les terres gabbroïques utilisées ont été mélangées, probablement naturellement, avec des produits d'altération granitiques. Ainsi, la zone de recherche se restreint aux interfaces entre les deux types de roches et précise donc les origines de ces terres.

CONCLUSIONS

L'analyse chimique ponctuelle par LA-ICP-MS d'inclusions minérales bien choisies contenues dans les pâtes des céramiques archéologiques ouvre de nouvelles perspectives en termes de recherche des sources de matières premières. Les comparaisons des différentes phases minérales analysées dans les céramiques et dans les roches supposées être à l'origine des argiles, confirment la validité des différentes méthodes présentées. La technique du LA-ICP-MS permet ainsi d'obtenir des analyses fiables et de manière rapide, avec un faible investissement préparatoire, les risques de contamination étant moindres, la préparation

ne nécessite pas l'utilisation d'une salle blanche. En effet, il est possible d'analyser les inclusions directement sur le tesson, sur un fragment de roche ou sur une lame mince découverte.

Nous avons pu voir qu'étendre ces analyses à plusieurs espèces minérales au sein d'une même céramique ou d'une série de poterie permet de croiser les résultats et d'obtenir des indications plus précises sur l'origine des matières premières employées. Ainsi, selon les cas de figures, il est possible de choisir d'étudier l'une ou l'autre des phases minérales ou de croiser les données.

Ainsi, le rapport entre le lithium et le vanadium des cristaux de biotite inclus dans les pâtes des céramiques permet de relier les argiles aux roches primaires granitiques. Il s'agit d'une avancée permettant de passer outre les limites inhérentes à l'étude pétrographique et de mettre en avant des échanges de vases, pouvant jusqu'alors être considérés comme locaux.

Les analyses par LA-ICP-MS des grains d'amphiboles ont permis de démontrer que leurs signatures chimiques peuvent être comparées à celles des roches dont sont issus ces minéraux et ainsi déterminer le lien de filiation entre des roches mères et des vases façonnés par les artisans. Pour le second âge du Fer armoricain, cette technique a confirmé l'hypothèse émise par P.-R. Giot et G. Querré (Giot et Querré, 1987) sur l'existence d'un autre atelier de production de poterie en Bretagne, mais aussi a déterminé l'origine de vases exportés sur plusieurs centaines de kilomètres. Il a également été possible d'observer la présence des deux types de productions au sein d'un même site, laissant supposer que ces ateliers ont fonctionné dans des laps de temps proches voire de manière concomitante.

Cette méthode permet également d'exploiter des minéraux non différenciables en microscopie optique en lumière transmise. En effet, du fait de leur nature, les minéraux opaques ne laissent pas passer la lumière. Leur détermination n'est donc pas possible à partir de cette méthode. Ainsi, l'analyse par LA-ICP-MS permet non seulement de déterminer leur nature, mais aussi de les utiliser comme traceur, permettant de remonter à la roche mère, dont les altérations ont été utilisées pour façonner des poteries.

S'ouvrent dès lors à nous de nouvelles perspectives de recherche. Ainsi, grâce à ces nouvelles approches, nous avons pu déduire des échanges à des échelles plus restreintes, régionales à microrégionales, et mieux appréhender les mouvements des populations et des biens et leurs intégrations au sein de territoires donnés.

NOTE

- (1) Le symbole * signifie que l'élément a été normalisé par rapport aux chondrites.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDREEVA P., STEFANOVA E., GUROVA M. (2014) – Chert Raw Materials and Artefacts from NE Bulgaria: a Combined Petrographic and LA-ICP-MS Study, *Journal of Lithic Studies*, 2, p. 25-45.
- AUDOUARD L., BARRACAND G., TARAUD T., MUSCH G. (2010) – Belle-Île-en-Mer du Mésolithique à l'âge du Bronze : Émergence d'une nouvelle dynamique de recherche, *Bulletin de l'Association Manche Atlantique pour la Recherche Archéologique dans les Îles*, 23, p. 17-36.
- AUDREN C., PLAINE J., HIRBEC Y., BARROIS C., COGNE J., PINOT J.-P., VANNEY J.-R., COTTEN A.-M., GROVEL A. (1982) – *Carte géologique France (1/50 000), feuille Belle-Île-en-Mer*, 477, BRGM, Orléans.
- BESNARD-VAUTRIN C.-C., SAVARY X., SEHIER E. et ZAOUR N. (2009) – La culture matérielle, un reflet de la vie domestique et agro-pastorale, in C.-C. Besnard-Vautrin (dir.), *En plaine de Caen, une campagne gauloise et antique. L'occupation du site de l'Etoile à Mondeville*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, p. 87-133.
- BLET-LEMARQUAND M., NIETO-PELLETIER S., SARAH G. (2014) – L'or et l'argent monnayé, in P. Dillmann et L. Belot-Gurlet (dir.), *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*, Paris, Éd. des archives contemporaines, p. 133-154.
- BOILEAU M.-C., D'AGATA A. L., WHITLEY J. (2009) – Pottery Technology & Regional Exchange in Early Iron Age Crete, in P. S. Quinn (dir.), *Interpreting Silent Artefacts, Petrographic Approaches to Archaeological Ceramics*, Oxford, Archaeopress, p. 157-172.
- BRONITSKY G., HAMMER R. (1986) – Experiments in Ceramic Technology: The Effects of Various Tempering Materials on Impact and Thermal-Shock Resistance, *American Antiquity*, 51, 1, p. 89-101.
- BUGOI R., COJOCARU V., CONSTANTINESCU B., CALLIGARO T., PICHON L., RÖHRS S., SALOMON J. (2008) – Compositional Studies on Transylvanian Gold Nuggets: Advantages and Limitations of PIXE-PIGE Analysis, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 266, p. 2316-2319.
- CALLIGARO T., DRAN J.-C., POIROT J.-P., QUERRÉ G., SALOMON J., ZWAAN J.-C. (2000) – PIXE/PIGE Characterisation of Emeralds Using an External Microbeam, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 161-163, p. 769-774.
- CARPENTIER V., MARCIGNY C., SAVARY X., avec la collaboration de GHESQUIÈRE E. (2002) – Enclos et souterrain du second âge du Fer dans la Plaine de Caen, l'exemple de Cormelles-le-Royal (Calvados), *Revue Archéologique de l'Ouest*, 19, p. 37-60.
- CONSTANTIN C., KUIJPER W. (2002) – Utilisation de mousse comme dégraissant dans des céramiques néolithiques de France et de Belgique, *Bulletin de la Société préhistorique française*, XCIX, 4, p. 775-783.
- CUNLIFFE B., BROWN L., BARTON R. N. E. (1987) – *Hengistbury Head, Dorset, Volume 1, The Prehistoric and Roman Settlement, 3500BC-AD500*, Oxford, Oxford University School of Archaeology, (Oxford University Committee for Archaeology Monograph, 13), 369 p.
- CZAMANSKE G. K., WONES D. R. (1973) – Oxidation During Magmatic Differentiation, Finnmarka Complex, Oslo Ara Norway--II. Mafic silicates, *Journal of Petrology*, 14, p. 349-380.
- DAIRE M.-Y. (1990) – Céramiques armoricaines et habitats à l'âge du fer, *Revue Archéologique de l'Ouest*, 3, p. 13-21.
- DAIRE M.-Y. (1992) – *Les céramiques armoricaines à la fin de l'âge du Fer*, Rennes, Travaux du Laboratoire d'Anthropologie, Université de Rennes 1, 39, 313 p.
- DAIRE M.-Y., HAMON G. (dir.) (2013) – *L'île aux Moutons (Fouesnant, Finistère) : un établissement gaulois dans son contexte atlantique*, Saint-Malo, Dossiers du Centre Régional d'Archéologie d'Alet, (supplément AJ.), 234 p.
- DAIRE M.-Y., QUERRÉ G. avec la collaboration de QUESNEL L. (2006) – Iron Age Ceramics in Western France: a Multidisciplinary Approach, in D. Gheorghiu (dir.), *Ceramic Studies, Papers on the Social and Cultural Significance of Ceramics in Europe and Eurasia from Prehistoric to Historic Times*, Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports, International Series 1553), p. 63-67.
- DEER W. A., HOWIE R. A., ZUSSMAN J. (2013) – *An introduction to the Rock-Forming Minerals*, Londres, éd. Longman, 510 p.
- ÉCHALLIER J.-C. (1984) – *Éléments de technologie céramique et d'analyse des terres cuites archéologiques*, Lambesc, Association pour la diffusion de l'archéologie méridionale (Documents d'archéologie méridionale, Série méthodes et techniques, n° 3), 39 p.
- EERKSEN J., ROSENTHAL J., SPERO H., SHIRAKI R., HERBERT G. (2007) – Shell Bead Sourcing: a Comparison of Two Techniques on Olivella Biplicata Shell Beads From Western North America, in M. Glascock, R. Speakman et R. Popelka-Filcoff (dir.), *Archaeological Chemistry, Analytical Techniques and Archaeological Interpretation*, Washington, (American Chemical Society Symposium Series, 968), p. 167-193.
- GEHRES B. (2015) – Rôle du littoral dans l'organisation spatiale des sociétés insulaires et péninsulaires armoricaines du V^{ème} au I^{er} millénaire av. n.è. : le dépôt de céramiques de l'îlot de Karreg Ar Skariked : un exemple d'étude archéométrique de céramiques insulaires du second âge du Fer, in *Les Gaulois au fil de l'eau*, actes du XXXVII^e colloque de l'Association Française pour l'Étude de l'âge du Fer (Montpellier, 8-11 mai 2013), Montpellier, Presses Universitaires des Lettres de Montpellier, p. 309-318.
- GEHRES B. (2016) – *Connaissances des sociétés insulaires armoricaines par l'étude archéométrique du mobilier céramique. Les réseaux d'échanges îles-continent : évolution du Néolithique à la période gallo-romaine*, thèse de doctorat, Université Rennes 2, 478 p.
- GEHRES B., QUERRÉ Q., SAVARY X. avec la collaboration de LE BANNIER J.-C. et LEFORT A. (2015) – Caractérisation des céramiques à bioclastes de la Protohistoire dans l'Ouest de la France, in C. Mougne et M.-Y. Daire (dir.), *Actes du séminaire archéologique de l'Ouest : l'Homme, ses res-*

- sources et son environnement, dans *l'Ouest de la France à l'âge du Fer* (Nantes, 1 avril 2014), Mémoires de Géosciences Rennes, p. 105-117.
- GIOT P.-R. (1971) – La céramique onctueuse de Cornouaille : contribution à l'étude de l'économie médiévale, *Bulletin de la société archéologique du Finistère*, XCVII, p. 109-130.
- GIOT P.-R., DAIRE M.-Y., QUERRÉ G. (1986) – *Un habitat protohistorique : le Moulin de la Rive en Locquirec (29)*, Travaux du Laboratoire d'Anthropologie, Rennes, 154 p.
- GIOT P.-R., DAIRE M.-Y., MORZADEC H., QUERRÉ G. (1988) – Pétroarchéologie d'un groupe de poteries armoricaines, une esquisse, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 85, 6, p. 168-171.
- GIOT P.-R., QUERRÉ G. (1987) – Premiers apports de la pétro-archéologie à l'étude des poteries préhistoriques et protohistoriques armoricaines, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 84, 6, p. 177-182.
- GOEMAERE E., HENROTAY D., COLLETTE O., GOLITKO M., DELBEY T., LEDUC T. (2014) – Caractérisation de la céramique médiévale d'Autelbas (Arlon, Belgique) et identification de la source de la matière première, *Archéosciences*, 38, p. 31-47.
- GOLITKO M., TERREL J. (2012) – Mapping Prehistoric Social Fields on the Sepik Coast of Papua New Guinea: Ceramic Compositional Analysis Using Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 3568-3580.
- GOVINDARAJU K., ROELANDTS I. (1988) – *Geostandards Newsletter*, 12, p. 119-201.
- GOVINDARAJU K., ROELANDTS I. (1989) – *Geostandards Newsletter*, 13, p. 5-67.
- GRATUZE B. (2014) – Application de la spectrométrie de masse à plasma avec prélèvement par ablation laser (LA-ICP-MS) à l'étude des recettes de fabrication et de la circulation des verres anciens, in P. Dillmann et L. Bellot-Gurlet (dir.), *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*, Paris, éd. des archives contemporaines, p. 243-270.
- GUIAVARC'H M., QUERRÉ G. (2009) – Les céramiques du Néolithique final de l'île d'Oléron - Études en laboratoire, in L. Laporte (dir.), *Des premiers paysans aux premiers métallurgistes sur la façade atlantique (3500-2000 av. J.-C.)*, Chauvigny, Association des Presses Chauvinoises, Mémoire XXXIII, p. 329-340.
- HASLAM H. W. (1968) – The Crystallization of Intermediate and Acid Magmas at Ben Nevis, Scotland, *Journal of Petrology*, 9, p. 84-104.
- HELZ R. T. (1973) – Phase Relation of Basalts in their Melting Range at $pH \sim 5$ kb as a Function of Oxygen Fugacity-1 Mafic Phases, *Journal of Petrology*, 14, p. 429-502.
- JAHIER I., SAVARY X., YVINEC J.-H. et GUESQUIÈRE E. (2011) – Le mobilier, in I. Jahier (dir.), *Entre résidence aristocratique et place de collecte monumentale. L'enceinte des premiers et second âges du Fer de La Fosse Touzé (Courseulles-sur-Mer, Calvados)*, Paris, éd. de la Maison des sciences de l'Homme (MSH), (Document d'archéologie française, 104), p. 111-146.
- KENNETT D. J., ANDERSON A. J., CRUZ M. J., CLARK G. R., SUMMERHAYES G. R. (2004) – Geochemical Characterization of Lapita Pottery Via Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), *Archaeometry*, 46, 1, p. 35-46.
- KONINGS R. J. M., BOLAND J. N., VRIEND S. P., JANSEN J. B. H. (1988) – Chemistry of Biotites and Muscovites in the Abas Granite, Northern Portugal, *American Mineralogist*, 73, p. 754-765.
- LECLERCQ S. (2008) – La céramique à dégraissant coquillier : une tradition de potier sur le littoral de la Manche de l'Age du Bronze au Haut Moyen-Âge, in J. Napoli (dir.), *Resources et activités maritimes des peuples de l'antiquité*, actes du Colloque international de Boulogne-sur-mer (12-14 mai 2005), Boulogne-sur-Mer, Les Cahiers du littoral, 2, n° 5, p. 417-428.
- LEFORT A. avec les collaborations de BLONDEL F., MARCIGNY C., MENIEL P., BORDES L., BARON A., CARPENTIER V., CUNLIFFE B., DAIRE M.-Y., DAMOURETTE C., GONNET A., GUILLAUMET J.-P., GHESQUIÈRE E., HERPÖEL C., DE JERSEY P., LESPEZ L., MARGUERIE D., NEVEU E., QUERRÉ G., RALSTON I., ROTTIER S., SEHIER E. (2010) – *Rapport final d'opération 2010, une occupation littorale du second âge du Fer aux portes de la Hague*, Service Régional d'Archéologie de Basse-Normandie, Caen, 92 p.
- LEFORT A., avec la collaboration de BERNARD V., GANNE A., GONNET A., HERPÖEL C., LESPEZ L., MARCIGNY C., MENIEL P., NEVEU E., ROTTIER S. (2011) – *Une occupation littorale du second âge du Fer aux portes de la Hague, opération de fouilles archéologiques sur l'estran d'Urville-Nacqueville, la nécropole de La Tène finale et les études paléoenvironnementales*, Rapport final d'opération 2011, Service Régional d'Archéologie de Basse-Normandie, Caen, 151 p.
- LEFORT A., ROTTIER S. (2013) – *Une agglomération littorale du second âge du Fer aux portes de la Hague, la nécropole de La Tène finale*, Rapport final d'opération 2013, Service Régional d'Archéologie de Basse-Normandie, Caen, 227 p.
- LE NOAC'H C. (2009) – *La poterie onctueuse en Bretagne 10e-16e siècle*, thèse de doctorat, Université Rennes 1, Rennes, 352 p.
- LEROY S., DILLMANN P., DISSER A., L'HÉRITIER M., BAUVAIS S., FLUZIN P. (2014) – Provenance et circulation des alliages ferreux, in P. Dillmann et L. Bellot-Gurlet (dir.), *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*, éd. des archives contemporaines, Paris, p. 73-100.
- MANSON A.-L., SAVARY X. et CHEREL A.-F. (2011) – Typologie et pétrographie des productions céramiques de la Plaine de Caen au premier et second âge du Fer, in P. Barral, B. Dedet, F. Delrieu, P. Giraud, I. Le Gof, S. Marion et A. Villard-Le Tiec (dir.), *L'âge du Fer en Basse-Normandie*, actes du XXXIII^e colloque international de l'Association Française pour l'Étude de l'âge du Fer (Caen, 20 - 24 mai 2009), Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, p. 231-246.
- MARTINEAU R., WALTER-SIMONNET A.-V., GROBÉTY B., BUATIER M. (2007) – Clay Resources and Technical Choices for Neolithic Pottery (Chalain, Jura, France): Chemical, Mineralogical and Grain-Size Analyses, *Archaeometry*, 49, 1, p. 23-52.

- MORZADEC H. (1995) – *Péto-archéologie des céramiques armoricaines du Néolithique à l'Age du Fer*, (Travaux du Laboratoire d'Anthropologie de Rennes, 41), Rennes, 206 p.
- PEACOCK D. P. S. (1988) – The Gabbroic Pottery of Cornwall, *Antiquity*, 62, p. 302-304.
- PEACOCK E., NEFF H., RAFFERTY J., MEAKER T. (2007) – Using Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry to Source Shell in Shell-Tempered Pottery: a Pilot Study from North Mississippi, *Southeastern Archaeology*, 42, 1, p. 67-102.
- 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 avant J.-C.*, 1 et 2, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la vallée de l'Ain (Les Cahiers de la MSHE Ledoux, 17), 2261 p.
- PITBLADO B., CANNON M., NEFF H., DEHLER C., NELSON S. (2013) – LA-ICP-MS Analysis of Quartzite from the Upper Gunnison Basin, Colorado, *Journal of archaeological science*, 40, 4, p. 2196-2216.
- PLAINE J., MORZADEC-KERFOURN M.-T., PEUCAT J.-J., BAMBIER A. (1979) – *Notice explicative, Carte géologique de France (1/50 000)*, feuille Pont-Croix, 345, Orléans, BRGM.
- POUPEAU G., LUGLIÈ C., D'ANNA A., LE BOURDONNEC F.-X., BELLOT-GURLET L., CARTER T., BRESSY-LEANDRI C.-S. (2010) – Circulation et origine de l'obsidienne préhistorique en Méditerranée : un bilan de cinquante années de recherches, in X. Delestre et H. Marchesi (dir.), *Archéologie des rivages méditerranéens : 50 ans de recherche*, actes du colloque d'Arles (28-30 octobre 2009), Paris, Errance et Ministère de la Culture et de la Communication, p. 183-191.
- QUERRÉ G., CALLIGARO T., DOMÍNGUEZ-BELLA S., CASSEN S. (2013) – PIXE Analyses Over a Long Period: The Case of Neolithic Variscite Jewels from Western Europe (5th–3th Millennium BC), in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 318, A, p. 149-156.
- QUINN P. S. (2009) – *Interpreting Silent Artefacts, Petrographic Approaches to Archaeological Ceramics*, Oxford, Archaeopress, 295 p.
- QUINN P. S. (2013) – *Ceramic Petrography: the Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section*, Oxford, Archaeopress, 260 p.
- QUINN P. S., DAY P. M. (2007) – Calcareous Microfossils in Bronze Age Aegean Ceramics: Illuminating Technology and Provenance, *Archaeometry*, 49, 4, p. 775-793.
- ROUSSEAU J., ROBERT P., CANTIN N., DUPONT C. avec la collaboration de GRUET Y., HUET N., PERRICHOT V. (2001) – Exploitation d'un territoire insulaire au Néolithique moyen d'après la fouille du dépôt coquiller les Gouillauds à Bois-Plage-en-Ré (Charente-Maritime, France), *Archéosciences*, 25, p. 225-242.
- RICE P. M. (2006) – *Pottery Analysis, a Sourcebook*, Chicago, the University of Chicago Press, 584 p.
- SAN JUAN G., MENIEL P., MATTERNE-ZECK V., SAVARY X., JARDEL K., avec la contribution de FORFAIT N., JAHIER I. (1999) – L'occupation gauloise au nord-ouest de Caen. L'évaluation en sondage du plateau de Thaon (Calvados), *Revue Archéologique de l'Ouest*, 16, p. 131-194.
- SAN JUAN G., SAVARY X., GASNIER M. (1999) – La poterie au temps des Gaulois l'exemple du site de Thaon, in G. San Juan et J. Maneuvrier (dir.), *L'exploitation ancienne des roches dans le Calvados : Histoire et Archéologie*, Caen, p. 361-367.
- SÉNÉPART I., CONVERTINI F. (2003) – Essai de caractérisation des productions céramiques cardiales du Baratin à Courthézon (Vaucluse), in J. Gascó, X. Guthertz, et P.-A. de Labriffe (dir.), *Temps et espaces culturels du VI^e au II^e millénaire en France du Sud*, IV^e session, (Nîmes, 28-29 octobre 2000), Lattes (Monographies d'Archéologie méditerranéenne, 15, Rencontres méridionales de Préhistoire récente, 4), p. 83-97.
- SPEER J. A. (1984) – Micas in Igneous Rocks, in S. W. Bailey (dir.), *Micas*, Mineralogical Society of America, p. 299-356.
- TARAUD T. (2009) – *Le dépôt métallique du Bordustard, Le Palais (Belle-Île, Morbihan), Etude d'un ensemble daté de l'horizon métallique de l'épée du type langue de carpe (Bronze final 3 atlantique)*, mémoire de Master 1, Université Rennes 2, Rennes, 103 p.
- TINÉVEZ J.-Y., avec la collaboration de QUESNEL L. (2011) – *Châteauneuf-du-Faou (Finistère), Kermenguy, un habitat du Néolithique moyen*, Rapport de fouille programmée, Service Régional d'Archéologie, Rennes, 30 p.
- TINÉVEZ J.-Y., HAMON G., QUERRÉ G., MARCHAND G., PAILLER Y., DARBOUX J.-R., DONNART K., MARCOUX N., PUSTOCH F., QUESNEL L., OBERLIN C., avec la collaboration de ROY E., VILLARD J.-F., NICOLAS E. (2015) – Les vestiges d'habitat du Néolithique ancien de Quimper, Kervouyec (Finistère), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, 2, p. 269-316.
- TOCHILIN C., DICKINSON W., FELGATE M., PECHA M., SHEPPARD P., DAMON F., BICKLER S., GEHRELS G. (2012) – Sourcing Temper Sands in Ancient Ceramics with U-Pb Ages of Detrital Zircons: a Southwest Pacific Test Case, *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 2583-2591.
- VAN DOOSSELAERE B., OBERWEILER C. (2009) – *Dégraissants organiques identifications, nomenclatures et référentiels*, Nanterre (Cahier des thèmes transversaux ArScAn, vol. VII, 2005 / 2006), 46 p.
- WONES D. R., EUGSTER H. P. (1965) – Stability of Biotite: Experiment, Theory and Application, *American Mineralogist*, 50, p. 1228-1273.
- WRIGHT J., LEIVERS M., SEAGER-SMITH R., STEVENS C. J., avec la contribution de ALLEN M., ANDREWS P., BARNETT C., BROWN K., GALE R., HAMILTON-DYER S., HAYWARD K., JONES G. P., MCKINLEY J., SCAIFE R., WELLS N., WYLES F. (2009) – *Cambourne New Settlement Iron Age and Romano-British Settlement on the Clay Uplands of West Cambridgeshire*, Salisbury, Wessex Archaeology Ltd (Wessex archaeology report, 23), 152 p.

Benjamin GEHRES
Université Rennes 2
Laboratoire d'Archéologie
et d'Histoire Merlat (LAHM)
UMR 6566, CReAAH - Université Rennes2
Bâtiment A, salle A 118
Place du Recteur Henri Le Moal
CS 24307 35043 Rennes Cedex
benjamin.gehres@gmail.com

Guirec QUERRÉ
Ministère de la Culture
et de la Communication
UMR 6566 CReAAH
263, Avenue du général Leclerc
Campus de Beaulieu, bâtiment 24-25
Université de Rennes 1
CS74205 35042 Rennes Cedex
guirec.querre@univ-rennes1.fr