



RESSOURCES LITHIQUES,
PRODUCTIONS ET TRANSFERTS
ENTRE ALPES
ET MÉDITERRANÉE

ACTES DE LA SÉANCE
DE LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE
NICE
28-29 MARS 2013

Textes publiés sous la direction de
Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO,
Guillaume PORRAZ, Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT

RESSOURCES LITHIQUES,
PRODUCTIONS ET TRANSFERTS
ENTRE ALPES ET MÉDITERRANÉE

SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE

5

RESSOURCES LITHIQUES,
PRODUCTIONS ET TRANSFERTS
ENTRE ALPES ET MÉDITERRANÉE

ACTES DE LA JOURNÉE DE LA SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE FRANÇAISE

NICE

28-29 MARS 2013

Textes publiés sous la direction de

Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,

Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT



Société préhistorique française

Paris

2016

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

www.prehistoire.org

Illustration de couverture : Carole Cheval, artcheograph.fr.

~
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
Secrétariat de rédaction, maquette et mise en page : Martin Sauvage et Frank Barbery (CNRS, USR 3225, Nanterre)
Correction et vérification : Karolin Mazurié de Keroualin
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,
de l'université Nice - Sophia Antipolis,
de l'UMR 7264 « Cultures et environnements, Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge (CEPAM) », Nice - Sophia Antipolis
et de la Maison des sciences de l'homme et de la société Sud-Est), Nice.

© Société préhistorique française, Paris, 2016.
Tous droits réservés, reproduction et diffusion interdite sans autorisation.

Dépôt légal : 2^e trimestre 2016

ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-64-4 (en ligne)

SOMMAIRE

Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ, Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT — Introduction	7
--	---

PREMIÈRE PARTIE RESSOURCES LITHIQUES ENTRE ALPES ET MÉDITERRANÉE

Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ et Patrick SIMON, avec la collaboration de Michèle BARBIER, Maryse BLET-LEMARQUAND, Mario DINI †, Raphaëlle GUILBERT, Vanessa LÉA, Jean MILLOT, Caroline SIMONUCCI et Carlo TOZZI — Entre Rhône et Apennins : le référentiel MP-ALP, matières premières de Provence et de l'arc Liguro-provençal	11
Fabio NEGRINO, Elisabetta STARNINI and Stefano BERTOLA — Red Radiolarite Availability in Western Liguria? A Challenging Enigma from Ortovero (Savona, Liguria, Northern Italy)	45
Stefano BERTOLA — Southern Alpine (Trento Plateau) and Northern Apennine flints: Ages, Distribution and Petrography	55
Gabriele MARTINO, Domenico LO VETRO, Franz LIVIO, Francesco TRENTI, Pasquino PALLECCHI, Ivo RIGAMONTI et Daria Giuseppina BANCHIERI — Premières notions de géologie et caractérisation des ressources lithiques de Lombardie occidentale	77
Pierre ROSTAN et Éric THIRAULT, avec la collaboration de Paul FERNANDES, Bernard MOULIN, Betty NICOLLE, Stéphanie THIÉBAULT et Joël VITAL — L'usage du quartz hyalin dans les Alpes durant la Préhistoire : une vue d'ensemble. Nouvelles données en Oisans (Isère et Hautes-Alpes)	97
Paul FERNANDES, Christophe TUFFERY, Didier BINDER, Céline LEANDRI-BRESSY, Jean-Pierre BRACCO, Pascal TALLET, André MORALA, Alain TURQ, Gourguen DAVTIAN, Jean-Baptiste CAVERNE, Denis DALPHINET, Vincent DELVIGNE, Jérémy LIAGRE, Stéphane GAILLOT, Dominique MILLET, Françoise MILLET, Michel PIBOULE, Régis PICAUVET, Patrick SCHMIDT, Antonin TOMASSO, Jehanne AFFOLTER, Frédéric BAZILE, Jean-François GARNIER, Pierre BINTZ, Geneviève PINÇON et Jean-Paul RAYNAL, — Les formations à silex dans le Sud de la France : élaboration en multipartenariat d'une base de données géoréférencées, premiers résultats	137

SECONDE PARTIE PRODUCTIONS ET TRANSFERTS ENTRE ALPES ET MÉDITERRANÉE

Elena ROSSONI-NOTTER et Patrick SIMON — Pétoarchéologie et techno-économie : pour une valorisation des collections moustériennes des Balzi Rossi (Grimaldi, Vintimille, Ligurie, Italie)	153
Francesca ROMAGNOLI, Francesco TRENTI, Lorenzo NANNINI, Leonardo CARMIGNANI, Giulia RICCI, Domenico LO VETRO, Fabio MARTINI and Lucia SARTI — Raw-Material Procurement and Productive Sequences in the Palaeolithic of Southern Italy: the Tyrrhenian and Ionian Areas. An Integrated Approach to the Reconstruction of Human Behaviour	185

Ludovic MEVEL et Jehanne AFFOLTER — Premier de cordée? De l'origine des matières premières à la caractérisation des peuplements préhistoriques. L'exemple du repeuplement des Alpes du Nord pendant le Magdalénien	207
Ursula WIERER and Stefano BERTOLA — The Sauveterrian Chert Assemblage of Galgenbühel, Dos de la Forca (Adige Valley, South Tyrol, Italy): Procurement Areas, Reduction Sequences, Tool Making	229
Massimo TARANTINI, Giacomo ERAMO, Alessandro MONNO, Italo Maria MUNTONI — Gargano Promontory Flint: mining practices and archaeometric characterisation	257
Céline BRESSY-LEANDRI — Caractérisation et provenance des silex de sites néolithiques corses	277
Didier BINDER— Approvisionnement et gestion des outillages lithiques au Néolithique : l'exemple de Nice « Giribaldi » en Provence orientale	289
Adriana MORONI, Biancamaria ARANGUREN, Alessandra CASINI, Armando COSTANTINI, Giuditta GRANDINETTI, Sem SCARAMUCCI and Paolo GAMBASSINI— The Prehistoric Quarry of La Pietra (Roccastrada, Grosseto, Tuscany). Copper Age Lithic Workshops and the Production of Bifacial Points in Central Italy	313



Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée
Actes de la journée de la Société préhistorique française de Nice, 28-29 mars 2013

Textes publiés sous la direction de

Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,

Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT

Paris, Société préhistorique française, 2016

(Séances de la Société préhistorique française, 5)

p. 7-8

www.prehistoire.org

ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-64-4

Introduction

Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,
Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT

LA CONTRIBUTION des aspects de caractérisation des matières premières à l'étude des productions matérielles a été constamment renforcée depuis le début des années 1980. Dans le domaine des études lithiques, son intégration et celle, conjointe, des démarches fonctionnelles aux approches technologiques ont considérablement renouvelé les possibilités d'interprétation des assemblages en termes cognitifs et socio-économiques. Fondée sur l'entrelacement de trois démarches reposant sur des méthodes de caractérisation spécifiques – celles des géoressources, des techniques, des méthodes et des usages – la techno-économie ainsi définie constitue un outil privilégié pour aborder les pratiques sociales préhistoriques : systèmes de mobilité et territorialité, transferts et réseaux, traditions techniques et interculturalités...

Dès lors que les différents domaines scientifiques investis dans cette perspective holiste connaissent leurs propres exigences et avancées méthodologiques, la nécessité s'est imposée de veiller sans cesse à ce que chaque acteur puisse connaître les règles et l'état de l'art dans le champ disciplinaire voisin. S'agissant des silex *sensu lato* – et plus particulièrement de ceux qui proviennent du Sud-Est de la France et d'Italie – un morcellement des bases de connaissances reflétait récemment encore la diversité des démarches entreprises et l'absence de réseaux scientifiques susceptibles de favoriser la circulation des données et la mise en cohérence des méthodologies. Si les référentiels régionaux existants permettent généralement une bonne appréhension des approvisionnements préhistoriques dans l'espace géographique au sein duquel ils s'inscrivent, la compréhension des circulations à grande ou très grande distance nécessite une connaissance élargie au-delà de ces espaces et une vision globale des res-

sources dans une aire géographique très vaste. Atteindre cette échelle d'analyse nécessite donc la mise en place de collaborations extrarégionales, une homogénéisation des méthodes et la mise en réseau des référentiels. La mise en place de ces réseaux de collaboration est un des enjeux actuels de la recherche en techno-économie.

Dans le cadre de problématiques d'intérêt global (arrivée de l'homme moderne en Europe, relation hommes-milieux dans le contexte du réchauffement postglaciaire, néolithisation...), l'arc Liguro-provençal et, au-delà, le Sud des Alpes et les Apennins, constituent un espace privilégié pour la mise en œuvre de programmes d'études pétro-archéologiques. En effet, contrairement aux grands bassins sédimentaires où la monotonie et la distribution continue des matériaux siliceux constituent un obstacle à la détermination très précise des approvisionnements préhistoriques, ces régions livrent des ressources variées et à répartition discrète. L'existence de ressources fortement contrastées (d'âges géologiques et de milieux de formations différents) couplée à l'existence d'une démarcation géologique majeure (contact entre les plaques eurasienne et apulienne) donnent accès à un très bon niveau de précision dans la caractérisation des territoires d'approvisionnements préhistoriques.



Les rencontres *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée* avaient ainsi pour objectifs principaux de dresser un état des lieux sur les ressources siliceuses entre Rhône et Apennins aussi bien pour ce qui concerne les référentiels et bases de données que pour ce qui concerne les développements archéologiques, mais aussi de prendre acte des évolutions

méthodologiques les plus récentes et mettre en perspective leur dissémination au sein de la communauté scientifique concernée. Il s'agissait plus précisément de diffuser un bilan général des connaissances actuelles sur les matières premières lithiques au sud des Alpes en France et en Italie, de présenter et échanger autour des résultats importants obtenus ces dernières années dans le cadre des études prenant appui sur ces référentiels et d'identifier les verrous et perspectives de la recherche dans ces domaines au cours des prochaines années.

La séance qui s'est tenue du 28 au 30 mars 2013 à la Maison des sciences de l'homme et de la société Sud-Est (Nice) sous les auspices de la Société préhistorique française, a réuni près de quatre-vingts participants – intervenants et auditeurs – provenant de différentes régions de France, d'Italie et de Suisse. Le présent volume restitue la plupart des communications présentées.

La première partie du volume est consacrée à la présentation de référentiels constitués ou en cours de constitution au sud des Alpes occidentales : arc liguro-provençal (A. Tomasso *et al.*; F. Negrino *et al.*) et Lombardie (G. Martino *et al.*). Une synthèse des formations à silex dans le Nord de la péninsule italienne (S. Bertola) offre une vision d'ensemble des connaissances et des enjeux de la recherche dans cette aire géographique. L'article de P. Rostan et É. Thirault présentent le cas particulier des gîtes de quartz hyalin à l'ouest des Alpes. Cette partie est conclue par la contribution de P. Fernandes *et al.* qui exposent un programme de recherche en cours constituant une perspective majeure pour les années qui viennent.

La seconde partie du volume est dédiée aux résultats archéologiques liés à l'exploitation des référentiels. Ces contributions embrassent un large espace géographique et concernent une grande partie des périodes de la Préhistoire : Moustérien de Ligurie (E. Rossoni-Notter et P. Simon) et du Sud de l'Italie (F. Romagnoli *et al.*); Paléolithique supérieur des Alpes du Nord (L. Mevel et J. Affolter), Sauveterrien du Nord-Est de l'Italie (U. Wierer et S. Bertola), Néolithique d'Italie du Sud (I. M. Muntoni *et al.*), de Corse (C. Bressy-Leandri) et du Sud-Est de la France (D. Binder) et âge du Cuivre en Italie centrale (A. Moroni *et al.*).

Constituant une des opérations du projet collectif de recherche « Évolutions, transferts, interculturalités dans l'arc liguro-provençal : matières premières, productions, usages, du Paléolithique supérieur à l'âge du Bronze ancien (ETICALP) » (dir. D. Binder), ce colloque a bénéficié pour son organisation du soutien du ministère de la Culture et de la Communication (direction régionale des Affaires culturelles, service régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte d'Azur), du CNRS et de l'université Nice Sophia Antipolis (UMR « CEPAM ») et du label scientifique de l'Université franco-italienne.

Ce colloque a été pensé comme une étape dans la perspective d'une mise en réseaux des acteurs de la recherche traitant des matières premières siliceuses en Préhistoire à l'échelle européenne. Cette dynamique trouve sa continuité dans la mise en place d'un groupe de

recherche (groupe « SILEX ») qui s'est fixé pour ambition d'harmoniser les méthodes d'analyse, de synthétiser les connaissances à une large échelle et d'assurer par différentes voies la dissémination des méthodes et des résultats, tout en veillant à développer un ancrage interdisciplinaire dans les champs croisés des géosciences et de la paléolithologie



Comité éditorial

- Antonin TOMASSO, docteur, université Nice Sophia Antipolis et Pise, UMR « CEPAM », Nice;
- Didier BINDER, directeur de recherche, CNRS, UMR « CEPAM », Nice;
- Gabriele MARTINO, collaborateur de la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Liguria;
- Guillaume PORRAZ, chargé de recherche, CNRS, UMIFRE « IFAS », Johannesburg;
- Patrick SIMON, directeur du musée d'anthropologie préhistorique de Monaco;
- Nicolas NAUDINOT, maître de conférences, université Nice Sophia Antipolis, UMR « CEPAM », Nice.

Comité scientifique

- Jean-Philippe FAIVRE, chargé de recherche, CNRS, UMR « PACEA », Bordeaux;
- Jean-Marc LARDEAUX, professeur, université Nice Sophia Antipolis, UMR « GEOAZUR », Nice;
- Vanessa LÉA, chargée de recherche, CNRS, UMR « TRACES », Toulouse;
- Roberto MAGGI, conservateur honoraire du Patrimoine, Direzione regionale per i beni culturali e paesaggistici della Liguria, Genova;
- Gregor MARCHAND, directeur de recherche, CNRS, UMR « CREAACH », Rennes;
- Liliane MEIGNEN, directrice de recherche émérite, CNRS, UMR « CEPAM », Nice.

PREMIÈRE PARTIE
RESSOURCES LITHIQUES
ENTRE ALPES ET MÉDITERRANÉE



Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée
Actes de la journée de la Société préhistorique française de Nice, 28-29 mars 2013
Textes publiés sous la direction de
Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,
Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT
Paris, Société préhistorique française, 2016
(Séances de la Société préhistorique française, 5)
p. 11-66
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-64-4

Entre Rhône et Apennins : le référentiel MP-ALP, matières premières de Provence et de l'arc Liguro-provençal

Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO,
Guillaume PORRAZ et Patrick SIMON

avec la collaboration de Michèle BARBIER, Maryse BLET-LEMARQUAND, Mario DINI †,
Raphaëlle GUILBERT, Vanessa LÉA, Jean MILLOT, Caroline SIMONUCCI et Carlo TOZZI

Résumé : Le référentiel MP-ALP est le résultat d'un travail de prospection thématique initié dans les années 1990. Plusieurs campagnes de terrain dirigées par D. Binder entre 1991 et 1997 et soutenues par le ministère de la Culture (SRA PACA) ainsi que des prospections menées par P. Simon au cours de cette même période ont permis d'établir un inventaire des ressources siliceuses de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (France). Dans le cadre du projet collectif de recherche « ETICALP » initié en 2008, un récolement de ces deux bases de données et des nouvelles prospections en Provence orientale, Ligurie et Toscane septentrionale ont permis de compléter cet important référentiel qui compte aujourd'hui près de 900 points de collecte.

Un travail de description systématique des échantillons récoltés (un peu plus de 1 500) a été réalisé à l'échelle mésoscopique (loupe binoculaire), complété pour certaines formations par des études de lames minces et des analyses géochimiques. Ce travail a permis de caractériser les différentes ressources disponibles, majoritairement des silex, et de définir leurs critères de reconnaissance, leur variabilité ainsi que leur extension géographique. L'utilisation d'une classification hiérarchisée (famille, type, sous-type) permet d'articuler différentes échelles de description, depuis la formation géologique jusqu'au microfaciès siliceux. Appuyée par un système d'information géographique (SIG), cette base de données constitue un référentiel solide pour la détermination des matières premières exploitées au cours de la Préhistoire depuis la vallée du Rhône jusqu'aux Apennins.

Cet article présente un état des lieux de ce dispositif, toujours en cours de perfectionnement, ainsi qu'une définition des principales sources de matières premières de l'arc liguro-provençal.

Mots-clés : géomatières, lithothèque, Provence, Ligurie, Apennin toscano-émilien, approvisionnement, pétroarchéologie

Abstract: The geological data bank MP-ALP is the result of a series of thematic surveys that were initiated during the 1990s. Several field campaigns directed by D. Binder (CNRS, CEPAM) were carried out between 1991 and 1997 with the support of the French Ministry of Culture (SRA PACA). During the same period, surveys were conducted by P. Simon (musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco). These field campaigns made it possible to create an inventory of the siliceous rocks of the Provence-Alpes-Côte-d'Azur region (France). On the occasion of the 'ETICALP' project initiated in 2008 these two databases were combined and additional geological surveys were carried out in Eastern Provence, Liguria and Northern Tuscany. Currently, the completed data base includes samples stemming from about 900 outcrops, predominantly hosting flint (fig. 3).

A systematic description of the collected samples (slightly more than 1,500) was carried out at a mesoscopic scale (stereo microscope), supported in some cases by thin sections and geochemical analyses. This work enabled us to describe the various sources available in the area and to define their criteria of determination and their variability as well as their geographic distribution. The classification (group, type, subtype) covers different scales of characterisation, ranging from the geological formation to the siliceous microfacies. This database, incorporated into a GIS system, is a valuable reference system that makes it possible to locate the rock sources exploited by the prehistoric groups settling in the Ligurian-Provençal basin.

The Ligurian-Provençal basin (fig. 1) defines a specific geomorphological setting, a narrow corridor of about 400 km long squeezed between the Alps (to the north), the Mediterranean Sea (to the south), the Rhône valley (to the west) and the Apennine Mountains (to the east). This area is of particular interest for prehistoric studies, as it hosted one of the two migration routes bypassing the Alps. Given the great diversity of the local geological formations (fig. 2), it is possible to trace regional population shifts (i.e. based on the spatial

distribution of their artefacts) with a fairly high resolution and to discuss their significance with regard to territorial organisation, human interactions and temporal changes. However, the aim of the present study is not to discuss the archaeological examples in more detail but rather to highlight the analytical background on which these raw-material studies are based.

A major analytical aspect focuses on the lithological contrasts that characterise the Ligurian-Provençal basin. These contrasts are expressed in terms of both raw-material suitability and availability. As a general picture, the two margins of our area of study (i.e. Western Provence and Eastern Liguria), which host abundant sources of highly suitable raw materials, can be contrasted with the central area (Eastern Provence and Western Liguria) characterised by greater diversity and varying qualities. The following descriptions focus on the siliceous sedimentary rocks of the Ligurian-Provençal basin and do not take into account the volcanic and metamorphic formations that were exploited only occasionally by prehistoric populations.

Western Provence is the most intensively studied and best-known area. In this sector two main limestone flint-bearing formations can be distinguished, i.e. the Cretaceous and the Oligocene formations. These two flint sources (called in the literature 'honey-coloured' flint and 'banded' flint respectively) are well-known for their intensive and standardised exploitation during the Neolithic, leading to their circulation over several hundreds of kilometres. The Cretaceous flints are represented by four main families which display differing spatial distributions (fig. 5 and fig. 6): Urgonian Bedoulian flint, Bedoulian flint from Montgervis, Aptian flint from Evenos and Bedoulian flint from Châteauneuf-les-Martigues. These flints vary widely as regards their colours (ranging from yellow to greyish to bluish) and the inclusions. Nonetheless, they can be broadly characterised by a massive structure, a ψ -mudstone texture and the presence of small detrital quartz and spicules (fig. 7 and fig. 8). Furthermore, the Oligocene (fig. 10) and Eocene formations also contain flint deposits. These tertiary flints are mainly located in north-western Provence (fig. 9) and correspond to lacustrine deposits. Although their intra-variability is significant, these two formations can be easily distinguished in most cases. They differ with regard to their structure (often banded for the Oligocene flint), texture (often ψ -packstone for the Eocene flint), detritism and the inclusion of microfossils.

The geological formations of Eastern Liguria contrast strongly with those of Provence. As a matter of fact, the Jurassic formations of the Apennine Mountains occur as thick sedimentary deposits that formed under deep water, and they contain frequent and abundant radiolarians and foraminifers. In Eastern Liguria two main raw materials are available: radiolarites and Maiolica flints. These red-, green- or grey-coloured radiolarite rocks were intensively exploited during Palaeolithic times, with evidence of long-distance circulations (> 200 km) dated to the Middle Palaeolithic period. Three main families can be distinguished: the radiolarites from Liguria and Emilia-Romagna, the radiolarites from La Spezia, and the radiolarites from the province of Livorno (fig. 11). While these families are not always clearly distinguishable (all these radiolarites are mostly composed of radiolarian tests), differences regarding fossil preservation and siliceous matrix are sometimes indicative of a specific provenance area (fig. 12 and fig. 13). The flint sources of the Maiolica formation, mostly of grey colour, sometimes pinkish to brownish, are mainly located in Emilia-Romagna (fig. 14). These flints are characterised by a ψ -mudstone texture and the presence of radiolarians, and some of them have a banded structure (fig. 15, nos. 1 to 4). Within the Maiolica formations, cherty limestones also occur (*calcare con selce*). These are clearly recognisable thanks to the presence of radiolarians and spicules as well as foraminifers (fig. 15, nos. 5 and 6).

Eastern Provence and Western Liguria are relatively poor as regards fairly suitable raw materials. The Upper Var region of Eastern Provence constitutes an exception. In this region abundant and high quality flints are available from both primary and secondary contexts (fig. 16). Among these formations it is worth mentioning the Turonian flints (fig. 17, nos. 5 and 6), characterised by a ψ -packstone texture, the presence of spicules, detrital quartz and glauconic grains, and Valanginian flints (fig. 17, nos. 2 to 4), with a ψ -wackestone texture, detrital quartz and abundant degraded bioclasts. In addition, numerous tertiary flints are available, from the Eocene (fig. 18, nos. 1 to 4), the Miocene (fig. 19, nos. 5 and 6) and the Oligocene formations (fig. 19, nos. 1 to 4). Although all these are lacustrine flints, they can be easily distinguished thanks to their different signatures with regard to structure, texture and bioclasts.

Further south from the Upper Var the Jurassic formations occur (fig. 20) that contain oolitic flints of the Bajocian (fig. 21, no. 1) as well as the flints of the Kimmeridgian formations (fig. 21, nos. 2 to 6). These latter, mostly of greyish colour, can be of good quality, though they have been significantly affected by the tectonic processes. They are characterised by a ψ -wackestone texture and by the presence of diversified bioclasts such as spicules and calpionelles.

Finally, to complete this general overview of the main flint sources in the Ligurian-Provençal basin, the rich outcrop of I Ciotti, right on the French-Italian border (fig. 22) should be mentioned. This Eocene conglomerate including abundant flint pebbles is well-known because of its location right at the top of the Balzi Rossi area, where several sites such as the Mochi rock-shelter, Fanciulli cave and Principe cave are located. The I Ciotti flints belong to different formations and present significant variability, although most of them correspond to bioclastic lacustrine flints (fig. 22, nos. 4 and 5). They can be banded, with various textures, and often present fissures. In general, the I Ciotti flints are raw materials that are not very suitable for knapping.

As is the case for all these projects aiming at cataloguing and disseminating their results to the scientific community, our work is still in progress. However, we already have a large geological collection that has been built up over the last three decades and that was greatly improved by the contributions of distinct specialists. For the future we have defined several lines of research that will help to improve our knowledge and to facilitate applications to archaeological contexts. Among these lines of research, we will focus in particular on the flint availabilities in secondary contexts and on some unnoticed occurrences that we identified recently. Finally, one of the main scopes of such an analytical tool is to strengthen collaboration and exchange on a local scale, between scientists from Provence and Liguria, but also at a larger scale and in particular with colleagues from adjacent regions.

Keywords: raw materials, rock collection, Provence, Liguria, Tosco-Emilian Apennines, procurement, petroarcheology.

LA CONSTITUTION d'un référentiel géologique – ou lithothèque – est l'étape préalable à toute réflexion d'ordre techno-économique et ce, quelle que soit l'aire géographique considérée. L'emprise d'un tel référentiel se veut forcément large et fixer ses limites relève parfois d'un caractère arbitraire, l'étendue des territoires préhistoriques pouvant difficilement être fixée *a priori*. Il suffit ainsi d'évoquer certaines circulations exceptionnelles sur plusieurs milliers de kilomètres (Perlès, 1990; Courtin et Binder, 1994) pour prendre la mesure de l'enjeu et des défis associés à la création d'un tel référentiel.

Ces distances maximales de transport varient en fonction des espaces habités et des organisations territoriales (Féblot-Augustins, 1997), mais aussi en fonction des grands systèmes techniques qui ont traversé la Préhistoire. Ainsi ces distances sont-elles généralement de quelques dizaines de kilomètres au Paléolithique ancien, de 100 km au Paléolithique moyen (Geneste, 1985 et 1988) et atteignent fréquemment plusieurs centaines de kilomètres au Paléolithique supérieur (Féblot-Augustins, 1997 et 2009) et au Néolithique (Binder, 1998). Ces normes techno-économiques admettent toutefois quelques exceptions remarquables : c'est le cas, par exemple, du Paléolithique moyen de Provence et de Ligurie où des circulations sur plus de 200 km ont pu être reconnues (Porraz, 2010). C'est précisément sur cette aire géographique que se porte notre attention.

L'arc liguro-provençal proprement dit délimite un espace physique qu'il est intéressant d'étudier du point de vue des modes de peuplement et d'interaction. En effet, cet espace incisé par une série de fleuves côtiers forme un véritable corridor littoral, voie de circulation et d'implantation privilégiée entre les reliefs alpins et la mer Méditerranée, la plaine du Pô et la vallée du Rhône. Ainsi l'étude de cet espace est pertinente en ce qui concerne la question du passage Paléolithique moyen – Paléolithique supérieur, qui semble marqué régionalement par une période d'abandon (*e. g.* Mochi : Grimaldi *et al.*, 2014; Porraz *et al.*, 2010) alors même que des faciès de transition se développent de part et d'autre de l'arc liguro-provençal. De la même manière, pour les périodes plus récentes se pose la question de la délimitation et des interrelations entre les unités chronoculturelles occidentales (Solutréen-Badegoulien-Magdalénien-Azilien) et orientales (Épigravettien). Dans la continuité de ces questions apparaît au début de l'Holocène celle de la définition du premier Mésolithique et de ses relations avec les dernières industries du Paléolithique supérieur. Au Néolithique, au début du VI^e millénaire, cette zone accueille les toutes premières implantations pionnières de l'Impressa-Cardial (Binder, 2013).

Ces spécificités régionales pour l'étude des peuplements sont valorisées par une répartition des ressources différenciée dans l'espace, facilitant ainsi la lecture du déplacement des biens et des personnes. En outre, qu'elles soient au cœur ou en marge de cet espace, certaines matières premières s'avèrent d'une importance qui dépasse largement le cadre régional. C'est le cas, par exemple, des silex du Bédoulien du Vaucluse, exploi-

tés au Néolithique dans le cadre de schémas opératoires exigeants et intégrés dans des réseaux de diffusion sur plusieurs centaines de kilomètres (Binder, 1987 et 1998; Léa, 2004; Léa *et al.*, 2012). C'est également le cas des silex oligocènes du bassin d'Apt-Forcalquier qui ont circulé sous la forme de grandes lames au Gravettien (Onorati *et al.*, 2011) ainsi qu'au Néolithique moyen et final (Binder, 1984; Renault, 1998).

Le travail nécessaire à l'établissement d'un tel référentiel est assez considérable, depuis les prospections jusqu'à la description des échantillons, la formalisation des types et la création d'un système de bases de données facilement manipulable et accessible. C'est le résultat de ce travail – toujours en cours – qui est présenté ici. La méthodologie suivie pour l'établissement du référentiel sera rapidement décrite avant de présenter les ressources régionales telles qu'elles sont perçues aujourd'hui. Une présentation sous la forme d'un catalogue exhaustif n'aurait qu'un intérêt limité, notamment en raison des corrections et modifications qu'il convient d'opérer en permanence dans l'architecture des types. Nous lui préférons donc une vue synthétique s'attachant à présenter les grands ensembles lithologiques régionaux, l'état de nos recherches et les problèmes soulevés.

L'ARC LIGURO-PROVENÇAL : PRÉSENTATION DU CADRE ET HISTORIQUE DES RECHERCHES

Un espace géologique compartimenté pour des ressources siliceuses contrastées

L'arc liguro-provençal (fig. 1) appartient, géologiquement parlant, à un espace particulier limité à l'ouest par la vallée du Rhône, au nord par les Alpes, à l'est par les Apennins et au sud par la mer Méditerranée. Il forme une bande côtière plus ou moins étroite, dont les variations au cours du Pléistocène ont été limitées par la faible extension régionale du talus continental. Cet espace géographique particulier est caractérisé par d'importants contrastes de relief et des influences à la fois alpines et méditerranéennes à l'origine d'une mosaïque de milieux (littoral, avant-pays alpins, vallées, reliefs montagneux).

Ces milieux s'inscrivent dans un espace géologique contrasté qui voit se succéder d'est en ouest des unités structurales bien distinctes (fig. 2). À chacune de ces unités correspondent des ensembles lithologiques, eux-mêmes différents, et, par conséquent, des ressources lithiques potentiellement variées. Cette compartimentation est une des caractéristiques de notre aire d'étude. Ainsi, à l'opposé de certains bassins sédimentaires marqués par des convergences pétrographiques à grande échelle, l'arc liguro-provençal se décompose en une série d'espaces géologiques qui, par nature, ne peuvent livrer les mêmes types de matières premières. Ainsi, les chaînes alpines à l'ouest correspondent à de puissantes formations du Crétacé. L'unité Maure-Estérel est un vaste espace de dépôts



Fig. 1 – Localisation de l’aire d’étude.
Fig. 1 – Location of the area under study.

volcaniques effusifs daté du Permien, extension continentale des unités que l’on retrouve en Corse. Au cœur de la Provence orientale, l’unité des Alpes externes vient chevaucher les chaînes alpines amenant en contact discordant une succession Jurassique-Crétacé sur le Crétacé autochtone. Les Alpes internes formées d’unités ophiolitiques seront nécessairement un médiocre pourvoyeur de roches siliceuses et c’est dans les formations des Apennins que nous retrouverons les formations de milieux océaniques profonds (radiolarites, siltites, calcaires néritiques, etc.) livrant des matériaux siliceux à grain fin. Ces entités forment donc nos principales unités de lecture même si certains dépôts récents, bassins lacustres tertiaires notamment, viennent compliquer ce schéma structural.

Bref historique des recherches

Les premières études s’intéressant aux matières premières dans la région ont été réalisées dans le contexte d’analyses de *site catchment* effectuées à l’occasion de fouilles ou d’études de sites archéologiques particuliers (R. Brandi à l’occasion des fouilles de sauvetage de J. Courtin à Châteauneuf-les-Martigues, Font des Pigeons en 1979; C. Stouvenot à l’occasion des fouilles de J. Jaubert à Saint-Antoine de Vitrolles en 1986-1988 puis en 1995-1996). Ces recherches ont donné lieu à des

collectes raisonnées mais n’ont pas toujours été suivies d’analyses ni de publications. De même, des travaux de pétroarchéologie conduits dans des régions limitrophes ont pu concerner à la marge les formations provençales (Masson, 1981; Affolter *et al.*, 1999; Affolter et Grunwald, 1999; Bressy *et al.*, 1999; Riche, 1999; Affolter, 2002; Bintz et Bressy, 2002; Riche et Féblot-Augustins, 2002; Bressy, 2003). Enfin, l’aire ligure a bénéficié de descriptions ponctuelles en marge de travaux centrés sur le Piémont (Fedele et Giraudi, 1978; Negrino *et al.*, 2006) ou d’un début de maillage systématique (Negrino, 2003; Negrino et Starnini, 2006 et 2010).

Le référentiel MP-ALP résulte de recherches entamées au début des années 1990 dans deux projets de recherche, d’abord autonomes, puis fédérés au sein du projet collectif de recherches (PCR) « ETICALP » à partir de 2009.

Plusieurs campagnes de prospections thématiques dirigées par D. Binder entre 1991 et 1997 ont permis de constituer une collection de référence couvrant l’ensemble de la région Provence-Alpes-Côte d’Azur (Binder, 1991; Binder et Guilbert, 1994; Binder *et al.*, 1997). Ce référentiel (MP-PACA) a alimenté plusieurs travaux universitaires et publications dédiés spécifiquement à la question des géomatériaux d’une part (Barbier, 1996; Blet, 1999; Blet *et al.*, 2000; Simonucci, 2000), et à des réflexions d’ordre techno-économique d’autre part (Guil-

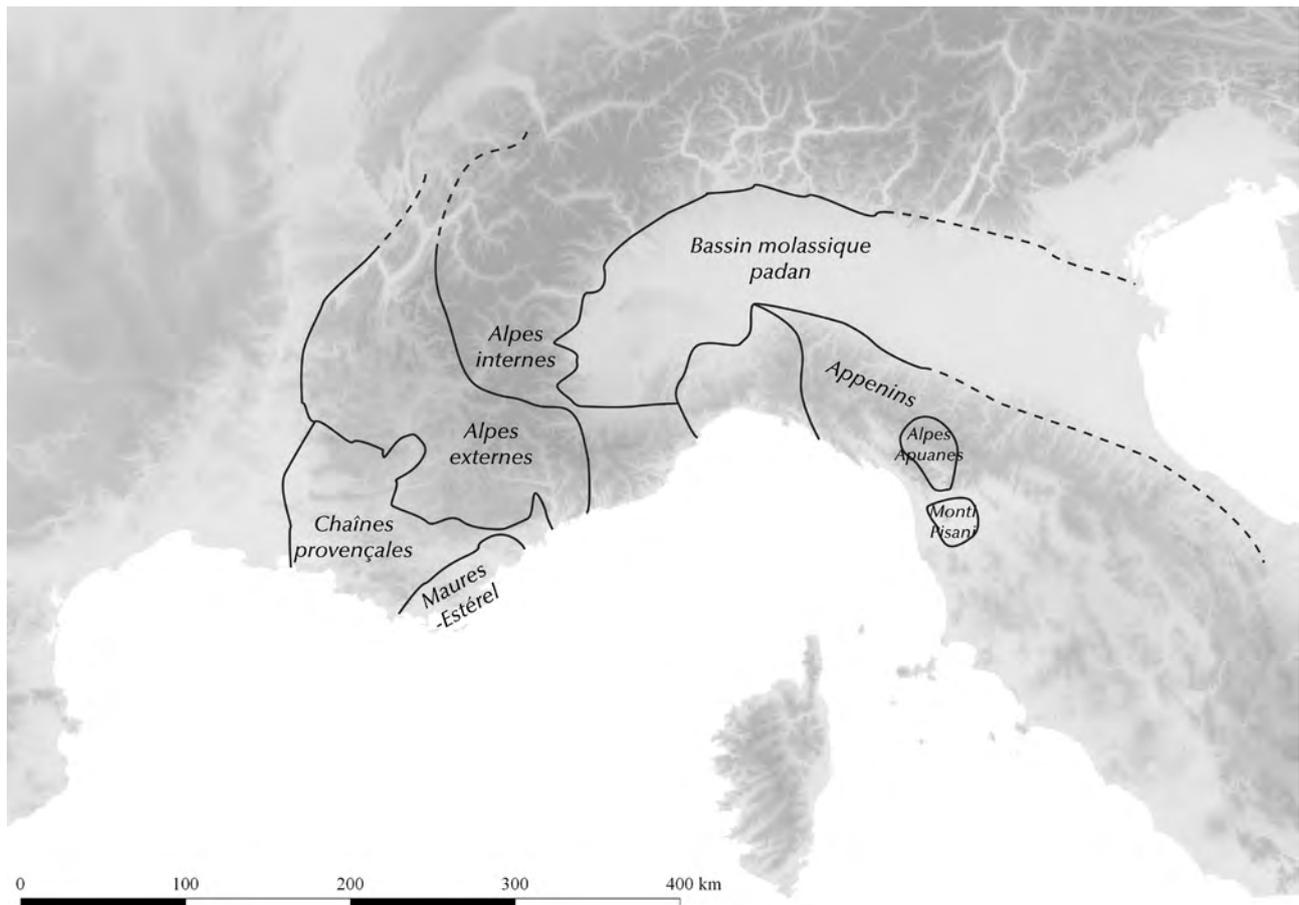


Fig. 2 – Schéma structural simplifié de l'arc liguro-provençal (redessiné d'après Lemoine *et al.*, 2008).
 Fig. 2 – Simplified structural scheme of the Ligurian-Provençal arc (redrawn after Lemoine *et al.*, 2008).

bert, 2000 ; Porraz, 2005). Ces études ont précisé certains aspects cartographiques et enrichi la collection de référence. Si la démarche de prospection s'est voulue systématique, elle a toutefois accordé une place particulière aux ressources de Provence occidentale (silex bédouliens et silex tertiaire du bassin de Forcalquier) qui occupent une place centrale dans les approvisionnements en matières premières lithiques au cours de certaines phases chronoculturelles (Binder, 1998 et ce volume ; Renault, 1998 ; Onoratini *et al.*, 2011).

Parallèlement, P. Simon a constitué une collection de référence, conservée au musée d'anthropologie préhistorique de Monaco. Cette collection qui couvre une même aire géographique, complète utilement le précédent référentiel en accordant une attention plus grande aux ressources de Provence orientale, de Ligurie occidentale et, dans une moindre mesure, d'Italie du Nord. Ce référentiel a également servi de base à plusieurs études régionales relatives aux approvisionnements en matières premières lithiques (Onoratini *et al.*, 2007 et 2011 ; Rossoni-Notter, 2011 ; Rossoni-Notter et Simon, ce volume).

La confrontation et la mise en commun de ces deux référentiels régionaux a débuté en 2008 dans le cadre du PCR « ETICALP » et a été accompagnée de nouvelles prospections destinées à vérifier et compléter certaines données et localisations de terrain. Ces prospections se

sont orientées vers les disponibilités de Provence orientale d'une part, vers l'aire ligurie et nord-toscane d'autre part. L'élargissement de la lithothèque vers les matériaux italiens, régulièrement identifiés dans les séries provençales paléolithique et néolithiques (Onoratini *et al.*, 2007 ; Porraz, 2010 ; Tomasso *et al.*, 2014) est venu utilement compléter le référentiel existant et s'ajouter aux prospections d'ores et déjà engagées par nos collègues italiens (Cipriani *et al.*, 2001 ; Rinaldi, 2009). C'est dans le cadre de ce même PCR « ETICALP » qu'a été entreprise la description systématique des échantillons (900 gîtes, 1 600 échantillons décrits à ce jour : fig. 3) ainsi que la définition de lithotypes.

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie afférente aux prospections géo-archéologiques et à la description des matières premières siliceuses tend à s'homogénéiser progressivement après avoir fait l'objet de débats importants (pour une synthèse autour de ces discussions voir notamment : Turq, 2005 ; Fernandes, 2012). Pour autant, certaines adaptations régionales sont toujours de mise, et il nous semble donc opportun de rendre compte, brièvement, de la manière dont a été constitué et traité ce référentiel.

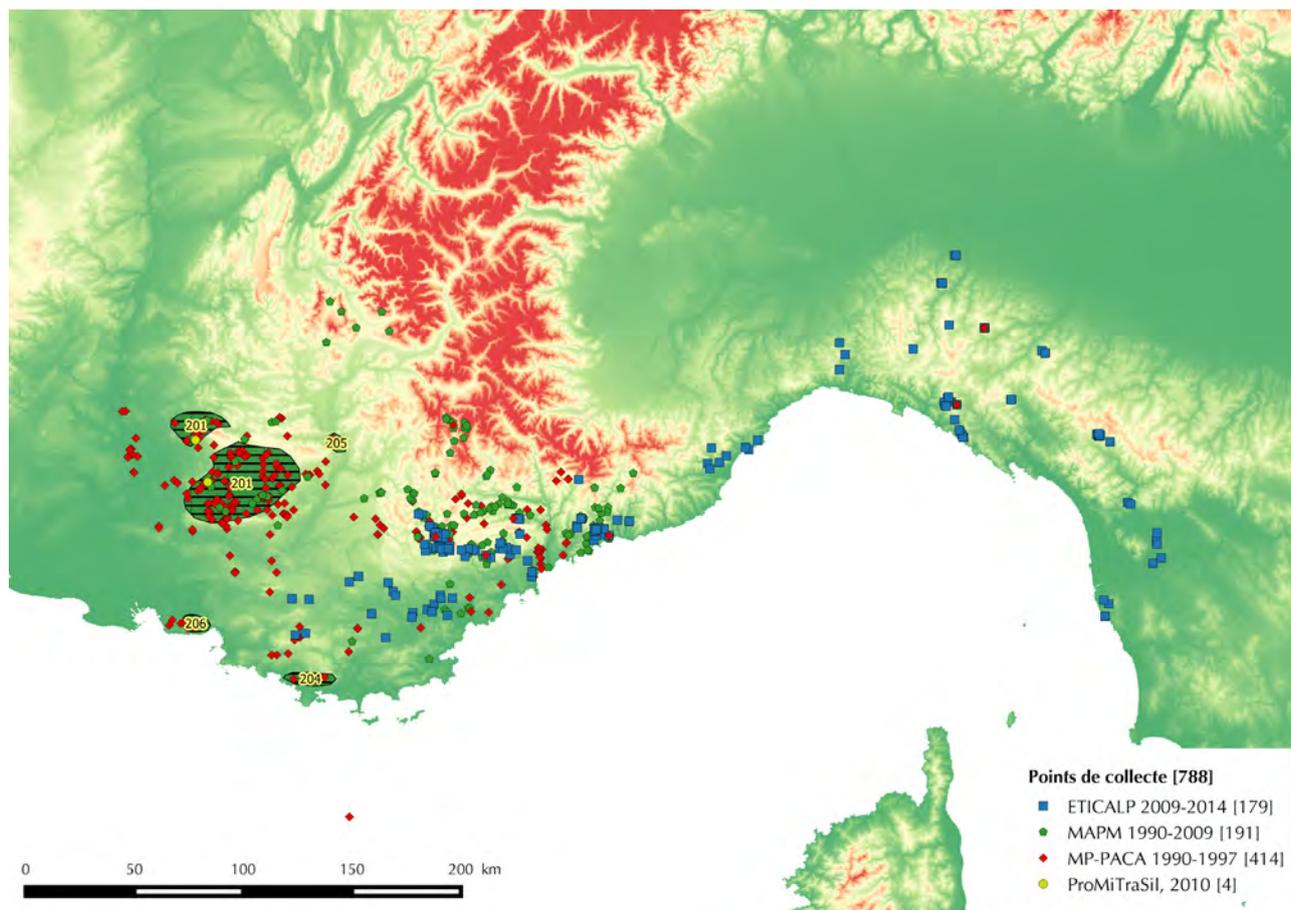


Fig. 3 – Cartographie des points de collecte du référentiel à l'issue des différentes campagnes de prospections.

Fig. 3 – Map showing the points in which samples were collected during several survey campaigns to build up the referential.

Méthodes de prospection et d'échantillonnage

Les prospections ont été réalisées selon deux stratégies complémentaires. Dans un premier temps, il s'est agi d'établir une cartographie générale et d'identifier les principales ressources de l'aire d'étude par une prospection systématique des formations potentiellement pourvoyeuses de géomatériaux siliceux. Ces prospections se sont appuyées sur les informations issues des cartes et de la littérature géologique ou archéologique et sur des indications fournies par les prospecteurs locaux. Dans un second temps, des campagnes de terrain ciblées sur une ou plusieurs formations stratigraphiques ont été conduites afin de préciser l'étendue et la variabilité des principales ressources.

Les gîtes sont localisés au GPS et une fiche descriptive accompagnée par une documentation photographique est renseignée sur le terrain. Un échantillonnage important est effectué afin de décrire au mieux la variabilité des silex disponibles. Quand plusieurs formations géologiques sont présentes dans un même lieu, elles sont individualisées comme autant de gîtes différents et font l'objet d'échantillonnages séparés. En laboratoire, les blocs sont photographiés et une part significative est débitée, chaque bloc étant traité comme une entité indépendante. L'objectif de cette réduction est de

disposer d'une large gamme d'échantillons, représentatifs des différentes zones du même bloc et comparables aux objets archéologiques. Les prélèvements restants sont stockés à toutes fins utiles. Chaque gîte reçoit un numéro d'inventaire composé du numéro de la carte géologique correspondante (au 1/50 000 en France, au 1/100 000 en Italie) et d'un numéro d'ordre unique. Les différents blocs sont codés par une lettre, et un numéro de série quand plusieurs échantillonnages sont réalisés au même point.

Description des échantillons

La description systématique des échantillons est réalisée à la loupe binoculaire. Elle suit une grille descriptive classiquement utilisée en pétro-archéologie (Masson, 1981; Bressy, 2003; Porraz, 2005; Turq, 2005; Fernandes, 2012). Nous ne décrivons que rapidement ces différents critères et renvoyons aux publications précitées pour des descriptions plus détaillées.

Chronologiquement, le premier critère défini est l'aptitude à la taille. Cette donnée importante, mais difficile à apprécier objectivement, est évaluée ici sur une échelle simple de 0 à 4 n'ayant pour but que de donner une idée générale de la qualité des blocs. Elle est établie comme suit :

0 : totalement inutilisable (fracture non-conchoïdale, incontrôlable);

1 : possibilité de produire des éclats, impossibilité de mettre en place un schéma ordonné (dimensions trop faibles, fractures incidentes, fragilité du matériau, etc.);

2 : possibilité de produire des éclats et de mettre en place des séquences ordonnées;

3 : possibilité de débiter des éclats et des lames et de maîtriser des débitages complexes;

4 : matériaux permettant la mise en place de tous les schémas opératoires, y compris les plus exigeants.

Dans la pratique, nous distinguons généralement trois niveaux d'aptitudes : inutilisable (0); médiocre (1 et 2) et bon ou très bon (3 et 4).

Une série de descripteurs est liée à l'aspect des silex. Ils sont établis à l'œil nu et n'ont pas de réelle valeur diagnostique. Ils constituent au mieux une première indication, même s'ils peuvent s'avérer trompeurs en raison des différentes altérations que peut subir un silex au cours du temps. Leur appréciation restant fortement liée à l'observateur, ils sont difficiles à systématiser. La couleur est un élément très variable et une description fine (par exemple en utilisant une charte) n'apporte en réalité aucune précision utile. La simple mention de la couleur dominante semble suffisante pour décrire l'aspect général de la roche. La description de la trame peut renseigner sur les variations éventuelles de la couleur (uniforme, tacheté, marbré, etc.). Le grain qui décrit la finesse de la roche à l'échelle macroscopique peut être fin, moyen ou grossier. La cassure décrit la surface de fracture de la roche; elle peut être lisse, plus ou moins rugueuse, esquilleuse, chagrinée ou irrégulière; dans ce dernier cas, le matériau est généralement inexploitable. La brillance est un élément d'aspect très variable avec l'altération, nous distinguons deux valeurs, mat ou brillant. La transparence (translucide, semi-translucide ou opaque) est évaluée à partir des éclats relativement fins. C'est encore un caractère très variable et rarement très informatif en lui-même. Enfin, le toucher décrit la sensation au contact du matériau sur des surfaces débitées; il peut être sec, neutre ou gras.

Les critères permettant d'établir un diagnostic s'établissent à un autre niveau de description et nécessitent l'utilisation d'une loupe binoculaire (stéréo-microscope). Pour désigner cette échelle nous utilisons le terme « mésoscopique » qui permet de bien marquer la distinction avec les échelles macroscopique (œil nu) et microscopique (microscope optique).

Le premier caractère, et peut-être le plus utilisé, est la texture entendue au sens de R. J. Dunham (Dunham, 1962). Il décrit l'arrangement et les proportions entre les différents grains ainsi que la présence ou l'absence d'une boue micritique. Plusieurs catégories de texture sont alors distinguées, la quantification du détritisme étant établie en utilisant des chartes d'abondance. La classification de Dunham, conçue à l'origine pour la description des roches carbonatées, n'avait pas pour objectif de décrire les accidents siliceux (silex ou autre) et autres roches siliceuses (radiolarites par exemples). Son utilisation dans ce contexte, introduite avec raison par A. Masson (Mas-

son, 1981), repose sur un glissement sémantique, justifié particulièrement dans le cas des accidents siliceux par le fait que la texture est héritée de celle de la roche encaissante. La réalité de cette conservation ne doit pas masquer le fait que le processus de silicification n'est pas strictement homomorphe et qu'une part au moins des éléments détritiques est transformée. La texture apparente est donc modifiée par le processus de silicification, généralement dans le sens d'un relâchement (un calcaire *wackestone* peut donner un silex *mudstone*). Cette évolution de la texture revêt une certaine importance puisqu'elle limite l'interprétation en termes de dynamique de dépôt. Nous proposons donc de parler de pseudo-texture (ψ -texture) afin d'assumer à la fois la prise en compte de la matrice siliceuse au lieu de la boue micritique, et la notion d'évolution de la structure liée au processus de silicification. Les termes employés pour décrire les textures seront alors les suivants :

ψ -*mudstones*, dominés par la matrice siliceuse et contenant moins de 10% d'éléments détritiques identifi-
fiables;

ψ -*wackestones*, dominés par la matrice siliceuse mais contenant plus de 10% d'éléments détritiques non-jointifs;

ψ -*packstones*, dominés par des éléments détritiques non-jointifs;

ψ -*grainstones*, dominés par des grains jointifs.

La seconde classification habituellement utilisée pour les roches sédimentaires est la classification de R. L. Folk (Folk, 1959 et 1962) qui s'attache à décrire la nature de la boue carbonatée et des grains dominants dans la roche. La classification est établie à deux niveaux : en fonction de la nature du ciment carbonaté (sparite ou micrite) d'une part, et en fonction de la nature des grains d'autre part. Les grains sont classés en grandes catégories : intraclastes, oolithes, pellets et bioclastes.

L'utilité de transposer cette seconde classification utilisée en sédimentologie à la description des silex n'est pas apparue aussi précocement que pour celle de Dunham. Une classification de ce type est proposée ponctuellement dans une étude de M. A. Bustillo et collaborateurs (Bustillo *et al.*, 2009) sans référence explicite à Folk mais suivant la même logique. Ces auteurs distinguent des silex à matrice dominée par le quartz; des silex opalins à matrice mixte d'opale et de quartz et des opales à matrice constituée principalement d'opale.

Nous avons nous-même repris la classification de Folk dans l'établissement des descriptions des types en établissant un parallèle entre la granulométrie dominante des cristallites dans la constitution de la matrice siliceuse et certains éléments perceptibles à l'échelle mésoscopique. Cette relation a été établie à partir de l'analyse en lames minces de plusieurs échantillons. Nous avons distingué, dans un parallèle assumé avec la classification de Folk, trois catégories de texture : les matrices microcristallines, les matrices mixtes, à dominante microcristalline et plages cryptocristalline plus ou moins étendues et les matrices cryptocristallines.

La définition de ces classes en lame mince ne pose aucun problème particulier. Sans que l'échelle méso-

scopique puisse être considérée comme déterminante, nous pensons qu'il existe un vrai parallèle avec une série d'éléments perceptibles à l'échelle microscopique. C'est en particulier la perception du grain, identifiable ou non à fort grossissement qui fournira un indice fiable : les matrices cryptocristallines ont un grain impossible à identifier au stéréomicroscope, à cette échelle, elles apparaissent amorphes. À l'inverse, les matrices microcristallines ont un grain perceptible au stéréomicroscope. Par extension, l'aspect des silicifications est largement commandé par la cristallisation de la matrice, les premières (cryptocristallines) tendant vers l'aspect d'un verre (toucher souvent gras, éclat vitreux, cassure lisse) alors que les secondes (microcristallines) tendent vers un aspect plus grenu (toucher souvent neutre ou sec, cassure plus ou moins rugueuse). La classification de Folk prévoit également la description des éléments figurés principaux que nous déclinerons selon la liste suivante : intraclastes, gravelles, oolithes, pelloïdes, bioclastes.

L'intérêt d'une classification selon un modèle hérité de Folk est double. Il permet de classer les silicifications en fonction de la nature de la matrice, ce qui revient à ne pas les considérer uniquement en regard du contexte de dépôt des sédiments d'origine, mais également du type de l'état de silicification. Ceci implique également que cette classification n'est pas alternative mais complémentaire à celle de Dunham. Pour éviter la confusion entre les deux textures nous parlerons de texture d pour la classification héritée de Dunham et de texture f pour celle adaptée de Folk.

La structure décrit le mode d'assemblage des phases du matériau, elle est massive pour un matériau homogène, micro-litée, varvée, micro-bréchique, hétérogène ou caverneuse. Ce caractère est étroitement lié à la fois

aux modes de dépôt originels de la roche (profondeur, dynamismes, etc.) et aux processus de silicification. Elle peut être perturbée par des figures sédimentaires héritées et par des cristallisations secondaires de différentes natures (micro-géodes, veines, etc.).

Le granoclassement décrit la variabilité de la granulométrie du détritisme. Ce caractère est en relation directe avec le dynamisme du milieu de formation. Nous parlerons de sédiment bien trié, moyennement trié ou mal trié pour des distributions respectivement unimodale, bimodale et plurimodale.

L'importance cruciale de la description du détritisme dans l'établissement de diagnostics précises n'est plus à démontrer. Alors que le détritisme minéral est très souvent limité aux quartz détritiques et plus exceptionnellement à d'autres minéraux comme la glauconie par exemple, le détritisme bioclastique peut être beaucoup plus variable. Il est porteur d'informations stratigraphiques parfois très précises (voir Séronie-Vivien, 2010). Il n'est évidemment pas possible ici de décrire les différents bioclastes qui peuvent être rencontrés. La description s'attache à en établir la nature, avec une échelle de précision très variable en fonction de l'état de conservation, de l'échelle de l'analyse (mésoscopique ou microscopique) et de la formation de l'observateur. Déterminer la famille d'un bioclaste constitue le niveau de détermination partagé par l'ensemble des pétro-archéologues mais travailler dans la précision pour identifier l'espèce précise nécessite l'intervention d'un spécialiste. En plus de la nature, plusieurs critères de description doivent être considérés. Pour le détritisme minéral, nous considérons l'abondance (en utilisant une charte d'abondance : fig. 4), la granulométrie ($< 62.5\mu\text{m}$, $< 1\text{mm}$, $< 2\text{mm}$, $> 2\text{mm}$), la sphéricité (forte ou faible) et l'éroulé (anguleux, intermédiaire

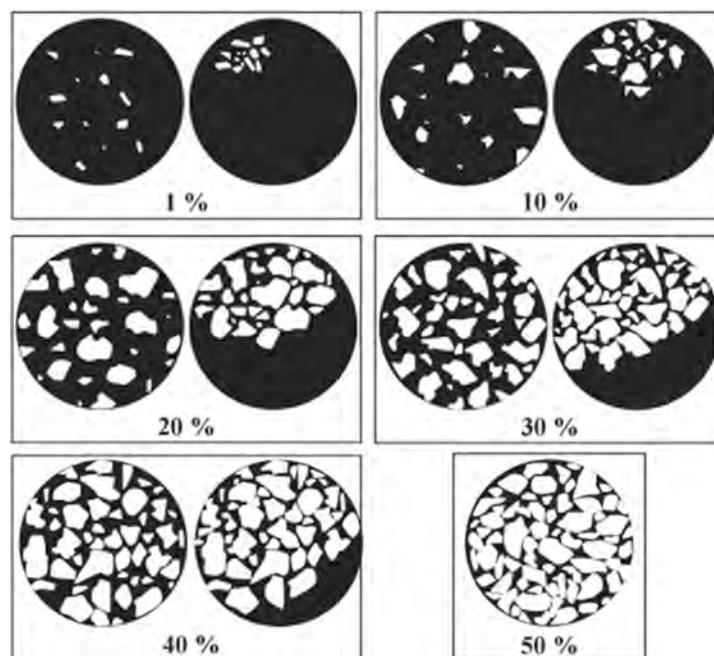


Fig. 4 – Charte d'abondance utilisée.

Fig. 4 – Chart of abundance used.

ou émoussé). Pour les bioclastes nous considérons les dimensions, l'état de conservation (net, épigénisé, diffus) et l'abondance.

La description du cortex est un élément important. Celui-ci est parfois un indice dans la détermination des faciès (cortex particulier de certaines formations) mais il constitue avant tout un élément de discussion des conditions gîtologiques. La position de ramassage et parfois certains gîtes particuliers sont déterminables sur la base d'une description des cortex et des surfaces naturelles. Nous avons peu développé ce point pour des raisons liées au référentiel lui-même et à la priorité donnée à la distinction des différentes formations plutôt qu'à la gîtologie. Nous décrivons donc la nature du cortex (type de cristallisations), son état (compact, pulvérulent, poreux), son épaisseur, sa couleur ainsi que la liaison (transition nette ou diffuse) entre le cortex et le silex et le contact avec le silex (régulier, mamelonné, liseré, microbréchiq, persillé, dendritique, irrégulier).

On notera que la description qui précède ne concerne évidemment que les roches sédimentaires. Les rares roches d'origine magmatiques aptes au débitage présentes dans notre aire d'étude sont décrites selon les méthodes qui leur sont classiquement dédiées en géologie ; elles ne posent pas de problème particulier d'un point de vue méthodologique.

Définition des types

La définition des types a été établie selon un modèle hiérarchisé. Il s'agissait d'organiser les données en fonction de grandes formations géologiques bien distinctes et fournissant une clé de lecture généralement efficace à grande échelle, tout en établissant des définitions précises à l'échelle micro-régionale ou au sein même d'une formation.

Nous avons donc distingué trois niveaux :

- la famille, qui correspond à une formation géologique de grande extension (par exemple : Bédoulien Urgonien de Provence occidentale, famille 201) ;
- le type, qui correspond à une première subdivision sur la base d'un ou deux critères fortement discriminants (texture, structure, etc.) ;
- le sous-type, qui constitue l'unité de base suivant au plus près la variabilité des silex.

La famille est codée par un nombre à trois chiffres (100 à 199 pour les formations nord-italiennes, 200 à 299 pour les formations secondaires de Provence, 300 à 399 pour les formations lacustres, etc.). Le type est noté par une lettre (A, B, ...) et le sous-type par un chiffre : par exemple, type 102A1 (famille 102, type A, sous-type 1).

L'ensemble des descriptions réalisées a été compilé dans une base de données utilisée via une interface Access depuis des données stockées sur un serveur. Cette base peut donc être consultée et éditée à distance par les différents utilisateurs. Elle réunit la description des gîtes, des échantillons, une documentation photographique et la définition des types établis.

LES RESSOURCES SILICEUSES DE L'ARC LIGURO-PROVENÇAL

Les ressources structurantes : un espace encadré par deux grands réservoirs

Les silex du Crétacé de Provence occidentale

Les formations calcaires du Barrémien et de l'Aptien (Crétacé inférieur) de Provence occidentale livrent des silex de qualité parfois excellente connus pour avoir été diffusés durant toute la Préhistoire sur des distances importantes, depuis le début du Paléolithique supérieur au moins. Les silex des calcaires du faciès Urgonien du Vaucluse prennent une importance toute particulière dans les systèmes de production néolithiques (Binder, 1998 et 2002) au sein desquels ils font l'objet de traitements thermiques (Binder, 1998 et 2002 ; Léa, 2004 et 2005 ; Roqué-Rosell *et al.*, 2011 ; Schmidt *et al.*, 2013). La place centrale qu'occupent ces silex dans ces approvisionnements néolithiques a motivé un effort particulier de caractérisation au travers de plusieurs travaux se focalisant sur la pétrographie (Barbier, 1996 ; Millot, 2011) ou la géochimie (Blet, 1999 ; Blet *et al.*, 2000).

Dans le contexte structural des chaînes provençales, la sédimentation crétacée est commandée par la mise en place d'un bassin sédimentaire profond désigné sous le terme de fosse vocontienne (Moullade, 1966 ; Porthault, 1974). Ce bassin sédimentaire s'ouvre dans un axe est-ouest et se divise en deux unités aux conditions légèrement différentes. Les différentes familles de silex du Barrémien et de l'Aptien se répartissent en fonction de cette paléogéographie crétacée (fig. 5) : les silex bédouliens urgoniens (201) correspondent aux milieux de talus et de la plateforme de la fosse vocontienne ; les silex bédouliens de Montgervis (205) sont issus de formations déposées au cœur de cette dernière ; les silex aptiens d'Evenos (204) et les silex bédouliens de Châteauneuf-les-Martigues (206) sont associés au bassin sud-provençal.

Les trois familles associées aux contextes de bassins ouverts (204, 205 et 206) sont bien localisées dans l'espace (fig. 6), elles sont aisément différenciables les unes des autres et ne présentent qu'une variabilité limitée. Le principal type des silex aptiens d'Evenos (204A1) est un ψ -*mudstone* à matrice mixte à pelloïdes, rares spicules et orbitolinidés très altérés (fig. 7, n^{os} 1 et 2). Les silex de la famille 205 sont pour leur part dominés par le type 205A1 : silex ψ -*wackestone* à matrice mixte à pelloïdes et à cristaux de pyrite automorphe parfois très abondants (fig. 7, n^{os} 3 et 4). Enfin, les silex de Châteauneuf-les-Martigues sont des ψ -*mudstone* à matrice microcristalline à bioclastes (spicules monoaxones, foraminifères ; fig. 7, n^{os} 5 et 6). Ces différents silex d'aspect assez constant (gris-noirs, peu translucides, à grain fin) sont donc toujours des types correspondant à des milieux relativement profonds. Ils se distinguent essentiellement par la présence de certains marqueurs (pyrite pour 205, foraminifères bien conservés pour 206, orbitolines très altérées pour 204).

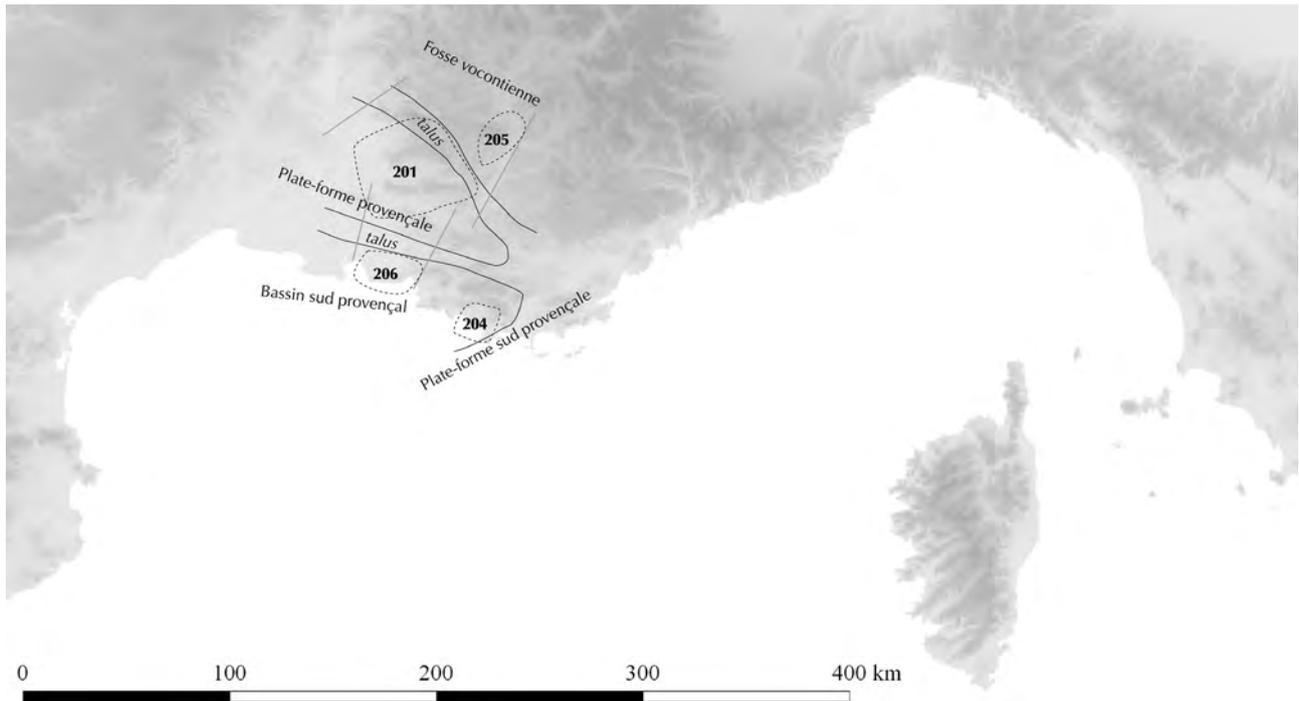


Fig. 5 – Schéma simplifié de la fosse Vocontienne et localisation des différentes familles de silex bédouliens.
 Fig. 5 – Simplified scheme of the 'Vocontian trough' and localisation of the various Bedoulian flint groups.

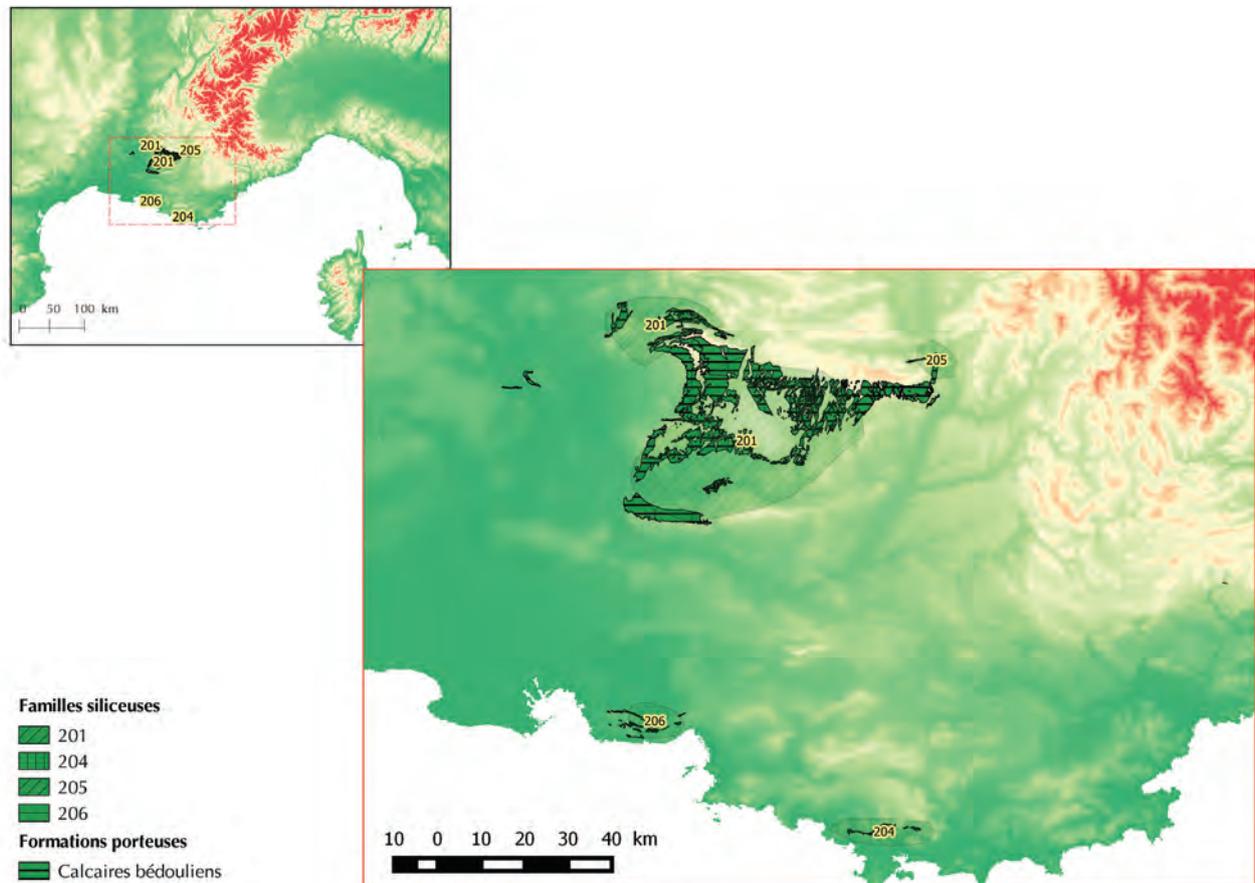


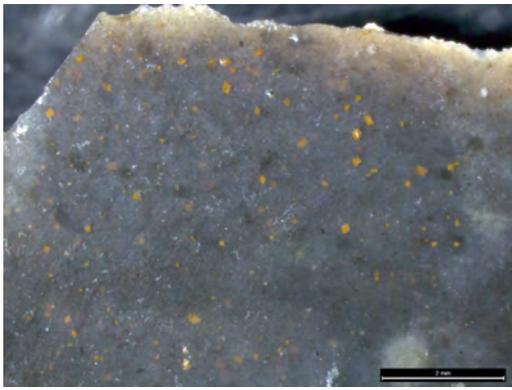
Fig. 6 – Répartition géographique des familles de silex bédouliens.
 Fig. 6 – Geographic distribution of the Bedoulian flints.



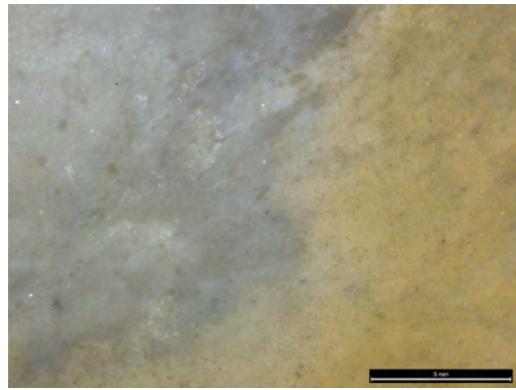
1 - 204A1 / ce ψ -mudstone massif est particulièrement homogène en regard des autres silex bédouliens.



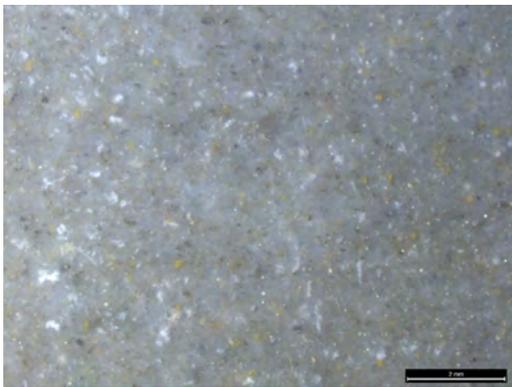
3 - 204A1 / Dans cette matrice homogène, de rares Orbitolines très altérées se présentent sous la forme de tache diffuses.



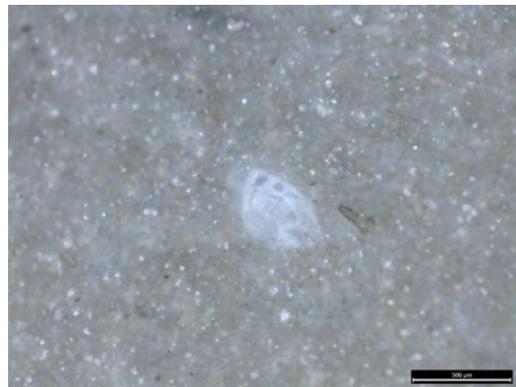
1 - 205A1 / Ce type se caractérise en particulier par la présence de cristaux néoformés de pyrite.



4 - 205A1 / De coloration noire à nuances dorées, ce silex est marqué par des zonations diffuses.



1 - 206A1 / ψ -wackestone massif à nombreux bioclastes relativement bien préservés et amas de matière organique (oranges à jaunes).



4 - 206A2 / Parmi ces bioclastes abondants, on relève en particulier des foraminifères.

Fig. 7 – Silex des familles 204, 205 et 206.

Fig. 7 – Flints of the groups 204, 205 and 206.

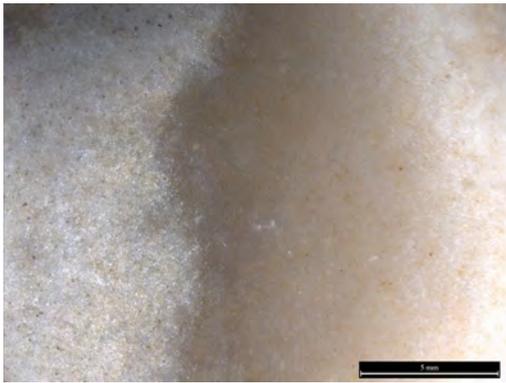
La famille 201 en revanche admet une extension géographique importante (fig. 6), des monts du Vaucluse au sud jusqu'au Ventoux au nord et au-delà vers la Drôme. Leur variabilité est également bien plus importante et a conduit à définir deux sous-familles réunissant dix types différents. Le type B réunit des silex ψ -wackestone présentant généralement des extensions géographiques limitées; ces silex sont bien identifiables malgré certaines convergences importantes. On relèvera principalement le

type 201B1, ψ -wackestones à matrice microcristalline à bioclastes abondants et relativement bien conservés (fig. 8, n° 5); le type 201B2, ψ -wackestone à matrice mixte à nombreuses orbitolines et surtout les types 201B3 et 201B4 ces deux derniers ont un aspect commun, gris-bleu, opaque et mat et livrent des blocs de qualités souvent optimales – ; ψ -wackestones à matrice mixte à bioclastes fréquents, ces deux types se différencient par la bonne conservation des éléments figurés dans l'un (201B3) opposée à une altéra-

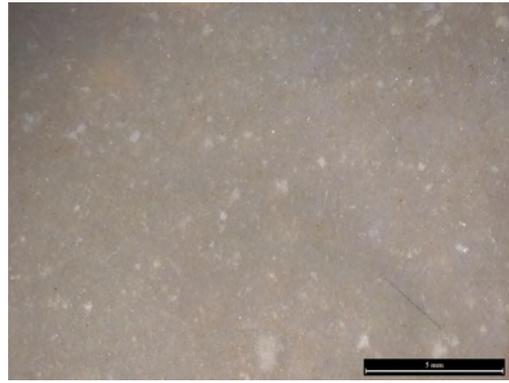
tion très intense (éléments diffus généralement indifférenciés) pour l'autre (201B4; fig. 8, n° 6).

La sous-famille A est à la fois la plus importante archéologiquement parlant, la plus complexe et la moins bien définie géographiquement. Elle correspond à des *ψ*-mudstones à matrice mixte à spicules, quartz détritiques et pelloïdes (fig. 8, n°s 1 à 4). Ces silex, aux colorations jaunes plus ou moins intenses (noir ou rouge dans certains contextes) sont les matériaux caractéristiques du Bédoulien de Provence occidentale, qualifiés de silex blond ou silex miel dans la littérature. Ce sont ces matériaux qui sont diffusés sur les plus grandes distances au Paléoli-

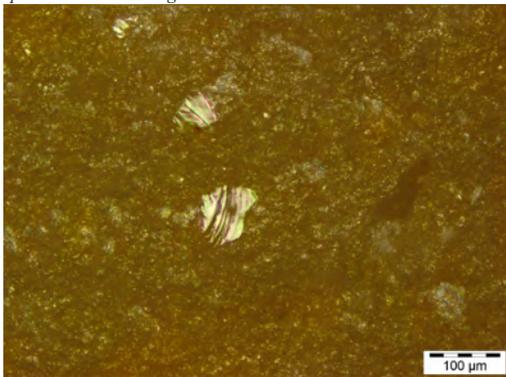
thique supérieur comme au Néolithique. Leur extension géographique est importante et se concentre autour de deux grandes zones : les monts du Vaucluse au sud et le mont Ventoux au nord. Les différentes études citées plus haut (Barbier, 1996; Blet, 1999; Blet *et al.*, 2000; Milot, 2011) se sont attachées à chercher des critères de distinction au sein de cette sous-famille mais se sont heurtées à une homogénéité importante de ces ressources, à l'exception d'un type bien identifiable par une coloration noire particulière liée à un gîte précis (type 201A4, silex de Murs; fig. 8, n° 4). Nous avons pu établir au sein du reste des silex de cette sous-famille une distinction entre



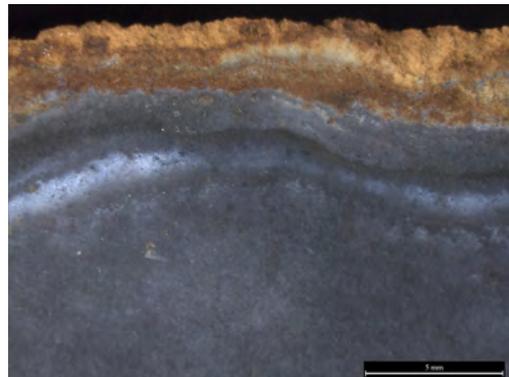
1 - 201A0 / *ψ*-mudstone, contact zone sous-corticale. Noter en particulier les amas de matière organique (orange à noirs) et les spicules monoaxones grès.



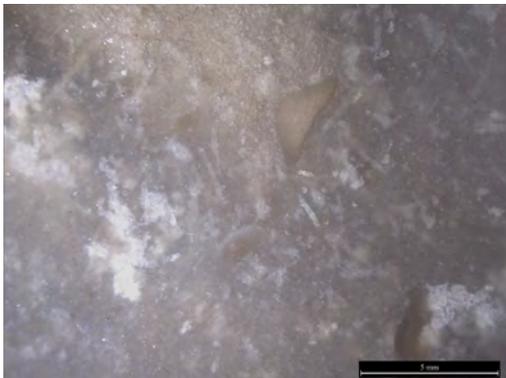
2 - 201A1 / En plus des éléments visibles dans la photo 1 (à gauche) on note les taches blanches diffuses.



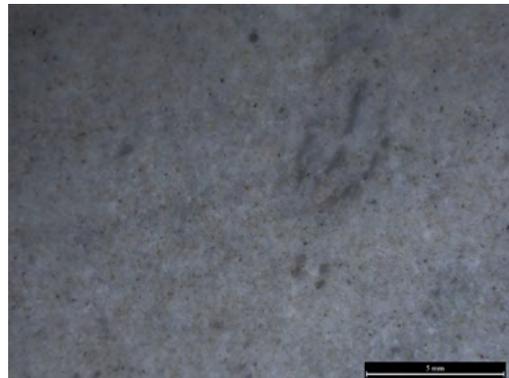
3 - 201A0 / Quartz détritiques, photographie prise au microscope optique en lumière réfléchie.



4 - 201A4 / Coloration noire secondaire, zonation sous-corticale caractéristique et cortex transformé dans les marnes oligocènes.



5 - 201B1 / Dans ce type plus détritrique (*ψ*-wackestone) on note en particulier la présence d'orbitolines.



6 - 201B4 / Dans une matrice gris-bleu homogène, présence de petits amas orangés (matière organique) et de bioclastes très altérés.

Fig. 8 – Silex de la famille 201.

Fig. 8 – Flints of the group 201.

trois types définis par une analyse de la granulométrie des quartz détritiques (Tomasso, 2014). Si le premier de ces sous-types (201A1) est indifférencié géographiquement, les deux autres sont caractéristiques de l'une des deux aires d'affleurements : mont Ventoux (201A2) et Sud des monts du Vaucluse (201A3).

L'état des connaissances concernant ces silex barrémiens est donc globalement avancée, le niveau de précision atteint dans leur caractérisation permet une certaine précision dans la définition des aires d'approvisionnement et suffit à répondre à une grande partie des problèmes posés dans notre étude. Reste cependant à mieux comprendre la répartition des différents types en position secondaire, notamment dans certaines formations de conglomérats (Valensole, Costières) et à définir les relations génétiques entretenues entre les différents faciès.

Les silex tertiaires de Haute Provence occidentale

Les silex tertiaires, éocènes et oligocènes, sont issus de formations carbonatées lacustres liées au bassin sédimentaire tertiaire de Forcalquier qui vient envahir une partie importante de la Provence occidentale. Ces ressources sont principalement concentrées à l'heure

actuelle dans le nord du Vaucluse (au sud des affleurements de silex Bédoulien) et dans le Sud des Alpes de Haute-Provence (fig. 9). Dans un contexte lacustre, la variabilité latérale et verticale des types de silex peut être importante : les changements de milieu de formation peuvent être rapides à l'échelle du bassin et les évolutions du système dans le temps sont souvent plus rapides qu'en contexte marin. Cette importante variabilité se traduit dans une remarquable diversité des silicifications (Guilbert, 2000; Slimak *et al.*, 2005). Ces matériaux, dont certains possèdent une aptitude à la taille exceptionnelle, sont connus pour leur importance dans les systèmes de production tout au long de la Préhistoire et pour les distances de circulation importantes relevées pour certaines productions qui leurs sont associés, en particulier, les productions de grandes lames du Gravettien (Onorati *et al.*, 2011) et du Néolithique final (Renault, 1998). Les caractérisations géochimiques, si elles permettent de bien individualiser le bassin en regard d'autres bassins tertiaires, montrent une homogénéité des compositions en éléments traces au sein de cet ensemble sédimentaire (Simonucci, 2000).

Des conditions de formation contrastées entre Éocène et Oligocène permettent la définition de deux familles distinctes, respectivement 302 et 301. Chacune de ces familles comprend un nombre relativement important

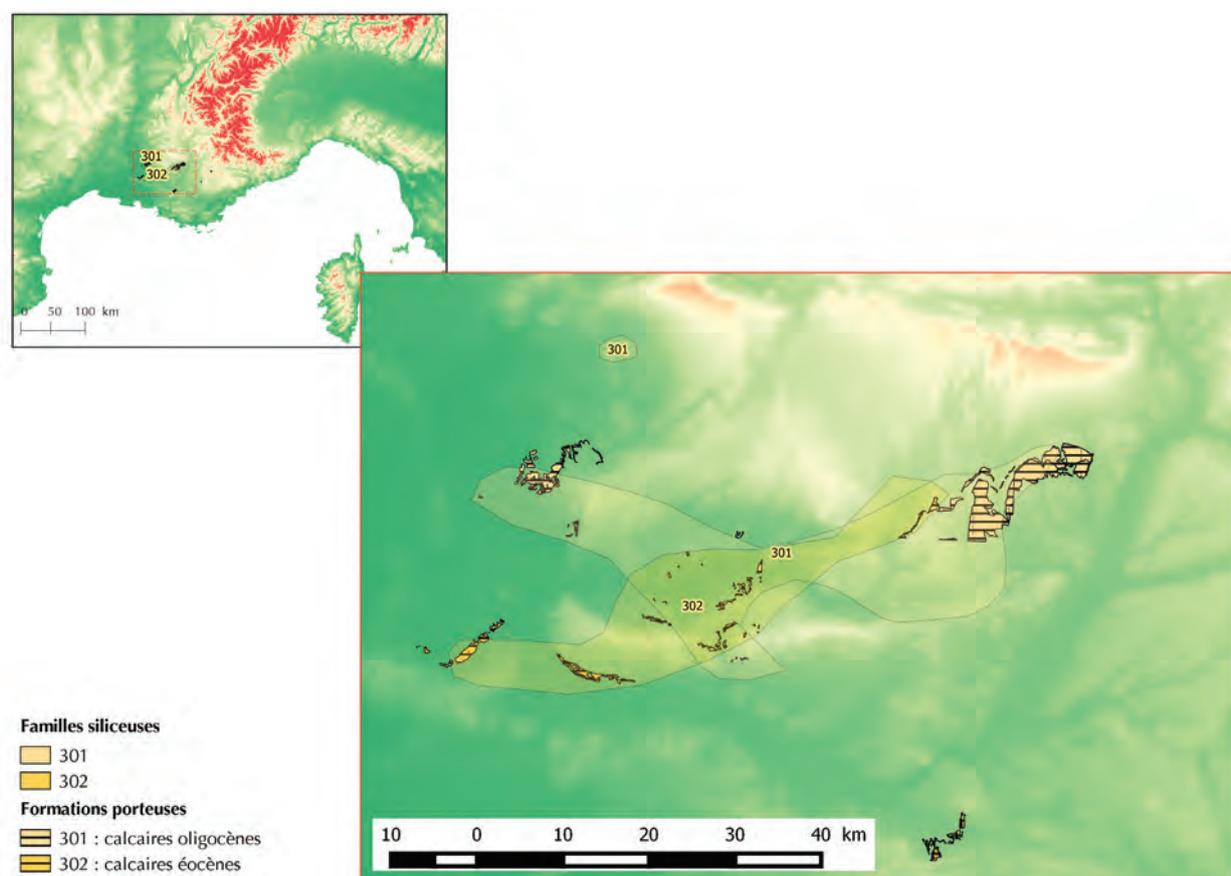


Fig. 9 – Répartition géographique des silex éocènes et oligocènes de Provence occidentale.

Fig. 9 – Geographic distribution of Eocene and Oligocene flints from Western Provence.

de types réunis en plusieurs sous-familles. Ces types se différencient pour partie par la nature et l'abondance des éléments détritiques (gravelles, bioclastes) et par leur état de conservation. Les silex éocènes sont fréquemment des *ψ-wackstones* à matrice cryptocrisalline et à gravelles abondantes souvent bien triées. Les silex oligocènes sont plus fréquemment lités, à texture variant selon les lits de *ψ-mudstones* à *ψ-packstones*, à matrice cryptocrisalline dominante et à bioclastes abondants (charophytes pour la plus grande partie et gastéropodes).

Cette dernière est celle qui concentre le plus d'attention en raison de son importance marquée dans les appro-

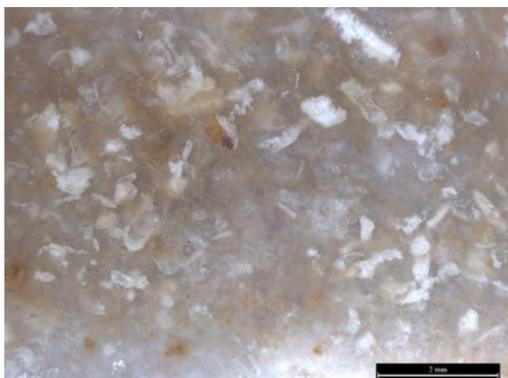
visionnements préhistoriques. Trois types dominent clairement en dépit de l'importante variabilité observée (cf. par exemple fig. 10, n^{os} 1 à 2 et 4 à 5) : 301A2; 301C1 et 301D2. Le type 301C1, *ψ-packstone* lité, à matrice cryptocrisalline est caractérisé par une accumulation de fragment des tiges de charophytes (fig. 10, n^o 3). Le type 301D2 à litage marqué, souvent qualifié de silex rubané ou xyloïde, emblématique de cette famille de ressources ; sa texture varie en fonction des lits de *ψ-mudstone* à *ψ-packstone*, la matrice est cryptocrisalline à mixte et les bioclastes sont essentiellement représentés par des charophytes, tiges et gyrogonites associées (fig. 10, n^o 6).



1 - 301B1 / Silex riche en gravelles généralement recrystallisée (microgéodes).



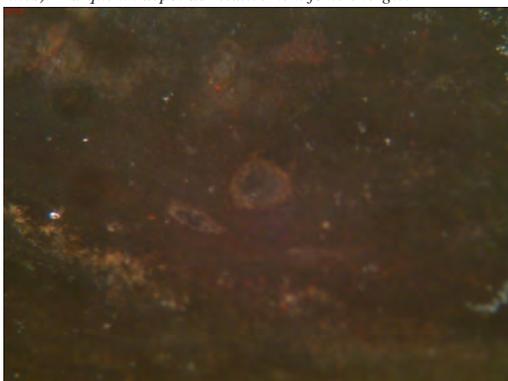
2 - 301B2 / Ce type présente un litage diffus parfois souligné par la distribution des éléments détritiques, eux mêmes altérés.



3 - 301C1 / Ces silex sont caractérisés par une accumulation (bouillie) de charophytes (fragments de tiges et plus rares gyrogonites). Marque un dépôt de relativement forte énergie.



4 - 301C2 / Silex caractérisé par la présence de nombreux gastéropodes, notamment trochospiraux haut.



2 - 301D1 / Silex à litage diffus à gyrogonites.



6 - 301D2 / Silex lité marqué par l'abondance des restes de charophytes : tiges bien conservées et gyrogonites. Marque un dépôt de ces bioclastes dans un contexte de faible énergie.

Fig. 10 – Silex de la famille 301.

Fig. 10 – Flints of group 301.

Enfin, le dernier type (301A2) qui pourrait représenter une évolution génétique du précédent est un ψ -*mudstone* lité, à matrice microcristalline dans laquelle les bioclastes (charophytes, plus rares gastéropodes) sont ponctuels.

L'ensemble des types de cette famille de silex est bien caractérisé et ils ne posent que de rares problèmes de convergence avec certains types associés aux formations tertiaires du nord du Var.

Les radiolarites

L'autre extrémité de l'arc liguro-provençal, dans le Nord de l'Italie, correspond à l'unité structurale des Apennins. Les formations associées sont radicalement différentes de celles de Provence et des Alpes. En particulier, les Apennins livrent de puissantes séries sédimentaires de grande profondeur, correspondant à des dépôts mis en place sous la *Calcite Compensation Depth* (CCD) comme la formation des Diaspri (Bertola et Starnini, ce volume; Moroni *et al.*, ce volume), ou au moins en contexte de bassin ouvert profond (calcaires néritiques de la Maiolica, Scaglia Rossa, etc.). Ces formations livrent des silicifications dans lesquelles les radiolaires et foraminifères planctoniques indicateurs de grandes profondeurs sont largement présents alors qu'ils sont absents, ou presque, pour l'ensemble des formations à silex de Provence. Cependant, ces conditions de dépôt, en milieu

marin ouvert, entraînent également une plus forte homogénéité des lithotypes à l'échelle régionale et de ce fait une plus grande difficulté à établir des critères de distinction entre les différentes aires d'affleurement.

À l'est de l'arc liguro-provençal on peut ainsi identifier deux grandes formations qui tiennent un rôle central dans les approvisionnements préhistoriques : la formation des Diaspri et la formation de la Maiolica. La première, et la mieux identifiée, livre des radiolarites rouges, grises ou vertes, souvent (et improprement) dénommées jaspes. Dans les assemblages archéologiques, ces radiolarites ont été régulièrement identifiées (Negrino et Starnini, 2010) et elles circulent à grande distance pour toutes les périodes de la Préhistoire : au Paléolithique inférieur (M'Hamdi, 2012) et moyen (Porraz, 2009; Porraz et Negrino, 2008), au Paléolithique supérieur (Tomasso *et al.*, 2014) ou encore pendant les périodes plus récentes (Starnini, 1999; Ghiretti *et al.*, 2003). Des pratiques d'extraction minières ont été caractérisées pour le Néolithique final et l'âge du Bronze dans certains gîtes ligures (Campana et Maggi, 2002).

La reconnaissance des radiolarites pose peu de problèmes : ce sont des roches constituées exclusivement de tests de radiolaires, plus ou moins altérés au cours du processus de silicification et accompagnés d'impuretés diverses, plus ou moins nombreuses. Les deux problèmes les plus difficiles à résoudre concernent la localisation des sources potentielles et leur différenciation.

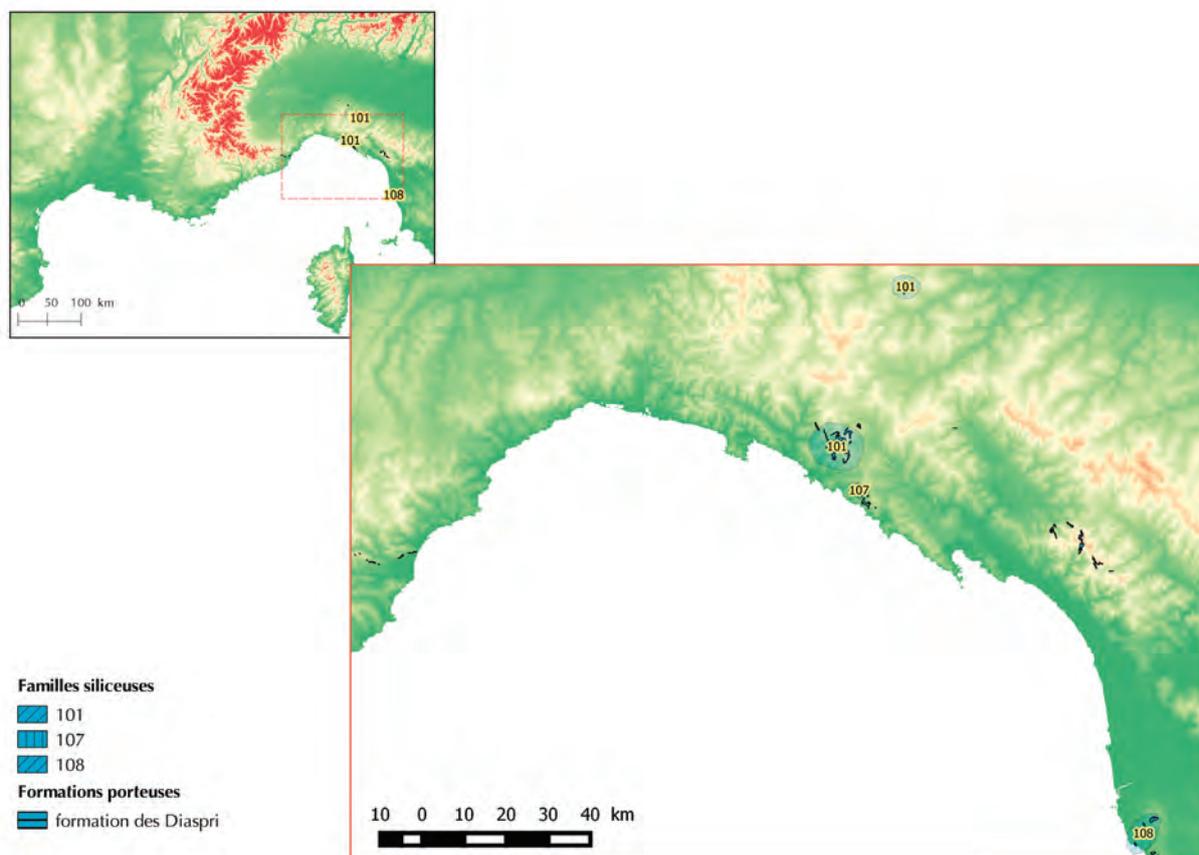


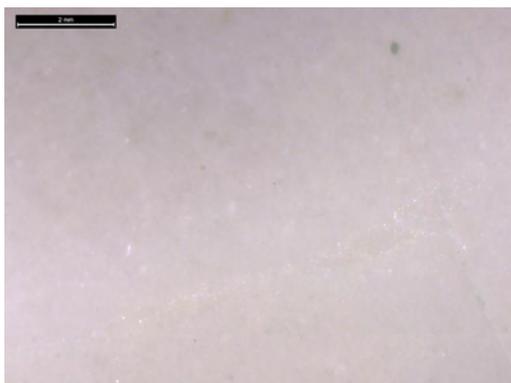
Fig. 11 – Localisation des différentes familles de radiolarites en Ligurie orientale et dans les régions proches.

Fig. 11 – Geographic distribution of the radiolarite groups in Eastern Liguria and the adjacent regions.

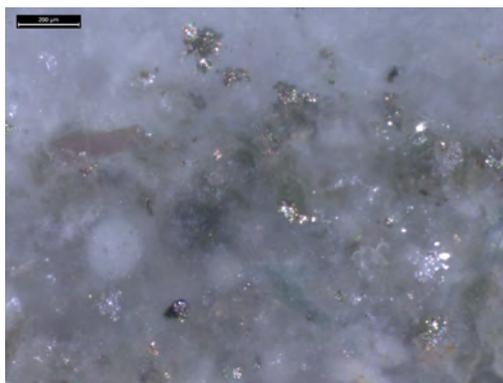
Dans notre aire d'étude, les radiolarites sont exclusivement associées à la formation des Diaspri. Un affleurement rattaché à cette formation est connu en Ligurie occidentale (radiolarites d'Arnasco) mais ne livre, en l'état actuel des connaissances, aucune ressource exploitable (Negrino *et al.*, ce volume). Les ensembles identifiés pour livrer des radiolarites se concentrent donc dans la partie orientale de la Ligurie et au-delà en Émilie-Romagne d'une part, ainsi que dans le Nord de la Toscane de l'autre (fig. 11).

Parmi ces différentes sources, nous avons pu distinguer trois familles : les radiolarites de Ligurie et

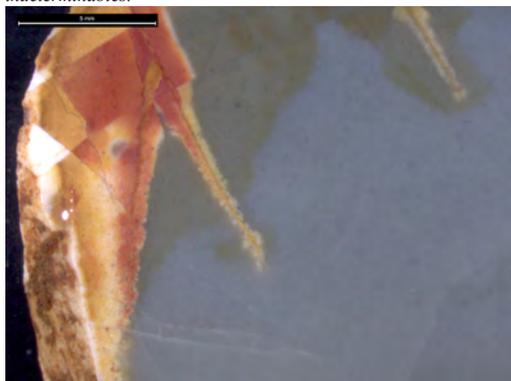
d'Émilie-Romagne (101), les radiolarites de La Spezia (107) et les radiolarites de la région de Livourne (108). Les deux dernières (107 et 108) sont bien circonscrites géographiquement mais présentent d'importantes convergences. Ces radiolarites vertes et grises (plus rarement rouges) sont des ψ -wackestones à radiolaires plus ou moins bien conservés et à matrice cryptocristalline, contenant des éléments détritiques encore mal identifiés (petits amas noirs, verts ou rouges) souvent concentrés en lits (fig. 12). Les qualités de ces radiolarites restent limitées car elles sont fréquemment diaclasées et présentent des irrégularités ponctuelles.



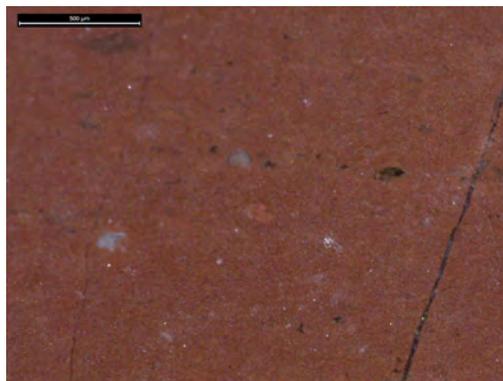
1 - 107A1 / Ψ -mudstone homogène, certaines zones sont particulièrement fines et ne comporte que de rares éléments détritiques indéterminables.



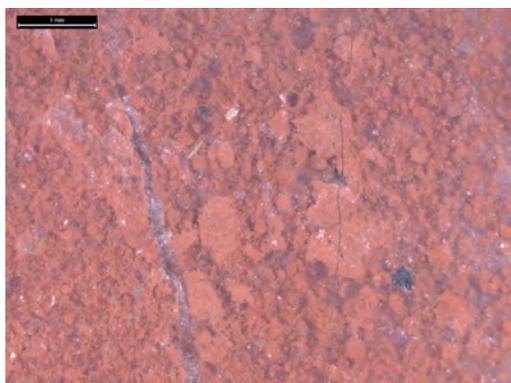
2 - 107A1 / Certaines zones sont formées par des amas de petits cristaux indéterminés.



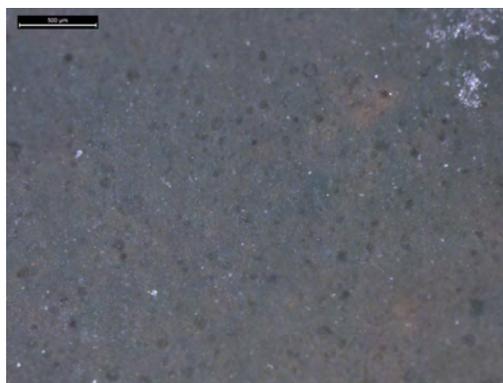
3 - 107A2 / Contact sous-cortical particulier, fracturé et recristallisé. Les fracturations sont pénécemporaines de la silicification.



1 - 107B1 / Ψ -wackestone homogène à grain fin.



2 - 108A2 / Ce type se caractérise par une structure hétérogène.



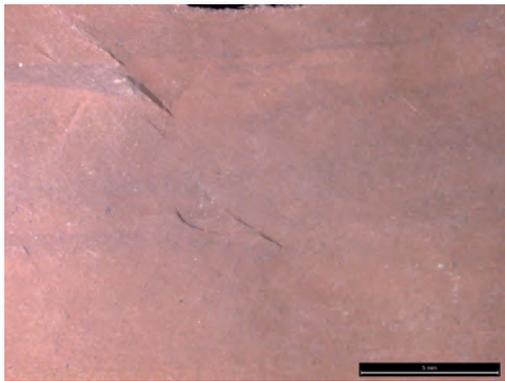
4 - 108B1 / La famille 108 comporte des type à coloration verte inconnus dans les deux autres familles. Les fantomes de radiolaires y sont abondants.

Fig. 12 – Radiolaires des familles 107 et 108.

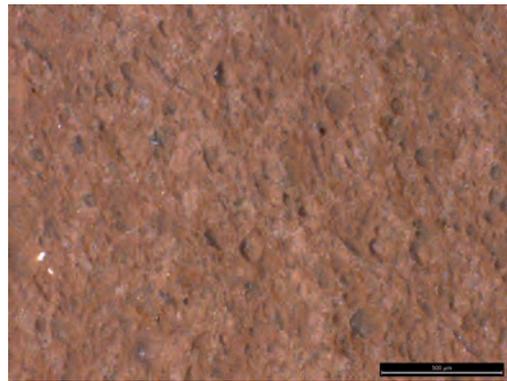
Fig. 12 – Radiolarian flints of the groups 107 and 108.

La famille 101 est plus largement répartie en Ligurie nord-orientale et en Émilie-Romagne nord-occidentale. Deux zones d'affleurements importants, exploités à différents moments entre le Paléolithique supérieur ancien et l'âge du Bronze, sont bien identifiées : Val Lagorara en Ligurie orientale (Campana et Maggi, 2002) et Monte di Lama en Émilie-Romagne (Ghiretti *et al.*, 2003). Les prospections récentes ont permis d'identifier d'autres sources dont la cartographie reste encore mal établie et qui doivent faire l'objet de vérifications sur le terrain. La distinction entre ces deux grandes zones a mobilisé une part importante des discussions. Des critères

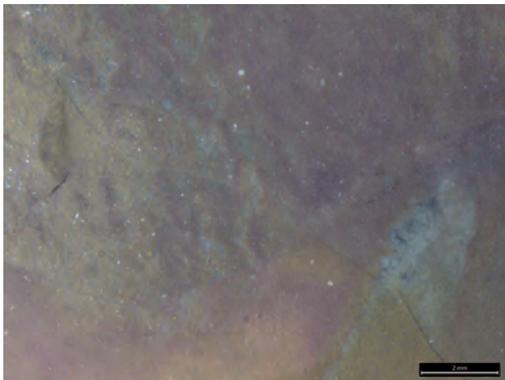
macroscopiques avaient été bien identifiés (Negrino et Starnini, 2006 et 2010) et ont trouvé une confirmation dans la description microscopique. La description fine des différents types nous permet en effet d'établir que si certains aspects sont communs aux deux zones, les deux principaux types de radiolarites rouges sont spécifiques. Le type 101A1 est présent discrètement sur les affleurements du Monte di Lama mais il est très clairement dominant au Val Lagorara. Il s'agit d'une radiolarite litée à matrice microcristalline à radiolaires très altérés, fréquemment indiscernables, très homogène et d'aspect opaque (fig. 13, n° 1). Le type 101B1 est quant à



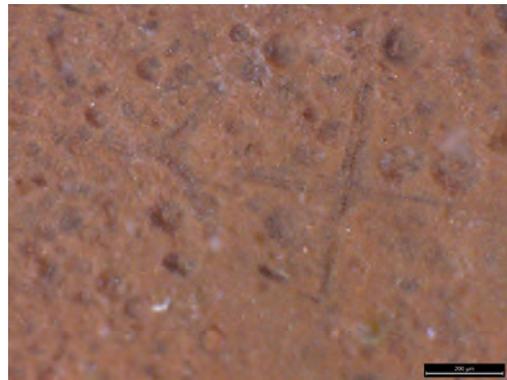
1 - 101A1 / Mudstone à litage diffus. Presqu'aucun élément figuré discernables sinon des points blancs et de rares fantômes de radiolaires.



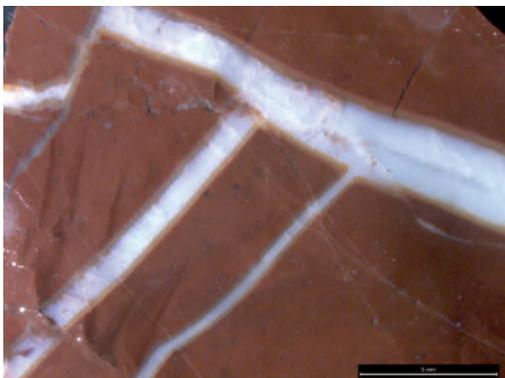
2 - 101B1 / Ψ -wackestone à radiolaires altérés abondants.



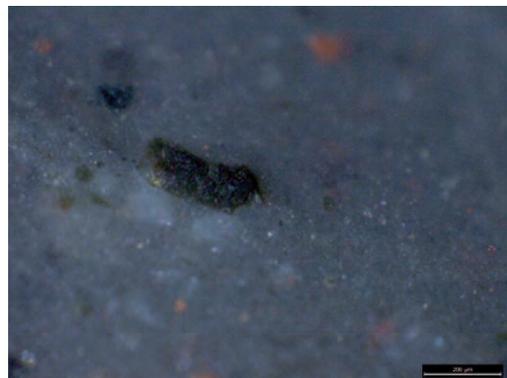
3 - 101B2 / Ψ -mudstone à coloration diffuse.



4 - 101B2 / Radiolaires abondants et remarquablement bien préservés.



5 - 101B3 / Veines cristallines blanches. Présentes irrégulièrement dans les radiolarites de type 101B. Leur abondance particulière définit le sous-type 101B3.



6 - 101B4 / Radiolarite vert-noir sombre à amas hétéométriques rouges, blancs et noirs.

Fig. 13 – Radiolarites de la famille 101.

Fig. 13 – Radiolarites of group 101.

lui caractéristique des affleurements du Monte di Lama ; c'est une radiolarite massive ψ -*wackestone* à matrice cryptocristalline à radiolaires relativement bien conservés et d'aspect brillant (fig. 13, n° 2). Ces deux types de radiolarites rouges sont les plus fréquents dans les séries archéologiques même si des radiolarites vertes à noires (101B4 ; 101B6) et certains types particuliers existent également (fig. 13, n°s 3 à 6).

Maiolica et silex à radiolaires

Des silex gris, plus ou moins sombres, parfois rosés ou bruns, ont été régulièrement mentionnés dans les assemblages du Paléolithique supérieur. Ils étaient rapportés à des sources bien identifiées du Nord-Est de l'Italie (Cipriani *et al.*, 2001 ; Dini *et al.*, 2006 ; Tozzi et Dini, 2007 ; Negrino et Starnini, 2010). Les distances impliquées (400-600 km) faisaient alors écho à celles attestées pour la circulation des silex de la Scaglia Rossa depuis la même aire ou depuis les Marches. L'étude de l'assemblage de la grotte des Enfants où ces silex gris représentent une part majeure des approvisionnements et, de manière plus générale, leur présence récurrente dans les assemblages provençaux, a conduit à une recherche spécifique d'autres sources potentielles pour ces silex gris afin de valider ou d'infirmer l'hypothèse de circulation à très longues distances (Tomasso, 2014).

Les formations stratigraphiquement équivalentes à la Maiolica en Ligurie, les calcaires à calpionelles, prospectées de manière systématique, ne livrent pas de ressources exploitables. Parallèlement, l'ensemble des formations calcaires du Jurassique ligure ont fait l'objet de prospections, en particulier celles pour lesquelles la littérature géologique mentionnait l'existence de silex (calcaires de Rocca Livernà, calcaires de Lencisa, calcaires de Voltaggio) : aucune ne présente de silicifications exploitables. Un affleurement ponctuel de la Maiolica dans le Val Gordana (Cavezzano Gordana, Massa) s'est également révélé stérile en silex exploitables.

C'est en Émilie-Romagne dans la province de Piacenza, sur les communes de Travo et d'Agazzano (fig. 14) que nous avons pu identifier les sources potentielles des silex gris qui atteignent la Ligurie et la Provence au Paléolithique supérieur. Des formations précédemment cartographiées cc ou c (*complesso caotico* : Bellinzona *et al.*, 1971) sont aujourd'hui réinterprétées sous la forme d'un assemblage complexe de méga-blocs, lambeaux de formations appartenant à la série jurassique classique : diaspri, Maiolica, calcaires silicifères (Di Dio *et al.*, 2005). Des silex typiques de la Maiolica en position primaire ou sub-primaire ont été identifiés dans cette formation. Malgré une fracturation intense qui réduit la dimension maximale des blocs, ces silex présentent des qualités à la taille optimales. Parallèlement, dans des allu-

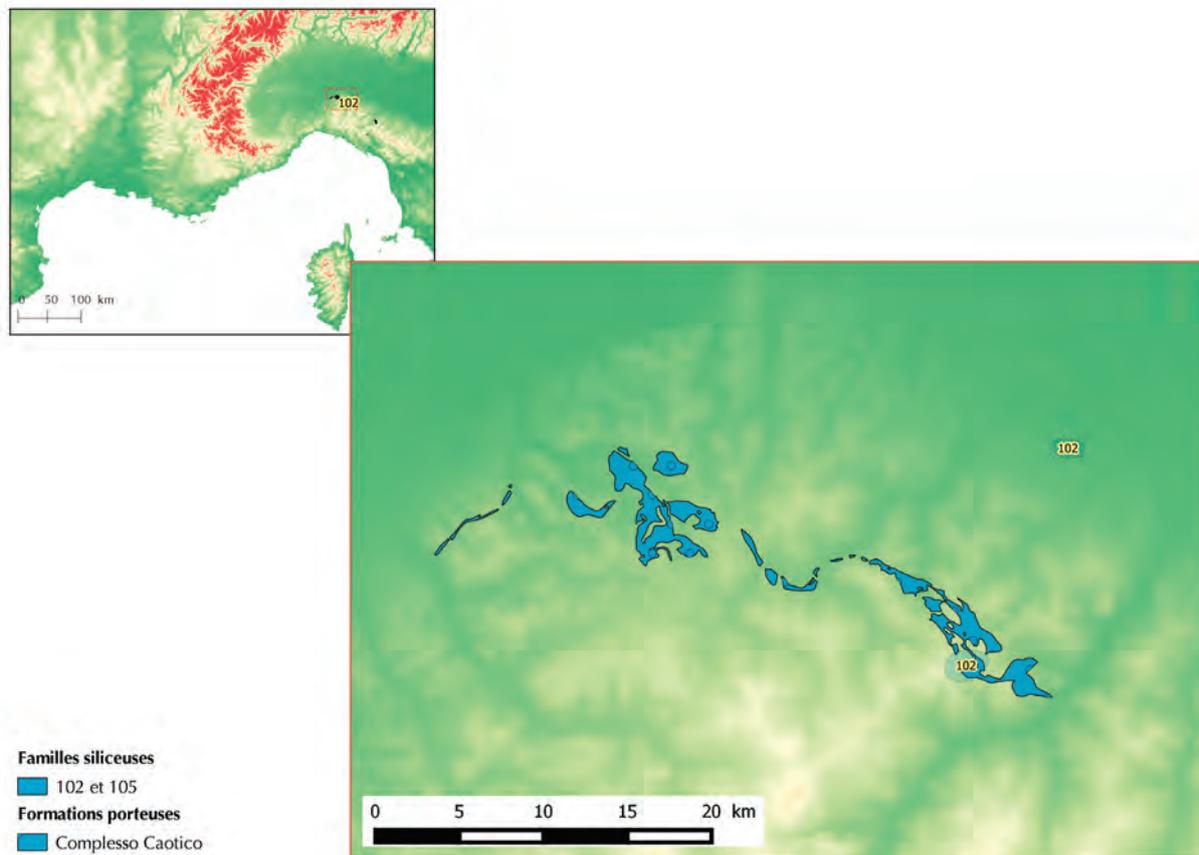


Fig. 14 – Répartition connue des familles de silex 102 et 105.

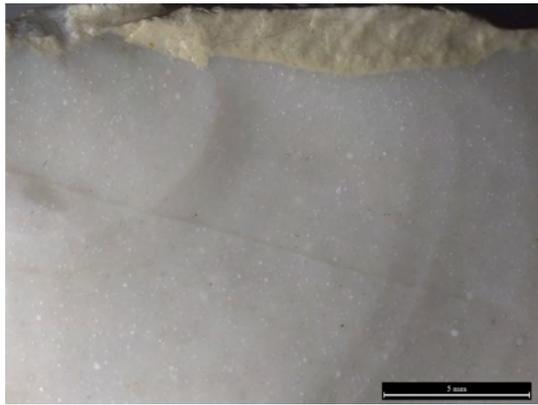
Fig. 14 – Geographic distribution of the flint groups 102 and 105.

vions du Pléistocène moyen (Aes3 : Di Dio *et al.*, 2005), de très abondants épandages de galets et de blocs peu roulés de ces silex sont également disponibles : ils présentent cette fois des dimensions nettement plus importantes et sont parfaitement aptes à fournir les modules actuellement connus sur les sites.

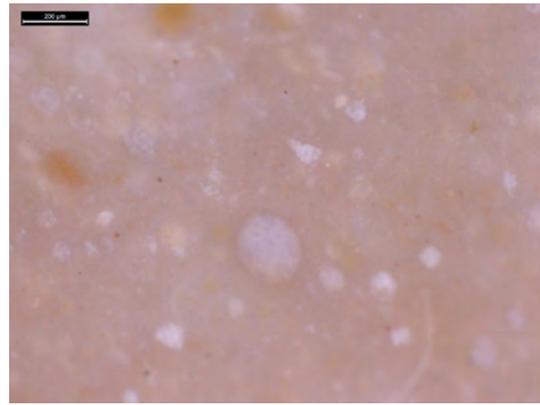
Plusieurs types ont pu être individualisés au sein de cette famille de silex (102). De manière générale, tous ces silex partagent une texture ψ -*mudstone* (plus rarement ψ -*wackestone*) à matrice cryptocrisalline et à radiolaires plus ou moins bien conservés (fig. 15, n^{os} 1, 2 et 4). De rares éléments détritiques formant de petits amas noirs ou oran-

gés sont présents dans certains types, parfois sous forme de concentrations plus importantes. Les types actuels se différencient sur la base de variations de texture ou sur la base de la présence d'un litage. Des relations génétiques sont très probables entre la plupart des types actuels (par exemple, fig. 15, n^o 3), une étude plus fine de ces relations permettra d'établir une classification plus solide.

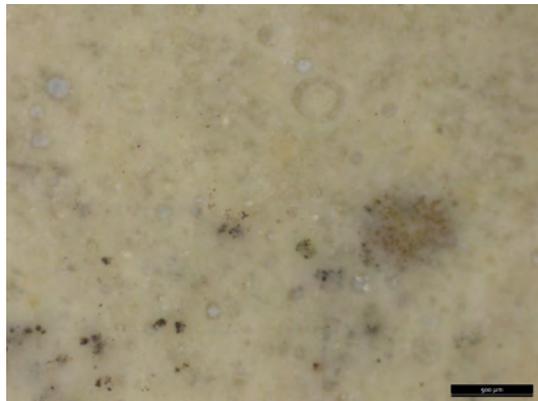
Au sein des mêmes affleurements sont présents des silex appartenant à une famille différente (105) issue de la formation des calcaires silicifères d'âge jurassique. Ces silex ψ -*wackestone* à matrice microcristalline à spicules, radiolaires et foraminifères (fig. 15, n^{os} 5 et 6) sont présents aussi



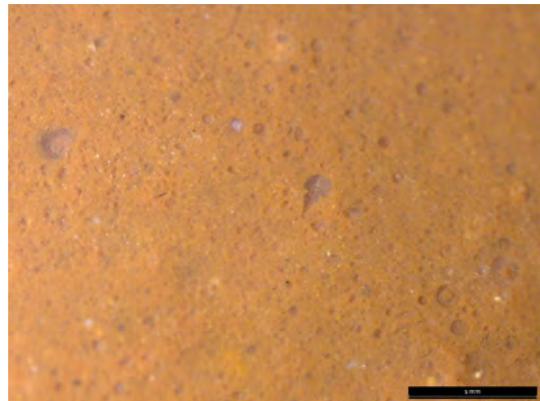
1 - 102A1 / Silex gris perlé de blanc (radiolaires plus ou moins bien préservés).



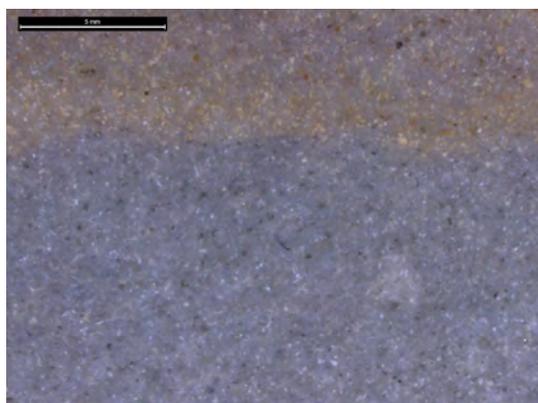
2 - 102A2 / Type présentant une coloration rosée irrégulière (taches et zones). Le détritisme y est relativement marqué.



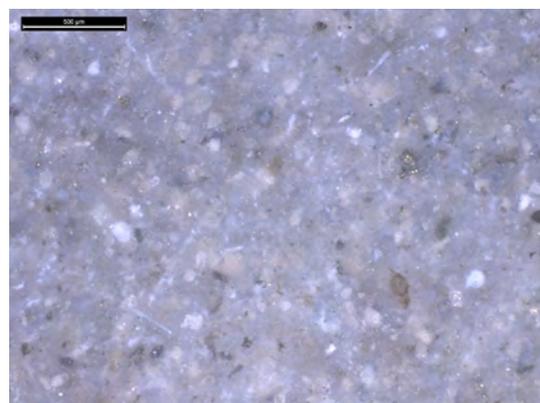
3 - 102A4 / Ce type propre aux contextes d'alluvions représente probablement une évolution des autres aspects de la Maiolica.



4 - 102B2 / Fréquemment les radiolaires sont remarquablement bien préservés.



5 - 105A1 / ψ -*wackestone* homogène zoné. Détritisme fin.



6 - 105A1 / Spicules et radiolaires.

Fig. 15 – Silex des familles 102 et 105.

Fig. 15 – Flints of the groups 102 and 105.

bien en position primaire, sous la forme de strates d'une dizaine de centimètres d'épaisseur, qu'en position secondaire dans les alluvions sous la forme de galets, parfois de dimensions importantes. Ils ont une aptitude à la taille souvent optimale et représentent une ressource importante.

L'un des problèmes évidents qui se pose dans le nord de l'Italie concerne les deux ressources phares : silex de la Maiolica et radiolarites. Pour ces deux familles, d'importantes convergences existent entre des sources parfois très éloignées les unes des autres (par exemple, la région de Travo *versus* Monte Lessini). La mise en place d'un programme spécifique est nécessaire pour préciser les déterminations de ces matières premières.

La Provence orientale : diversité des ressources

De la plateforme crétacée aux fossés d'effondrement tertiaires : diversité des ressources dans le haut Var

Alors que les deux ensembles de ressources de très bonne qualité évoqués plus haut encadrent littéralement l'arc liguro-provençal, le cœur de cet espace géographique présente des situations très contrastées avec des zones vides de silex, ou presque, et des zones, plus rares, où les silex abondent. Dans ce paysage, le haut

Var occupe une place à part : il représente un espace où des silex de bonne, voire de très bonne qualité affluent en quantités remarquables. C'est également une zone marquée par la diversité des types présents avec des formations qui s'étagent du Crétacé supérieur à l'Oligocène (fig. 16).

Les formations crétacées sont liées aux premiers reliefs de l'unité structurale des Alpes externes ; il s'agit de formations de plateforme carbonatée. Les silex s'y répartissent en trois familles d'âges différents : Cénomaniens (203) ; Turonien (210) et Valanginien (208). Les premiers (fig. 17, n° 1) sont presque anecdotiques, ils ne sont connus que par un seul affleurement et n'ont été qu'exceptionnellement signalés en contexte archéologique (abri Martin : Tomasso *et al.*, 2014). Les deux autres représentent en revanche des formations d'importance notable pour les approvisionnements régionaux. Les silex du Turonien forment des strates d'épaisseur décimétrique en position primaire et ils sont par ailleurs très largement répartis en position secondaire dans les conglomérats tertiaires (voir *infra*). Il s'agit de silex à texture ψ -packstone, à matrice cryptocristalline à microcristalline à spicules, quartz détritiques et glauconie plus ou moins abondante (fig. 17, n°s 5 et 6). Les silex du Valanginien (fig. 17, n°s 2 à 4) et en particulier le type dominant (208A1) sont des silex de très bonne qualité. Ce sont des ψ -wackestone à

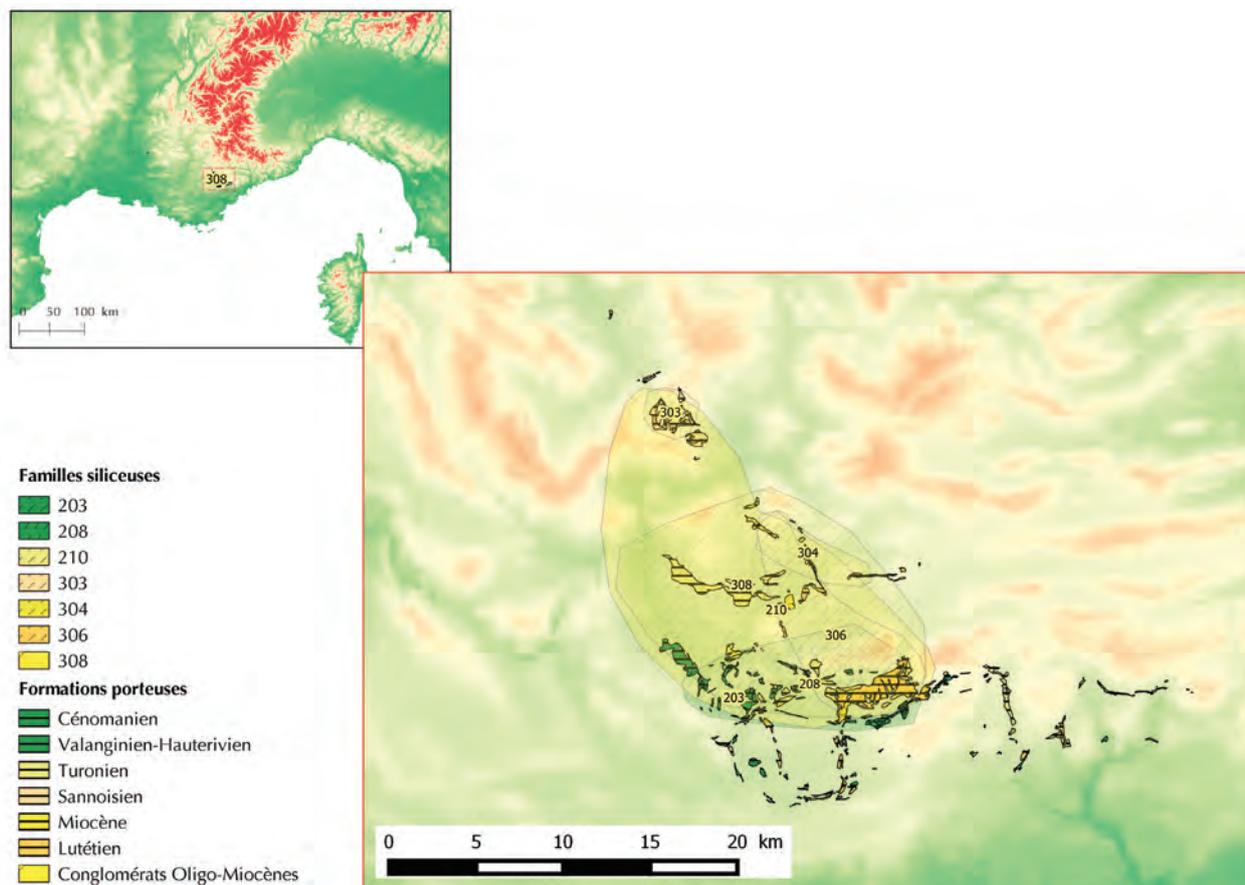
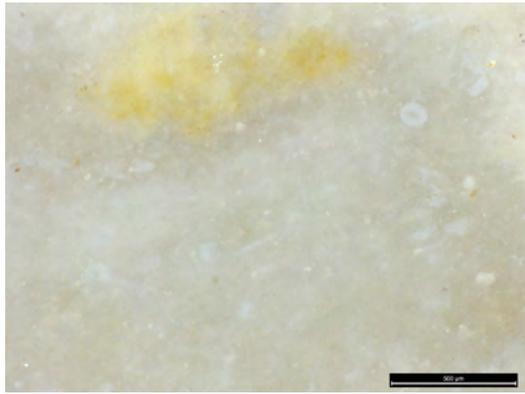
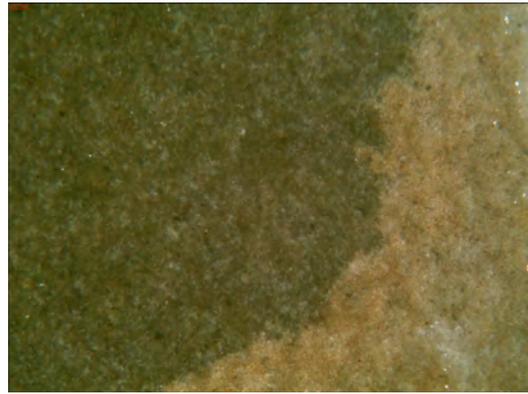


Fig. 16 – Répartitions des familles de silex autour des fossés et bassins nord-varois.

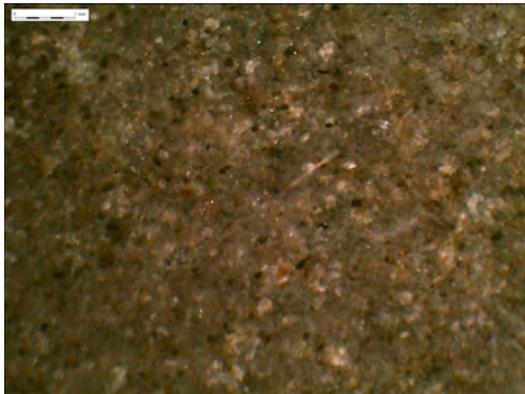
Fig. 16 – Geographic distributions of the flint groups of the troughs and basins in the Upper Var region.



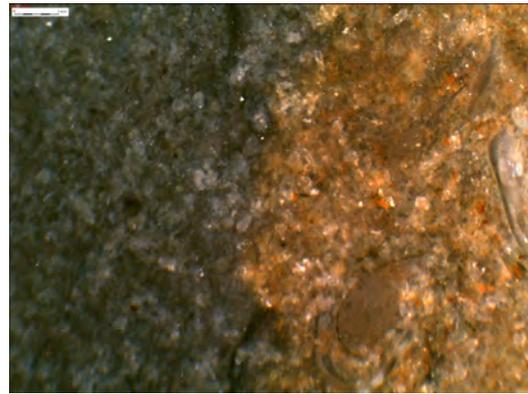
1 - 203A1 / Silice fin à petits éléments bioclastiques.



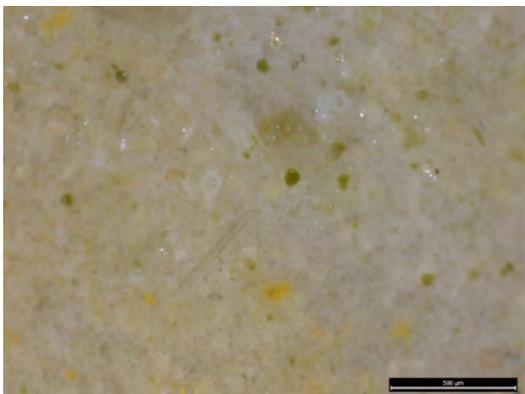
2 - 208A1 / Ψ -wackestone massif homogène. L'aspect dominant est gris-vert à éléments détritiques diffus, généralement indéterminables.



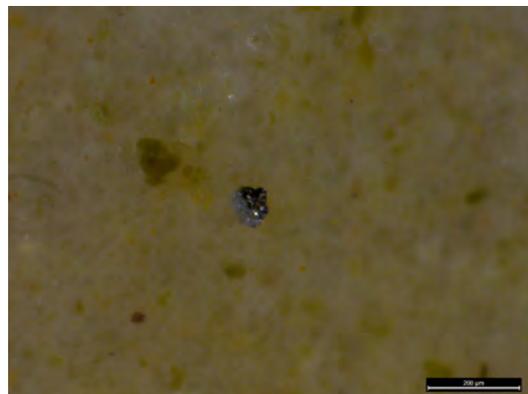
3 - 208A1 / Certains éléments détritiques peuvent être mieux préservés dans certaines zones.



4 - 208A3 / Ce type se caractérise par la conservation de grands bioclastes.



5 - 210A1 / Bioclastes (spicules monoaxones) et glauconie.



6 - 210A1 / Glauconie et opaque.

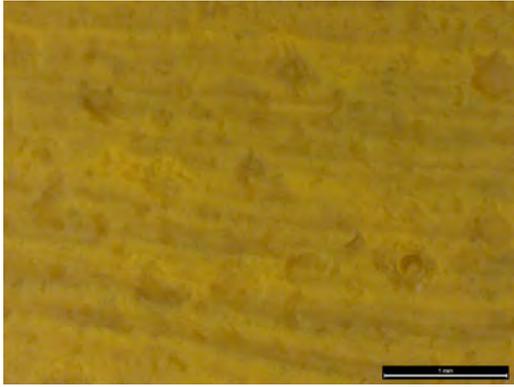
Fig. 17 – Silex du secondaire issus des formations affleurant dans les fossés nord-varois.

Fig. 17 – Mesozoic flints stemming from formations outcropping in the troughs of the Upper Var region.

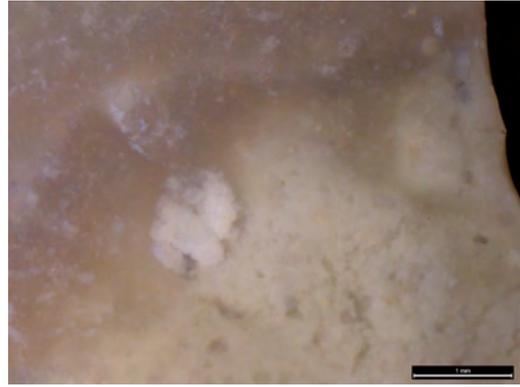
matrice microcristalline à spicules, quartz détritiques et nombreux éléments bioclastiques très altérés.

À une étape ultérieure de l'histoire géologique régionale, cette zone est marquée par la mise en place de bassins lacustres importants qui vont entraîner la formation de calcaires à silex diversifiés entre l'Éocène et l'Oligocène. Une phase d'extension accompagnée par la formation de fossés d'effondrement va ensuite provoquer une érosion intense de ces formations et le dépôt de puissants conglomérats oligocènes et miocènes. Ces derniers vont donc recevoir une importante charge de silex issus du démantèlement des formations du début du Tertiaire

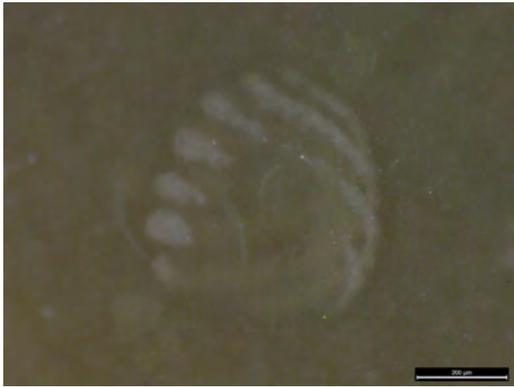
(Éocène, Miocène) et plus faiblement du Crétacé supérieur (Turonien). En revanche, Valanginien et Oligocène restent discrets dans ces formations détritiques. Trois familles de silex tertiaires ont été individualisés : Éocène (306); Miocène (304; fig. 19, n^{os} 5 et 6) et Oligocène (303) auxquels s'ajoute une famille réunissant des types dont l'origine stratigraphique ne peut être actuellement déterminée (308; fig. 18, n^{os} 3 et 4). La variabilité de ces différentes familles est importante, mais certains types dominent par leur importance numérique et/ou leur fréquence dans les assemblages archéologiques. Le type 306B1 (silex lutétiens) est un ψ -wackestone à matrice



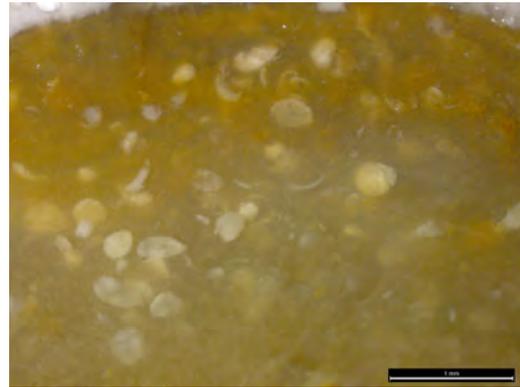
1 - 306A2 / Charophytes difficilement discernables dans un silex varvé.



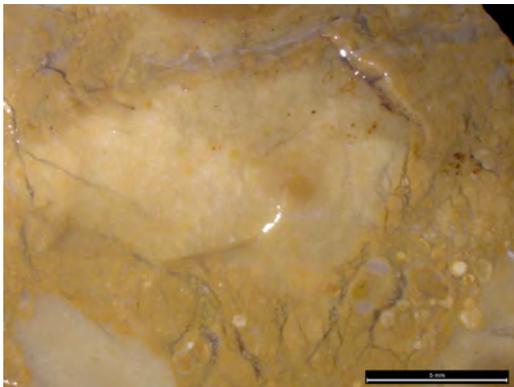
2 - 306B1 / Gyrogonites et ostracodes dans une matrice fine.



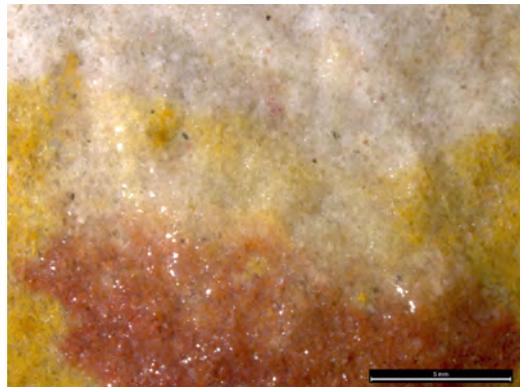
3 - 308B2 / Gyrogonite bien conservée.



4 - 308B6 / Ostracodes.



5 - 309A1 / Silex particulier à gravelles et sans bioclastes.



6 - 402A1 / Orthoquartzite. Coloration irrégulière liée aux différents états d'oxydation.

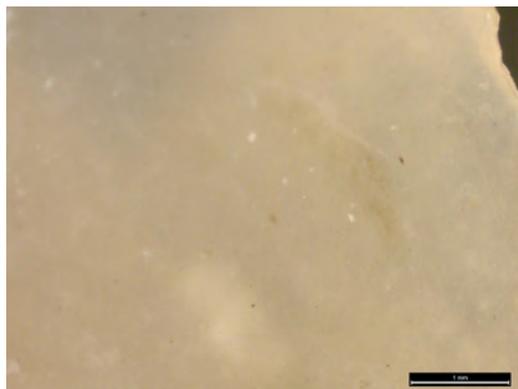
Fig. 18 – Silex des formations tertiaires des bassins nord-varois (familles 306, 308, 309 et 402).

Fig. 18 – Flints stemming from tertiary formations in the basins of the northern part of the Var region (groups 306, 308, 309, and 402).

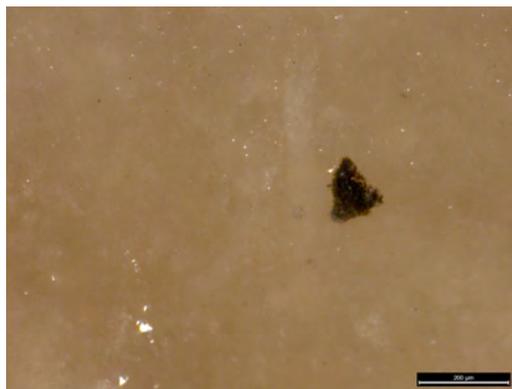
cryptocrisalline à gravelles hétérométriques abondantes et charophytes (fig. 18, n° 2). Ces silex ont des teintes rouges plus ou moins marquées et présentent une aptitude à la taille globalement bonne. Le type 306A2, issu des mêmes formations géologiques, est caractérisé par une structure varvée, à charophytes très abondants (*ψ-packstone*) et matrice microcristalline (fig. 18, n° 1). Dans l'Oligocène, le type le plus caractéristique (303A1) est un *ψ-mudstone* lité, à matrice cryptocrisalline à gastéropodes trochospiraux hauts (fig. 19, n° 3). Ces silex sont gris, translucides et présentent une bonne aptitude à la taille (fig. 19, nos 1 et 2). Un type probablement daté de l'Oligocène, puisque connu

exclusivement dans des conglomérats de cet âge (303B2; fig. 19, n° 4), est pour sa part d'une qualité excellente; il s'agit d'un *ψ-wackstone* brun, translucide et très homogène à matrice cryptocrisalline et gravelles bien triées.

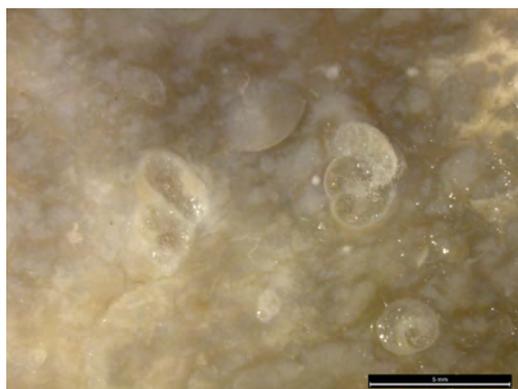
Dans la même région, d'autres familles de silicifications ont été identifiées, en dehors des silex. Il s'agit tout d'abord d'orthoquartzites (402; fig. 18, n° 6) issues probablement de la formation des sables de Brenon (fin du Crétacé) mais connus uniquement sous forme de mégablocs au sein des fossés tertiaires. Elles se déclinent en deux types : un type (402A1) bien trié à grains de quartz émoussés de granulométrie millimétrique et un type



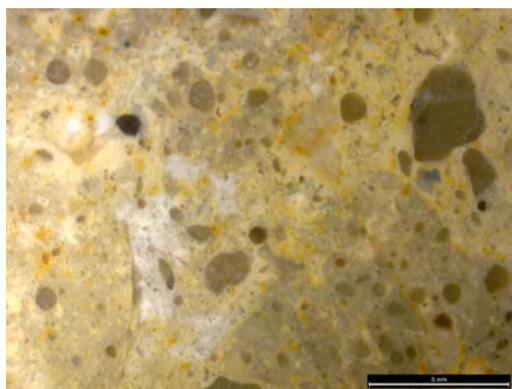
1 - 303A1 / Ψ -mudstone homogène, aspect translucide gris-laiteux.



2 - 303A1 / En plus de bioclastes diffus (gastéropodes surtout) on note la présence de petits amas de matière organique.



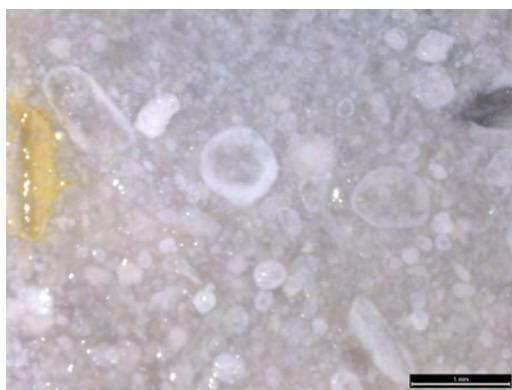
3 - 303B1 / Les gastéropodes, omniprésents dans les silex sannoisiens mais généralement altérés (diffus) sont parfois abondants pour certains types.



4 - 303B2 / Ce type particulier est défini par un détritisme minéral important et hétérométrique.



5 - 304A2 / Les silex miocènes sont généralement riches en gastéropodes bien préservés.



6 - 304A2 / Ces silex sont caractérisés par un détritisme dense (gravelles dominantes).

Fig. 19 – Silex des formations tertiaires des bassins nord-varois (familles 303 et 304).

Fig. 19 – Flints stemming from tertiary formations in the basins of the northern part of the Var region (groups 303 and 304).

(402A2) mal trié à quartz roulés supérieurs au millimètre et à rares opaques roulés également. Il s'agit également et peut-être surtout, de silex particuliers (309), très comparables aux matériaux identifiés comme des jaspéroïdes par M. Piboule (Piboule, 2010). Leur gîtologie est très mal connue puisqu'on ne les rencontre qu'en position subprimaire dans une zone de terrasses aménagées, en dehors de tout contexte stratigraphique. Ces silicifications très particulières, souvent appelées micro-brèches de Mons, ont une structure micro-bréchique, une matrice microcristalline et aucun claste réellement identifiable en dehors de gravelles plus ou moins bien conservées

(fig. 18, n° 5). Leur coloration varie du jaune (dominant) au rouge, probablement par altération.

Le Jurassique entre Alpes externes et chaînes alpines

Plus au sud (fig. 20), le contact entre chaînes alpines et Alpes externes se matérialise par une ligne de chevauchement tectonique apportant des formations du Jurassique en discordance sur le Crétacé autochtone. Dans l'unité des chaînes alpines, en-dessous de ce contact, et donc au sud des premiers reliefs alpins, les calcaires oolithiques du Bajocien

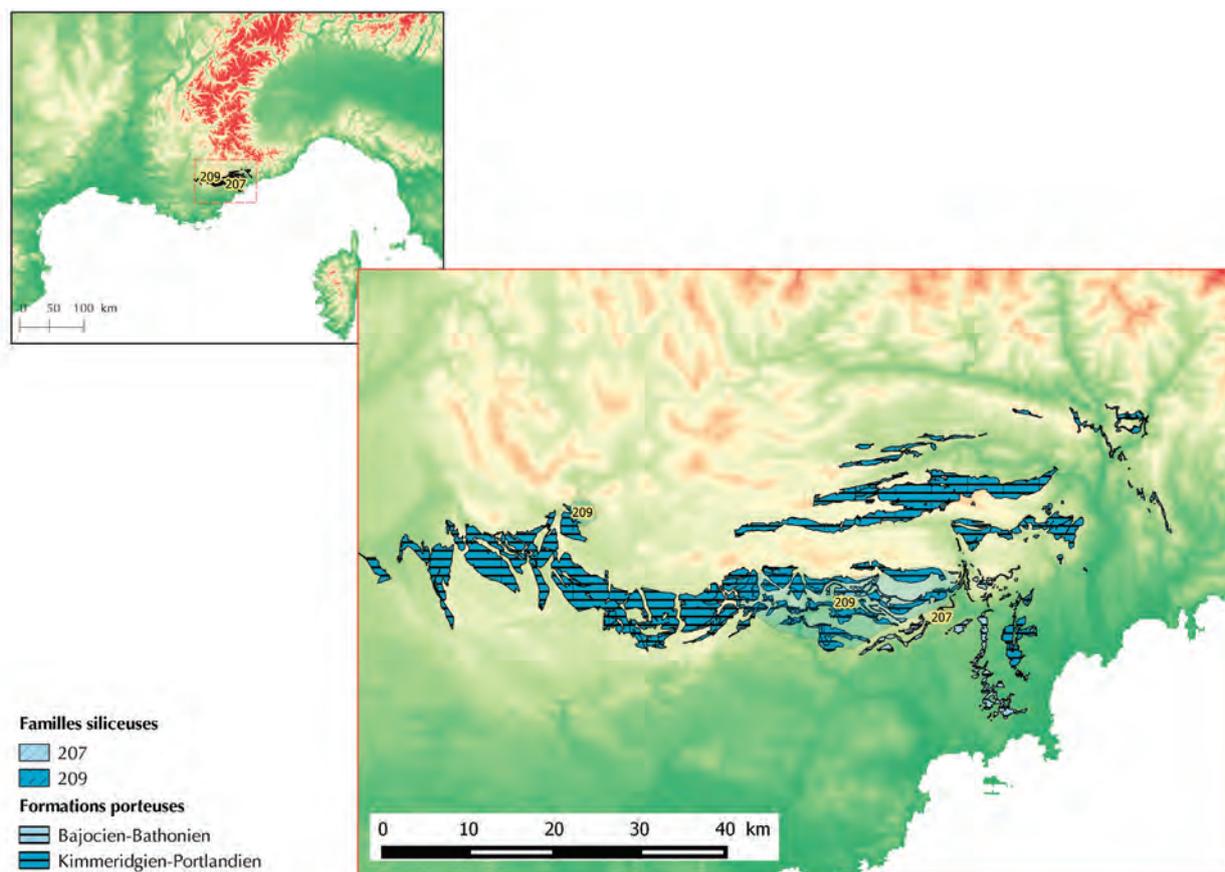


Fig. 20 – Répartition des familles 207 et 209.

Fig. 20 – Geographic distribution of the flint groups 207 and 209.

livrent des silex, eux même oolithiques (207; fig. 21, n° 1 : ψ -packstones à matrice microcristalline à oolithes plus ou moins bien conservées et à fragments de bioclastes (bivalves, crinoïdes, etc.). Ces silex sont médiocres et n'ont fait l'objet que d'exploitations ponctuelles et d'une faible diffusion locale (Porraz, 2005; Texier *et al.*, 2011) ou non (rares exemples dans les séries des Balzi Rossi).

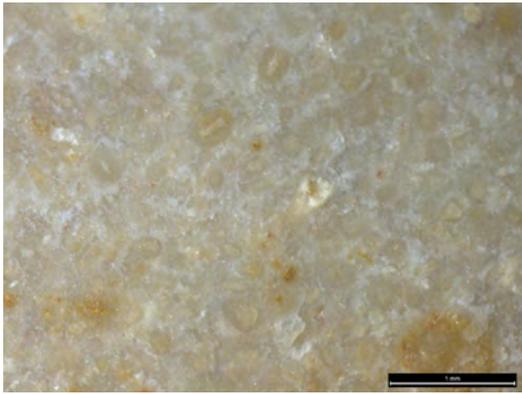
En revanche, les calcaires du Jurassique supérieur de l'unité des Alpes externes, qui forment les sommets des premières barres calcaires des Préalpes de Grasse, livrent des silex de très bonne qualité (209) dont la variabilité est relativement importante (fig. 21, nos 2 à 6). Pour le type dominant (209B2), il s'agit de ψ -wackestones massifs à matrice cryptocristalline, à bioclastes nombreux et variés (rhynchonelles, calpionelles, spicules de spongiaires, fragments de coquilles, micro- et macrogodes de quartz, hexacoralliaires, etc.). Ces silex sont marqués fréquemment par des figures de bioturbation.

Les zones « vides » et les rares occurrences de silex exploitables

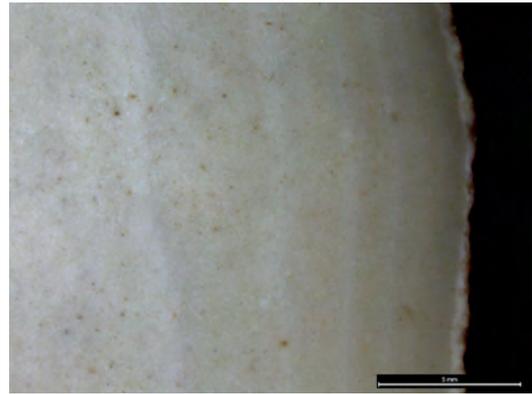
Nous avons concentré notre attention jusqu'ici sur des zones relativement riches en silex. À l'opposé de ces régions propices à l'approvisionnement en matières premières siliceuses se définissent des espaces presque vides de ressources exploitables, si l'on exclut les calcaires plus ou moins siliceux et autres roches ponctuellement utilisées

pour la production d'éclats dans des modalités très simples et peu exigeantes. En Provence orientale il s'agit surtout de la zone Maure-Estérel, vaste domaine de formations volcaniques d'âge Permien où les rares ressources sont constituées de rhyolithes fluidales à phénocristaux (405A) dont la répartition réelle est encore mal connue. Ces rhyolithes restent de qualité très médiocre et si des productions d'éclats y sont envisageables, les débitages plus exigeants en termes de régularité et de finesse de grains sont plus difficiles à envisager. En plus de ces rhyolithes, et dans un souci d'exhaustivité, il convient de citer des roches plus homogènes (jaspes et lithophyses) rares et de ce fait très peu représentées dans les contextes archéologiques.

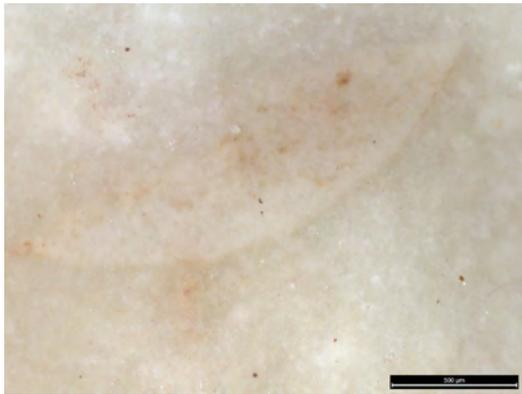
En Ligurie, c'est l'ensemble de la zone comprise entre la frontière franco-italienne et les premiers affleurements des Diaspri qui forme une zone sans matières premières disponibles. Malgré plusieurs campagnes successives de prospection, les rares occurrences de silicifications constatées sont des matières premières très médiocres : silex ψ -mudstones à matrice microcristalline, noirs, des Dolomie di San Pietro dei Monti (103) reconnus sur un affleurement proche du site d'Arma delle Manie (Cauche, 2007; Vicino, 2009) près d'Albenga; silicifications en veine de calcédoine cryptocristalline dans les grès de base de la Pietra di Finale (104) à proximité du site Arene Candide (Starnini et Voytek, 1997) dans la région de Finale Ligure (province de Savona). Il existe vraisemblablement d'autres ressources de ce type, d'extension très pon-



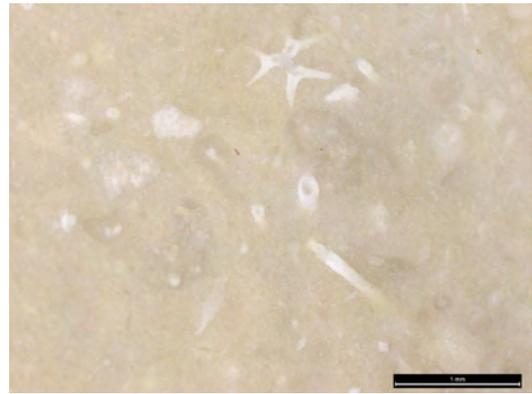
1 - 207A1 / Ψ -packstone à oolithes et oïdes.



2 - 209A1/ Selon les types et d'un bloc à l'autre, l'importance de la zonation varie. Ce type est marqué classiquement par une fine zonation sous-corticale.



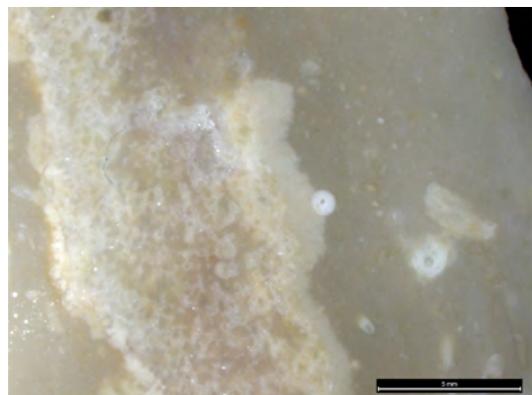
4 - 209B1 / Parmi les nombreux bioclastes, on note la présence d'orbitolines.



2 - 209B2 / Bioclastes.



6 - 209B2 / Lamellibranche dans le cortex.



2 - 209B2 / Bioclastes (notamment calpionelles) et bioturbation.

Fig. 21 – Silex jurassiques des familles 207 et 209.
Fig. 21 – Jurassic flints of the groups 207 and 209.

tuelle, mais à l'heure actuelle, aucun indice de silex de qualité autre que très médiocre n'a été relevé pour toute cette aire géographique. Enfin il conviendrait d'inclure à cet inventaire quelques occurrences de quartz à fenêtre des zones subalpines et des flyschs.

Des ressources abondantes mais médiocres

Enfin, deux zones présentent une situation encore un peu différente : il s'agit de concentrations de ressources en quantités importantes mais de qualité au mieux médiocre :

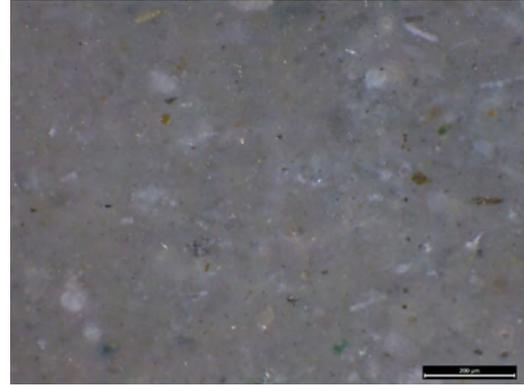
la frontière franco-italienne d'une part et le Nord de la Toscane de l'autre.

La région frontalière

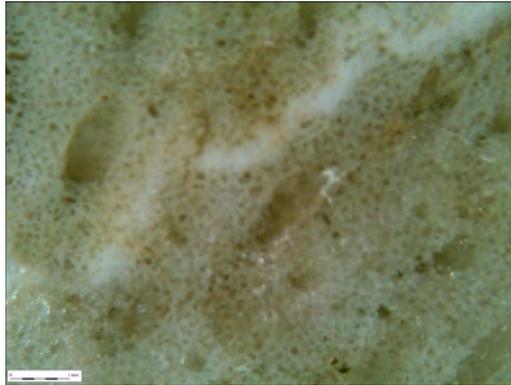
La région frontalière (fig. 22) a fait l'objet d'une attention particulière de la part des préhistoriens en raison de la présence du complexe de sites des Balzi Rossi qui représente un des jalons majeurs de la Préhistoire en Méditerranée du Nord-Ouest. Dans cette zone, des conglomérats d'âge lutétien, la formation des poudingues à microcodium, liés à un dépôt de fosse,



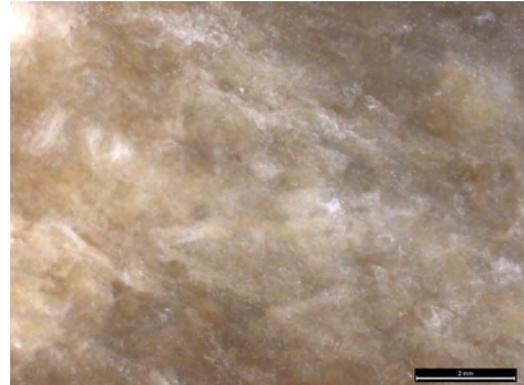
1 - 106A1 / Silex à détritisme bien trié grossier.



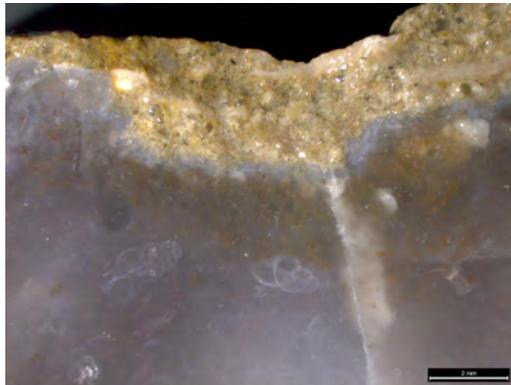
2 - 211A1 / Silex gris, fin, à opaques (notamment glauconie) et éléments bioclastiques.



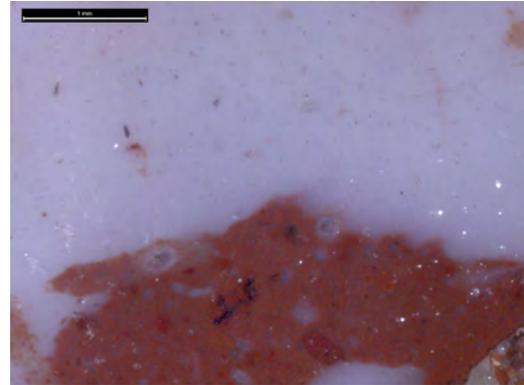
3 - 211B1 / Cas particulier d'éponges silicifiées.



4 - 305B1 / Silex sec à charophytes.



5 - 305B4 / Type défini par la présence d'abondants gastéropodes et d'autres petits bioclastes bien conservés.



6 - 307A1 / Silex passant du gris au rouge, massif à microbréchique par zones, localement oolithique.

Fig. 22 – Répartition des ressources frontalières.

Fig. 22 – Geographic distribution of the sources in the area of the French-Italian border.

reçoit une importante charge de galets de silex roulés et impactés dont les formations d'origines sont inconnues (Del Lucchese *et al.*, 2001). Le renversement des directions d'écoulements rend probable que les formations d'origine se trouvent dans une zone actuellement immergée, au sud. Les silex de ces conglomérats (305) sont répartis dans plusieurs types différents, leur variabilité est importante. De manière générale, il s'agit de silex bioclastiques d'origine lacustre, à matrice plutôt grossière, parfois lités et à texture variable (fig. 23, n^{os} 4 et 5). Ils sont parcourus de diaclases souvent mal recris-

tallisées qui limitent drastiquement leur aptitude à la taille.

Ces conglomérats s'étendent vers l'ouest et ils affleurent au nord de Nice. Si leur âge est probablement identique, le cortège détritique qui les définit est, en revanche, très différent : il comprend des orthoquartzites à quartz anguleux (401) et des silex de différents types (307 ; fig. 23, n^o 6). Dans la même zone, les calcaires du Turonien livrent également des silex (211) de qualité médiocre, *ψ-wackestones* à spicules et glauconie parfois très abondante (fig. 23, n^{os} 2 et 3).

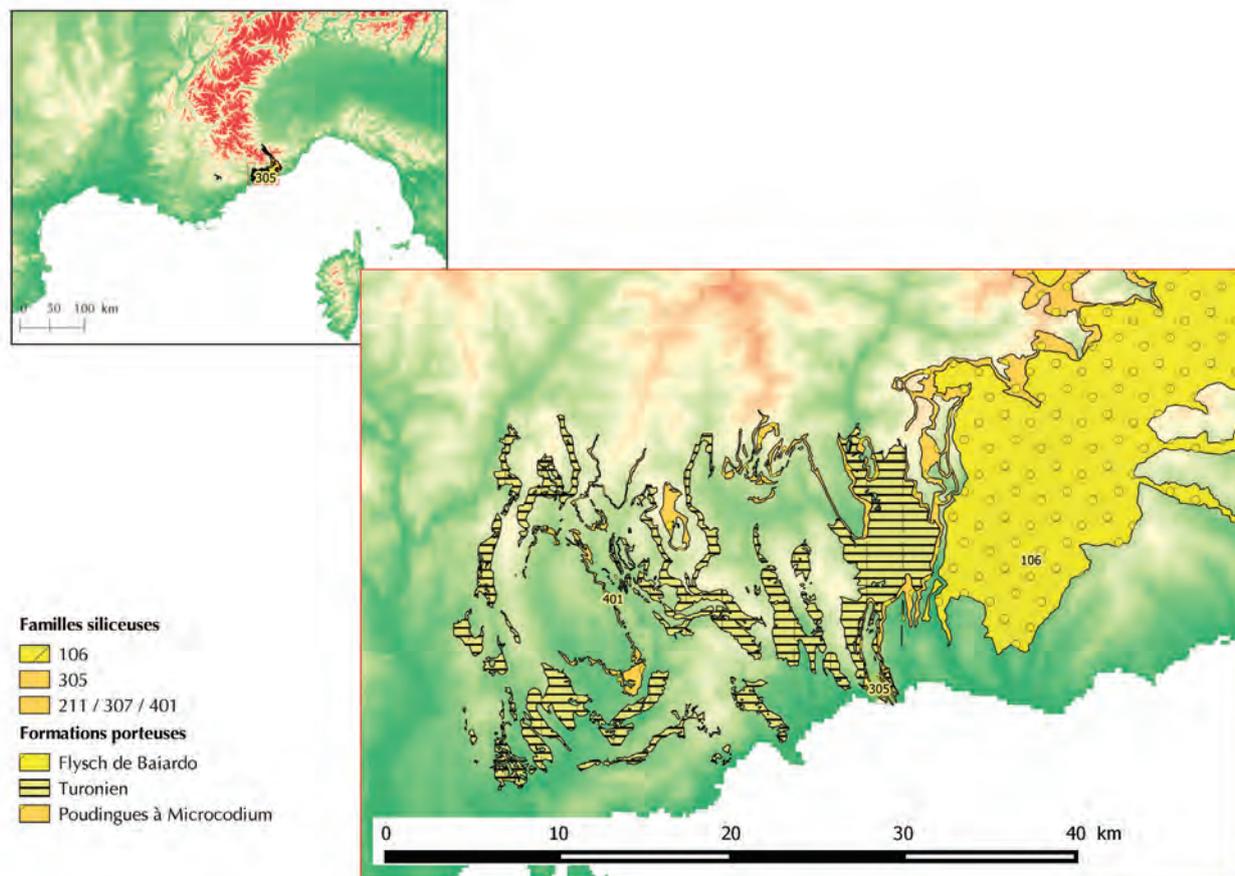


Fig. 23 – Silex de la région frontalière.

Fig. 23 – *Flints from the area of the French-Italian border.*

À l'est de la frontière cette fois, au contact des poudingues à microcodium, se déposent des flyschs au sein desquels des silex d'origine mal déterminée sont identifiés (106). Ces silex sont des ψ -wackestones lités à matrice microcristalline à spicules, foraminifères planctoniques et quartz détritiques grossiers (fig. 23, n° 1). Ils ont une aptitude à la taille plutôt supérieure aux autres ressources de cet espace géographique.

Le Nord de la Toscane

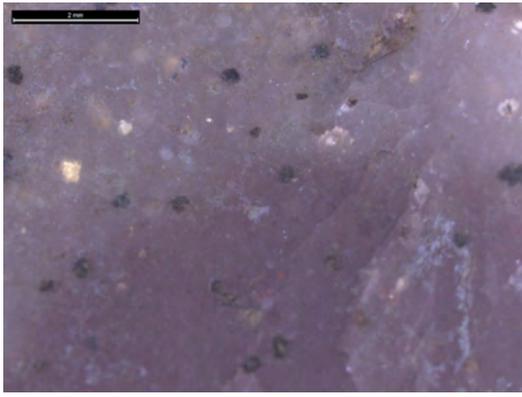
Dans la partie nord de la Toscane (fig. 24), le contexte sédimentaire est radicalement différent. Les formations de la Scaglia Toscana, qui forment l'essentiel des ressources dans cette zone, sont des formations de calcaires et siltites de milieu marin très profond – proche ou inférieur à la CCD selon les lits. Au sein de cette formation, des strates puissantes de silicifications qui s'apparentent à des radiolarites ont été reconnues. Ces matériaux (110) réunis en plusieurs types sont marqués par une importante variabilité. La présence de *boxworks* (vide rhomboédriques issus de l'altération de cristaux ; fig. 25, n° 3) représente cependant un des caractères traceurs de cette famille. Parmi les différents types, relevons 110A1, un ψ -wackestone à matrice cryptocristalline, *boxworks* et probables radiolaires très altérés (fig. 25, n° 1), 110A2, un ψ -mudstone

fin et homogène (fig. 25, n° 2), 110A4 de même nature mais à bioclastes (radiolaires, spicules) plus nombreux et surtout mieux conservés (fig. 25, n° 4) et 110B1 qui est une radiolarite homogène, de type ψ -wackestone à matrice cryptocristalline et rares radiolaires s'individualisant bien par la présence des *boxworks* (fig. 25, nos 5 et 6).

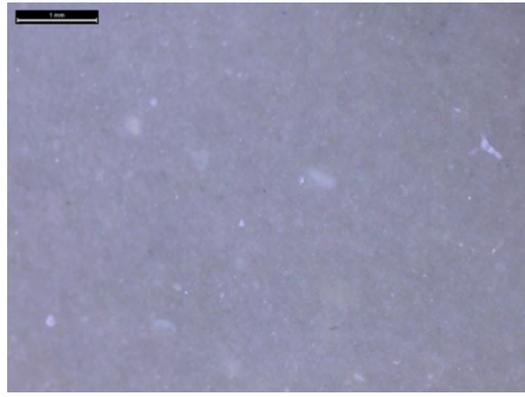
L'ensemble de ces silicifications, en quantité remarquable, reste de qualité toujours médiocre pour partie en raison des diaclases qui ne laissent à disposition que des blocs polyédrique de dimensions limitées.

BILAN ET PERSPECTIVES

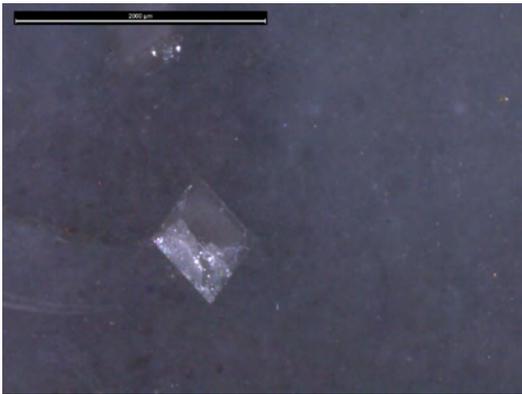
Le référentiel MP-ALP constitue aujourd'hui une base de données importante, en mesure de répondre aux questionnements généraux sur la détermination des sources d'approvisionnement en matières premières au cours de la Préhistoire dans l'arc liguro-provençal. Bénéficiant d'un contexte privilégié lié à la compartimentation spatiale des ensembles géologiques, cette base permet de définir les sources d'approvisionnement avec fiabilité et selon une précision qui aujourd'hui suffit amplement à répondre à nos interrogations. Les développements récents ont permis de réduire certaines limites qui touchaient



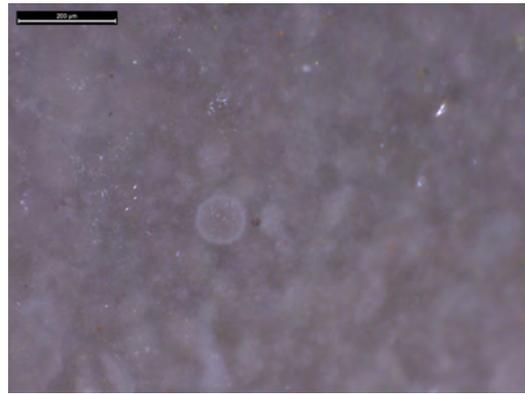
1 - 110A1 / Boxworks et cristaux néoformés rhomboédrique.



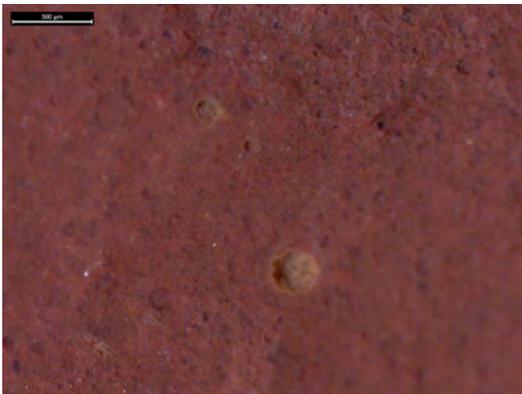
2 - 110A2 / Rares éléments détritiques dans une matrice fine.



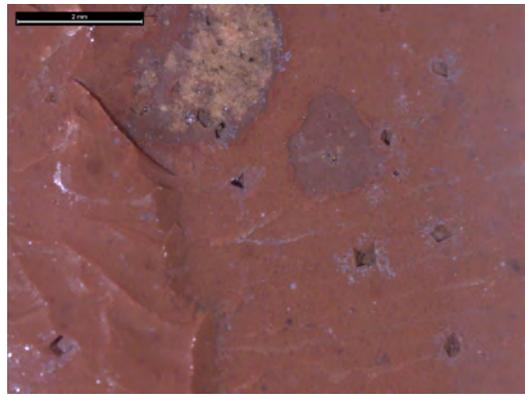
3 - 110A4 / Boxwork rhomboédrique.



4 - 110A4 / Radiolaire.



5 - 110B1 / Fantômes de radiolaires.



6 - 110B1 / Boxworks rhomboédriques.

Fig. 24 – Répartition des silex de la Scaglia Toscana.**Fig. 24 – Geographic distribution of the flints stemming from the Scaglia Toscana formation.**

à des aspects de convergence de faciès ou à l'extension de certaines formations. Ces recherches ont en revanche largement privilégié les silex et les roches présentant une bonne aptitude à la taille, au détriment des matières premières de mauvaise qualité pourtant exploitées dans certaines industries, le plus souvent localement. C'est une des pistes à développer dans les prochaines années. D'un autre côté, les questions de diffusion en position secondaire de certains silex ont été peu étudiées. Cela est lié en grande partie à la faible échelle des transports fluviaux envisageables dans cette région. Ce point mériterait pourtant d'être abordé, d'autant qu'il s'articule avec un autre, bien

plus central dans ce contexte, et qui concerne la présence des silex dans les formations de conglomérats. Afin de mieux cerner les différents types d'apports en leur sein, d'en établir les origines et de distinguer les approvisionnements associés aux sources primaires de ceux associés aux sources secondaires et subsecondaires, il est maintenant nécessaire de prendre en compte la notion de chaîne évolutive du silex (Fernandes, 2012).

Mais une des limites principales à laquelle se heurtent aujourd'hui les études de provenance tient à la nature des approvisionnements préhistoriques, qui survolent nos limites administratives actuelles et qui peuvent atteindre

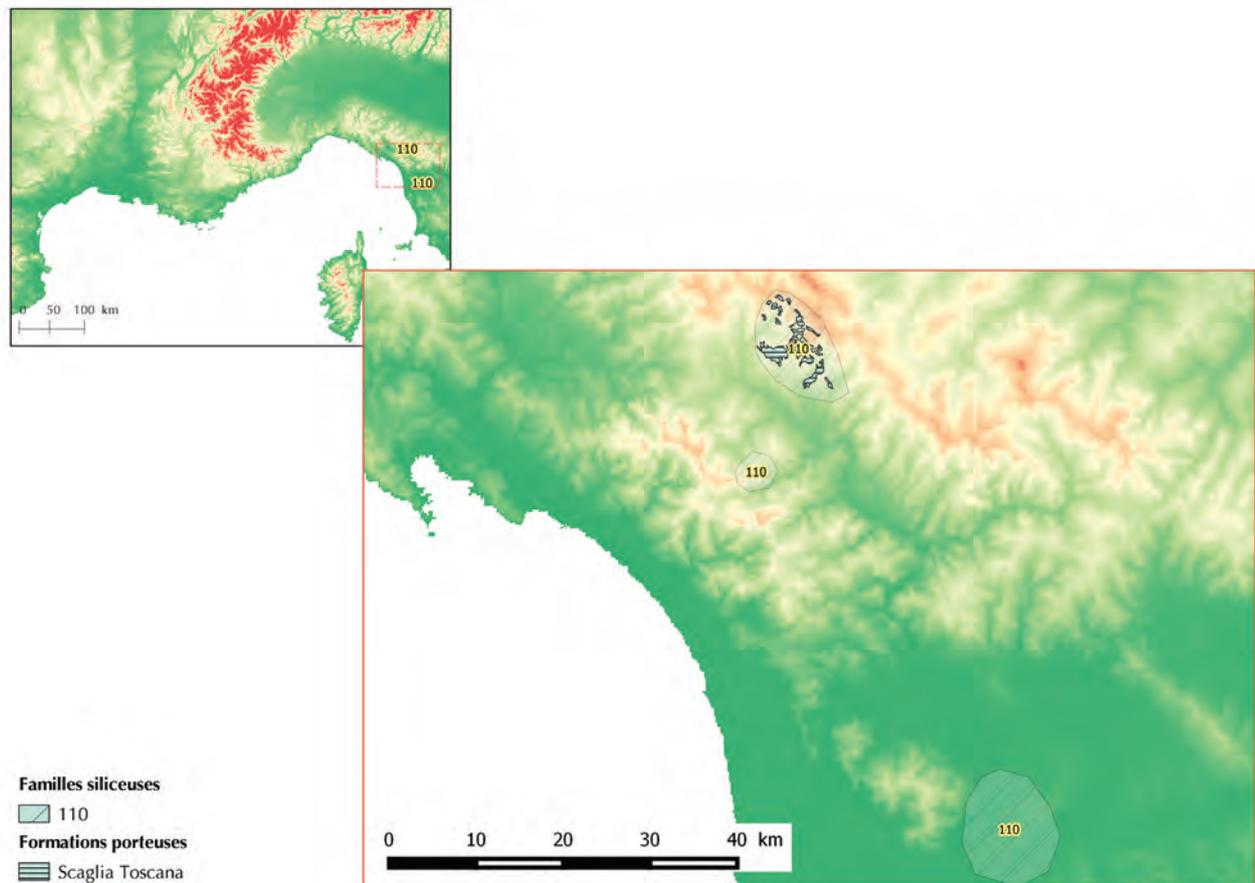


Fig. 25 – Silex de la partie nord de la Toscane.

Fig. 25 – Flint groups in the northern part of Tuscany.

des distances largement supérieures à celles que nous établissons spontanément lors de la constitution de nos référentiels. Cet écueil majeur ne pourra être dépassé que par la mise en place d'un réseau de collaborations entre les différents acteurs de la pétro-archéologie, à l'échelle nationale et européenne.

Remerciements : Entre 1991 et 1997 sous la forme d'une prospection thématique, puis entre 2008 et 2013 dans le cadre du projet collectif de recherche « ETICALP », les prospections qui ont permis la collecte des échantillons aujourd'hui regroupés dans le référentiel « MP-PACA » ont été autorisées et soutenues par le ministère de la Culture (service régional de l'Archéologie, direction des Affaires culturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur) avec l'appui du conseil général des Alpes-Maritimes

et du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco. Les analyses et les systèmes d'information ont été développés avec le soutien du CNRS, du conseil général des Alpes-Maritimes et de l'ANR « ProMiTraSil » dirigée par Vanessa Léa (UMR « TRACES », CNRS, université Toulouse-Le Mirail).

Pour la recherche d'affleurements de silex, parfois très localisés, la carte géologique s'avère souvent insuffisante ! Les auteurs remercient donc ceux qui ont bien voulu nous faire bénéficier de leur connaissance du terrain et plus particulièrement Pierre André, Robert Brandi †, Nadia Campana, Jean Courtin, Marco Del Soldato, Fabio Fogliazza, Michel Grenet, Daniel Helmer, Maurizio Libelli, Roberto Maggi, Fabio Negrino, Massimo Ricci, Pierre Rostan, Christian Stouvenot, Giuseppe Vicino ainsi que les nombreuses personnes qui ont à un moment ou à un autre participé aux prospections.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFFOLTER J. (2002) – *Provenance des silex préhistoriques du Jura et des régions limitrophes*, Hauterive, service et musée cantonal d'Archéologie (Archéologie Neuchâteloise, 28), 344 p.

AFFOLTER J., BINTZ P., BRESSY C. (1999) – Analyse et circulation des matières premières siliceuses au Mésolithique et au Néolithique ancien dans les Alpes du Nord, in A. Beeching (dir.), *Circulation et identités culturelles alpines à la*

fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude, programme « CIRCALP », agence Rhône-Alpes pour les sciences humaines (Travaux du Centre d'archéologie de Valence, 2), p. 129-140.

AFFOLTER J., GRUNWALD C. (1999) – Approvisionnements en matières premières dans les sites mésolithiques du Vercors, in P. Bintz et A. Thévenin (dir.), *L'Europe des derniers chasseurs. Épipaléolithique et Mésolithique*, actes du

- 5^e Colloque international de l'UISPP (Grenoble, 18-23 septembre 1995), Paris, CTHS, p. 627-635.
- BARBIER M. (1996) – *Caractérisation des silex urgoniens dans la région du Vaucluse*, rapport de stage de recherche de DESS, université de Bourgogne, Dijon, 63 p.
- BELLINZONA G., BONI A., BRAGA G., MARCHETTI G. (1971) – *Note illustrative della carta geologica alla scala 1:100000 - Foglio 71, Voghera*, Rome, Servizio geologico d'Italia.
- BINDER D. (1984) – Systèmes de débitage laminaire par pression : exemples chasséens provençaux, in J. Tixier, M.-L. Inizan et H. Roche (dir.), *Préhistoire de la pierre taillée, 2. Économie du débitage laminaire : technologie et expérimentation*, actes de la 3^e Table ronde de technologie lithique (Meudon-Bellevue, octobre 1982), Paris, Cercle de recherches et d'études préhistoriques, p. 71-84.
- BINDER D. (1987) – *Le Néolithique ancien provençal : typologie et technologie des outillages lithiques*, Paris, CNRS (Supplément à *Gallia Préhistoire*, 24), 212 p.
- BINDER D. (1991) – *Recensement des disponibilités en matières premières lithiques dans la région PACA*, rapport de prospection, inventaire, campagne de 1991 : feuille de Castellane, service régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Aix-en-Provence, 28 p.
- BINDER D. (1998) – Silex « blond » et complexité des assemblages lithiques dans le Néolithique liguro-provençal, in A. D'Anna et D. Binder (dir.), *Production et identité culturelle : actualité de la recherche*, actes des 2^{es} Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Arles, 8-9 novembre 1996), Antibes, APDCA, p. 111-128.
- BINDER D. (2002) – El silex melat, indicador de la complexitat social i marcador cultural en els conjunts del Neolithic antic liguoprovençal, *Cota Zero*, 17, p. 67-81.
- BINDER D. (2013) – Mésolithique et Néolithique ancien en Méditerranée nord-occidentale entre 7000 et 5500 cal. BCE : questions ouvertes sur les dynamiques culturelles et les procès d'interaction, in J. Jaubert, N. Fourment et P. Depaepe (dir.), *Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire, 1. Évolution des techniques, comportements funéraires, Néolithique ancien*, actes du XXVII^e Congrès préhistorique de France (Bordeaux - Les Eyzies, 31 mai-5 juin 2010), Paris, Société préhistorique française, p. 341-355.
- BINDER D. (ce volume) – Approvisionnement et gestion des outillages lithiques au Néolithique : l'exemple de Nice « Giribaldi » en Provence orientale, in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Nice, 28 et 29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 281-303.
- BINDER D., GUILBERT R. (1994) – *Recensement des disponibilités en matières premières lithiques dans la région PACA. Rapport sur les prospections thématiques synthèse du programme de recherche 1992-1994 Provence orientale et Provence alpine*, service régional d'Archéologie de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Aix-en-Provence.
- BINDER D., GUILBERT R. (1997) – *Recensement des disponibilités en matières premières lithiques dans la région Provence - Alpes - Côte d'Azur*, rapport sur les prospections thématiques en Provence rhodanienne, service régional d'Archéologie de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Aix-en-Provence, 52 p.
- BINTZ P., BRESSY C. (2002) – Inventaire des ressources sili- ceuses et projet de mise en réseau des lithotèques du quart sud-est de la France, in M. Bailly, R. Furestier et T. Perrin (dir.), *Les industries lithiques taillées holocènes du bassin rhodanien : problèmes et actualités*, actes de la table ronde (Lyon, 8-9 décembre 2000), Montagnac, Monique Mergoïl (Préhistoires, 8), p. 69-77.
- BLET M. (1999) – *L'apport de l'ablation laser couplée à l'ICP-MS à la caractérisation des archéomatériaux siliceux*, thèse de doctorat, université d'Orléans, 211 p.
- BLET M., BINDER D., GRATUZE B. (2000) – Essais de caractérisation des silex bédouliens provençaux par analyse chimique élémentaire, *Revue d'archéométrie*, 24, p. 149-167.
- BRESSY C. (2003) – *Caractérisation et gestion du silex des sites mésolithiques et néolithiques du Nord-Ouest de l'arc alpin. Une approche pétrographique et géochimique*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1114), 295 p.
- BRESSY C., BINTZ P., POUPEAU G. (1999) – La caractérisation géochimique appliquée aux questions de la circulation du silex dans les massifs de Chartreuse et du Vercors (Alpes occidentales, France), in A. Beeching (dir.), *Circulation et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude*, programme « CIRCALP », agence Rhône-Alpes pour les sciences humaines, Valence, Centre d'archéologie préhistorique (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 141-149.
- BUSTILLO M. A., TERRADAS X., CASTANEDA N., CAPOTE M., CONSUEGRA S., CRIADO C., DIAZ-DEL-RIO P., OROZCO T., PEREZ-JIMENEZ J. L. (2009) – Is the Macroscopic Classification of Flint Useful? A Petroarchaeological Analysis and Characterization of Flint Raw Materials from the Iberian Neolithic Mine of Casa Montero, *Archaeometry*, 51, 2, p. 175-196.
- CAMPANA N., MAGGI R. (2002) – *Archeologia in Valle Lagorara. Diecimila anni di storia intorno a una cava di diaspro*, Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Origines), 400 p.
- CAUCHE D. (2007) – Les cultures moustériennes en Ligurie italienne : analyse du matériel lithique de trois sites en grotte, *L'Anthropologie*, 111, 3, p. 254-289.
- CIPRIANI N., DINI M., GHINASSI M., MARTINI F., TOZZI C. (2001) – L'approvvigionamento della materia prima in alcuni tecnocomplessi della Toscana appenninica, *Rivista di Scienze Preistoriche*, 51, p. 337-388.
- COURTIN J., BINDER D. (1994) – Un point sur la circulation de l'obsidienne dans le domaine provençal, *Gallia Préhistoire*, 36, 1, p. 310-322.
- DEL LUCCHESI A., MARTINI S., NEGRINO F., OTTOMANO C. (2001) – « I Ciotti » (Mortola Superiore, Ventimiglia, Imperia). Una località di approvvigionamento della materia

- prima per la scheggiatura durante il Paleolitico, *Bulletino della Società paleontologica italiana*, 91-92, p. 1-26.
- DI DIO G., PICCIN A., VERCESI P. L. (2005) – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 179, Ponte dell'Olio*, Rome, Servizio Geologico d'Italia.
- DINI M., NEGRINO F., TOZZI C., GHIRETTI A. (2006) – Strategie di approvvigionamento e circolazione delle materie prime silicee tra la valle del Serchio e il pedeappennino padano durante il Paleolitico superiore e il Mesolitico, in D. Cocchi Genick (dir.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana*, actes de la XXXIX^e Réunion scientifique de l'Institut italien de Pré- et Protohistoire (Florence, 25-27 novembre 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 229-240.
- DUNHAM R. J. (1962) – Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture, in W. E. Ham (dir.), *Classification of Carbonate Rocks. A Symposium*, Tulsa (Okla.), American Association of Petroleum Geologists (Memoir, 1), p. 108-121.
- FÉBLOT-AUGUSTINS J. (1997) – *La circulation des matières premières au Paléolithique. Synthèse des données, perspectives comportementales*, Liège, université de Liège, service de Préhistoire (ERAUL, 75), 275 p.
- FÉBLOT-AUGUSTINS J. (2009) – Revisiting European Upper Paleolithic Raw Material Transfers: the Demise of the Cultural Ecological Paradigm?, in B. Adams et B. S. Blades (dir.), *Lithic Materials and Paleolithic Societies*, Chichester, Wiley-Blackwell, p. 25-46.
- FEDELE F. G., GIRAUDI C. (1978) – Lithologia preistorica del Piemonte. 1, Distribuzione degli affioramenti di selce, *Quaderno*, 4, p. 93-109.
- FERNANDES P. (2012) – *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université Bordeaux 1, 623 p.
- FOLK R. L. (1959) – Practical Petrographic Classification of Limestones, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 43, p. 1-38.
- FOLK R. L. (1962) – Spectral Subdivision of Limestone Types, in W. E. Ham (dir.), *Classification of Carbonate Rocks. A Symposium*, Tulsa (Okla.), American Association of Petroleum Geologists (Memoir, 1), p. 62-84.
- GENESTE J. M. (1985) – *Analyse lithique d'industries moustériennes du Périgord : une approche technologique du comportement des groupes humains au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université de Bordeaux I, 565 p.
- GENESTE J. M. (1988) – Systèmes d'approvisionnement en matières premières au Paléolithique moyen et au Paléolithique supérieur en Aquitaine, in J. K. Kozłowski (dir.), *L'homme de Neandertal, 8. La mutation*, actes du colloque international (Liège, 4-7 décembre 1986), Liège, université de Liège (ERAUL, 35), p. 61-70.
- GHIRETTI A., NEGRINO F., TOZZI C. (2003) – Estrazione del diaspro e produzione di strumenti a ritocco bifacciale in località Ronco del Gatto (Bardi, Parma): modificazioni economiche e tecnologiche tra la fine del Neolitico e l'età del Rame nell'Appennino ligure-emiliano, in A. Ferrari et P. Visentini (dir.), *Il declino del mondo neolitico. Ricerche in Italia centro-settentrionale fra aspetti peninsulari, occidentali e nord-alpini*, actes du colloque (Pordenone, 5-7 avril 2001), Pordenone, Museo Archeologico del Friuli Occidentale (Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale, 4), p. 403-408.
- GRIMALDI S., PORRAZ G., SANTANIELLO F. (2014) – Raw Material Procurement and Land Use in the Northern Mediterranean Arc: Insight from the First Proto-Aurignacian of Riparo Mochi (Balzi Rossi, Italy), *Quartär*, 61, p. 113-127.
- GUILBERT R. (2000) – *Gestion des industries lithiques mésolithiques du Sud-Est de la France*, thèse de doctorat, université Paris I, 366 p.
- LÉA V. (2004) – Centres de production et diffusion des silex bédouliens au Chasséen, *Gallia Préhistoire*, 46, p. 231-250.
- LÉA V. (2005) – Raw, Pre-Heated or Ready to Use: Discovering Specialist Supply Systems for Flint Industries in Mid-Neolithic (Chassey culture) Communities in Southern France, *Antiquity*, 79, 303, p. 51-65.
- LÉA V., ROQUÉ-ROSELL J., TORCHY L., BINDER D., SCIAU P., PELEGRIN J., REGERT M., COUSTURES M. P., ROUCAU C. (2012) – Craft Specialization and Exchanges during the Southern Chassey Culture: an Integrated Archaeological and Material Sciences Approach, in M. Borell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (dir.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VIII-III mil·lenni aC)*, actes du colloque international (Gavà-Bellaterra, 2-4 février 2011), Gavà, Institut Municipal de Gestió del Patrimoni Cultural i Natural (Rubricatum, 5), p. 119-127.
- LEMOINE M., GRACIANSKY P. C. de, TRICART P. (2000) – *De l'océan à la chaîne de montagne. Tectonique des plaques dans les Alpes*, Paris, Gordon and Breach Science (Géosciences), 205 p.
- MARZIN S. (2015) – *L'exploitation et la diffusion de matériaux volcaniques au Paléolithique moyen L'exemple de la rhyolite du Massif de l'Estérel (Var, France)*, mémoire de master, université Nice Sophia Antipolis, 103 p.
- M'HAMDI M. (2012) – *Chasseurs-cueilleurs acheuléens de la grotte du Lazaret « UA 26 », Nice, Alpes-Maritimes Approche comportementale et Analyse spatiale*, thèse de doctorat, université Nice-Sophia Antipolis, Nice, 440 p.
- MASSON A. (1981) – *Pétroarchéologie des roches siliceuses. Intérêt en Préhistoire*, thèse de doctorat, université Lyon 1, 69 p.
- MILLOT J. (2011) – *Approche de la spécialisation artisanale au Néolithique par la caractérisation pétrographique et minéralogique des silex barrémo-bédouliens du Vaucluse*, mémoire de master 2, université de Bourgogne, Dijon, 60 p.
- MORONI A., ARANGUREN B., CASINI A., COSTANTINI A., GRANDINETTI G., SCARAMUCCI S., GAMBASSINI P. (ce volume) – The prehistoric quarry of La Pietra (Roccastrada – Grosseto – Tuscany). Copper age lithic workshops and the production of bifacial points in Central Italy, in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Nice, 28 et 29 mars 2013), Paris,

- Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 305-324.
- MOULLADE M. (1966) – *Étude stratigraphique et micropaléontologique du Crétacé inférieur de la « Fosse vocontienne »*, thèse de doctorat, université Claude Bernard-Lyon 1 (Documents des laboratoires de géologie de Lyon, 15), 369 p.
- NEGRINO F. (2003) – *Modificazioni tecno-tipologiche ed utilizzo delle materie prime nell'Appennino tosco-emiliano e nell'arco ligure tra Paleolitico medio recente e Paleolitico superiore antico*, thèse de doctorat, università « La Sapienza », Rome.
- NEGRINO F., SALZANI P., VENTURINO GAMBARI M. (2006) – La circolazione della selce nel Piemonte tra il Neolitico e l'Età del Rame, in D. Cocchi Genick (dir.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana*, actes de la XXXIX^e Réunion scientifique de l'Institut italien de Pré- et Protohistoire (Florence, 25-27 novembre 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 316-327.
- NEGRINO F., STARNINI E. (2006) – Modelli di sfruttamento e circolazione delle materie prime per l'industria litica scheggiata tra Paleolitico inferiore ed Età del Rame in Liguria, in D. Cocchi Genick (dir.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana*, actes de la XXXIX^e réunion scientifique de l'Institut italien de Pré- et Protohistoire (Florence, 25-27 novembre 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 284-298.
- NEGRINO F., STARNINI E. (2010) – Dinamiche di sfruttamento e circolazione delle materie prime silicee per l'industria litica scheggiata in Liguria tra Paleolitico inferiore ed Età del Rame, in G. Odetti (dir.), *L'uomo e la terra ligure: la trasformazione e l'adeguamento delle popolazioni umane al territorio della Liguria nel corso dei millenni*, actes de la table ronde (Gênes, 10-11 février 2005), Gênes, università degli Studi di Genova, p. 21-34.
- NEGRINO F., STARNINI E., BERTOLA S. (ce volume) – Red Radiolarite Availability in Western Liguria? A Challenging Enigma from Ortovero (Savona, Liguria, Northern Italy), in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Nice, 28 et 29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 35-44.
- ONORATINI G., SIMON P., NEGRINO F. (2007) – Aires d'approvisionnement en roches siliceuses au Paléolithique supérieur en Provence orientale : le site noaillien du Gratadis, *Bulletin du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 48, p. 59-72.
- ONORATINI G., SIMON P., NEGRINO F., CAUCHE D., MOUILLÉ P. E., ARELLANO A., BORGIA V., VOYTEK B., ARRIGHI S. (2011) – Du sud de la Montagne de Lure aux sépultures de Grimaldi : le silex zoné stampien dit « du Largue ». Un matériau de prestige du Paléolithique supérieur liguro-provençal, *Bulletin du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 51, p. 51-74.
- PERLÈS C. (1990) – L'outillage de pierre taillée néolithique en Grèce : approvisionnement et exploitation des matières premières, *Bulletin de correspondance hellénique*, 114, 1, p. 1-42.
- PIBOULE M. (2010) – Du quartz au silex, l'hydrothermalisme source de matériaux siliceux : exemple des jaspéroïdes de l'Hettangien du Berry, in P. Fernandes (éd), *Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes*, projet collectif de recherche, rapport annuel 2010, service régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, Lyon, p. 40-53.
- PORRAZ G. (2005) – *En marge du milieu alpin. Dynamiques de formation des ensembles lithiques et modes d'occupation des territoires au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université de Provence-Aix-Marseille 1, Marseille, 345 p.
- PORRAZ G. (2009) – Middle Palaeolithic Mobile Toolkits in Short-term Human Occupations: Two Case Studies, *Eurasian Prehistory*, 6, 1-2, p. 33-55.
- PORRAZ G. (2010) – Regards croisés : la diffusion des jaspes de Ligurie orientale (Italie) et l'approvisionnement en matières premières lithiques dans l'abri Pié Lombard (Paléolithique moyen, France), in N. J. Conard et A. Delagnes (dir.), *Settlement Dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone age*, Tübingen, Kerns, vol. 3, p. 283-308.
- PORRAZ G., NEGRINO F. (2008) – Espaces économiques et approvisionnement minéral au Paléolithique moyen dans l'aire liguro-provençale, *Bulletin du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, supplément 1, p. 29-39.
- PORRAZ G., SIMON P., PASQUINI A. (2010) – Identité technique et comportements économiques des groupes proto-aurignaciens à la grotte de l'Observatoire (principauté de Monaco), *Gallia Préhistoire*, 52, p. 23-59.
- PORHAULT B. (1974) – *Le Crétacé supérieur de la « Fosse vocontienne » et des régions limitrophes (France, Sud-Est). Micropaléontologie, stratigraphie, paléogéographie*, thèse de doctorat, université Claude Bernard-Lyon 1, 342 p.
- RENAULT S. (1998) – Économie de la matière première. L'exemple de la production, au Néolithique final en Provence, des grandes lames en silex zoné oligocène du bassin de Forcalquier (Alpes-de-Haute-Provence), in A. D'Anna et D. Binder (dir.), *Production et identité culturelle : actualités de la recherche*, actes des Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Arles, 8-9 novembre 1996), Antibes, APDCA, p. 145-161.
- RICHE C. (1999) – Les gîtes siliceux du bassin de la Drôme et du sud Vercors : bilan des disponibilités en matière première., in A. Beeching (dir.), *Circulation et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude*, programme « CIRCALP », agence Rhône-Alpes pour les sciences humaines, Valence, Centre d'archéologie préhistorique (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 117-140.
- RICHE C., FÉBLLOT-AUGUSTINS J. (2002) – La caractérisation pétrographique des silex : application de la méthode à deux contextes géologiques et géographiques particuliers (sud Vercors et Bugey), in M. Bailly, R. Furestier et T. Perrin (dir.), *Les industries lithiques taillées holocènes du bassin rhodanien : problèmes et actualités*, actes de la table ronde (Lyon, 8-9 décembre 2000), Montagnac, Monique Mergoïl (Préhistoires, 8), p. 29-50.
- RINALDI I. (2009) – *Approvvigionamento ed economia delle materie prime nel sito gravettiano di Casa Ricconi (Colline delle Cerbaie, Pisa)*, mémoire de spécialisation, université de Pise, 142 p.

- ROQUÉ-ROSELL J., TORCHY L., ROUCAU C., LÉA V., COLOMBAN P., REGERT M., BINDER D., PELEGRIN J., SCIAU P. (2011) – Influence of Heat Treatment on the Physical Transformations of Flint Used by Neolithic Societies in the Western Mediterranean, in P. B. Vandiver, C. L. Reedy, J. L. Ruvalcaba Sil et W. Li (dir.), *2010 MRS Fall Meeting. Symposium WW. Material Issues in Art and Archaeology*, actes du congrès MRS (Boston, 29 novembre-3 décembre 2010), *Materials Research Society Proceedings*, 1319, [en ligne : mrsf10-1319-ww09-02 doi: 10.1557/opl.2011.926].
- ROSSONI-NOTTER E. (2011) – *Les cultures moustériennes des Balzi Rossi (Grimaldi, Ligurie, Italie). Les collections du Prince Albert 1^{er} de Monaco*, thèse de doctorat, université Perpignan, 461 p.
- ROSSONI-NOTTER E., SIMON P. (ce volume), Péroarchéologie et techno-économie : pour une valorisation des collections moustériennes des Balzi Rossi (Grimaldi, Vintimille, Ligurie, Italie), in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Nice, 28 et 29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 145-175.
- SCHMIDT P., LÉA V., SCIAU P., FRÖHLICH F. (2013) – Detecting and Quantifying Heat Treatment of Flint and Other Silica Rocks: a New Non-Destructive Method Applied to Heat-Treated Flint from the Neolithic Chassey Culture, Southern France, *Archaeometry*, 55, 5, p. 794-805.
- SÉRONIE-VIVIEN M. R. (2010) – Le silex à lepidorbitoïdes en Aquitaine. État de la question, in C. Bressy, S. Grégoire et F. Bazile (dir.), *Silex et territoires préhistoriques. Avancées des recherches dans le Midi de la France*, actes de la table ronde (Lattes, 13-15 juin 2008), Paris, GéoPré (Les C@hiers de GéoPré, 1), p. 31-37.
- SIMONUCCI C. (2000) – *Caractérisation des silex lacustres oligocènes du bassin d'Apt-Forcalquier*, mémoire de DESS, université de Bourgogne, Dijon, 101 p.
- SLIMAK L., BRESSY C., GUENDON J. L., MONTOYA C., OLLIVIER V., RENAULT S. (2005) – Exploitation paléolithique de silex oligocènes en haute Provence (France). Caractérisation des matières premières et processus d'acquisition, *Comptes rendus Palevol*, 4, 4, p. 359-367.
- STARNINI E. (1999) – Industria litica scheggiata, in S. Tinè (dir.), *Il Neolitico nella caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Bordighera, Istituto Internazionale di Studi Liguri (Collezione di monografie preistoriche e archeologiche, 10), p. 219-236.
- STARNINI E., VOYTEK B. (1997) – The Neolithic Chipped Stone Artefacts from the Bernabò Brea-Cardini Excavations, in R. Maggi (dir.), *Arene Candide: a Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence (Excavations Bernabò Brea-Cardini 1940-1950)*, Rome, Il Calamo (Memorie dell'Istituto di Paleontologia Umana, n. s. 5), p. 349-426.
- TEXIER P. J., RENAULT-MISKOVSKY J., DESCLAUX E., LUMLEY M.-A. DE., PORRAZ G., TOMASSO A. (2011) – L'abri Pié Lombard à Tournettes-sur-Loup (Alpes-Maritimes) : anciennes fouilles (1971-1985), nouvelles données, *Bulletin du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 51, p. 19-49.
- TOMASSO A. (2014) – *Territoires, systèmes de mobilités et systèmes de production. La fin du Paléolithique supérieur dans l'arc liguro-provençal*, thèse de doctorat, université Nice Sophia-Antipolis et université de Pise, 1 070 p.
- TOMASSO A., NAUDINOT N., BINDER D., GRIMALDI S. (2014) – Unité et diversité dans l'Épigravettien récent de l'arc liguro-provençal, in M. Langlais, N. Naudinot et M. Pèresani (dir.), *Les groupes culturels de la transition Pléistocène-Holocène entre Atlantique et Adriatique*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Bordeaux, 24-25 mai 2012), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 3), p. 155-184 [en ligne : http://www.prehistoire.org/offres/file_inline_src/515/515_P_32683_7.pdf].
- TOZZI C., DINI M. (2007) – L'epigravettiano finale nell'alto versante tirrenico: casi studio dell'area Toscana, in F. Martini (dir.), *L'Italia tra 15.000 e 10.000 anni fa: cosmopolitismo regionalità nel tardoglaciale*, actes de la table ronde (Florence, 18 novembre 2005), Florence, Museo Fiorentino di Preistoria « Paolo Graziosi » (Millenni, 5), p. 95-129.
- TURQ A. (2005) – Réflexions méthodologiques sur les études de matières premières lithiques, *Paléo*, 17, p. 111-132.
- VICINO G. (2009) – L'industria litica scheggiata del Riparo di Pian del Ciliegio, in A. Del Lucchese (dir.), *Il Riparo di Pian del Ciliegio. Un sito neolitico sull'altopiano delle Mânie*, Albenga, Istituto Internazionale di Studi Liguri (Quaderni del Museo Archeologico del Finale, 5), p. 87-96.

Antonin TOMASSO

Didier BINDER

UMR 7264 « CEPAM »

Université Nice Sophia Antipolis

Pôle Universitaire Saint Jean d'Angély SJA 3,

24, avenue des Diables Bleus

F-06357 Nice Cedex 4

antonin.tomasso@cepam.cnrs.fr

didier.binder@cepam.cnrs.fr

Gabriele MARTINO

Soprintendenza per i Beni Archeologici della

Liguria

Via Balbi, 10, I-16126 Genova (Italie)

garibaldomare@gmail.com

Guillaume PORRAZ

CNRS, USR 3336, UMIFRE 25

French Institute of South Africa

Evolutionary Studies Institute

University of the Witwatersrand

Johannesburg (RSA)

guillaume.porraz@ifas.org.za

Patrick SIMON
Musée d'Anthropologie préhistorique de
Monaco
56 bis, boulevard du Jardin Exotique
MC-98000 Monaco
patrick.simon@map-mc.com



Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée
Actes de la journée de la Société préhistorique française de Nice, 28-29 mars 2013
Textes publiés sous la direction de
Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,
Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT
Paris, Société préhistorique française, 2016
(Séances de la Société préhistorique française, 5)
p. 45-53
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-64-4

Red Radiolarite Availability in Western Liguria?

A Challenging Enigma from Ortovero (Savona, Liguria, Northern Italy)

Fabio NEGRINO, Elisabetta STARNINI and Stefano BERTOLA

Abstract: The authors present a new prehistoric site recently discovered at Ortovero, near Albenga (Savona Province, Italy) in Western Liguria that can be attributed on typological grounds to the Final Epigravettian or to the Sauveterrian. The raw-material characteristics of the chipped stone artefacts resemble those of the red radiolarite outcrops of Eastern Liguria, although the large number of pieces manufactured from this material and the distance from the supposed sources challenge this hypothesis. As a result of field surveys carried out over the last few years, the authors discuss the possibility of a formerly unknown source of vitreous red-coloured radiolarite outcropping in the surroundings of the site that may correspond to the 'Radiolariti di Arnasco' formation outcropping near Ortovero.

Keywords: Palaeolithic, Mesolithic, radiolarite, outcrops, raw materials, procurement, Liguria, Italy.

Résumé : Les auteurs présentent la récente découverte d'un nouveau site préhistorique à Ortovero, près d'Albenga (province de Savone, Italie) en Ligurie occidentale qui peut être datée sur la base d'observations typologiques à la fin de l'Épigravettien ou au Sauveterrien. La matière première de l'ensemble lithique ressemble à celles des affleurements de radiolarite rouge de Ligurie orientale, bien que le nombre élevé de pièces réalisées sur ce matériau et la distance aux sources supposées nous amène à considérer cette hypothèse avec prudence. À la lumière des prospections de terrain conduites durant ces dernières années, les auteurs signalent l'existence d'un affleurement inconnu de radiolarites vitreuses rouges dans les environs du site, correspondant à la formation des « Radiolariti di Arnasco » qui affleurent non loin d'Ortovero.

Mots-clés : Paléolithique, Mésolithique, radiolarite, affleurements, matières premières, approvisionnement, Ligurie, Italie.

RED RADIOLARITE, also named 'red jasper' (diaspro rosso in Italian) in the local archaeological literature, is very common in the Ligurian-Tuscan-Emilian Apennines (fig. 1). In this area the largest formation is the Roccagrande-Lama-Pràbera outcrop (Parma), which includes high-quality siliceous layers. The outcrop is also characterised by the presence of numerous workshops dated from the Middle Palaeolithic to the Copper Age (Ghiretti et al., 2002; Negrino et al., 2016a and b). Another noteworthy site is the prehistoric Valle Lagorara quarry (Eastern Liguria), dated to the Copper Age, which exploited an impressive red radiolarite outcrop (Campana and Maggi, 2002).

This raw material is quite common in the Eastern Ligurian Apennines, even in localised good-quality outcrops (Campana et al., 2013), whereas—despite the

presence of a radiolarite-bearing geological formation ('Radiolariti di Arnasco')—, suitable raw material for knapping, as discussed below, has not so far been recovered from the western part of the region.

The Arnasco radiolarites (Dallagiovanna and Di Giulio, 1984; Dallagiovanna and Seno, 1984) belong to the Arnasco-Castelbianco unit, outcropping in the hinterland of Albenga (fig. 2). This unit was deposited on the thinned and faulted European margin (Piemontese domain; Vanossi, 1991). The sedimentary succession of the Arnasco-Castelbianco unit (Upper Triassic-Eocene) is as follows: Monte Atena Dolostone (Norian), Veravo Limestone (Rhetian), Rocca Livernà Limestone (Lias), Monte Galero Breccia (Lias-Dogger), Arnasco radiolarites (Malm), Menosio Limestone (Neocomian), Albenga Formation (Cretaceous?-Middle Eocene). These

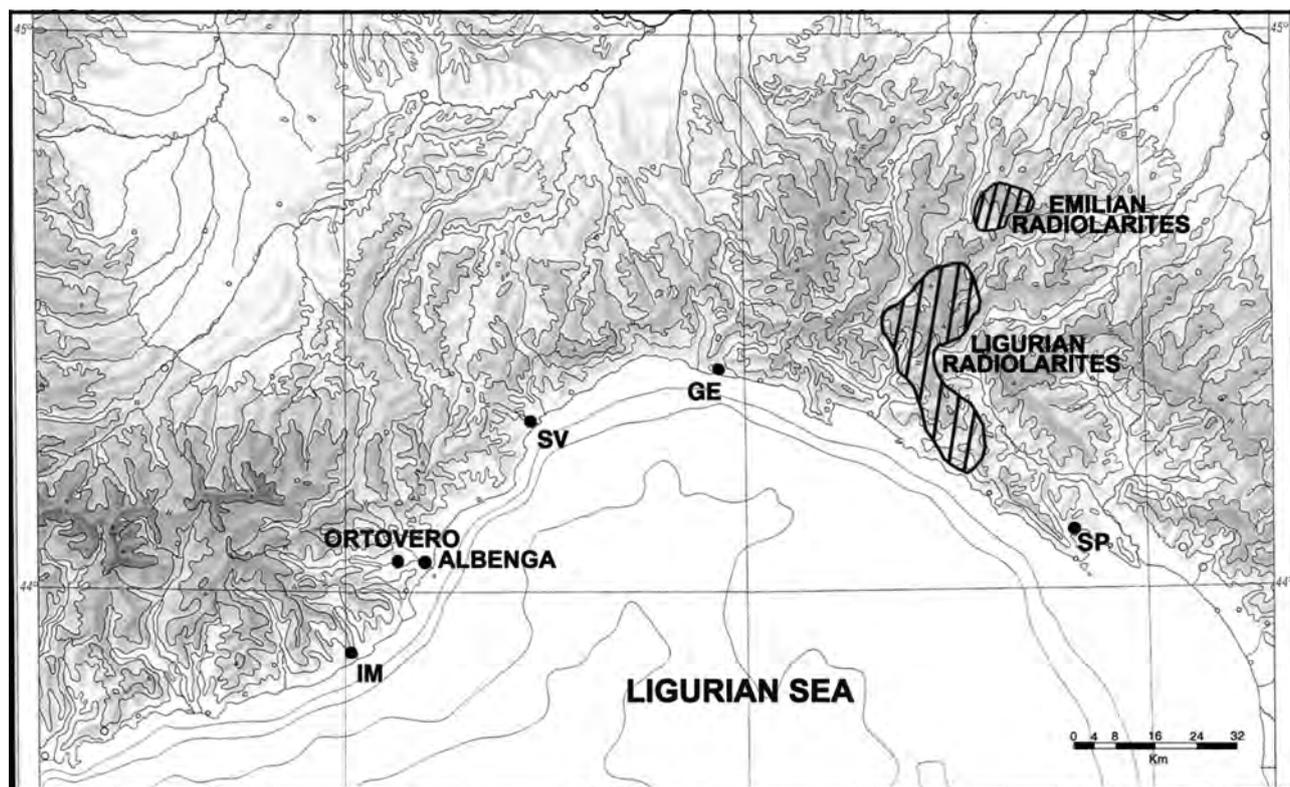


Fig. 1 – Map of Liguria with the localities mentioned in the text and the location of the red radiolarite outcrops of eastern Ligurian and the Emilian Apennine.

Fig. 1 – Carte de la Ligurie avec l'indication des localités mentionnées dans le texte et la localisation des affleurements de radiolarite rouge dans les Apennins de Ligurie orientale et d'Émilie.

lithostratigraphic units record a gradual drowning of the continental margin consequent to the opening of the Piedmont-Liguria ocean. The Arnasco Radiolarites and the overlying Menosio Limestone were deposited in a very deep oceanic environment during the maximum deepening of the basin.

The Arnasco Radiolarites is composed mainly of thin-bedded red, green or grey cherts, radiolarian cherts, radiolarites, claystones and siliceous schists. According to G. Dallagiovanna and A. Di Giulio (Dallagiovanna and Di Giulio, 1984), the formation can be subdivided into three distinct levels, from bottom to top:

1) marly claystones, alternated with thin-bedded sandstones and fine conglomerates;

2) thin-bedded greyish-black and light grey fine-grained to subvitreous cherts alternated with dark to light grey siliceous claystones;

3) few-centimetres-thick rhythmic alternation of greenish to reddish siliceous claystones and reddish cherts/radiolarian cherts, in which are intercalated thick beds of conglomerates or thin clay layers alternated with sandstones and fine conglomerates. The top of this level is characterised locally (Case Morteo) by a thick deposit of alternating radiolarites and pelites, unevenly interbedded with thin claystone beds.

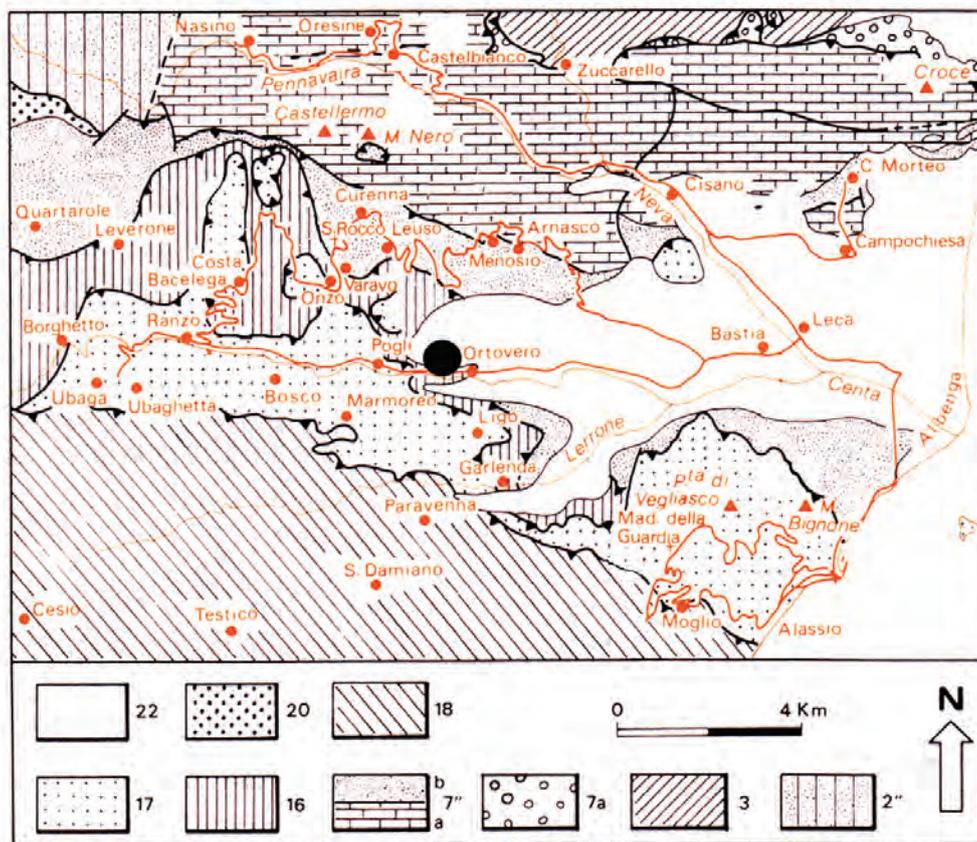
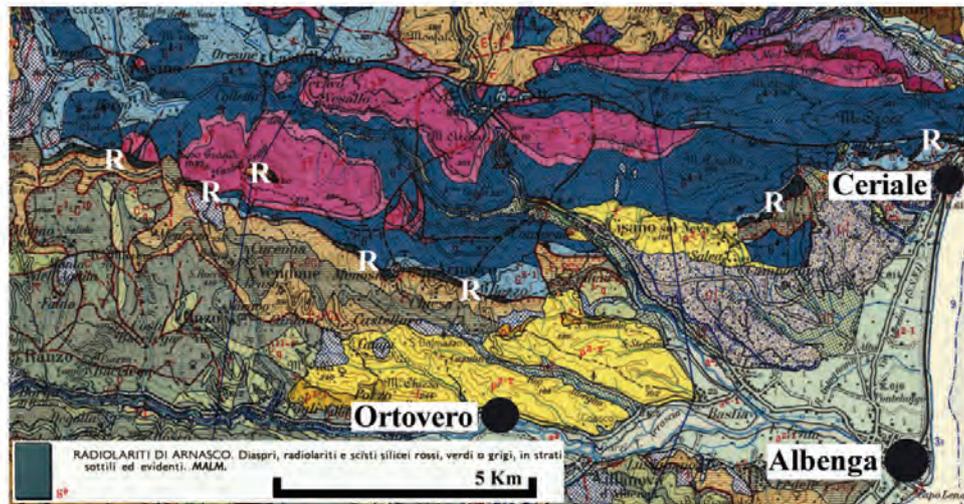
The Arnasco Radiolarite discontinuously outcrops in a small area between Cima Autero and Monte Cucco, on the right bank of the Rio Pennavaire and along the pro-

vincial road connecting the Aquila d'Arroscia and Leverone villages. Another well-described outcrop (Dallagiovanna et al., 1991) is located near Albenga (Case Morteo) and Ceriale. Their average thickness is 25 m but they can reach 70 m.

The Arnasco Radiolarite gradually grades into the Menosio Limestone, which is represented by well-bedded whitish micritic limestone containing lenses and nodules of light grey cherts (Maiolica/Calpionella Limestone facies) reaching a thickness of about 15 m (Dallagiovanna and Di Giulio, 1984).

Palaeolithic and Mesolithic radiolarite artefacts and workshops, and also later traces of mining activity, were discovered in Eastern Liguria, Western Emilia and North-Western Tuscany. They are proof that radiolarites were widely exploited from the Middle Palaeolithic up to the Early Bronze Age (Campana and Maggi, 2002; Ghiretti et al. 2002; Negrino et al., 2016a and b).

In Liguria Epigravettian and Mesolithic evidence is testified by a few sites. Epigravettian evidence is well-known from several caves in Western Liguria (Balzi Rossi, Imperia; Val Pennavaire and Arene Candide, Savona), as well as from open-air sites scattered in the Apennines and their valleys (Baffico et al., 1983; Biagi and Maggi, 1984; Binder and Maggi, 2001; Negrino and Tozzi, 2008; Tomasso et al., 2014). Mesolithic sites are rarer and those reported so far are almost exclusively concentrated in the Eastern Ligurian Apennines (Biagi



Schema tettonico.

2'', **3**= U. Brianzoni resp. di Caprauna-Armetta e di Castelvevchio-Cerisola. **7a**= U. prepiemontese di C. Tuberto, serie permo-mesozoica pre-radiolariti. **7''**= U. prepiemontese di Arnasco-Castelbianco (**a**: elemento di Castelbianco, terreni pre-radiolariti; **b**: elemento di Arnasco, dalle radiolariti alla F. di Albenga). **16**= U. di Colla Domenica-Leverone. **17**= U. di Borghetto. **18**= U. di Moglio-Testico. **20**= Complesso di base dei Flysch a Elmitoidi e/o olistostromi al tetto delle successioni Brianzoni esterne, eventualmente associati al "Flysch nero". **22**= Depositi marini e continentali plio-quadernari.

Fig. 2 – Top: geological map excerpt with the distribution of the ‘Radiolariti di Arnasco’ formation (R) in the surroundings of Ortovero (Carta Geologica d’Italia, Foglio 92-93 Albenga-Savona modified); bottom: geological units of the area under study with the distribution of the radiolarites (unit 7''b); the black spot indicates the location of the prehistoric site (modified from Dallagiovanna et al., 1991, fig. 10.1).

Fig. 2 – En haut : extrait de la carte géologique montrant la localisation des « radiolarites d’Arnasco », dans les alentours d’Ortovero (carte géologique d’Italie, feuille 92-93, Albenga-Savona modifiée). En bas : unités géologiques de l’aire d’étude et distribution des radiolarites (unité 7''b), le point noir indique la localisation du site préhistorique (modifié d’après Dallagiovanna et al., 1991, fig. 10.1).

and Maggi, 1984; Binder and Maggi, 2001; Maggi and Negrino, 1992). In Western Liguria the evidence is very limited: the Ortovero site, along with Punta della Mortola (Baroni and Biagi, 1990), near Ventimiglia (Imperia), Pian del Re (Massimo Ricci, pers. comm.), near Sanremo (Imperia), and Colla di San Giacomo (Franco, 2011, p. 274; Arobba and Vicino 2013, p. 87), near Finale Ligure (Savona), is the fourth potential settlement that can be assigned to this cultural phase.

The absence of clear evidence for Mesolithic settlement in Western Liguria has been the subject, in the past, of a discussion about the Early Holocene settlement of this region. Some scholars maintained the idea that an Epigravettian tradition had survived in the deep valleys of Western Liguria up to the Early Holocene, and should therefore be contemporary with the development of the Mesolithic cultures in the remainder of the Italian peninsula (see discussion in Palma di Cesnola, 1993, p. 289-292). This hypothesis was advanced on the basis of the conventional radiocarbon dates obtained in the last century for the Epigravettian layers of two caves in the Val Pennavaire (Arma di Nasino and Arma dello Stefanin – Imperia: Alessio et al., 1967; Leale Anfossi, 1972; Palma di Cesnola, 1974). Given that Mesolithic evidence was widespread both in adjacent Provence and in Northern Italy (Biagi, 1991; Brochier, 1982; Tomasso et al., 2014; Walsh et al., 2007) and given the problematic character of the dated sequences of the aforementioned Ligurian caves, this theory is no longer reliable. As a matter of fact, recent excavations at Arma dello Stefanin (Biagi et al., 1987; Barker et al., 1990) demonstrated that the Early Neolithic fireplaces, one of which was dated to 6610 ± 60 BP (Bln-3276), immediately overlaid the Final Palaeolithic occupations, re-dated more convincingly to 12700 ± 300 BP (HAR-6915). These latter may have caused charcoal merging as revealed by the first series of very late radiocarbon dates of the Epigravettian occupation. Moreover, subsequent refitting of the Upper Palaeolithic lithic assemblage carried out by one of the authors (F. N.) demonstrated that several pieces stemming from different depths refit, thus revealing vertical movement of the artefacts within the deposit. In this context the presence of a single obsidian scraper with marginal retouch in the Palaeolithic layer V can be explained as an intrusion from the overlying Early Neolithic layer III (Leale Anfossi, 1972, p. 259)⁽¹⁾.

Finally, the absence of Mesolithic remains can be reasonably explained not only by a different settlement strategy, but also by the incomplete knowledge of the archaeological sites in this area, because of the lack of systematic surveys.

The lithic assemblages of the Epigravettian sites are characterised by a wide range of mainly local but also imported lithic raw materials².

In Western Liguria imported artefacts in Late Pleistocene sites are made from siliceous rocks originating from sources in France and the Italian Apennines, but also from radiolarite outcrops in Liguria, Tuscany and Emilia as well as from the Scaglia Formation in the Marche region, reflecting a well-organised exchange network

extending over more than 400 km (Negrino and Starnini, 2003, 2006 and 2010; Tomasso et al., 2014). During the Mesolithic radiolarites are present in Western Liguria in the Colla di San Giacomo site, although they are very rare and occur with artefacts manufactured from different types of siliceous rocks (Franco, 2011; Arobba and Vicino, 2013). By contrast the Mesolithic assemblages discovered in Eastern Liguria were produced almost exclusively from local red radiolarites and greyish-whitish siliceous nodules from the local Calpionella limestone formation (Maggi and Negrino, 1992; Negrino and Starnini, 2003; 2006 and 2010).

Moreover, rare red and green radiolarite artefacts, supposedly of Eastern Ligurian provenance, have been identified among the Neolithic chipped stone assemblages recovered from cave sites in Western Liguria, such as Arene Candide and Pollera (Negrino and Starnini, 2003; 2006 and 2010). Finally, radiolarite quarries are known in Eastern Liguria, dated between the beginning of the Copper Age and the Early Bronze Age (Campana and Maggi, 2002), and in the above-mentioned Roccagrande-Lama-Pràbera outcrop (Negrino et al., 2016a and b).

This scenario, regarded as valid until recently, was challenged by the discovery of a new prehistoric site at Ortovero (Ceccon et al., 2010) in the interior of the Albenga plain in Western Liguria (fig. 2).

THE PREHISTORIC SITE OF ORTOVERO

The Ortovero site was discovered by chance on the occasion of the construction of a private house in the Ortovero village and reported to the Soprintendenza per i Beni Archeologici della Liguria in 2004 (Del Lucchese, 2008; Ceccon et al., 2010). It is located on a Pleistocene river terrace along the Arroscia torrent (fig. 1 and fig. 2). Unfortunately the discoverers (M. Ceccon and G. Vicino) collected the lithic assemblage, which consisted of 205 pieces entirely in a secondary position, from the dumped soil stemming from the excavation of the subterranean garage of the building. It is possible that an undisturbed part of the deposit is preserved in the adjacent parcels, but at present there are neither the financial nor the logistic resources to organise an archaeological excavation.

The lithic artefacts are comprised mainly of debitage products except for one bladelet and one small bladelet/flakelet core (fig. 3, nos. 1, 2, 4 and 7). Although diagnostic elements are rare (a few fragments of backed tools and geometrics; fig. 3, nos. 5 and 6), the debitage modules and distinct typological-technological characteristics of the assemblage are very similar to those of the Ferrada di Moconesi site in Eastern Liguria (Maggi and Nebiocolombo, 1987). The lithic assemblage can therefore be tentatively attributed to a very late Epigravettian or to the Sauveterrian (Ceccon et al., 2010). The location of the site,



Fig. 3 – Artefacts from the Ortovero findspot. 1-2, 4, and 7: photographs and drawings of two red radiolarite microbladelets cores; 3: unretouched artefacts stemming from laminar debitage; 5 and 6: fragments of possible geometric microliths of triangular shape; 8: red radiolarite flakes.

Fig. 3 – Matériel lithique de la station d'Ortovero. 1-2, 4 et 7 : photographies et dessins de deux nucléus à microlamelles ; 3 : produits laminaires non retouchés ; 5 et 6 : fragments possibles d'armatures géométriques triangulaires ; 8 : éclats en radiolarite rouge.

on a Pleistocene terrace in the Arroscia valley bottom, also closely resembles the situation of the Ferrada di Moconesi site.

The challenging characteristic of this industry is indeed the raw material. Except for some greyish-white and pinkish-white flint pieces it is similar to the raw materials of the Eastern Apennine sources, including the Val Baganza flint (PR) and, surprisingly, it is to a great extent represented by liver-red radiolarite (fig. 3, nos. 3 and 8) closely resembling that outcropping in Eastern Liguria (fig. 1), while other lithotypes occur in small numbers, for example a single dark-brown flint, probably stemming

from the Provence outcrops in France. According to the evidence of raw-material exploitation models recently developed for the sites in Liguria (Negrino and Starnini, 2003; 2006 and 2010), we would expect and predict a preferential use of circum-local lithotypes for sites dated to these periods. On the other hand, the characteristics of the lithic assemblage seem to exclude other chronological/cultural attributions.

The macroscopic characteristics of the raw materials displayed by the assemblage are identical to those of the Eastern Ligurian radiolarite outcrops that are located at least 100 km as the crow flies away from Ortovero. Thus

this assemblage represents an enigma as regards the raw material and two questions arise: is it almost completely manufactured from imported material? Or can we deduce the presence of an unknown radiolarite outcrop in its surroundings? To explain this enigmatic pattern, two hypotheses can be advanced:

1) If the first hypothesis is admitted, this site resembles and must be interpreted as being the camp of a human group originating from Eastern Liguria largely using the characteristic raw materials (red radiolarites) of that area. This pattern could be explained by the lack of suitable siliceous rocks in the Albenga area. The presence within the assemblage of a single piece made from Val Baganza flint would support this hypothesis. The Ortovero site would then represent a unique case with regard to the current knowledge about raw-material use in this region. However, as mentioned above, Late Epigravettian/Mesolithic sites are very scarcely known and not numerous enough to build a reliable 'model'.

2) If the second hypothesis is admitted, it would perfectly fit the model of a prevailing use of local raw materials reconstructed for the considered period of time, which predicts the use of circum-local lithotypes and the exploitation of imported raw material only for those sites located far away from suitable outcrops (Grimaldi, 2005; Peresani, 1994; Starnini, 1997).

RED RADIOLARITE AVAILABILITY IN WESTERN LIGURIA?

The 'Albenga' sheet of the Italian geological map (Carta Geologica d'Italia, Foglio Albenga no. 92-93, 1:100.000 IGM) shows the presence of a formation called 'Radiolariti di Arnasco' (Boni et al., 1971, p. 66).

In order to verify the information and to collect samples to test the raw-material quality, short surveys were carried out during summer 2012-2013 and winter 2014 along the mountain ridge between Bezzo-Arnasco and Curenna-Monte Nero and in the nearby streambeds. Although the slope morphologies are strongly modified by centuries-long agricultural activity, i.e. dry stone terrace-building for olive culture, it was noticed that red radiolarite deposits, although altered, outcrop and can be followed over several kilometres (fig. 4). However, although the explored outcrops did not present suitable siliceous layers that could be exploited for the manufacture of artefacts, the survey can only be considered as complete when the other occurrences in the Arroscia and Pennavaire valleys and between Salea and Ceriale mapped on the geological sheet and mentioned in the geological literature have been surveyed. The question therefore remains unresolved.



Fig. 4 – Aspect of the radiolarite outcrops surveyed in 2013 between Bezzo, Arnasco and Monte Nero.

Fig. 4 – Affleurements de radiolarite prospectés en 2013 entre Bezzo, Arnasco et Monte Nero.

We hope in the future to have the necessary resources to be able to complete the exploration of the area, including all the small valleys and secondary alluvial deposits. Currently the absence of suitable raw material on the surface or in outcrops in the surveyed area does not enable us to exclude either the complete erosion of the deposit or its obliteration under the recent alluvial cover, or its not yet localised, very limited extension.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The raw materials of the chipped stone assemblages from the Upper Palaeolithic sequence of Arma dello Stefanin are comprised of a variety of 'western' lithotypes reflecting the complex and wide mobility range of the human groups at the end of the Pleistocene. The absence of Mesolithic sites in the Savona area, with the exception of the Colla di San Giacomo site (actually a small assemblage composed of a few artefacts), does not enable us to fully understand the raw-material circulation patterns in this area during that period. In Eastern Liguria Mesolithic assemblages seem to reflect a more limited mobility range, but Eastern Liguria is an area where outcrops of good-quality siliceous raw materials are rather substantial.

If the local availability of vitreous red radiolarite layers is confirmed in the future, Ortovero should be regarded as a Late Epigravettian or at least a Preboreal/Sauveterrian open-air site, in which the local red radiolarite was the main raw-material source exploited for the chipped stone industry. Thus, the implications of such a hypothetical discovery would affect and challenge our present knowledge about the models of red radiolarite

circulation in Western Liguria and Provence, opening up new scenarios on prehistoric human behaviours: ranging from the provenance of the very rare red radiolarite tools from the Mousterian layers of the Balzi Rossi caves (Liguria) and Pié Lombard shelter (Provence: Porraz and Negrino, 2008) to that of the Neolithic artefacts at Arene Candide (Starnini 1999), the source of which should possibly be searched for closer and into a westerly direction, rather than in Eastern Liguria.

Acknowledgements: We are extremely grateful to Prof. M. Piazza (DISTAV- University of Genova) for improving the geological description of the Arnasco Radiolarite Formation and to Marcello Ceccon for his assistance during fieldwork.

NOTES

- (1) It is necessary to mention that the supposed presence of obsidian artefacts in Ligurian Epipalaeolithic contexts (Martini, 1993, p. 260) has not so far received any undisputed confirmation. The obsidian scraper from Arma dello Stefanin (Leale Anfossi, 1972) is indeed attributable to the Early Neolithic layers of the cave. In addition, the presence of a single obsidian end-scraper from layer A of Riparo Mochi, cited by Laplace (1977, p. 9), was never confirmed and no further pieces of this raw material were ever found in subsequent excavations or on the occasion of recent re-examinations of the artefacts from the Balzi Rossi caves. It is possible that this scraper was actually manufactured from a very dark-blackish flint variety, known in south-eastern France, that, at that time, was not identified (see Porraz et al., 2010).
- (2) We consider the raw materials as local or imported on the basis of the parameters set by D. Binder (Binder, 1998) considering the distances between potential sources and sites of use.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALESSIO M., BELLA F., BACHECHI F., CORTESI C. (1967) – University of Rome Carbon-14 Dates V, *Radiocarbon*, 9, p. 346-367.
- AROBBA D., VICINO G. (2013) – 32. Il Mesolitico. Alla fine del nomadismo verso nuove conquiste, in D. Arobba, A. De Pascale and G. Vicino (eds.), *Le guide del Museo Archeologico del Finale: Il Paleolitico*, Finale Ligure, Istituto Internazionale di Studi Liguri, p. 87.
- BAFFICO O., BIAGI P., MAGGI R. (1983) – Il Mesolitico, in R. Maggi (ed.), *Preistoria nella Liguria orientale*, Chiavari, Siri, p. 33-44.
- BARONI C., BIAGI P. (1991) – Le ricerche archeologiche alla Punta della Mortola (Giardini di Villa Hanbury, Imperia): campagne 1985 e 1987, *Rivista di Scienze Preistoriche*, 43, p. 257-261.
- BARKER G., BIAGI P., CLARK G., MAGGI R., NISBET R. (1990) – From Hunting to Herding in the Val Pennavaira (Liguria, Northern Italy), in P. Biagi (ed.), *The Neolithization of the Alpine Region*, proceedings of the international round table (Brescia, 29 April-1st May 1988), Brescia, Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia (Monografie di Natura Bresciana, 13), p. 99-121.
- BIAGI P. (1991) – The Prehistory of the Early Atlantic Period along the Ligurian and Adriatic Coast of Northern Italy in a Mediterranean Perspective, *Rivista di Archeologia*, 15, p. 46-54.
- BIAGI P., MAGGI R. (1984) – Aspects of the Mesolithic Age in Liguria, in B. Bagolini (ed.), *Il Popolamento delle Alpi in età Mesolitica*, proceedings of the international round table (Trento, 26-29 July 1983), Trento, Museo trentino di scienze naturali (Preistoria Alpina, 19), p. 154-168.
- BIAGI P., MAGGI R., NISBET R., BARKER G., GIROD A. (1987) – Arma dello Stefanin, in P. Melli and A. Del Lucchese (eds.), *Archeologia in Liguria, III.1. Scavi e scoperte 1982-1986, Preistoria e Protostoria*, Genoa, Tormena, p. 159-164.
- BINDER D. (1998) – Silex « blond » et complexité des assemblages lithiques dans le Néolithique liguro-provençal, in A. D'Anna and D. Binder (eds.), *Production et identité culturelle : actualité de la recherche*, proceedings of the 2nd Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Arles, 8-9 November 1996), Antibes, APDCA, p. 111-128.

- BINDER D., MAGGI R. (2001) – Le Néolithique ancien de l'arc liguro-provençal, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 98, 3, p. 411-422.
- BONI A., CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 92-93 Albenga-Savona*, Roma, L. Salomone.
- BROCHIER J.-É. (1982) – Le passage du Paléolithique supérieur au Mésolithique dans le Vaucluse. Les changements du milieu, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 79, 1, p. 23-27.
- CAMPANA N., MAGGI R. (2002) – *Archeologia in Valle Lagorara. Diecimila anni di storia intorno a una cava di diaspro*, Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Origines), 400 p.
- CAMPANA N., DEL SOLDATO M., NEGRINO F., MARTINO G. (2013) – Gli affioramenti di rocce silicee in Liguria orientale e il loro sfruttamento, in A. M. Stagno (ed.), *Montagne incise. Pietre incise. Archeologia delle risorse nella montagna mediterranea – Carved Mountains. Engraved Stones. Contributions to the Environmental Resources Archeology of the Mediterranean Mountains*, proceedings of the conference (Borzonasca, 20-22 October 2011), Firenze, All'Insegna di Giglio (Archeologia Postmedievale, 17), p. 19-30.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, *Foglio Albenga n. 92-93, 1:100.000 IGM*, Servizio Geologico d'Italia, [on line: http://193.206.192.231/carta_geologica_italia/tavoletta.php?foglio=92-93].
- CECCON M., DEL LUCCHESI A., STARNINI E. (2010) – Segnalazione di un sito preistorico (Ortovero), *Archeologia in Liguria*, N. S., 2, 2006-2007, p. 253.
- DALLAGIOVANNA G., DI GIULIO A. (1984) – Livelli clastici nelle Radiolariti di Arnasco: segnalazione e interpretazione, *Rendiconti della Società geologica italiana*, 7, p. 13-14.
- DALLAGIOVANNA G., SENO S. (1984) – Rilevamento geologico ed analisi strutturale del settore meridionale dell'Unità di Arnasco-Castelbianco (Alpi Marittime), *Memorie della Società geologica italiana*, 28, p. 441-445.
- DALLAGIOVANNA G., GALBIATI B., LUALDI A., SENO S., VANOSI M. (1991) – L'entroterra di Albenga tra le valli Pennavaira e Arroscia (km 134) – Le Unità di Arnasco-Castelbianco, di Colla Domenica-Leverone, di Borghetto: successioni stratigrafiche, rapporti geometrici, tettonica interna, in M. Vanossi (ed.), *Alpi Liguri, Guide Geologiche Regionali*, 11. *Itinerari*, Roma, Società Geologica Italiana, BE-MA Editrice, p. 241-265.
- DEL LUCCHESI A. (2008) – Recupero di materiali preistorici (Ortovero), *Archeologia in Liguria*, N. S., 1, 2004-2005, p. 259.
- FRANCO C. (2011) – *La fine del Mesolitico in Italia. Identità culturale e distribuzione territoriale degli ultimi cacciatori-raccoglitori*, Trieste, Società per la preistoria e protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia (Quaderno, 13), 280 p.
- GHIRETTI A., NEGRINO F., TOZZI C. (2002) – Estrazione del diaspro e produzione di strumenti a ritocco bifacciale in località Ronco del Gatto (Bardi, Parma): modificazioni economiche e tecnologiche tra la fine del Neolitico e l'età del Rame nell'Appennino ligure-emiliano, in A. Ferrari and P. Visentini (eds.), *Il declino del mondo Neolitico. Ricerche in Italia centro-settentrionale fra aspetti peninsulari, occidentali e nord-alpini*, proceedings of the conference (Pordenone, 5-7 April 2001), Pordenone, Museo delle Scienze (Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale, 4), p. 403-408.
- GRIMALDI S. (2005) – Un tentativo di definire un modello di territorio e mobilità per i cacciatori raccoglitori sauroterriani dell'Italia nord-orientale, *Preistoria Alpina*, 41, p. 73-88.
- LAPLACE G. (1977) – Il Riparo Mochi ai Balzi Rossi di Grimaldi (fouilles 1938-1949). Les industries leptolithiques, *Rivista di Scienze Preistoriche*, 32, p. 3-131.
- LEALE ANFOSSI M. (1972) – Il giacimento dell'Arma dello Stefanin (Val Pennavaira – Albenga). Scavi 1952-1962, *Rivista di Scienze preistoriche*, 27, p. 249-321.
- MAGGI R., NEBIACOLLO A. (1987) – Ferrada di Moconesi, in P. Melli and A. Del Lucchese (eds.), *Archeologia in Liguria*, III.1. *Scavi e scoperte 1982-86*, Genoa, Soprintendenza Archeologica della Liguria, p. 67-72.
- MAGGI R., NEGRINO F. (1992) – Upland Settlement and Technological Aspects of the Eastern Ligurian Mesolithic, *Preistoria Alpina*, 28, p. 373-396.
- MARTINI F. (1993) – *Grotta della Serratura a Marina di Camerota. Culture e ambienti dei complessi olocenici*, Firenze, Garlatti Razzai, 377 p.
- NEGRINO F., COLOMBO M., CREMASCHI M., SERRADIMIGNI M., TOZZI C., GHIRETTI A. (2016a) – Cave di estrazione del diaspro e officine litiche della prima Età dei Metalli nell'Appennino parmense, in *Preistoria e Protostoria dell'Emilia Romagna*, proceedings of the XLV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (Modena, 27-31 October 2010).
- NEGRINO F., COLOMBO M., CREMASCHI M., SERRADIMIGNI M., TOZZI C., GHIRETTI A. (2016b) – Estese officine litiche del Paleolitico medio-superiore sui rilievi appenninici di Monte Lama-Castellaccio-Pràrbera (Bardi, Parma), in *Preistoria e Protostoria dell'Emilia Romagna*, proceedings of the XLV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (Modena, 27-31 October 2010).
- NEGRINO F., STARNINI E. (2003) – Patterns of Lithic Raw Material Exploitation in Liguria from the Palaeolithic to the Copper Age, in F. Surlim (ed.), *Les matières premières lithiques en Préhistoire*, proceedings of the international round table (Aurillac, 20-22 June 2002), Cabrerets, musée de Pech-Merle (*Préhistoire du Sud-Ouest*, supplément 5), p. 235-243.
- NEGRINO F., STARNINI E. (2006) – Modelli di sfruttamento e circolazione delle materie prime per l'industria litica scheggiata tra Paleolitico inferiore ed Età del Rame in Liguria, in D. Cocchi Genick (ed.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana*, proceedings of the XXXIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Firenze, 25-27 November 2004), Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 283-298.
- NEGRINO F., STARNINI E. (2010) – Dinamiche di sfruttamento e circolazione delle materie prime silicee per l'industria litica scheggiata in Liguria tra Paleolitico inferiore ed Età del Rame, in G. Odetti (ed.), *L'uomo e la terra ligure*, pro-

- ceedings of the round table (Genoa, 10-11 February 2005), Genoa, università degli Studi di Genova, p. 21-34.
- NEGRINO F., TOZZI C. (2008) – Il Paleolitico in Liguria, in D. Binder, X. Delestre and P. Pergola (eds.), *Archéologies transfrontalières. Alpes du Sud, Côte d'Azur, Piémont, Ligurie. Bilan et perspectives de recherche*, proceedings of the conference (Nice, 13-15 December 2007), Monaco, musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco (*Bulletin du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, supplement issue 1), p. 21-28.
- PALMA DI CESNOLA A. (1974) – Arma di Nasino: l'industria dei livelli epipaleolitici, in A. M. Radmilli, A. Palma di Cesnola, S. Tiné, L. Barral, S. Simone, G. Vicino, O. Giuggiola, P. Baïssas, G. Paoli, M. Leale Anfossi, G. Odetti, B. Bago- lini, P. Biagi, R. Scarani, P. Graziosi, T. Mannoni, P. Messeri and C. Scarsini (eds.), *Atti della XVI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano Preistoria e Protostoria*, proceedings of the conference (Liguria, 3-5 November 1973), Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 97-109.
- PALMA DI CESNOLA A. (1993) – *Il Paleolitico superiore in Italia*, Firenze, Garlatti Razzai, 576 p.
- PERESANI M. (1994) – Flint Exploitation at Epigravettian and Mesolithic Sites on the Asiago Plateau (Veneto Prealps), in P. Biagi and J. Nandris (eds.), *Highland Zone Exploitation in Southern Europe*, Brescia, Museo Civico di Scienze Naturali (Monografie di Natura Bresciana, 20), p. 221-24.
- PORRAZ G., NEGRINO F. (2008) – Espaces économiques et approvisionnement minéral au Paléolithique moyen dans l'aire liguro-provençale, in D. Binder, X. Delestre and P. Pergola (eds.), *Archéologies transfrontalières. Alpes du Sud, Côte d'Azur, Piémont, Ligurie. Bilan et perspectives de recherche*, proceedings of the conference (Nice, 13-15 December 2007), Monaco, musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco (*Bulletin du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, supplement issue 1), p. 29-39.
- PORRAZ G., SIMON P., PASQUINI A. (2010) – Identité technique et comportements économiques des groupes proto-aurignaciens à la grotte de l'Observatoire (Principauté de Monaco), *Gallia Préhistoire*, 52, p. 33-59.
- STARNINI E. (1997) – Raw Material Procurement and Use Strategies, in Baroni C. and P. Biagi (eds.), *Excavations at the High Altitude Mesolithic Site of Laghetti del Crestoso (Bovegno, Brescia, Northern Italy)*, Brescia, Ateneo di Brescia, Accademia di Scienze Lettere ed Arti, , p. 21-24.
- STARNINI E. (1999) – Industria litica scheggiata, in S. Tiné (ed.), *Il Neolitico nella Caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Bordighera, Istituto internazionale di studi liguri (Monografie Preistoriche ed Archeologiche, 10), p. 219-236 and 450-471.
- TOMASSO A., NAUDINOT N., BINDER D., GRIMALDI S. (2014) – Unité et diversité dans l'Épigravettien récent de l'arc liguro-provençal, in M. Langlais, N. Naudinot and M. Peresani (eds.), *Les groupes culturels de la transition Pléistocène-Holocène entre Atlantique et Méditerranée*, proceedings of the conference of the Société préhistorique française (Bordeaux, 24-25 May 2012), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 3), p. 155-184.
- VANOSI M., ed. (1991) – *Alpi Liguri, Guide Geologiche Regionali, 11. Itinerari*, Roma, Società Geologica Italiana, BE-MA Editrice, 296 p.
- WALSH K., MOCCI F., PALET-MARTINEZ J. (2007) – Nine Thousand Years of Human/Landscape Dynamics in a High Altitude Zone in the Southern French Alps (Parc National des Écrins, Hautes Alpes), *Preistoria Alpina*, 42, p. 9-22.

Fabio NEGRINO

DAFIST Dipartimento di Antichità,
Filosofia e Storia
Università di Genova, Via Balbi 2
I-16126 – Genova, Italy
fabio.negrino@unige.it

Elisabetta STARNINI

Soprintendenza per i Beni Archeologici
della Liguria
Via Balbi 10, I-16126 Genova
and
Dipartimento di Studi Storici
Università di Torino
Via S. Ottavio 20, I-10124 Torino, Italy
elisabetta.starnini@unito.it

Stefano BERTOLA

Working Group
High Mountain Archaeology and Quaternary
Ecology
Institute of Geology, Innsbruck University
Innrain 52, A-6020 Innsbruck, Austria
Stefano.Bertola@uibk.ac.at



Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée
Actes de la journée de la Société préhistorique française de Nice, 28-29 mars 2013
Textes publiés sous la direction de
Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,
Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT
Paris, Société préhistorique française, 2016
(Séances de la Société préhistorique française, 5)
p. 55-75
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-64-4

Southern Alpine (Trento Plateau) and Northern Apennine flints: Ages, Distribution and Petrography

Stéfano BERTOLA

Abstract: The sedimentary successions on the south-eastern side of the Alps (Trento plateau, Southern Alps) and on the northern Apennines side are described and compared, with particular focus on the distribution of flints. The aim was to identify the potential they represented in prehistoric times for the people who settled in or passed by these two areas separated by the Po plain. These two areas present similar but also distinctive features, substantially deriving from their respective palaeogeographic positions along the margins of the Adria microplate and from the structural evolution of the Alps and the Apennine Mountains. Flints and radiolarites are rocks that are typical of deep marine environments. The studies therefore focused on such formations. The Trento plateau is the northernmost margin of the Adria plate. The Permian-Triassic sedimentary successions, overlying the crystalline basement, are essentially composed of continental, alluvial, evaporitic and shallow water marine carbonate facies. During the Ladinian stage there was an initial differentiation of the platform into basins in which the Buchenstein/Livinnallongo cherty limestone deposits were intercalated between vulcanite and tuff deposits. This formation mainly outcrops in the Dolomites, where these quite characteristic flints have been collected and used. During the Jurassic stage a drastic environmental change followed the breakup of the Pangaea leading to the opening of the Piemonte-Liguria Ocean. The Southern Alps and part of the northern Apennine series (Umbria-Marches; Tuscany) belonged to the Adria passive margin that faulted and were subjected to subsidence into pelagic deposits from the Liassic stage on. Pelagic limestones were deposited in the whole area during the Dogger-Upper Cretaceous interval: flint-bearing radiolarites and limestones were deposited on continental slopes as well as in oceanic domains. The Adria margin was articulated in platforms, submarine plateaus and basins. The series that outcrop above a large raised submarine block (Trento plateau, Southern Alps) are described. The pelagic deposition above the Trento plateau was affected by erosions (sea bottom currents) and condensation compared to adjacent deeper areas (Lombard and Belluno basins). On the other hand the rifted block protected the sea bottoms from terrigenous inputs and made possible the deposit of undisturbed cherty limestones. The westernmost margin of the Apennine-Adriatic paleomargin has been overthrust by the Ligurids that were deposited originally farther west, near the continental slope and in the Piemonte-Ligurian oceanic domain. Subduction of most of the oceanic crust and covers occurred during the eoalpine (Late Cretaceous) and mesoalpine (Eocene) tectonic phases. The rotation of the Corsica-Sardinia Block started during the Oligocene/Miocene and played an important role for the general structural setting of the Apennine Range. The Ligurids occupy a large part of the northern Apennines slopes; the easternmost area is dominated by the flintless Umbria-Marche siliciclastic foredeep successions. The Ligurids have been traditionally subdivided into internal (mainly outcropping on the Ligurian side) and external Ligurids (mainly outcropping on the Emilian side). The internal Ligurids are remnants of the oceanic crust (Piemonte-Ligurian Ocean) and the connected covers. The external Ligurids (northern Apennines side) were deposited between the internal Ligurids and the Adria paleomargin. Here thick, monotonous siliciclastic and almost flintless (except for the Mount Sporno flints) successions were deposited during the Upper Cretaceous-Eocene interval. The basal complexes of the series are comprised of olistoliths /olistostromes showing analogies with both the internal Ligurids (western external Ligurids, WEL) and the Adriatic slope/marginal continental successions (eastern external Ligurids, EEL). These olistoliths/olistostromes have sometimes an impressive size (up to several kilometres), and contain well preserved sedimentary flint-bearing successions that were exploited locally. The 'internal Ligurids-like' successions have been known for a long time and they are very peculiar on the Apennine slope, often being associated with ophiolites, whereas the 'Adria margin/slope-like' successions are less well known and less frequent. A few large outcrops are distributed on the medium Apennine side (eastern external Ligurids, EEL) and they contain sedimentary cherty successions comparable to more internal portions of the Adria margin (mainly in Tuscany and Southern Alps successions). In particular the Triassic-Jurassic cherty limestones, the Aphtycus limestone and the Maiolica series contain high-quality flints exhibiting particular features, unknown for the internal Ligurids and the western external Ligurids (WEL). The quality and the dimensions of the flints are comparable to the outcrops identified in the Southern Alps. These outcrops certainly represented important procurement sources in prehistoric times and should be considered before taking into account more distant flint provenances for the Apennine sites. The Epiligurids were deposited above the tectonised Ligurids during the Eocene-Messinian period, in satellite basins trapped over the growing chain. Only the Antognola

formation (Miocene) contains flints that are abundant locally (Bologna, Modena). These flints were exploited in historic times and are known as 'phtanite'. In the Apennine foothills the Imola Sands were deposited during the Early Pleistocene in a marginal marine (littoral) environment containing horizons of well-rounded marine conglomerates including mainly flint. These conglomerates, widely exploited in the area since the Lower Palaeolithic, were transported by the sea shore currents from the Romagna and Marches areas and include flints cropping out in these areas. This work mainly focuses on the description of the geologic framework of the cherty formations as well as on flint distributions and occurrences. Detailed petrographic descriptions (microfacies) combined with an assessment of the knapping suitabilities of the flints are ongoing and will be subjected to further studies in cooperation with the Ferrara University.

Keywords: Trento plateau, northern Apennines, flint, ages, distribution.

Résumé : Les successions sédimentaires du versant sud-oriental des Alpes (plateau de Trente, Alpes du sud) et du versant septentrional des Apennins sont décrites et comparées avec une attention particulière pour la distribution des silex. L'enjeu est d'identifier le potentiel de ces formations pour les populations qui gravitaient entre ces deux domaines séparés par la plaine du Pô. Les deux zones présentent des similitudes mais aussi des traits distinctifs, découlant essentiellement de leurs positions paléogéographiques relatives le long des marges de la microplaque adriatique et de l'évolution structurale des chaînes alpines et des Apennins. Les silex et les radiolarites sont des roches généralement associées à des milieux marins. Les recherches sont donc axées sur ces formations. Le plateau de Trente constitue la marge nord de la plaque adriatique. Sur le socle cristallin, les successions sédimentaires du Permien-Trias comprennent principalement des faciès continentaux alluviaux, évaporitiques et des carbonates marins de milieux peu profonds. Dans le Ladinien apparaît une différenciation entre la plateforme et le bassin où le calcaire Buchenstein/Livinnallongo, riche en silex, se dépose, intercalé entre des tufs et des volcanites. Cette formation se rencontre principalement dans les Dolomites, où ces silex, caractéristiques, ont été collectés et utilisés. Des dépôts de calcaires pélagiques intéressent toute la zone pour la période Dogger-Crétacé supérieur : les radiolarites et les calcaires à silex se déposent à la fois sur les pentes des domaines continentaux et océaniques. La marge adriatique associe des plateformes, des plateaux sous-marins et des bassins. La marge ouest de la paléomarge adriatique apenninique a été chevauchée par les Ligurides, originellement plus à l'ouest, près de la pente continentale et dans le domaine océanique Liguro-Piémontais. Les Ligurides occupent une grande partie du versant nord des Apennins. Dans la zone orientale, on rencontre principalement les successions silicoclastiques (sans silex) d'avant fosse Ombrie-Marches. Les Ligurides ont été traditionnellement divisées entre une zone interne (située principalement dans la pente ligure) et une zone externe (située principalement dans la pente émilienne). Les Ligurides internes représentent des restes de croûte océanique (océan Liguro-Piémontais) et des couvertures connexes. Les Ligurides externes déposées entre les Ligurides internes et la marge adriatique sont composées d'une succession de dépôts silicoclastiques épais et monotones, presque sans silex dans l'intervalle Crétacé-Éocène supérieur (sauf les silex du Monte Sporno). Le complexe à la base de la série comprend des olistolites/olistostromes présentant des analogies à la fois avec les Ligurides internes (Ligurides externes occidentales, WEL) et avec les successions adriatiques pente/marge continentale (Ligurides externes orientales, EEL). Ces olistolithes/olistostromes sont parfois massifs (d'extension kilométrique), et contiennent des successions sédimentaires à silex bien conservées et, localement exploitées. Quelques affleurements larges, répartis dans la pente moyenne des Apennins (Ligurides externes orientales, EEL), contiennent des successions de calcaires riches en silex comparables à des zones plus internes de la marge adriatique (Toscane principalement et successions sud-alpines). Ces affleurements représentaient des sources d'approvisionnement potentiellement importantes pendant la Préhistoire et il serait intéressant d'y porter plus d'attention avant de proposer une provenance plus lointaine pour les matières premières reconnues dans les sites des Apennins. Les Epiligurides ont été déposées pendant la période Eocène-Messénie, dans les petits bassins satellites piégés sur la chaîne en croissance. Seule la formation Antognola (Miocène) contient des silex, localement abondants (Bologne, Modène), historiquement exploités et connus comme « phtanites ». Dans les contreforts des Apennins, les sables Imola, déposés au cours du Pléistocène inférieur dans un environnement marin (littoral), contiennent des horizons de conglomérats marins bien arrondis et principalement siliceux. Ces conglomérats, largement exploités dans la région depuis le Paléolithique inférieur, ont été transportés par les courants littoraux et contiennent des silex des zones Romagne et Marches.

Mots-clés : plateau de Trente, Apennins du Nord, silex, âge, distribution.

THIS WORK describes and compares the sedimentary successions outcropping on the south-eastern side of the Alps (Trento plateau, Southern Alps) and on the northern Apennines side. The two areas present similar but also distinctive features, substantially deriving from their relative palaeogeographical positions along the margins of the Adria microplate and from the structural evolution of the Alpine and Apennines chains. The focus is on the description of the flint-bearing formations included in the sedimentary successions and more particularly on their significance and potential value for the prehistoric populations who settled in or passed by these two areas separated by the Po plain..

SHORT PALAEOGEOGRAPHICAL INTRODUCTION OF THE AREA UNDER STUDY

During the Late Triassic most of the emerged lands made up a supercontinent (Pangaea) surrounded by a single ocean (Panthalassa). In the Mediterranean area, a wide gulf (Tethys gulf) stretched westward (Haas et al., 1995; Gaetani, 2000). The continental shelf, as well as the future Adria microplate that was a part of it, were periodically flooded by the ocean and many tidal flats developed in tropical conditions (Carulli et al., 1998; Ciarrapica, 1990). At the end of the Triassic the Pangea

began to break apart and during the Jurassic the African and European blocks separated. Between the Adria and Europe a new ocean was born: the Piemont-Ligurian ocean (Winterer and Bosellini, 1981; Bertotti et al., 1993; Schettino and Turco, 2009). Since this time three different domains have evolved: the thinned European continental margin, the Piemont-Ligurian oceanic domain and the extended African (Adria) continental margin. Many areas were covered by a deep sea. Pelagic sediments were deposited not only in the ocean but also along the continental slopes. From the Middle/Late Cretaceous on the European and African plates began to converge and the oceanic domain in between started to shrink (Schmid et al., 1996; Schettino and Turco, 2011). Most of the oceanic crust subducted underneath the Adria plate, the remnants of which, still visible today, were obducted or exhumed within subduction channels. Extensive terrigenous inputs (flysch deposits) started to sediment during the Late Cretaceous. Some areas in between were uplifted and thus exposed to neritic conditions at the beginning of the Tertiary (Bosellini, 1989). The rotation of the Sardinia-Corsica block started in the Oligocene/Miocene and played an important role in the general structural setting of the Apennine chain (Carmignani et al., 2004; Cerina Feroni et al., 2004). The north-east oriented thrusts

created an arcuate chain progressively moving towards the north-east. The deep adjacent northwestern-southeastern-oriented foredeeps were progressively filled by huge flysch deposits coming from the north. The area that was most distant from both growing chains, represented by the Umbria-Marches basin, remained quite undisturbed: here pelagic sedimentation lasted until the Miocene era without significant terrigenous inputs.

GEOLOGICAL OVERVIEW

The Alpine and Apennines chains originated basically from collisional processes between the European and African (Adria) plates, which started during the Late Cretaceous and are still active. The main structural units of the Alps have been subdivided on the basis of their palaeogeographical origin (Dal Piaz et al., 2003; here fig. 1). To the north are the units deposited on the continental margin of the European plate (Jura, Dauphinois-Helvetic). They are separated by the contiguous ones belonging to the Piemont-Ligurian oceanic domain (Penninic), only partly visible and often cut off from their original substratum. The southernmost units (Austroalpine, Southalpine, and

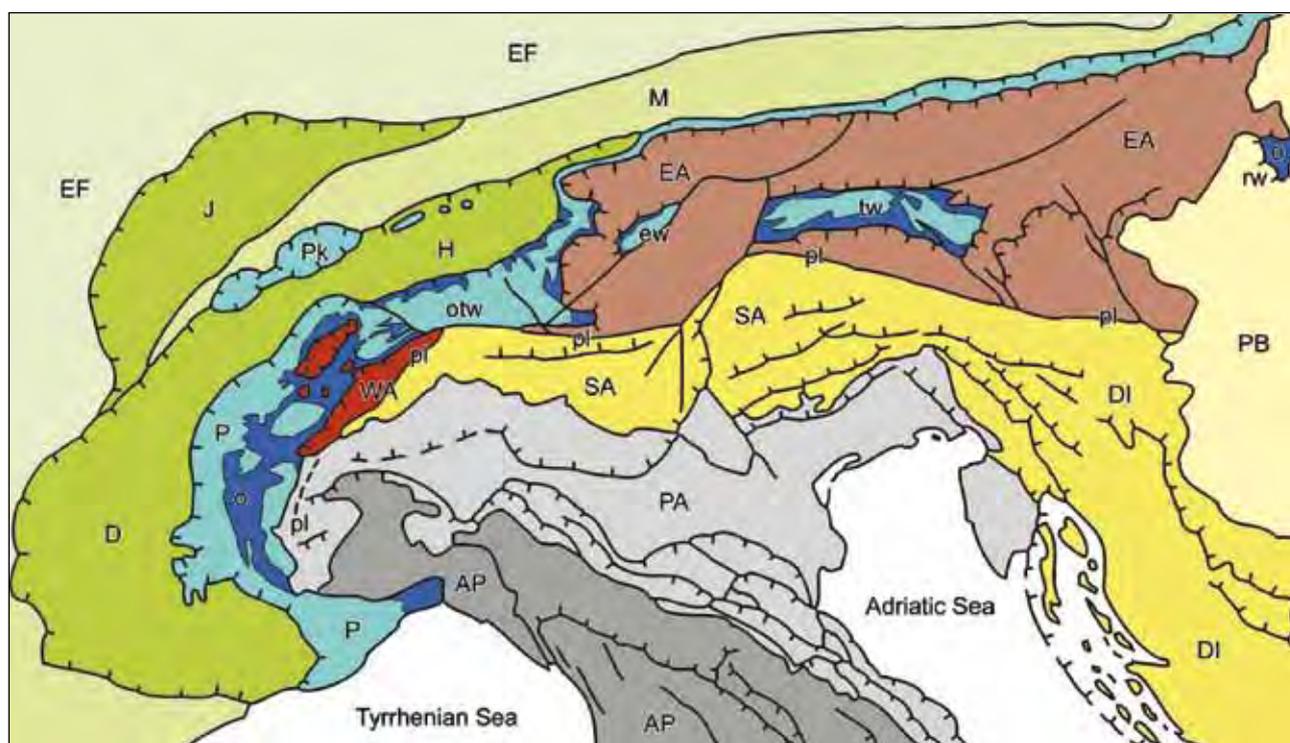


Fig. 1 – Structural map of the Alps (after Dal Piaz et al., 2003). M (Molasse): external sedimentary basin; JDH (Jura, Dauphinois, Helvetic): deformed but stable zones belonging to European plate; P (Penninic, light blue): subducted and exhumed continental nappes; O (Ophiolites, dark-blue): subducted and exhumed oceanic nappes; EA (Eastern Alps): African plate continental nappes; SA, DI (Southern Alps, Dinarids): deformed Adria plate; PA: Adriatic undeformed plate; AP: Apennines. pl: Periadriatic line.

Fig. 1 – Carte structurale des Alpes (d'après Dal Piaz et al., 2003). M (Molasse): bassin sédimentaire externe; JDH. (Jura, Dauphinois, Helvétique): zone de la plaque européenne, déformée mais stable; P (Apenninique, bleu ciel): nappe continentale subductée et exhumée; O (Ophiolites, bleu foncé): nappe océanique subductée et exhumée; EA (Alpes orientales): plaque africaine. SA, DI (Alpes du sud et Dinarides): plaque adriatique déformée; PA: plaque adriatique non déformée; AP: Apennins; PI: ligne péri-adriatique.

Dinarids) were deposited on the African continental margin that was quite articulated (Schmid et al., 2008; Schettino and Turco, 2011). In this work we will consider the Southalpine, which belonged to the Adria microplate. Similarly the Apennines chain, from east to west, is subdivided into units belonging to the Adria paleomargins (Umbria-Marches and Tuscan successions): fragments of obducted units belonging to the Piedmont-Ligurian ocean (Ligurids) and units deposited near or on the European margin (cropping out only in the westernmost sector of the chain).

SOUTHERN ALPS (TRENTO PLATEAU)

The Southern Alps belong entirely to the African paleomargin; more particularly they constituted the northernmost sector of the Adria microplate (fig. 2). This margin, formed during the Jurassic, first evolved as a passive margin and since the Upper Cretaceous as an active margin (Doglioni and Bosellini, 1987). The Jurassic rifting and subsequent continental drift caused a drastic change of the depositional environment. Within a few thousand years the neritic sedimentation (tidal flats) became predominantly pelagic (Winterer and Bosellini, 1981; Bertotti et al., 1993). The margins of the Adria had an irregular profile being cut by numerous extensional faults (Bosellini, 2004): these faults delimited uplifted (*horsts*) and lowered blocks (*graben*). During the Lias the sedimentation was neritic in the horsts and pelagic in the graben. From the Dogger the carbonate platforms sank and became underwater plateaus (Bosellini and Winterer, 1975). The sedimentation became uniformly pelagic, except for the more internal continental areas where neritic sedimentation continued until the end of the Cretaceous, and was then followed by the thick siliciclastic flysch successions. The bathymetric differences between the plateaus and the basins were almost completely levelled during the Cretaceous, with the sedimentation of the pelagic Maiolica and Scaglia formations. The palaeogeographical units, reactivated several times by tectonics, strongly influenced the regional sedimentation throughout the Jurassic, Cretaceous and Eocene (Doglioni and Bosellini, 1987; Castellarin et al., 2006). Since the Middle/Late Cretaceous the European and African plates started to converge and the interposed vast basinal areas were reduced by subduction. Flysch sediments generally deposited in the basins close to the growing Alpine chain, while in raised and protected areas (ex. Trento plateau) undisturbed pelagic sedimentation continued. During the Middle Eocene/Oligocene interval, the tectonic regional uplift favoured the development of neritic environments. Above the roots of the Trento plateau grew the Lessini shelf (Bosellini, 1989; Luciani, 1989). Platforms alternating with circumscribed basins with pelagic or hemipelagic deposition and intercalated with volcanites (basaltic breccias, tuffites) developed. Starting with the Oligocene (Chattian), the

southern Alpine foredeep was gradually filled by clastic deposits carried by huge turbidite systems arising from the erosion of the growing Alps to the north. These massive turbidite systems even filled the northern Apennines foredeep (Di Giulio et al., 2001).

Depositional environment of the biosiliceous sediments: old seas

Flints and radiolarites are characteristic deposits of relatively deep basinal environments. Most of them formed at the bottom of old seas and our attention therefore focused on such sediments. In the Trento plateau area, above the Variscan crystalline basement, the Permian and Triassic sedimentary covers are mainly clastic (continental) or were deposited in shallow water (Tethys gulf: tidal flats, evaporates; Bosellini, 1996; Bosellini et al., 2003). During the Middle Triassic a gradual rise in the sea level favoured the development of coral reefs and adjacent basins with predominant pelagic sedimentation. In these ancient seas, the presence of radiolarians and siliceous sponges is documented by blackish or greenish flint beds and nodules alternating with mudstones of the Ladinian Buchenstein (Livinallongo) formation. They represent the oldest flints included in the post-Variscan Southern Alps sedimentary succession. The Buchenstein formation has a wide distribution in both the Southalpine and the Austroalpine. It widely outcrops in the Dolomites where the strong uplift (Alpine orogeny) caused the erosion of the post-Triassic rocks. The Dolomites were part of the Trento plateau (northern sector): in this area the siliceous resources are represented almost exclusively by the Buchenstein flints. There are only a few remnants of Jurassic and Cretaceous covers, rarely including flints (Lukeneder, 2011). Between the Late Triassic and the Early Jurassic the entire Southern Alps were covered by a vast lagoon environment in which many tidal flats developed. The repetitive thin laminated peritidal limestone sequences do not contain any flint. In the Late Jurassic, with the opening of the Piedmont-Ligurian ocean, most of the Southalpine sank several hundreds metres below sea level and the sedimentation became clearly pelagic. The sector considered here was a raised block during the Lias (Trento platform) with neritic sedimentation, bordered by oolitic and bioclastic bars connected to the adjacent basins (in the east: Belluno basin; in the west: Lombard basin; Winterer and Bosellini, 1981; Bosellini et al., 1981; Barbujani et al., 1986). From the Dogger the Trento platform collapsed and became a submerged plateau. Between the Late Jurassic and the Late Cretaceous a pelagic succession of cherty limestone sedimented—often compacted on the plateaus (Rosso Ammonitico-Maiolica-Scaglia)—directly above the neritic rocks. The progressive closing of the Piedmont-Ligurian ocean halted this trend when the thick series of pelagites was interrupted by the first siliciclastic turbiditic inputs (flysch). These deposits, stemming from the erosion of the forming Alps to the north, have since the Late Cretaceous been widespread

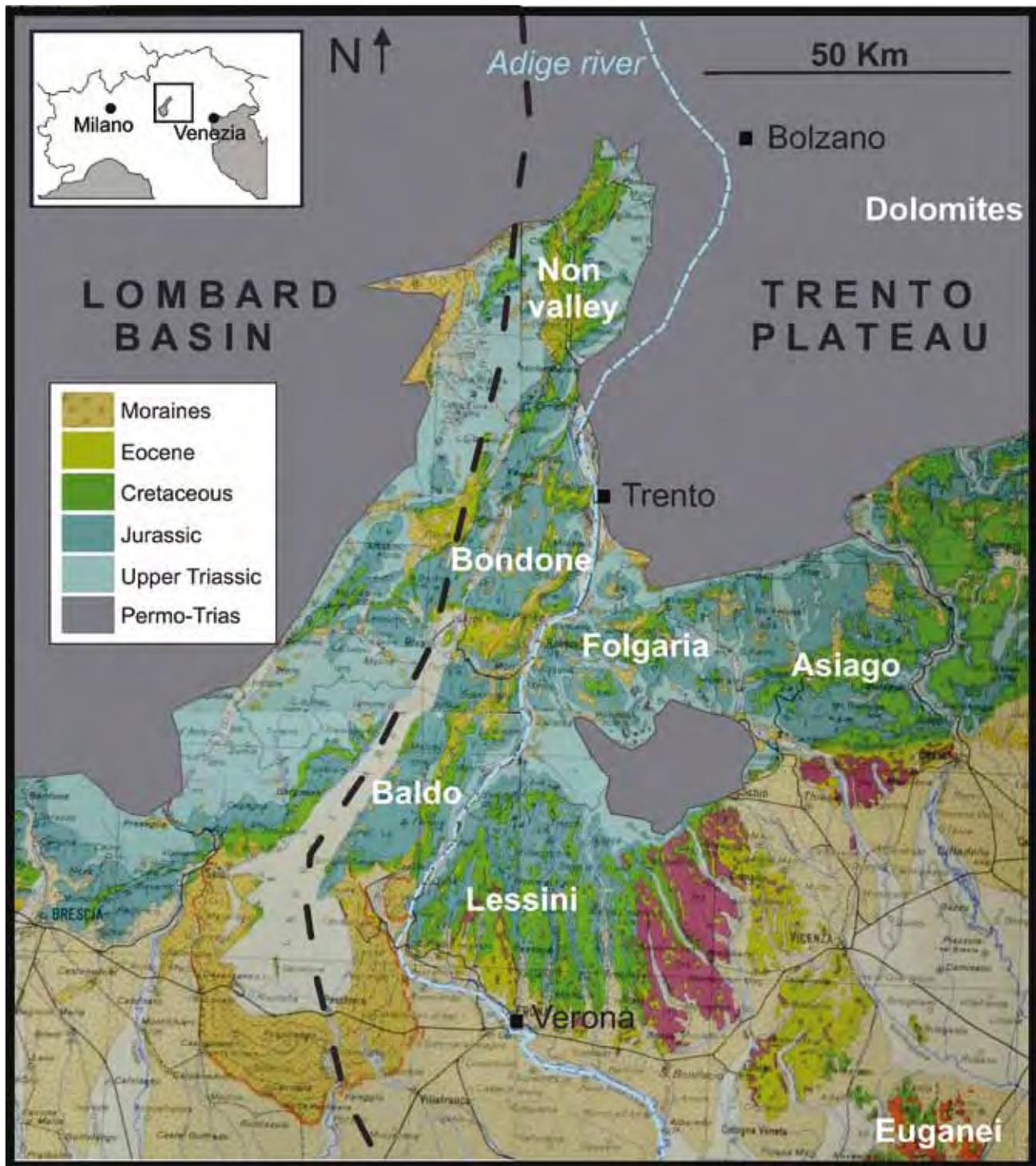


Fig. 2 – The western margin of the Trento Plateau (dashed line) and its sedimentary covers. The indicated places correspond to the main flint-bearing sequences.

Fig. 2 – Bordure occidentale du plateau de Trente (ligne pointillée) et couvertures sédimentaires. Les localités indiquées correspondent aux principales séquences livrant des silex.

in areas adjacent to the Trento plateau (Lombard flysch; Doglioni and Bosellini, 1987; Castellarin et al., 2006). The Trento plateau, however, had to be in a slightly elevated position with respect to the adjacent areas, as it had not been reached by these initial detritic pulses, and the sedimentation remained frankly pelagic until the Eocene in the Scaglia facies. In the Trento plateau area

the Scaglia Rossa sedimentation is generally interrupted by obvious erosion surfaces (Massari and Medizza, 1973). These hardgrounds have been related to a general uplift that brought some areas to neritic conditions. During the Eocene the depositional environment was fairly diversified, with neritic platforms and adjacent basins (Luciani, 1989). The clearly pelagic deposition occurred

more particularly west of the Ballino line (Lake Garda), in areas corresponding to the previous Lombard basin, while the Lessini shelf developed above the Trento plateau. Along the slopes transitional hemipelagic formations were deposited, often with re-sedimentation stemming from the platforms. Strong volcanic activity manifested in the area between the Paleocene and the Oligocene (Venetian eruptive cycle), adding volcanoclastic apports in the basins. In the Baldo and Bondone chain V. Luciani (Luciani, 1989) recognised four depositional sequences (E1 to E4) in the Early Eocene/Oligocene interval. I will briefly describe the first one (Torbole, E1) as some of its

formations contain flints. The author used the terms Torbole limestone for the neritic limestone, Malcesine and Chiusole limestones (platform to basin transition, slopes) and Scaglia Cinerea (pelagites). On the new geological map 1:50,000 (Avanzini et al., 2010) the Scaglia Cinerea has been renamed Ponte Pià formation. Cherts are distributed in the basins and along the slopes. These formations outcrop with lateral continuity and with considerable thicknesses in the western and central part of the previous Trento plateau (Baldo, Bondone, Western Lessini), whereas they are underrepresented or absent in the eastern sector of the same area. From the Middle Eocene on,

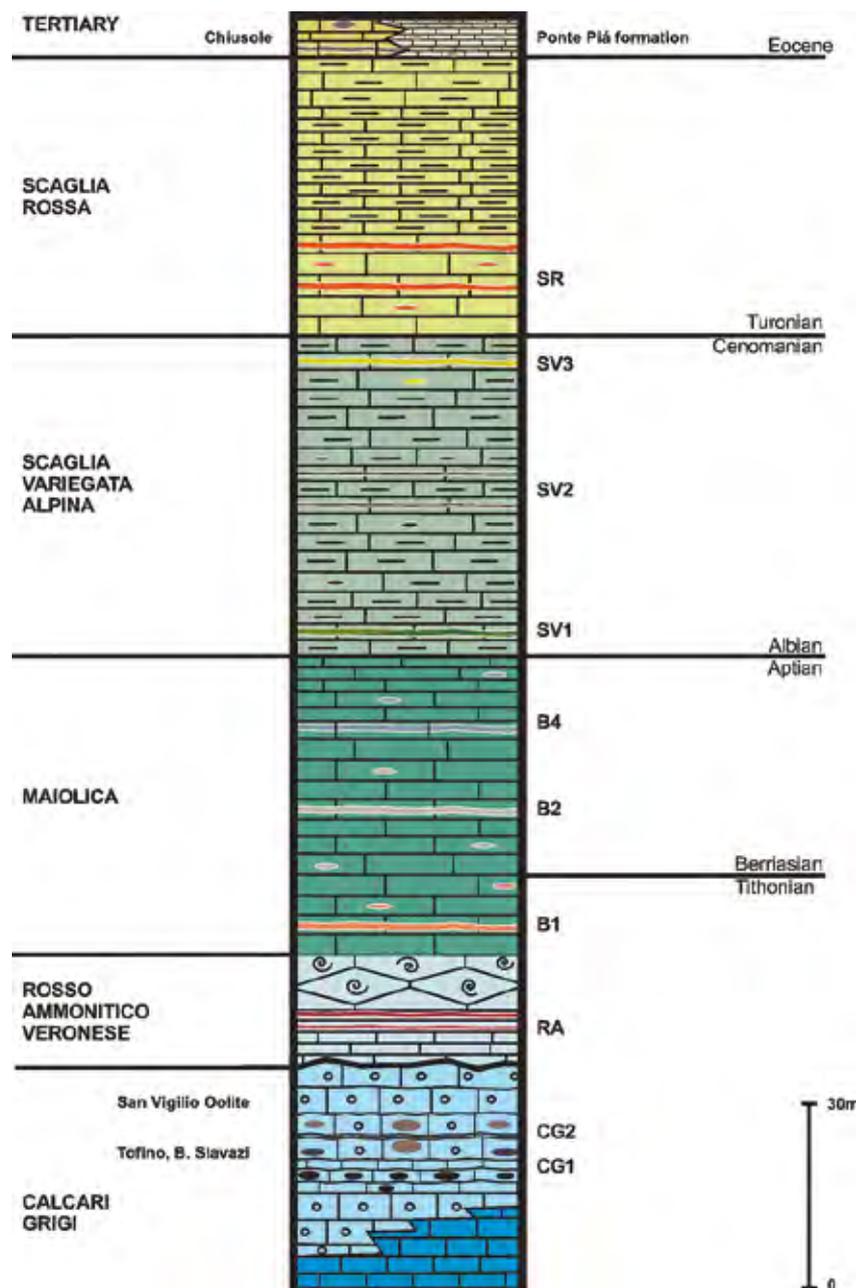


Fig. 3 – Simplified stratigraphic column of the Jurassic/Eocene series cropping in the Lessini-Baldo area. The different flint types (Bertola, 2001), distributed over the defined horizons are named with abbreviations on the right of the column.

Fig. 3 – Colonne stratigraphique simplifiée de la séquence Jurassique/Éocène dans l'aire Lessini - Baldo. Les différents types de silex (Bertola, 2001), distribués dans les horizons définis sont nommés avec les abréviations à droite.

from north to south, extensive deposits of siliciclastic flysch and alpine molasse started to emerge that do not contain cherts except for reworked clasts of older formations.

Stratigraphy of the flint-bearing formations

Buchenstein (Livinallongo) formation (Triassic, Ladinian; 0–200 m)

These are thin-bedded pelagic limestones alternating with green tuffites and volcanic ash layers (so called ‘pietra verde’; fig. 3). These series were deposited in small basins adjacent to Middle Triassic reefs (Sciliar dolomite). The formation outcrops, with similar features, from Lake Como (Lombard basin) to Cadore (Belluno dolomites). It reaches thicknesses of about 200 metres and is usually subdivided into three units (Neri et al., 2007): slaty limestone (*Plattenkalke*), nodular limestone (*Knollenkalke*), and banded limestone (*Bänderkalke*). Flints are distributed throughout the formation, but are more frequent in the first two units. The *Plattenkalke* are slaty limestones with planar contacts, up to 20–30 cm thick. The silicification, rarely pervasive, frequently affects a few of the horizons. In most cases these are silicified limestones, ranging in colour from grey to green to black. Exceptionally very fine crystalline flints, green to grey, may be present. The overlying *Knollenkalke* are nodular limestones with wavy bedding. The calcareous beds are hard and compact, and often include small glassy grey flint nodules and thin layers, often diaclased. Flint textures made up of mudstones or wackestones with radiolarians, pelagic bivalves, calcispheres, sponge spicules and volcanoclastic clasts and minerals in different proportions depending on the palaeogeographical positions in the paleobasins.

Tofino formation, part of the Bocchetta Slavazi formation (Jurassic, Toarcian/Early Bajocian; 0–70 m)

Following a revised stratigraphy (Casolari and Picotti, 1997; Picotti, 2003) the Tofino formation was subdivided into four units, dated between the Hettangian and the Bajocian. It is mainly a slope/basin formation, deposited at the transition between the Trento platform and the adjacent Lombard basin. The youngest unit (part of the Bocchetta Slavazi formation) corresponds to the former Tenno formation (Castellarin, 1972). This unit, often eotopic with the San Vigilio oolites, sedimented on the western slope of the Trento platform (Western Lessini, Baldo and Bondone) and belongs, to all effects, to the sedimentary sequence of the Trento Platform. The other units, all distributed west of Lake Garda, belong to the Lombard basin succession from a palaeogeological point of view and will not be discussed here. They are bedded (5–50 cm) marly limestones alternated with resedimented biocalcarenes, often associated with slumpings, stemming from the Trento platform. The marly limestones are grey to brown wackestones or packstones including brachiopods (ryconellida), peloids, bioclasts, intraclasts,

sponge spicules and radiolarians. Calcarenes generally follow up. These are yellow to brown oolitic/encrinitic wackestones to grainstones, in layers up to 70 cm, with laminations and cross laminations alternating with biomicrites rich in radiolarians and sponge spicules (Barbujani et al., 1986). Chert is locally frequent in both lithofacies, with the same textures but silicified (Bertola, 2001). These are primarily brown to black nodules, even of large size (diameters up to 40 cm), often not fully silicified and with rough surfaces. This flint is quite hard to flake but the rather large and complete nodules make it possible to detach large products.

San Vigilio oolite formation (Jurassic, Late Toarcian/Aalenian; 0–200 m)

The distribution of this formation runs in parallel to the Tofino unit, belonging to the Bocchetta formation. These are well-sorted, white to brown calcarenites (grainstones), including ooliths and echinoderm fragments, occurring in thick beds (0.5 to 3 m). These were high-energy sandbars that bordered the inner Trento platform lagoon from the adjacent Lombard basin. Similar or corresponding deposits are not present at the eastern edge of the Trento platform, where a clear erosion surface is visible on the ‘glauconitic encrinites’, coeval to the Tofino formation, part of the Bocchetta Slavazi formation. White to brown, poorly silicified flint nodules are locally present in the calcarenites in particular at the base of the formation (Barbujani et al., 1986) in some features similar to the Tofino formation ones, but they are completely unusable for flaking.

Ammonitico Rosso Veronese formation (Jurassic, Bajocian/Tithonian; 15–30 m)

Consequent to the submerging of the Trento platform this pelagic formation had sedimented in the entire area. It generally follows a clear erosion surface on top of a heterogeneous substratum belonging to the Calcari Grigi limestone. The authors subdivided this formation into three units (Clari et al., 1984 et 2006; Sarti, 1986; Pavia et al., 1987; Martire, 1992 and 1996). Detailed studies demonstrated that the deposit was strongly influenced by an articulated substratum. The lower unit (Bajocian/Callovian; 10 m) is flintless and comprised of reddish micritic limestones with pelagic bivalves (*Bositra*) and protoglobigerinids, followed by pink to yellow small nodular limestones with ammonites. The flint-bearing middle unit (Callovian/Oxfordian; 0–10 m) is a lithofacies characterised by thin-bedded (5–20 cm), red to brown platy micritic limestones (mudstones to packstones). The limestones regularly alternate with brown to dark-red flint layers (continental radiolarites), in proportions up to 35% of the whole (Bosellini and Dal Cin, 1968; Clari et al., 1990; Bertola, 2001 and 2011). These epicontinental radiolarites are widespread along the Adria paleoslopes and are partly coeval with the deeper Penninic (Piemont-Ligurian) oceanic radiolarites (Monte

Alpe Cherts, Apennines, see below). Sponge spicules, radiolarians and pelagic bivalves are common in the siliceous facies and belemnites, aptychi, echinoderms, brachiopods as well as *Globuligerina* cf. *Oxfordiana* in the limestones (Clari et al., 1984). Ammonites are generally missing. This unit is absent in the central sector of the Trento plateau because of a sedimentary gap while it is common on its slopes. The upper unit (Kimmeridgian/Tithonian; 15 m) generally exhibits quite homogeneous lithologic features and similar thicknesses. It is constituted by red to pink, well-bedded micritic limestones with a characteristic nodular aspect. The fauna is comprised of radiolarians, pelagic crinoids (*Saccocoma*), aptychi, ammonites, belemnites, fish teeth and tintinnids in the upper part. A hardground surface separates it from the other units. Chert nodules may be locally present in the lower part of this unit: they are dark-red, sometimes with light grey patches, usually small, irregular and diaclosed. The transition to the subsequent Maiolica formation is gradual, evidenced by well-bedded (5–30 cm), pink to yellow micritic limestones with planar or stylolitic joints (Tithonian; Grandesso, 1977). This transitional unit, about 5 to 10 metres thick and often slightly dolomised, may contain pink to light-red fine crystalline flint nodules, which are often diaclosed.

Maiolica formation (Tithonian/Aptian; 5–150 m)

The Maiolica formation is a common lithofacies throughout the Mediterranean area (Wieczorek, 1988). In the Southalpine correlations have been made between the alpine and the apenninic sections (Faraoni et al., 1996 and 1997). It is composed of lithified calcareous and siliceous pelagic muds accumulated during the maximum opening of the Piedmont-Liguria ocean. The Maiolica formation (also called Biancone) is formed by thin-layered (5–25 cm), white, ivory or pink mudstones with calcareous nannoplankton, planktic foraminifers and radiolarians. The limestones have a characteristic conchoidal fracture; the stylolitic joints are very common, highlighted by thin green clay seams. In distinct stratigraphic horizons (Berriasian/Valanginian; Late Valanginian; Late Hauterivian/Barremian; Early Aptian (Bersezio et al., 2002) the limestones alternate with dark marls and shales rich in organic matter (black shales). This formation was deposited above a still uneven and complex substrate that strongly influenced both thicknesses and depositional features (Bosellini et al., 1978; Weissert, 1981). Gaps, slumps and breccias are frequent especially along the paleoslopes: the most obvious ones are visible near the western edge of the Trento plateau (Clari and Pavia, 1987). Chert nodules, lenses and layers are very common, with varying colours primarily depending on the stratigraphic position and the deposition areas. In the Trento plateau area generally reddish to grey colours characterise the flints of the lower formation, followed by grey and dark-grey colours towards the top (Bertola, 2001; Bertola and Cusinato 2004). The degree of silifica-

tion of the poorly and fine-grained limestones is quite high. Where the outcrops are not very tectonised, the flint nodules and layers are quite intact. These flints were particularly exploited for their very high quality (fine crystalline, homogeneous) and their availability. In the inner Trento plateau the series are more compacted (Lukeneder, 2011) compared to the paleoslopes and bottoms, where re-sedimentation is common. In areas in which the circulating waters were well-oxygenated, for example at the western border of the Trento plateau, both the rocks and the flints often exhibit reddish to yellowish brown or pinkish grey colours. In less oxygenated environments (bottom basins with restricted water circulation, bathymetric oxygen minimum zones, oceanic anoxic events) flints and sediments have dark-grey or blackish grey colours. The thickness of the formation varies: near the western margin of the Trento plateau it is greatly reduced and increases irregularly to the east (Bosellini, 1973; Weissert, 1981). The formation reaches a maximum thickness of 150 m in the Trento plateau and up to 330 m in the Belluno basin area, near Feltre (Channel and Grandesso, 1987). The plastic and easily erodible Maiolica formation often constitutes the bedrock of the Venetian Prealps, giving sweet and convex morphologies (Sauro, 1973).

Scaglia Variegata Alpina formation (Aptian/Turonian; 15–70 m)

This pelagic formation, first introduced by M. Claps and D. Masetti (Claps and Masetti, 1994), follows in stratigraphic continuity the Maiolica formation. It shows its typical features (marly limestones alternating with clay and marl interlayers) in the western Trento Plateau, whilst in the eastern Southalpine it was not separated from the Maiolica formation. It shows analogies and is partly correlated with the Marne a Fucoidi and Scaglia Bianca in the Umbria-Marches Apennines. The change of sedimentation from the Maiolica to the Scaglia has been interpreted as a consequence of changed global oceanographic conditions (De Boer, 1982). During the Middle Cretaceous the continental margins began to converge and the basins started to reduce. In specific sectors (Trentino) compressional tectonics generated a new structural setting of the local basins, orienting them mainly in a north-northwest/south-southeast direction (Bosellini et al., 1978). The authors (Claps and Masetti, 1994) also supposed that the palaeogeography of the bedrock played an important role in the vertical distribution of the Cretaceous facies (Maiolica, Scaglia Variegata Alpina and Scaglia Rossa formations) that are at least partly coeval in the Trento area. The formation consists of white to grey, thin-bedded micritic marly limestones alternating with centimetre-thick to decimetre-thick grey green clays and marls. These latter can reach a greater thickness than the limestones, especially in the western sector of the southern Lessini shelf. There are also black marl horizons (anoxic shales) with teeth and fish scales and pyrite and marcassite mineralisations, especially as regards the Selli (Aptian) and Bonarelli

(Cenomanian) horizons (OAE 1 and 2). The limestones are also speckled by bioturbations and contain planktic foraminifera and radiolarians. Cherts are distributed in distinct stratigraphic horizons, invariably in the limestones. These are silicified mudstones to wackestones with radiolarians and planktic foraminifers (*planomalina*, *rotalipora*, *praeglobotruncana*, *helvetoglobotruncana*, among other things; Bertola, 2001; Bertola and Cusinato, 2004). In the basal marly limestones, locally abundant, grey to green flint layers, up to 20 cm thick are generally present. These flints are suitable for knapping, although they are not fully silicified because of the clay content. Most of the formation (thick middle part) contains thin (centimetre scale) and discontinuous stripes and small isolated grey to black flint nodules, often brecciated and diaclosed, almost unsuitable for flaking. The uppermost unit (Upper Cenomanian; 15 m) shows particular features. The environment became more oxygenated and sedimented high calcareous limestones and marl beds, with white to red to violet colours, especially at the western margin of the Trento plateau (Lehner, 1987). They alternate with very characteristic green to yellow flint beds, (layers up to 20 cm; subordinate nodules), which are very homogeneous and of excellent quality. Their occurrence is variable: in some areas (Non Valley) they are very abundant whereas they are completely missing in others (Bertola, 2011).

Scaglia Rossa formation (Turonian/Early Eocene; 70–130 m)

The pelagic succession continues without interruption above the Scaglia Variegata Alpina with the Scaglia Rossa formation. This formation is regarded as a hemipelagic formation which was formed a few hundred meters below sea level during the convergence of the continental plates. The environment changed to more oxygenated waters, and the terrigenous inputs became more and more frequent towards the top. These are pink to red micritic marly limestones rich in planktic foraminifers (*globotruncanids*), with radiolarians and rare macrofossils (echinids, bivalves, fish remains). The red colour is due to the fine dispersion of iron oxides and hydroxides (hematite and limonite). The thicknesses vary from a few to more than one hundred metres: the compacted series generally overlie the Trento plateau that also exhibits important erosion surfaces (hardgrounds; Massari and Medizza, 1973; Luciani, 1989). The Cretaceous Scaglia Rossa formation can be subdivided into two units (Massari et al., 1976): 1) The lower unit extends from the Turonian to the Early Campanian and is characterised by quite constant thicknesses (40–50 m). It consists of up to 30-cm-thick, bedded, pseudonodular micritic limestones, with thin reddish clay interbeds. There is a distinct geographic variability of flint frequencies, characteristics and knapping abilities (Bertola, 2001 and 2011; Bertola and Cusinato, 2004; Wierer and Bertola, this volume). Both the layers and the nodules are reddish brown to yellowish brown. The cherts may be locally abundant, but usually they are not

frequent and may also be absent in many areas. They seem to be more frequent along the paleoslopes, showing also different features (chert beds rather than nodules, lighter colours, less calcareous inclusions). In the inner Trento plateau areas cherts often outcrop as isolated dark-red nodules (sometimes with bitumen), and with many calcareous inclusions that often interfere with flaking. This would demonstrate the persistence of a fairly articulated substratum.

2) The upper unit includes the Late Campanian/Maastrichtian interval. These are marly red, thin-layered (flaser bedding) limestones, generally devoid of cherts. The terrigenous inputs ('criptoflysh') gradually become higher from the bottom to the top. The thicknesses vary because of two stratigraphic gaps, highlighted locally by hardgrounds, located at the base and at the top of the unit respectively. The Cretaceous/Tertiary boundary is invariably characterised by a regional gap, the width of which is larger in areas with compact sedimentation. In many areas of the Trento plateau the sedimentation of the Scaglia Rossa formation persists until the Early Eocene (Luciani, 1989) but cherts are generally absent or sporadic. The absence of Middle and Late Eocene cherts in the alpine Scaglia Rossa formation is the key to distinguishing these outcrops from the Apenninic (Umbria-Marches) ones in which the deposition of the pelagic Scaglia formations (Scaglia rossa, variegata, cinerea) continued until the Oligocene/Miocene (Bertola, 2012).

Chiusole formation (Early Eocene; 0–100 m)

The Chiusole formation consists of two main alternating lithofacies. The normal sedimentation is constituted by platy micritic limestones with radiolarians and planktic foraminifers that are well-bedded (10–30 cm) and separated by thin clay interlayers. Towards the top of the formation in particular, this unit is intercalated by bioclastic calcarenites and breccias with nummulites, discocyclinas, red algae, echinoderms and molluscs (Arni and Lanterno, 1973; Sarti, 1980; Luciani, 1989). Grey to brown chert layers are quite frequent, distributed in the pelagic micrites and especially in the resedimented (mainly brown) calcarenites (Wierer and Bertola, this volume). The transition to the Scaglia Rossa formation is clear and marked by hardgrounds.

Ponte Pià formation (Early/Middle Eocene; 0–100 m)

This formation corresponds to the formerly named 'Scaglia Grigia' or 'Scaglia Cinerea' formation (Luciani, 1989). It consists of white to light grey, platy, micritic marly limestones, with planktic microfossils (*globigerinids* and radiolarians), alternating with laminated grey to blue marls, more frequent in the upper part. Tuffitic and glauconitic intercalations are common. Coarser re-sedimentations of neritic provenance (*calciturbidites* with discocyclinas and nummulites) are locally intercalated in the series. The cherts are quite common. In the

pelagites these are thin and discontinuous, grey to olive-green-coloured, silicified layers, almost unsuitable for flaking. Exceptional isolated nodules up to 10 cm large, with a very fine texture and very suitable for knapping, are rarely present. The unit is etorphic to the Chiusole formation as well as to the Torbole and Malcesine limestones.

Cherts rheology and flaking attitudes

The previously described cherts have specific features, which mainly derive from the characteristics of the 'source rock' and from their depositional environment. These are invariably cherts deriving from diagenetic replacement processes of limestones. Most of them are included in pelagites or hemipelagites (Buchenstein, Ammonitico Rosso, Maiolica, Scaglia Variegata Alpina, Scaglia Rossa, Ponte Pià formation), others occur in calcarenitic formations distributed between platforms and basins or in neritic environments (Tofino formation, Chiusole formation). The first generally have a wide distribution whereas the second are confined to small areas. The pelagites have been almost completely transformed to silicified mudstones and wackestones. For the calcarenites the silicification was never complete, and their texture and composition are more heterogeneous. On the basis of their rheology and/or their deformation history, it is possible to group the formations into two main categories (Alvarez et al., 1978; Zampieri, 1990): 1) Formations characterised by a weak cleavage (Tofino formation, Ammonitico Rosso formation, Chiusole formation); 2) Formations characterised by a moderate to strong cleavage (Buchenstein, Maiolica, Scaglia Variegata Alpina, Scaglia Rossa, Ponte Pià formations). The first are characterised by a rigid response, the second have a more 'plastic' behaviour. The cherts integrity is indeed linked to the formations rheology. Generally the following observations can be made: 1) Cherts included in calcarenites (Tofino formation, Chiusole formation) are almost always intact; 2) Cherts included in the pelagites (Buchenstein, Ammonitico Rosso, Maiolica, Scaglia Variegata Alpina, Scaglia Rossa, Ponte Pià formation) are often involved in foldings and are diaclased. Indeed, during prehistoric times the cherts much sought after for flaking were those included in the pelagites because of their high degree of silicification and their homogeneity. Among these the Cretaceous formations (Maiolica, Scaglia Variegata Alpina and Scaglia Rossa) were more extensively exploited, including for their abundance in the geologic sections and their large geographical distribution. On the other hand these cherts are often tectonised and occur as quite small, several-centimetre-wide blocks, divided by fractures. The calcarenitic cherts have a much less elastic behaviour, but are less disturbed by tectonics, and are often intact in the outcrops. This fact played an important role mainly when large blanks (flakes, blades) were sought (Bertola, 2001).

NORTHERN APENNINES

The Mesozoic (post-Sinemurian) evolution of the Northern Apennines is very similar to that of the Southalpine (fig. 4). Both areas constituted a portion of the passive continental margin of the African (Adria) continental block and were located a few kilometres apart from each other. The two areas underwent similar tectonic evolution, with differences regarding the geometry and extension of the faulting due to different stratigraphic successions (Santantonio and Carminati, 2011). In both areas the continental margin was cut by north-south or north-northeast/south-southwest-trending tension faults and was articulated in platforms, seamounts and adjacent basins. The most important palaeogeographical elements from east to west were: the Lazio-Abruzzi platform, the Umbria-Marches basin and the Tuscan basin. The north-western Adria continental margin is in the present day mainly buried under post-collisional formations. Portions of its Middle Triassic to Middle Cretaceous sedimentary successions are preserved somewhere as tectonic slices in the so-called 'basal complexes' of the external Ligurids series. The collisional and post-collisional evolution of the Northern Apennines is characterised by specific features (Carminati and Doglioni, 2004).

Geological overview

The Northern Apennines are a thrust-and-fold belt belonging to the Alpine orogenic system. The basal Canetolo and Tuscan-Umbrian continental units are overthrust by the Ligurid units. The Canetolo and Tuscan-Umbrian units constituted the western domains of the Adria margin. The Ligurids have been interpreted as units that sedimented on the oceanic (Piedmont-Ligurian ocean) and on the transitional domains, interposed between the European and Adria plates. The Ligurids are generally divided into the internal Ligurids and the external Ligurids (Elter et al., 1966). In the internal Ligurids the 'ophiolite succession' is the base of the sedimentary cover, which includes pelagic, trench and lower slope deposits ranging in age from the Late Jurassic to the Paleocene (Marroni et al., 1992 and 1998). In the external Ligurids the mafic and ultramafic rocks occur only as slide blocks in the Santonian/Early Campanian sedimentary melanges (Abbate et al., 1980). These sedimentary melanges, known as 'basal complexes', are widespread in the Emilian Apennines, mainly in the Taro, Aveto, Trebbia and Ceno valleys. They contain varying amounts of pebbly sandstones and mudstones with intercalations of coarse-grained lithoarenites. Large slideblocks ('olistoliths') are common and locally prevailing. Among them, ultramafic rocks and basalts of the mantle are frequent, but blocks of gabbro and pelagic sediments also occur (Marroni et al., 1998; Marroni and Pandolfi, 2007). In the large slide blocks the primary relationships between the different lithologies, in particular between plutonic rocks, basalts and radiolarites, are sometimes preserved (Pagani et al., 1972). The

sedimentary melanges generally grade upward to the Late Campanian/Maastrichtian Helminthoid flysch, represented by a thick, monotonous sequence of calcareous turbidites. In the easternmost external Ligurids the mafic and ultramafic rocks are absent or very rare (Marroni et al., 1998, 2001 and 2010). These sequences include Early to Late Cretaceous pelagic, mainly siliciclastic deposits (Palombini shale, Ostia-Scabiazza sandstone and Salti del Diavolo conglomerates) topped by the Late Campanian/Maastrichtian helminthoid flysch (Marroni et al. 1992, 2001 and 2010). Tectonic slices of sedimentary series between the Middle Triassic and the Middle Cretaceous are recognisable in some places at the base of the pelagic sequences. These have been interpreted as remnants of the thinned continental crust belonging to the northwestern domains of the Adria continental margin (Marroni et al., 2001; Marroni and Pandolfi, 2007). One hypothesis is that the sedimentary melanges were deposited near or along the transitional slope between the ocean basin and the Adria continental margin (Elter, 1975; Zanucchi, 1980). This domain experienced compressive/transpressive tectonics in the Late Cretaceous, which resulted in a sharp inception of tectonic-controlled sedimentation with the occurrence of large amounts of sedimentary melanges deposited along the western margin of the Adria plate (Marroni et al., 2010). On the accretionary prism, formed during the oceanic crust subduction

and the subsequent continental collision, small satellite marine basins formed, trapped in the Apennines-forming chain. These basinal sequences, dated from the Middle Eocene to the Messinian, are known as Epiligurids. These are syntectonic units that had shifted progressively from west to east, pushed by the rotation of the Sardinia-Corsica continental block. At the same time a huge elongated north-south-oriented foredeep basin formed at the foot of the growing Apennines. This foredeep progressively shifted from west to east and was filled by different basinal terrigenous (flysch) formations.

Internal Ligurids (IL)

The internal Ligurids (IL) outcrop on the Ligurian side of the Apennines and are generally thrust over the external Ligurids (fig.5). They have been divided into several units, but their stratigraphy is quite similar. Generally the Jurassic ophiolite sequence lies at the bottom, followed by the Middle Jurassic to Paleocene sedimentary covers. The cherts are included in the Late Jurassic/Middle Cretaceous interval, represented by pelagic formations deposited in a deep environment, far from siliciclastic continental inputs, during the greatest expansion of the Piemont-Liguria ocean. The sedimentary covers with cherts will be briefly described below.

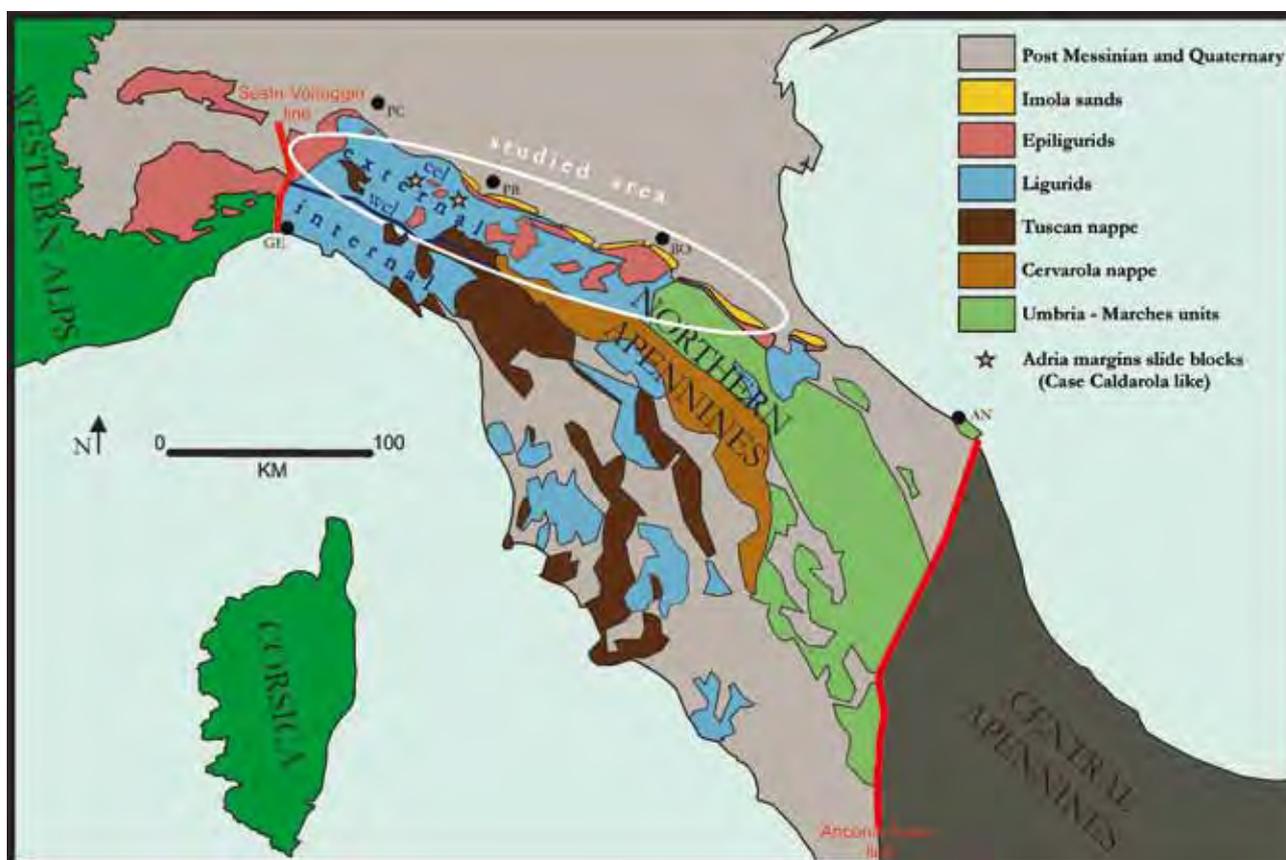


Fig. 4 – Schematic geologic map of the Northern Apennines with the area under study highlighted in white.

Fig. 4 – Carte géologique schématique des Apennins septentrionaux. Les zones étudiées sont indiquées en blanc.

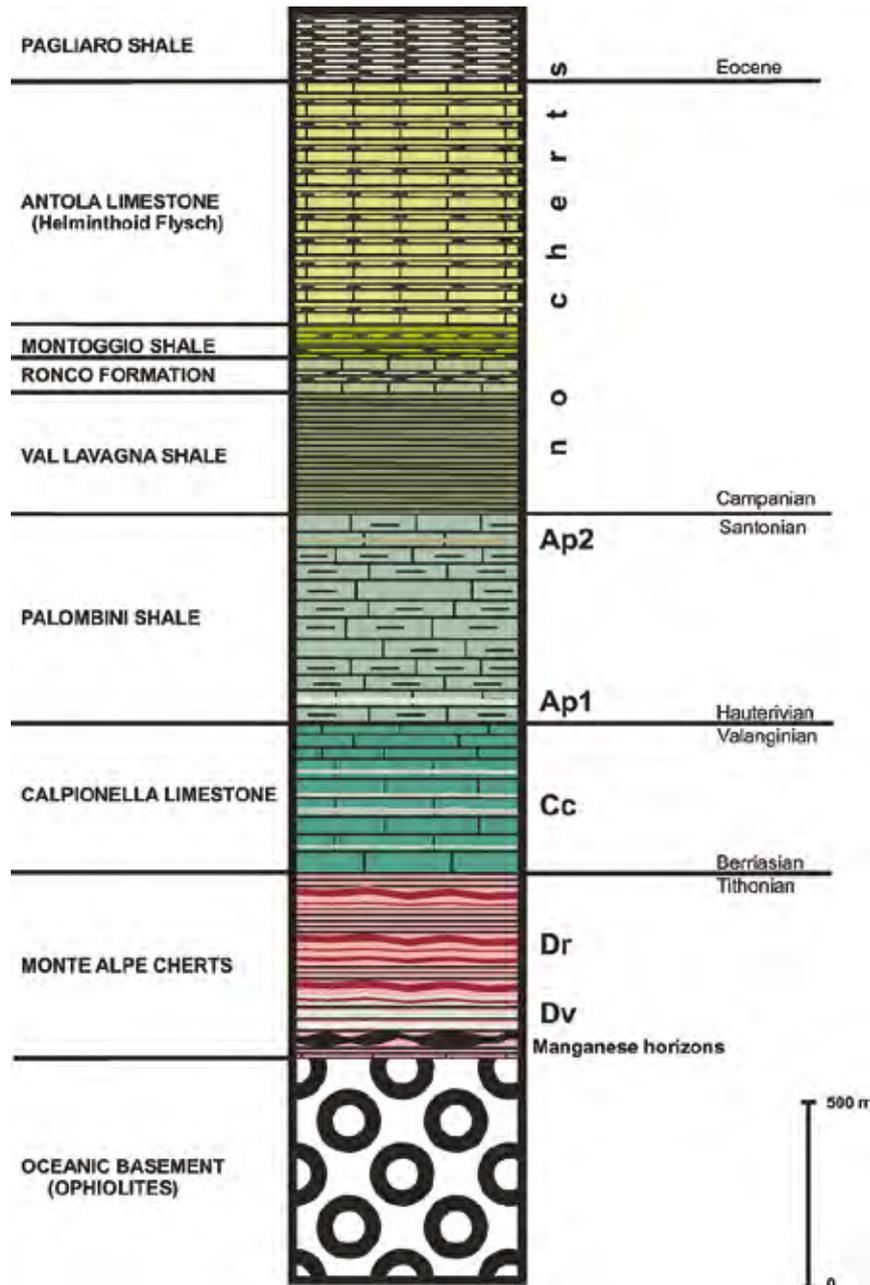


Fig. 5 – Simplified stratigraphic column of the internal Ligurids. The flint-bearing horizons are highlighted and named with abbreviations on the right of the column (Dv: green radiolarites; Dr: red radiolarites; Cc: Calpionella limestone cherts; Ap1 and Ap2: Palombini shale cherts).

Fig. 5 – Colonne stratigraphique simplifiée des Ligurides internes. Les horizons à silex sont indiqués et nommés avec les abréviations à droite (Dv : radiolarites vertes ; Dr : radiolarites rouges ; Cc : silex des calcaires à calpionelles ; Ap1 et Ap2 : silex des schistes à Palombini).

Stratigraphy of the flint-bearing formations

Monte Alpe flints (Callovian/Tithonian; 0–200 m)

The Monte Alpe cherts are a succession of predominantly siliceous pelitic shales, alternating with radiolarian-rich chert beds (radiolarites), directly deposited above the oceanic crust and below the CCD (carbonate compensation depth) (Conti et al., 1985). The flint colours vary

from white (rare) to green and red (most abundant). Generally the white and green colours occur at the base of the sequence, followed by the red ones the latter colour may be the only represented in the sequences. The shales are invariably red, foliated and often contain manganese dots or patches. In some cases the concentrations of this element are so abundant that they were extracted as mineral ore (Braunite) in historic times. In Prehistoric times the radiolarian cherts were the most available and exploited raw material in the Northwestern Apennines (between

Liguria and Emilia), including because of the lack or the scarcity of other rocks suitable for knapping. But these cherts were not only a number-two choice: in some outcrops the quality of the radiolarian beds was rather good and they were widely exploited from the Middle Palaeolithic on (Negrino and Starnini, 2006 et 2010). Mining activities have been identified in many places from the Upper Palaeolithic on (Campana and Maggi, 2002; Negrino et al., in press a and b).

Calpionella limestone (Berriasian/Valanginian; 0–50 m)

This formation consists of ivory- to white-coloured, bedded pelagic mudstones (including radiolarians, sponge spicules and calpionellids), deposited above the CCD. The limestone layers (up to 30 cm thick) are hard and compact, with conchoidal fracture and stylolithes, separated by thin green to grey shale interlayers. The thickness of this formation is variable and in some areas it may also be missing: the Palombini shales sedimented directly onto the Monte Alpe flints. The strata, in some place dolomitised, alternate with thin chert layers, up to 5 cm thick. Cherts may be locally frequent, but often they are rare or missing. Their colours vary from grey to light brown, often with not fully silicified laminations or stripes. In most cases they are unsuitable for flaking because they are too thin and/or diaclased. The formation, like the Monte Alpe cherts, accumulated above the oceanic crust and is similar to (coccolith-bearing) and partly coeval to the Maiolica formation, distributed across the Adria continental margins (Perilli, 1997; Perilli and Nannini, 1997). The main differences between the two formations are that the Maiolica sedimented during a greater time interval (Tithonian/Aptian), with greater thicknesses and with greater frequencies, variabilities and dimensions of the chert layers and nodules.

Palombini shales (Berriasian/Albian; 50–300 m)

The Palombini shales follow the Calpionella limestone, but they differ through a more terrigenous silty and marly content due to distal turbidites inputs in the bottoms. This is constituted of predominantly grey to green claystones alternating with laminated siltstones, marls and fine grey to white limestones (up to 30% of the whole formation, sometimes silicified). The limestones consist of fine crystalline mudstones (with radiolarians and calpionellids), often turning to wackestones and packstones at the base of the strata. The coarser layers contain bioclasts, oolites, algae, detritical micaceous and intraclasts (Decandia and Elter, 1972; Cobianchi and Villa, 1992). This formation is widespread in the Apennines, in both the internal and external Ligurids series. It generally constitutes the base of the external Ligurids, which are tectonically cut as a result of this weak formation. Slightly silicified horizons (invariably in the limestones) are distributed both at the base and at the top of the formation. Well silicified chert layers or

nodules are rare. The silicified horizons vary from light green (poorly silicified) to light brown (better silicified).

External Ligurids (EL)

The external Ligurids outcrop on the Emilian side of the Apennines and differ from the internal Ligurids in that they are detached from their original basement, generally as a result of the Palombini shales. They were possibly deposited in an area between the oceanic Ligurian domain (internal Ligurids) and the continental domain (Adria). Recently they were divided into two subunits: the western units (WEL) and the eastern units (EEL; Marroni et al. 2001 and 2010; Marroni and Pandolfi, 2007). In the basal complexes of the external Ligurids there are often slide blocks (olistoliths) originating from both the western oceanic and the eastern continental domains. These olistoliths are important for the palaeogeographical reconstruction of the area.

The western units (WEL)

The western units (WEL) contain significant slide blocks of ophiolites (olistoliths), the stratigraphy of which is similar to that of the internal Ligurids (fig. 6). They mainly outcrop in the upper part of the Emilian slope, close to the internal Ligurids and separated from these latter by the Ottone - Levanto - Carrara line, following more or less the crest line. The sedimentary formations involved in the slide blocks are represented by the Monte Alpe cherts—Calpionella limestone—Palombini shales succession that represents the covers of the ophiolites (Decandia and Elter, 1972). Despite gravitational transport many of these outcrops are not intensively affected by diaclases. In the Ceno valley near the village of Bardi (Parma) there is a large outcrop of this type. Even if the stratigraphy is inverted, the particularly silicified layers of the Monte Alpe cherts are quite undisturbed, and they have been intensively exploited since the Middle Palaeolithic (Negrino et al. in press a). Comparable huge slide blocks are included in the so-called ‘basal complexes’, constituted by clast-supported breccias and coarse-grained turbidite-derived rudites and arenites (Marroni et al., 2010) known as sedimentary mélanges. The basal complexes are generally followed by flysch formations (helminthoid flysch, Late Cretaceous/Eocene interval) deposited during and after the main tectonic (ealpine and mesoalpine) phases, when the Piedmont-Ligurian oceanic crust was subducted and the Adria continental margin deformed. These rhythmically alternating successions of limestones, marlstones, siltstones and claystones generally do not contain cherts.

The eastern units (EEL)

The eastern units (EEL) mainly outcrop on the middle and lower Emilian side (fig. 7). In the basal complexes of these units there are a few ophiolite remnants—deriving from the western oceanic domain—compared to more frequent

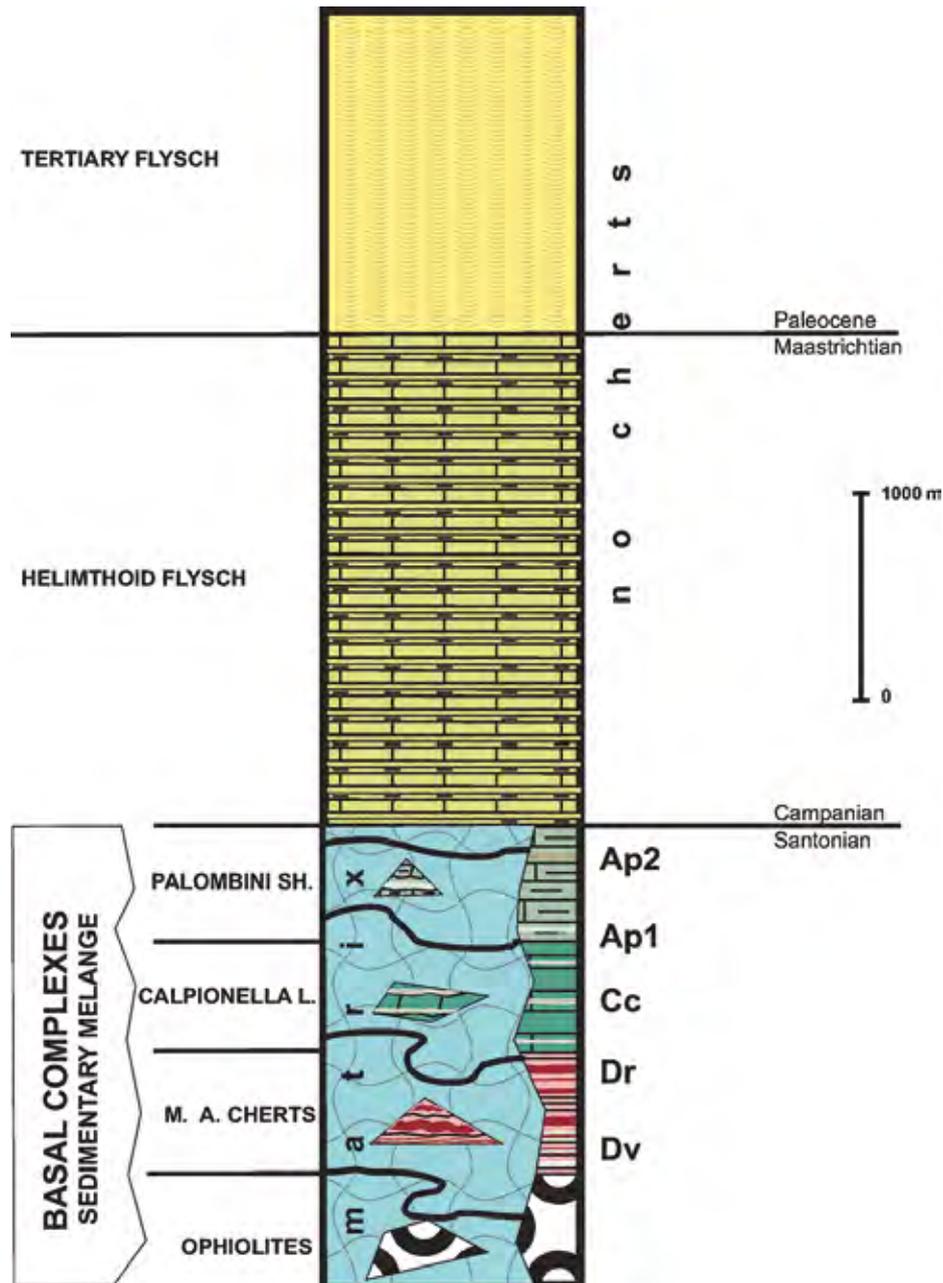


Fig. 6 – Simplified stratigraphic column of the western external Ligurids (WEL). The basal complexes contain sedimentary mélanges stemming from the Piedmont-Ligurian ocean domain and comparable to the internal Ligurids (Dv: green radiolarites; Dr: red radiolarites; Cc: Calpionella limestone cherts; Ap1 and Ap2: Palombini shale cherts).

Fig. 6 – Colonne stratigraphique simplifiée des Ligurides occidentales externes (WEL). Les complexes de base contiennent divers sédiments provenant de l'océan Liguro-Piémontais et comparables au domaine des Ligurides internes (Dv : radiolarites vertes; Dr : radiolarites rouges; Cc : silice des calcaires à calpionelles; Ap1 et Ap2 : silice des schistes à Palombini).

continental slide blocks—deriving from the eastern continental Adria margin (Marroni et al., 2001 and 2010). Many of them are small fragments, but in some cases they are large enough to enable a stratigraphic reconstruction of the series. One of the most representative successions of the EEL is the Cassio unit, where the complete transition from the basal complex to the Tertiary flysch is visible. There are Middle to Late Triassic dolomitic limestones, cherty limestones (Lias), marls (Dogger/Malm) transitional to radiolarian flints (Malm), aptycus-bearing red marls

(Malm) and white pelagic limestones (Maiolica). These series, very similar to the Tuscan and Southern Alps successions, are interpreted as remnants of continental blocks tectonically transported in a transitional area between the continental margin (Adria) and the oceanic domain (Piedmont-Ligurian). Spots of these outcrops are distributed across the middle Apennines between the Pavia, Piacenza and Parma provinces and they represented significant potential procurement sources in a general context that is extremely poor in flints. A fairly big slide block of this type

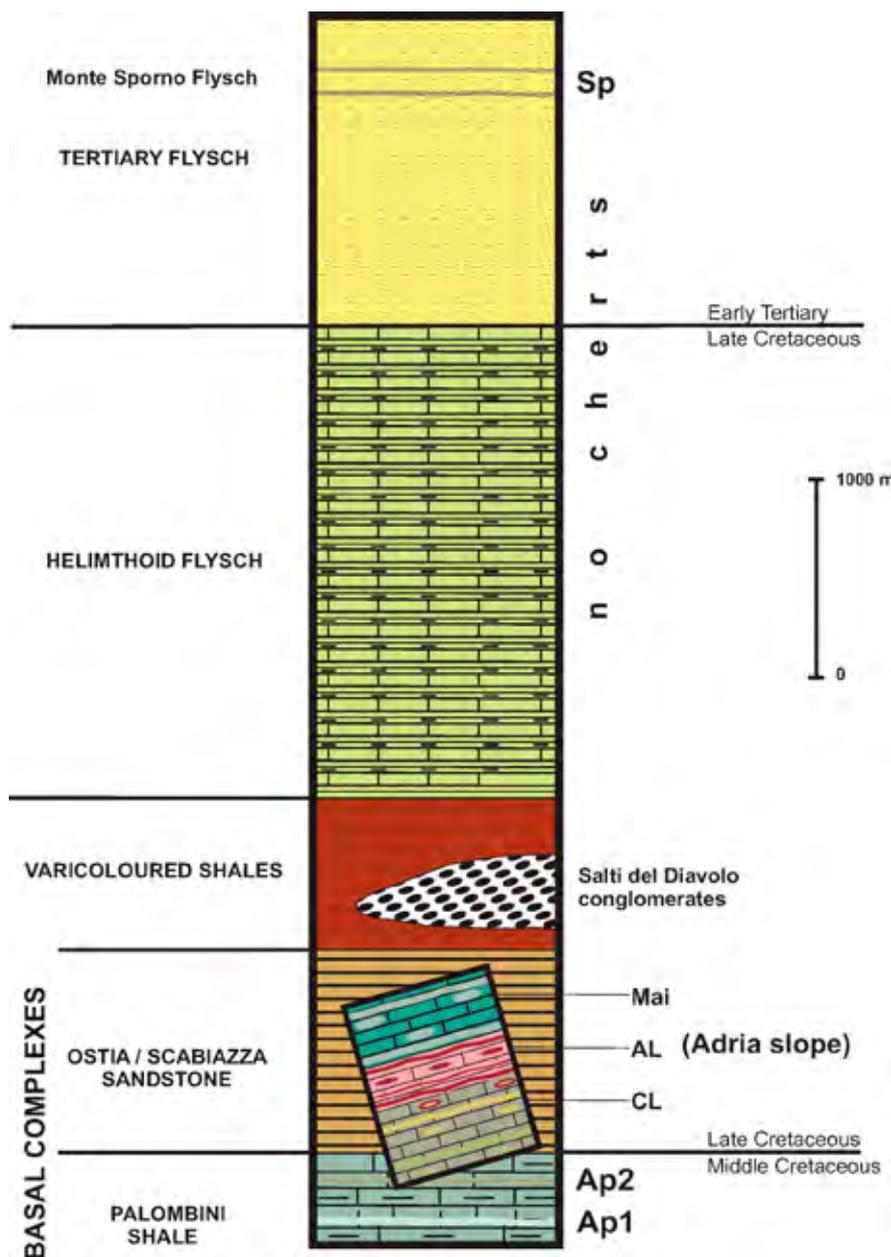


Fig. 7 – Simplified stratigraphic column of the eastern external Ligurids (EEL). The basal complexes contain sedimentary *mélanges* stemming from the Adriatic margins (east) and comparable to the Tuscan and Southern Alps series. (Ap1 and Ap2= Palombini shales cherts; CL= Triassic to Jurassic cherty limestones; AL= Aptychus limestone chert; Mai= Maiolica chert; Sp= M. Sporno flysch chert).

Fig. 7 – Colonne stratigraphique simplifiée des Ligurides orientales externes (EEL). Les complexes de base contiennent divers sédiments provenant des marges adriatiques (est) et comparables aux séries toscanes et sud-alpines (Ap1 et Ap2 = silex des schistes à Palombini, CL= Calcaires siliceux Trias à Jurassique, AL= silex des calcaires aptychiques, Mai= silex de la Maiolica, Sp= silex des flyschs du Mont Sporno).

(Case Caldarola complex) is enclosed in the Scabiazza sandstones near Bobbio (Trebbia valley, Piacenza; Vercesi and Cobianchi, 1998). The subsequent hemipelagic ‘varicoloured shales’ (Cenomanian/Late Campanian) are interbedded with characteristic conglomerate horizons (Salti del Diavolo Conglomerate). This conglomerate includes intrusive, volcanic, metamorphic, sedimentary and siliceous (radiolarian flints and cherty limestones) pebbles. They originated from the subaerial erosion and submarine transport of the Adria sedimentary covers and meta-

morphic basement in uplifted and exposed areas farther north. The cherts can be attributed to similar successions, as discussed above. The pebbles, up to $10 \times 5 \times 5$ cm, are big enough to be exploited, even if the erosion and the transport have in many cases compromised their integrity. Finally, similarly to the WEL, the thick helminthoid flysch successions generally do not contain cherts, but there are a few exceptions. Well-silicified horizons are seldom present in the Tertiary flysch of the Sporno unit, outcropping on the lower slope of the Apennines between the Piacenza and

Parma provinces (Di Dio et al., 2005). In these series the silicified layers often correspond to calcareous turbidites of neritic provenance, with many bioclasts. The cherts hues vary from light brown to grey.

Epiligurids

The Epiligurids were deposited above the tectonised Ligurid units, in all cases separated by unconformities. Today, because of erosion, they are preserved only in the external Ligurids. They represent the most recent and highest units in the Northern Apennines chain. The stratigraphic sequence can be related to a single marine succession, dated between the Middle Eocene and the Messinian (Papani and Vernia, 1994). The sedimentation started in the Middle Eocene with emipelagic marls (Monte Piano formation) alternating with sandstones (Loiano Sandstones). They are followed by the Ranzano formation (Late Eocene/Early Oligocene), constituted of thick (up to 1,000 m) siliciclastic turbidites. The Antognola formation (Late Oligocene/Early Miocene) follows. It is formed by slope marls, mainly alternating with turbidites and, in the upper part, with volcanic inputs. Volcanism favoured a general enrichment in silica (silicified marls) of the upper Antognola layers. In some areas (between the Modena and Bologna provinces) the silicified horizons are particularly abundant; most of the cherts are included in detrital slopes or in torrent pebbles. These are silicified marls, sandstones and siltstones; some of them are clearly turbidites with evident laminations. They contain fine detritus, many sponge spicules and radiolarians and scarce planktic foraminifers of Miocene age. The colours of the cherts vary from dark grey to light grey or reddish grey. The textures may be more or less fine, but detrital particles are invariably present. They are almost always layers, even thick (up to 30 cm). This raw material is locally known as 'phtanite', but this denomination (inherited from the past) should be revised. In another area (Reggio Emilia province, outcrops near the Carpineti village) poor-quality cherts, overall nodules, but also layers can be identified in the upper Antognola formation. Sometimes the nodules are very large (up to 40 cm diameter). They have a resinous aspect and are always full of fractures: because of its appearance it is also known locally as 'chalcedony' chert. It was very rarely exploited. Under the microscope no sedimentary structures, radiolarians or other microfossils are recognisable; the source of the silica is probably volcanic. Close to the Apennines foothill contemporaneous rhyodacitic cinerites (completely unsuitable for flaking) including radiolarians and diatoms were deposited in small basins (Contignaco formation, Early Miocene). The subsequent Bismantova formation (Middle Miocene) attests a general shallowing of the basin, documented by mainly neritic limestones (bioclastic calcarenites) and slope deposits. This trend continued with the deposition of the Termina Marls (slope deposits, Tortonian) and ended with the Messinian salinity crisis that led to the deposition of limestones and gypsum (Gessoso-Solfifera formation). After the Messinian crisis the sea level slowly increased.

This is attested by transitional facies between land and sea, such as continental conglomerates and sandstones, silty clays and micritic laminated limestones (Colombacci formation, Late Messinian).

Plio-Pleistocene marine/continental facies

In the Pliocene/Early Pleistocene interval the Adriatic sea repeatedly transgressed on the Po plain. At least four transgressive/regressive cycles have been identified (Benini et al., 2009). The Argille Azzurre formation is constituted mainly by clay and silty clay, locally with conglomerate interbeds, widely sedimented in the area, attesting to a marine environment (Amorosi et al., 1998a). The deposition took place in the Po plain and in the Apennines foothills where littoral facies are preserved locally. In the Apennines near Bologna transitional facies between the continent and the sea are documented by the Monte Adone formation (Middle/Late Pliocene; sandstones, fluvial conglomerates, mudstones). The fluvial conglomerates (fan deltas) are mainly constituted by Ligurids limestones (Martelli et al., 2009); cherts are subordinated or absent. A transitional environment between the alluvial plain, lagoons, shallow marine sands and conglomerates is represented by the Imola Sands formation (Early and Middle Pleistocene; Amorosi et al., 1998b). This formation is widely distributed along a discontinuous stripe (1–2 km wide) at the foothill of the entire Northern Apennines, gradually eutrophic to the Argille Azzurre (open sea facies, Po plain). The conglomerate horizons at the base of the formation (a few metres thick) have been interpreted as marine regressive. These well-rounded conglomerates may reach considerable dimensions (20 × 10 × 5 cm) even if they are usually smaller. They are mainly constituted by cherts (secondarily by limestones and quartzites). These cherts (aged between the Jurassic and the Miocene) were transported by the sea shoreline currents from the Umbria-Marches and Romagna areas (Veggiani, 1965). Most of them are silicified Tertiary calcarenites, sometimes including macrofossils. These cherts most probably derive from the erosion of the Val Marecchia Nappe (Romagna). Other lithofacies are clearly attributable to the Umbria-Marches succession (Maiolica, Scaglia, Bisciaro). The Imola Sands conglomerates represented an important source of raw material in the Apennines during prehistory. Indeed these pebbles are fine crystalline and very homogeneous cherts, a characteristic that is rare or absent from a large part of the Northern Apennines slope. Moreover, these samples are quite easy to collect, as they are relatively abundant and distributed in accessible areas. These cherts were exploited and selected among other poor-quality raw material (so called 'phtanites') from the Lower Paleolithic as shown by the pebble industries discovered in Emilia and Romagna (Lenzi and Nenzioni, 1996; Peretto et al. 1998). They were exploited for Levallois production during the Middle Paleolithic whereas they were exploited mainly for bladelet production during the Mesolithic.

DISCUSSION AND COMPARISON

As introduced above, the Southalpine and the Northern Apennines post-Jurassic sedimentary successions were deposited in the same sedimentary basin but in different palaeogeographical domains. The Southalpine (in this case the Trento plateau) is a sector of the faulted margin of the Adria plate and the Northern Apennines series (Ligurids) formed on the Piedmont-Ligurian oceanic domain (internal Ligurids; WEL) and on the transitional areas with the rifted Adria paleomargin (EEL). The main difference concerns the environmental depositional depth, above a faulted continental slope (Southalpine) and on the ocean bottoms (Ligurids). In Middle/Late Jurassic the Monte Alpe flints (radiolarites) sedimented directly above the oceanic crust and mainly below the CCD, but comparable lithofacies were also deposited in less deep environments (above the CCD) on the rifted continental slopes. This produces two groups of Jurassic 'radiolarites': 1) Deposited above the oceanic crust, below the CCD, alternating with siliceous shales. 2) Deposited on the continental slopes, above or close to the CCD, enclosed or alternating with marls or limestones (Folk and McBride, 1978; McBride and Folk, 1979). In the Trento plateau the latter correspond to the middle, flint-bearing Ammonitico Rosso Veronese unit. In other sectors of the Adria paleomargins they are called Rosso ad Aptici (Lombard Basin), Diaspri (Tuscan Basin) or Diasprigni limestones (Umbria-Marches Basin). These epicontinental radiolarites are quite similar to the Monte Alpe flints and may be difficult to identify without a detailed analysis. They were exploited mainly in the areas close to the outcrops and were never transported over long distances as is the case for the Monte Alpe flints. Above these mainly radiolaritic Upper Jurassic facies the sedimentation changed and became clearly pelagic in the entire area with the deposition of the Calpionella limestone/Maiolica formations. The bloom of nanoplankton caused a sudden drop of the CCD; calcareous and siliceous oozes reached the bottoms and lithified in micritic cherty limestones. The Maiolica facies is widespread in Italy, from Trentino to Sicily, and is known locally by various denominations (Calpionella limestone, Biancone, Maiolica, Calcare rupestre, Lattimusa). It was deposited both on the Piedmont-Ligurian oceanic domain, where it is known as Calpionella limestone, and on the continental slopes. We discussed above the lithologic features of the formation. Even if the lithofacies are very similar, there are differences with regard to the chert content. The Calpionella limestone contains mainly thin gray to brown chert layers, nodules are absent or rare. The cherts are also missing in many sections; in any case they are rarely present and mainly distributed in the lower part. In most cases the small dimensions and the presence of cracks make them unsuitable for flaking. The Maiolica formation differs in that it has a much greater chert content, both layers and nodules, often with changing textural features in the stratigraphic column. Along the rifted Adria margins several more or less condensed facies have been identified, the

condensed facies sedimented over submarine elevations such as the Trento plateau. The textural differences of the cherts stem from several factors, for example the oxygenation of the bottom waters, the silica supply, the clay fraction of the mother rock (more or less marly), and the early diagenesis of the mother rock on the submarine plateaus. Along the slopes (ex. Trento plateau/Lombard basin; Friuli platform/Belluno basin) huge slumps and resediments strongly affected the sedimentation of the Maiolica formation. Distal turbidites riched the bottoms of the basins, where the thicknesses reached several hundreds metres. The coarser resedimented layers were often the preferred silicified layers; probably because they were more permeable to the silica fluids. The Northern Apennines also host outcrops of the Maiolica formation. They are more accurately included in the 'basal complexes' of the EEL, in which olistholits belonging to the Adria margins collapsed into the Late Cretaceous sedimentary successions. In some cases huge blocks with long series from Triassic to Cretaceous have been identified. The Maiolica flints differ strongly from the Calpionella limestone cherts. These are big, grey to light green nodules and layers of exceptional quality, when they are not tectonised. The textures and the shapes are very similar to the Maiolica flints of the Trento plateau, but the colours are different. The Maiolica formation follows the Diasprigni limestone and Triassic to Jurassic cherty limestones; to some extent these series can be compared to the Tuscan succession (Tuscan basin). These outcrops represent fragments of series deposited on the thinned continental crust between the Piedmont-Ligurian ocean and the Adria microplate. The evidence suggests that these spots were intensively exploited at least since the Upper Paleolithic. The Palombini shales, widely outcropping in the Apennines, contain only very few cherts, compared to the Scaglia Variegata Alpina. This is related to a more terrigenous content of the Palombini shales. The Scaglia Rossa formation was not deposited in the Emilian Northern Apennines: here thick, almost flintless flysch successions formed between the Late Cretaceous and the Eocene. From the Eocene a new system of platforms and basins formed above the Trento Plateau. Cherts are quite common in the Early and Middle Eocene basinal formations. Comparable cherts, containing macroforaminifers, formed in the Inner Apennines (Tuscan Apennines). These formations were subsequently transported by gravitation to the northeastern Apennines (Val Marecchia Nappe). For reasons related to time and to the extent of the research the Marecchia fold will be not discussed in this paper. The Epiligurids are characteristic of the Northern Apennines as well as the Apennines foredeep successions: Oligocene to Miocene cherts do not occur in the Southalpine.

Acknowledgements: I would like to thank Federica Fontana and Davide Visentin (Ferrara University, Sezione di Scienze Preistoriche e Archeologiche) who helped me on several field trips. Many thanks to Didier Binder, Gabriele Martino, Nicolas Naudinot, Antonin Tomasso (congress organisers) for their invitation and their cordiality.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBATE E., BORTOLOTTI V., PRINCIPI G. (1980) – Apennine Ophiolites: a Peculiar Oceanic Crust, in G. Rocci (ed.), *Tethyan ophiolites*, Pisa, Edizioni ETS (Ofioliti, 1), p. 59–96.
- ALVAREZ W., ENGELDER T., LOWRIE W. (1978) – Formation of Spaced Cleavage and Folds in Brittle Limestone Dissolution, *Geology*, 4, p. 698–701.
- AMOROSI A., BARBIERI M., CASTORINA F., COLALONGO M. L., PASINI G., VAIANI S. C. (1998a) – Sedimentology, Micropaleontology, and Strontium-Isotope Dating of a Lower Middle Pleistocene Marine Succession ('Argille Azzurre') in the Romagna Apennines, Northern Italy, *Bolletino della Società geologica italiana*, 117, p. 789–806.
- AMOROSI A., CAPORALE L., CIBIN U., COLALONGO M. L., PASINI G., RICCI LUCCHI F., SEVERI P., VAIANI S. (1998b) – The Pleistocene Littoral Deposits (Imola Sands) of the Northern Apennines Foothills, *Giornale di Geologia*, 60, p. 83–118.
- ARNI P., LANTERNO E. (1973) – Considerations paléocologiques et interprétation des calcaires de l'Eocene du Véronais, *Archives des Sciences*, 25, 2, p. 251–253.
- AVANZINI M., BARGOSSO G. M., MORETTI A., PICCIN G., TOMASONI R. (2010) – Stratigrafia, in M. Avanzini, G. M. Bargossi, A. Borsato and L. Selli (eds.), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 060 Trento*, Roma, ISPRA, Servizio Geologico d'Italia, 244 p.
- BARBUJANI C., BOSELLINI A., SARTI M. (1986) – L'Oolite di San Vigilio nel Monte Baldo (Giurassico, Prealpi Venete), *Annali dell'Università di Ferrara, sezione 9, scienze geologiche e paleontologiche*, 9, 2, p. 19–47.
- BENINI A., MARTELLI L., AMOROSI A., MARTINI A., SEVERI P., CAZZOLI M. A., VAIANI S. C. (2009) – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 239 Faenza*, Roma, ISPRA, Servizio Geologico d'Italia, 107 p.
- BERSEZIO R., ERBA E., GORZA M., RIVA A. (2002) – Berriasian-Aptian Black Shales of the Maiolica Formation (Lombardian Basin, Southern Alps, Northern Italy): Local to Global Events, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180, p. 253–275.
- BERTOLA S. (2001) – *Contributo allo studio del comportamento dei primi gruppi di Homo sapiens diffusi in Europa. Sfruttamento della selce, produzione dei supporti lamellari, confezione delle armature litiche nel sito aurignaziano della Grotta di Fumane nei Monti Lessini (Verona)*, doctoral thesis, university of Bologna, 201 p.
- BERTOLA S. (2011) – The flints of Southern Alps (Non Valley, Italy) provenance found in the Mesolithic site of Ullafelsen (Sellrain, Tyrol), in D. Schäfer (ed.), *Das Mesolithikum-Projekt Ullafelsen (Teil 1)*, Innsbruck, Philipp von Zabern (Mensch und Umwelt im Holozän Tirols, 1), p. 463–505.
- BERTOLA S. (2012) – Approccio micropaleontologico discriminante per riconoscere la provenienza alpina o appenninica delle selci della Scaglia Rossa, *Bulletin du musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 52, p. 17–27.
- BERTOLA S., CUSINATO A. (2004) – Le risorse litiche dell'Altopiano di Folgaria e il loro utilizzo a Riparo Cogola, *Preistoria Alpina*, 40, p. 107–123.
- BERTOTTI G., PICOTTI V., BERNOULLI D., CASTELLARIN A. (1993) – From Rifting to Drifting: Tectonic Evolution of the South-Alpine Upper Crust from the Triassic to the Early Cretaceous, *Sedimentary Geology*, 86, p. 53–76.
- BOSELLINI A. (1973) – Modello geodinamico e paleotettonico delle Alpi Meridionali durante il Giurassico-Cretacico. Sue possibili applicazioni agli Appennini, in B. Accordi (ed.) *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino*, Roma, Accademia Nazionale di Lincei (Quaderni, 183), p. 163–205.
- BOSELLINI A. (1989) – Dynamics of Tethyan Carbonate Platforms, in P. D. Crevello, J. L. Wilson, J. F. Sarg and J. F. Read (eds.), *Controls on Carbonate Platform and Basin Development*, Tulsa, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM Special Publication, 44), p. 3–13.
- BOSELLINI A. (1996) – *Geologia delle Dolomiti*, Bolzano, Athesia, 192 p.
- BOSELLINI A. (2004) – The Western Passive Margin of Adria and Its Carbonate Platforms, Florence, in V. Crescenti, S. D'Offizi, S. Merlino and L. Sacchi (eds.), *Geology of Italy*, proceedings of the 32nd session of the International Geological Congress (Firenze, 20–28 August 2004), Roma, Italian Geological Society, p. 79–92.
- BOSELLINI A., DAL CIN R. (1968) – *Il Giurassico Medio-Superiore di Fonzaso (Feltrino occidentale)*, Ferrara, Università degli studi di Ferrara (Annali dell'Università di Ferrara, nuova serie IX, 4), 247 p.
- BOSELLINI A., WINTERER E. L. (1975) – Pelagic Limestone and Radiolarite of the Tethyan Mesozoic: a Genetic Model, *Geology*, 3, p. 279–282.
- BOSELLINI A., BROGLIO LORIGA C. L., Busetto C. (1978) – I bacini cretacei del Trentino, *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 84, 4, p. 897–946.
- BOSELLINI A., MASETTI D., SARTI C. (1981) – A Jurassic 'Tongue of the Ocean' Infilled with Oolitic Sands: the Belluno Trough, Venetian Alps, Italy, *Marine Geology*, 44, p. 55–95.
- BOSELLINI A., GIANOLLA P., STEFANI M. (2003) – Geology of the Dolomites, *Episodes*, 26, 3, p. 181–185.
- CAMPANA N., MAGGI R. (2002) – *Archeologia in Valle Lagorara. Diecimila anni di storia intorno a una cava di diaspro*, Firenze, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Origines), 400 p.
- CARMIGNANI L., CONTI P., CORNAMUSINI G., MECCHIERI M. (2004) – The Internal Northern Apennines, the Northern Tyrrhenian Sea and the Sardinia-Corsica Block, in V. Crescenti, S. D'Offizi, S. Merlino and L. Sacchi (eds.), *Geology of Italy*, proceedings of the 32nd session of the International Geological Congress (Firenze, 20–28 August 2004), Roma, Italian Geological Society, p. 59–77.
- CARMINATI E., DOGLIONI C. (2004) – Alps vs Apennines, in V. Crescenti, S. D'Offizi, S. Merlino and L. Sacchi (eds.),

- Geology of Italy*, proceedings of the 32nd session of the International Geological Congress (Firenze, 20–28 August 2004), Roma, Italian Geological Society, p. 141–151.
- CARULLI G. B., FANTONI R., MASETTI D., PONTON M., TRINCANTI E., TROMBETTA G. L., VENTURINI S. (1998) – Analisi di facies e proposta di revisione stratigrafica del Triassico superiore e del Sudalpino orientale, *Atti Ticinesi di Scienze della Terra, serie speciale*, 7, p. 159–183.
- CASOLARI E., PICOTTI V. (1997) – La Formazione di Val d'Oro: un pendio deposizionale eoliassico al margine nord-orientale del Bacino Lombardo (Alpi Meridionali), *Atti Ticinesi di Scienze della Terra, serie speciale*, 5, p. 41–52.
- CASTELLARIN A. (1972) – Evoluzione paleotettonica sinsedimentaria del limite tra piattaforma veneta e bacino lombardo a Nord di Riva del Garda, *Giornale di Geologia, serie 2*, 38, 1, p. 11–212.
- CASTELLARIN A., VAI G. B., CANTELLI L. (2006) – The Alpine Evolution of the Southern Alps around the Guidicarie Faults: A Late Cretaceous to Early Eocene Transfer Zone, *Tectonophysics*, 414, p. 203–223.
- CERRINA FERONI A., OTTRIA G., ELLERO A. (2004) – The Northern Apennine, Italy: Geological Structure and Transpressive Evolution, in V. Crescenti, S. D'Offizi, S. Merlino and L. Sacchi (eds.), *Geology of Italy*, proceedings of the 32nd session of the International Geological Congress (Firenze, 20–28 August 2004), Roma, Italian Geological Society, p. 15–32.
- CHANNEL J. E., GRANDESSO P. (1987) – A Revised Correlation of Mesozoic Polarity Chrons and Calpionellid Zones, *Earth and Planetary Science Letters*, 85, 1–3, p. 222–240.
- CIARRAPICA G. (1990) – Central and Northern Apennines during the Triassic: a Review, *Bollettino della Società geologica italiana*, 109, p. 39–50.
- CLAPS M., MASETTI D. (1994) – Milankovich Periodicities Recorded in Cretaceous Deep-Sea Sequences from the Southern Alps (Northern Italy), in P. L. De Boer and D. G. Smith (eds.), *Orbital Forcing and Cyclic Sequences*, Oxford, Blackwell (International Association of Sedimentologists, special publication, 19), p. 99–107.
- CLARI P. A., PAVIA G. (1987) – Superfici di interruzione di sedimentazione e lacune biostratigrafiche nel Cretaceo inferiore di Mizzole (Lessini Veronesi), *Bollettino della Società geologica italiana*, 26, 1–2, p. 21–38.
- CLARI P. A., MARINI P., PASTORINI M., PAVIA G. (1984) – Il Rosso Ammonitico Veronese (Baiociano-Calloviano) nei Monti Lessini Settentrionali (Verona), *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 90, 1, p. 15–86.
- CLARI P. A., MARTIRE L., PAVIA G. (1990) – L'unità selcifera del Rosso Ammonitico Veronese (Alpi Meridionali), in G. Pallini, F. Cecca, S. Cresta and M. Santantonio (eds.), *Fossili, evoluzione, ambiente*, proceedings of the second international conference (Pergola, 25–30 October 1987), Ostra Vetere, Tecnostampa, p. 151–162.
- CLARI P. A., LOZAR F., PAVIA G. (2006) – The Rosso Ammonitico Veronese (Middle-Upper Jurassic of the Trento Plateau): a Proposal of Lithostratigraphic Ordering and Formalization, *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 112, p. 227–250.
- COBIANCHI M., VILLA G. (1992) – Biostratigrafia del Calcare a Calpionelle e delle argille a Palombini nella sezione di Statale (Val Graveglia Appennino Ligure), *Atti Ticinesi di Scienze della Terra*, 35, p. 199–211.
- CONTI M., MARCUCCI M., PASSERINI P. (1985) – Radiolarian Cherts and Ophiolites in the Northern Apennine and Corsica: Age Correlations and Tectonic Frame of Siliceous Deposition, in J. Desmons (ed.), *Ophiolites Through Time*, Pisa, Edizione ETS (Ophioliti, 10), p. 201–225.
- DAL PIAZ G. V., BISTACCHI A., MASSIRONI M. (2003) – Geological Outline of the Alps, *Episodes* 26, 3, p. 175–180.
- DE BOER P. L. (1982) – Cyclicity and Storage of Organic Matter in Middle Cretaceous Pelagic Sediments, in G. Einsele and A. Seilacher (eds.), *Cyclic and Event Stratification*, New York, Springer, p. 456–474.
- DECANDIA F. A., ELTER P. (1972) – La zona ofiolitifera del Bracco nel settore compreso tra Levanto e la Val Graveglia (Appennino Ligure), *Memorie della Società Geologica Italiana*, 11, p. 503–530.
- DI DIO G., LASAGNA S., MARTINI A., ZANZUCCHI G. (2005) – Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 199 Parma Sud, Firenze, SELCA, 177 p.
- DI GIULIO A., CARRAPA B., FANTONI B., GORLA L., VALDISTURLO A. (2001) – Middle Miocene Sedimentary Evolution of the Western Lombardian Segment of the South Alpine Foredeep (Italy), *International Journal of Earth Sciences*, 90, 3, p. 534–548.
- DOGLIONI C., BOSELLINI A. (1987) – Eoalpine and Mesoalpine Tectonics in the Southern Alps, *Geologische Rundschau*, 76, p. 735–754.
- ELTER P. (1975) – Introduction à la géologie de l'Apennin septentrional, *Bulletin de la Société géologique de France*, 17, 6, p. 956–962.
- ELTER G., ELTER P., STURANI C., WEIDMANN M. (1966) – Sur la prolongation du domaine de l'Apennin dans le Monferat et les Alpes et sur l'origine de la Nappe de la Simme s.l. des Préalpes romandes et chaiblaisiennes, *Archives des Sciences*, 19, p. 279–377.
- FARAONI P., MARINI A., PALLINI G., PESSONI N. (1996) – The Maiolica Fm. of the Lessini Mts and Central Apennines (North Eastern and Central Italy): a Correlation Based on New Biolithostratigraphical Data from the Uppermost Hauterivian, *Palaeopelagos*, 6, p. 249–259.
- FARAONI P., FIORE D., MARINI A., PALLINI G., PESSONI N. (1997) – Valanginian and Early Hauterivian Ammonite Successions in the Mt Catria Group (Central Apennines) and in the Lessini Mts (Southern Alp), Italy, *Palaeopelagos*, 7, p. 59–100.
- FOLK R., MCBRIDE E. F. (1978) – Radiolarites and Their Relation to Subjacent 'Oceanic Crust' in Liguria, Italy, *Journal of Sedimentary Petrology*, 48, 4, p. 1069–1102.
- GAETANI M. (2000) – Late Norian, in S. Crasquin (ed.), *Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographic Maps-Explanatory notes*, Paris, CCGM-CGMW, p. 41–48.
- GRANDESSO P. (1977) – Gli strati a Precalpionellipi del Tortoniano e i loro rapporti con il Rosso Ammonitico Veneto, *Memorie di Scienze Geologiche*, 32, p. 3–14.

- HAAS J., KOVÁCS S., KRZYSTYN L., LEIN R. (1995) – Significance of Late Permian-Triassic Facies Zones in Terrane Reconstructions in the Alpine-North Pannonian Domain, *Tectonophysics*, 242, 1–2, p. 19–40.
- LEHNER B. L., KNAPPERTSBUSCH M. W., HEER P. H. (1997) – Biostratigraphy, Litostratigraphy and Sedimentology of the Maiolica Lombarda and the Scaglia Lombarda on the West Side of Lake Garda (Northern Italy), *Memorie di Scienze Geologiche*, 34, p. 1–35.
- LENZI F., NENZIONI G. (1996) – *Lettere di Pietra: i depositi pleistocenici: sedimenti, industrie e faune del margine appenninico bolognese*, Bologna, Editrice Compositori, 867 p.
- LUCIANI V. (1989) – Stratigrafia sequenziale del Terziario nella Catena del Monte Baldo (province di Verona e Trento), *Memorie di Scienze Geologiche*, 41, p. 263–351.
- LUKENEDER A. (2011) – The Biancone and Rosso Ammonitico Facies on the Northern Trento Plateau (Dolomites, Southern Alps, Italy), *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, serie A*, 113, p. 9–33.
- MARRONI M., PANDOLFI L. (2007) – The Architecture of an Incipient Oceanic Basin: a Tentative Reconstruction of the Jurassic Liguria-Piemonte Basin along the Northern Apennines-Alpine Corsica Transect, *International Journal of Earth Sciences*, 96, p. 1059–1078.
- MARRONI M., MENEGHINI F., PANDOLFI L. (2010) – Anatomy of the Ligure-Piemontese Subduction System: Evidence from Late Cretaceous-Middle Eocene Convergent Margin Deposits in the Northern Apennines, Italy, *International Geology Review*, 52, p. 1160–1192.
- MARRONI M., MOLLI G., MONTANINI A., TRIBUZIO R. (1998) – The Association of Continental Crust Rocks with Ophiolites (Northern Apennines, Italy): Implications for the Continent-Ocean Transition, *Tectonophysics*, 292, p. 43–66.
- MARRONI M., MOLLI G., OTTRIA G., PANDOLFI L. (2001) – Tectono-Sedimentary Evolution of the External Liguride Units (Northern Apennines, Italy): Insight in the Pre-Collisional History of a Fossil Ocean-Continent Transition Zone, *Geodinamica Acta*, 14, p. 307–320.
- MARRONI M., MONECHI S., PERILLI N., PRINCIPI G., TREVES B. (1992) – Late Cretaceous Flysch Deposits of the Northern Apennines, Italy: Age of Inception of Orogenesis-Controlled Sedimentation, *Cretaceous Research*, 13, p. 487–504.
- MARTELLI L., AMOROSI A., SEVERI P., CAZZOLI MA., COLALONGO M. L., VAIANI S. C., ALVISI F., BASSETTI M. A., FUSCO F. (2009) – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 221 Bologna*, Roma, ISPRA, Servizio Geologico d'Italia, 107 p.
- MARTIRE L. (1992) – Sequence Stratigraphy and Condensed Pelagic Sediments. An Example from the Rosso Ammonitico Veronese, Northeastern Italy, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 94, 1–2, p. 63–80.
- MARTIRE L. (1996) – Stratigraphy, Facies and Synsedimentary Tectonics in the Jurassic Rosso Ammonitico Veronese (Altopiano di Asiago, NE Italy), *Facies*, 35, p. 209–236.
- MASSARI F., MEDIZZA F. (1973) – Stratigrafia e paleogeografia del Campaniano -Maastrichtiano nelle Alpi Meridionali (con particolare riguardo agli 'hard grounds' della Scaglia Rossa veneta), *Memorie degli Istituti di geologia e mineralogia dell'Università di Padova*, 28, p. 1–63.
- MASSARI F., MEDIZZA F., SEDEA R. (1976) – L'evoluzione geologica dell'area euganea tra il Giurese superiore e l'Oligocene inferiore, in G. Piccoli, R. Bellati, C. Binotti, E. Di Lallo, R. Sedea, A. Dal Prà, R. Cataldi, G. O. Gatto, G. Ghezzi, M. Marchetti, G. Bulgarelli, G. Schiesano, C. Panichi, E. Tongiorgi, P. Baldi, G. C. Ferrara, F. Mas-sari, F. Medizza, V. Illiceto, G. P. De Vecchi, A. Gregagnin, E. M. Piccirillo, A. Norinelli and G. Sbettega (eds.), *Il sistema idrotermale euganeo-berico e la geologia dei Colli Euganei*, Padua, Società cooperativa tipografica (Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova, 30), p. 174–197.
- MCBRIDE E. F., FOLK R. (1979) – Features and origin of Italian Jurassic radiolarites deposited on continental crust, *Journal of Sedimentary Petrology*, 49, p. 837–868.
- NEGRINO F., STARNINI E. (2006) – Modelli di sfruttamento e circolazione delle materie prime per l'industria litica scheggiata tra Paleolitico inferiore ed Età del Rame in Liguria, in D. Cocchi Genick (ed.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana*, proceedings of the XXXIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Firenze, 25–27 November 2004), Firenze, Istituto italiano di Preistoria e Protostoria, p. 283–298.
- NEGRINO F., STARNINI E. (2010) – Dinamiche di sfruttamento e circolazione delle materie prime silicee per l'industria litica scheggiata in Liguria tra Paleolitico inferiore ed Età del Rame, in G. Odetti (ed.), *L'uomo e la terra ligure: la trasformazione e l'adeguamento delle popolazioni umane al territorio della Liguria nel corso dei millenni*, proceedings of the round table (Genoa, 10–11 February 2005), Genoa, università degli Studi di Genova, p. 21–34.
- NEGRINO F., COLOMBO M., CREMASCHI M., SERRADIMIGNI M., TOZZI C.,
- GHIRETTI A. (in press a) – Estese officine litiche del Paleolitico medio-superiore sui rilievi appenninici di Monte Lama-Castellaccio-Pràrbera (Bardi, Parma), in *Preistoria e Protostoria dell'Emilia Romagna*, proceedings of the XLV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (Modena, 27–31 October 2010).
- NEGRINO F., COLOMBO M., CREMASCHI M., SERRADIMIGNI M., TOZZI C., GHIRETTI A. (in press b) – Cave di estrazione del diaspro e officine litiche della prima Età dei Metalli nell'Appennino parmense, in *Preistoria e Protostoria dell'Emilia Romagna*, proceedings of the XLV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria et Protostoria (Modena, 27–31 October 2010).
- NERI C., GIANOLLA P., FURLANIS S., CAPUTO R., BOSELLINI A. (2007) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 029 Cortina d'Ampezzo*, Roma, ISPRA, Servizio Geologico d'Italia, 208 p.

- PAGANI G., PAPANI G., RIO D., TORELLI L., ZANZUCCHI G., ZERBI M. (1972) – Osservazioni sulla giacitura delle ofioliti nelle alte valli del T. Ceno e del F. Taro, *Memorie della Società Geologica Italiana*, 11, p. 531–546.
- PAPANI G., VERNIA L. (1994) – La Successione Epiligure, in G. Zanzucchi (ed.), *Appennino Ligure-Emiliano*, Roma, BE-MA, Società Geologica Italiana (Guide Geologiche Regionali, 6), p. 50–54.
- PAVIA G., BENETTI A., MINETTI C. (1987) – Il Rosso Ammonitico dei Monti Lessini Veronesi Italia NE. Faune ad Ammoniti e discontinuità stratigrafiche nel Kimmeridgiano inferiore, *Bolletino della Società geologica italiana*, 26, p. 63–92.
- PERETTO C., ORNELLA AMORE F., ANTONIAZZI A., ANTONIAZZI A., BAHAIN J.-J., CATTANI L., CAVALLINI E., ESPOSITO P., FALGUERES C., GAGNEPAIN J., HEDLEY I., LAURENT M., LEBRETON V., LONGO L., MILLIKEN S., MONEGATTI P., OLLE A., PUGLIESE N., RENAULT-MISKOVSKY J., SOZZI M., UNGARO S., VANNUCCI S., VERGES J. M., WAGNER J. J., YOKOYAMA Y., (1998) – L'industrie lithique de Ca' Belvedere di Monte Poggiolo : stratigraphie, matière première, typologie, remontages et traces d'utilisation, *L'Anthropologie*, 102, 4, p. 343–365.
- PERILLI N. (1997) – Lower Cretaceous Nannofossil Stratigraphy of the Calpionella Limestone and the Palombini Shale in Southern Tuscany, *Revista Española de Paleontología*, 12, 1, p. 1–14.
- PERILLI N., NANNINI D. (1997) – Calcareous Nannofossil Biostratigraphy of the Calpionella Limestone and Palombini Shales (Bracco/ValGraveglia Unit) in the Eastern Ligurian Apennines (Italy), *Ofioliti*, 22, p. 213–225.
- PICOTTI V. (2003) – *Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Trento alla scala 1:25000, Tavola 80 IV, Roncone*, Firenze, SELCA, 105 p.
- SANTANTONIO M., CARMINATI E. (2011) – Jurassic Rifting Evolution of the Apennines and Southern Alps (Italy): Parallels and Differences, *Geological Society of America Bulletin*, 123, p. 468–484.
- SARTI M. (1980) – Frane sottomarine e debris flow in una successione carbonatica torbidity eocenica (Val d'Avesa, Verona), *Annali dell'Università di Ferrara, sezione 9, scienze geologiche e paleontologiche*, 7, 4, p. 65–91.
- SARTI C. (1986) – Fauna e biostratigrafia del Rosso Ammonitico del Trentino centrale (Kimmeridgiano-Titoniano), *Bolletino della Società geologica italiana*, 23, p. 473–514.
- SAURO U. (1973) – *Il paesaggio degli Alti Lessini: studio geomorfologico*, Verona, Museo civico di storia naturale di Verona (Memorie special edition, 6), 160 p.
- SCHETTINO A., TURCO E. (2009) – Breakup of Pangaea and Plate Kinematics of the Central Atlantic and Atlas Regions, *Geophysical Journal International*, 178, 2, p. 1078–1097.
- SCHETTINO A., TURCO E. (2011) – Tectonic History of the Western Tethys since the Late Triassic, *Geological Society of America Bulletin*, 123, 1–2, p. 89–105.
- SCHMID S. M., PFIFFNER O. A., FROITZHEIM N., SCHÖNBORN G., KISSLING E., (1996) – Geophysical-Geological Transect and Tectonic Evolution of the Swiss-Italian Alps, *Tectonics*, 15, p. 1036–1064.
- SCHMID S. M., BERNOULLI D., FÜGENSCHUH B., MATENCO L., SCHEFER S., SCHUSTER R., TISCHLER M., USTASZEWSKI K. (2008) – The Alpine-Carpathian-Dinaridic Orogenetic System: Correlation and Evolution of Tectonic Units, *Swiss Journal of Geosciences*, 101, p. 139–183.
- VEGGIANI A. (1965) – Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario, *Bolletino della Società geologica italiana*, 84, p. 315–328.
- VERCESI P. L., COBIANCHI M. (1998) – Stratigrafia di un frammento di margine continentale giurassico: la successione di Case Caldarola (Appennino piacentino), *Bolletino della Società geologica italiana*, 117, p. 537–554.
- WEISSERT H. (1981) – Depositional Processes in an Ancient Pelagic Environment: the Lower Cretaceous Maiolica of the Southern Alps, *Eclogae Geologicae Helveticae*, 74, 2, p. 339–352.
- WIECZOREK J. (1988) – Maiolica: a Unique Facies of the Western Tethys, *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 58, p. 255–276.
- WINTERER E. L., BOSELLINI A. (1981) – Subsidence and Sedimentation on a Jurassic Passive Continental Margin (Southern Alps, Italy), *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 65, p. 394–421.
- WIERER U., BERTOLA S. (this volume) – The Sauveterrian Flint Assemblage of Galgenbühel/Dos de la Forca (Adige Valley, South Tyrol, Italy): Procurement Areas, Reduction Sequences, Tool Making, in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon and N. Naudinot (eds.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, proceedings of the session of the Société préhistorique française (Nice, 28–29 March 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 221–248.
- ZAMPIERI D. (1990) – Tertiary Extension in the Southern Trento Platform, Southern Alps, Italy, *Tectonics*, 14, 3, p. 645–657.
- ZANZUCCHI G. (1980) – *I lineamenti geologici dell'Appennino parmense. Note illustrative della Carta e delle Sezioni geologiche della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000)*, Parma, Univ. Parma, p. 201–233.

Stefano BERTOLA

Universität Innsbruck

Institut für Geologie und Paläontologie

Arbeitsgruppe Hochgebirgsarchäologie und

Quartärökologie

Innrain 52

A-6020 Innsbruck (Austria)



Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée
Actes de la journée de la Société préhistorique française de Nice, 28-29 mars 2013
Textes publiés sous la direction de
Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,
Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT
Paris, Société préhistorique française, 2016
(Séances de la Société préhistorique française, 5)
p. 77-95
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-64-4

Premières notions de gîtologie et caractérisation lithiques de Lombardie occidentale

Gabriele MARTINO, Domenico LO VETRO, Franz LIVIO, Francesco TRENTI, Pasquino PALLECCHI, Ivo RIGAMONTI et Daria Giuseppina BANCHIERI

Résumé : La Lombardie occidentale est un territoire très homogène, à la fois du point de vue physiographique qu'en ce qui concerne les aspects morpho-structuraux, ce qui se caractérise par une abondance des ressources siliceuses, de très bonne aptitude à la taille dans le secteur des Préalpes occidentales. Malgré cela, les travaux portant sur l'analyse des séries lithiques n'ont abordé que de façon très limitée les problématiques relatives à la circulation des matières premières lithiques durant la Préhistoire. Dans un même temps, le caractère non systématique des recherches précédentes a amené à une sous-estimation générale de l'importance de ces zones pour les stratégies de subsistance et d'acquisition des ressources en Italie nord-occidentale.

Mots-clés : Italie septentrionale, Néolithique, gîtologie, Maiolica, radiolarites, dépôts conglomératiques.

Abstract: Western Lombardy is a rather homogeneous territory from both a physiographic and a morpho-structural perspective and it is characterised by a general abundance of siliceous resources in the Western Prealps with a high suitability for knapping. However, the analyses of the lithic assemblages tackled to only a limited extent the issues related to lithic raw-material circulation during prehistoric times. At the same time the non-systematic character of preceding research led to a general under-evaluation of the significance of these areas with regard to the subsistence and procurement strategies of resources in Northwest Italy.

The preliminary data collected by two distinct research projects, one carried out in the Como-Lecco province and the other in the Varese province, made it possible to draw a fairly complete overview of the various Jurassic and Cretaceous flint-bearing geological formations in this geographical area which, although rather small, is fairly homogeneous from a morpho-structural point of view. Some differences can be assessed as regards the lateral variability of the different formations linked with the paleotopography of this sector of the Lombard basin characterised in this point either by shoal areas or by large sub-basins.

The results of the work evidence subtle variability of the exploited lithic resources, but also suggest a preference for the selected local materials (Maiolica, radiolarite) in the different sectors considered, probably because of the relative abundance and the optimum knapping suitability of these resources, even if the reasons for selecting a specific material should be further investigated. Similarly, the potential of the conglomeratic deposits with regard to the procurement of lithic raw materials is only briefly discussed here. Lastly, this study highlights the need for a well-defined characterisation of the Upper Jurassic flints that are ubiquitous throughout Northern Italy. All these questions thus suggest the need for an extension and intensification of field surveys and sampling, as well as the creation of new collaborative networks with scientists working in Northern Italy and in the adjacent regions.

Keywords: Northern Italy, Neolithic, gîtology, Maiolica, radiolarites, conglomerate deposits.

LES SÉQUENCES sédimentaires de Lombardie occidentale, territoire assez homogène du point de vue physiographique et morphostructurel, revêtent un intérêt particulier pour l'histoire de la géologie alpine, dès les premières observations de Leonardo Da Vinci lors de son séjour à Milan entre la fin du xv^e et les débuts du xvi^e siècle (fig. 1). Ces formations, aujourd'hui reconnues comme appartenant aux calcaires du Jurassique

inférieur, ainsi qu'à toute la séquence sédimentaire Jurassique-Crétacé, ont fait l'objet de nombreux travaux de synthèse, mais bien qu'il n'y ait aucune aire dépourvue de silex dans les Préalpes lombardes, leur caractérisation en contexte archéologique s'est avérée plutôt rare. Ceci a conduit, peut-être, à une sous-estimation de l'importance des ressources lithiques de ce territoire pour les dynamiques de circulation des matières

premières dans la Préhistoire, par rapport à des aires contiguës où ces thématiques ont été abordées de façon plus systématique. Durant cette dernière décennie, des projets de recherche distincts ont toutefois commencé à aborder, de façon indépendante, les problématiques liées à la présence de nombreux gîtes de silex dans ce territoire.

Tous les travaux portant sur l'analyse des ressources lithiques en contexte préhistorique s'appuient aujourd'hui sur des méthodes variées, mais qui résultent d'une démarche scientifique commune et bien établie (par ex. Feblot-Augustins, 1997 ; Affolter, 2002 ; Bressy, 2003), en débutant avec les prospections de terrain pour déboucher sur l'incorporation de ces données dans l'analyse des séries lithiques, dans le but d'une meilleure définition des comportements techniques reconnus dans les différents systèmes de production lithique. Toutes ces phases doivent cependant être ciblées en fonction des spécificités des espaces géographiques considérés et des problématiques suggérées par l'étude des séries lithiques, et c'est pour ces raisons que l'analyse des données existantes a conduit à la formulation de quelques questions préalables à toute recherche pétro-archéologique.

Il est nécessaire, au préalable, d'établir une base de donnée et une collection de référence des différents accidents siliceux présents dans ce territoire, mais aussi de se confronter à des questions préliminaires, propres à ce territoire et aux industries lithiques étudiées, comprises entre le Mésolithique et le Néolithique récent, qui concernent plusieurs aspects :

– la réalité de l'exploitation des gîtes et la circulation des silex du Jurassique inférieur, qui, au regard de son abondance, semble être avérée ;

– la nécessité de mieux caractériser la variabilité de la formation de la Maiolica, une ressource lithique presque ubiquiste dans toutes les séries lithiques, avec des convergences macroscopiques parfois frappantes ;

– l'estimation correcte, dans les collections archéologiques, de l'incidence des silex présents en position sub-secondaires dans les flyschs d'âge crétacé.

LA LOMBARDIE OCCIDENTALE : CADRE GÉOPHYSIOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE DES RECHERCHES

Une aire encadrée entre les Préalpes et les lacs

Les activités de terrain concernaient un espace géographique relativement restreint, mais plutôt homogène : la Lombardie occidentale, qui correspond au territoire des Préalpes lombardes occidentales, qui s'étendent du lac Majeur à l'Ouest et de la ligne Bellinzona-Locarno-Gravedona au nord au lac de Côme à l'est et à la vallée du Pô au sud.

Cette zone présente une orographie plutôt contrastée dans sa partie septentrionale, où les montagnes atteignent facilement 2000 m, tandis que les reliefs carbonatés collinaires plus proches de la plaine possèdent des morpho-

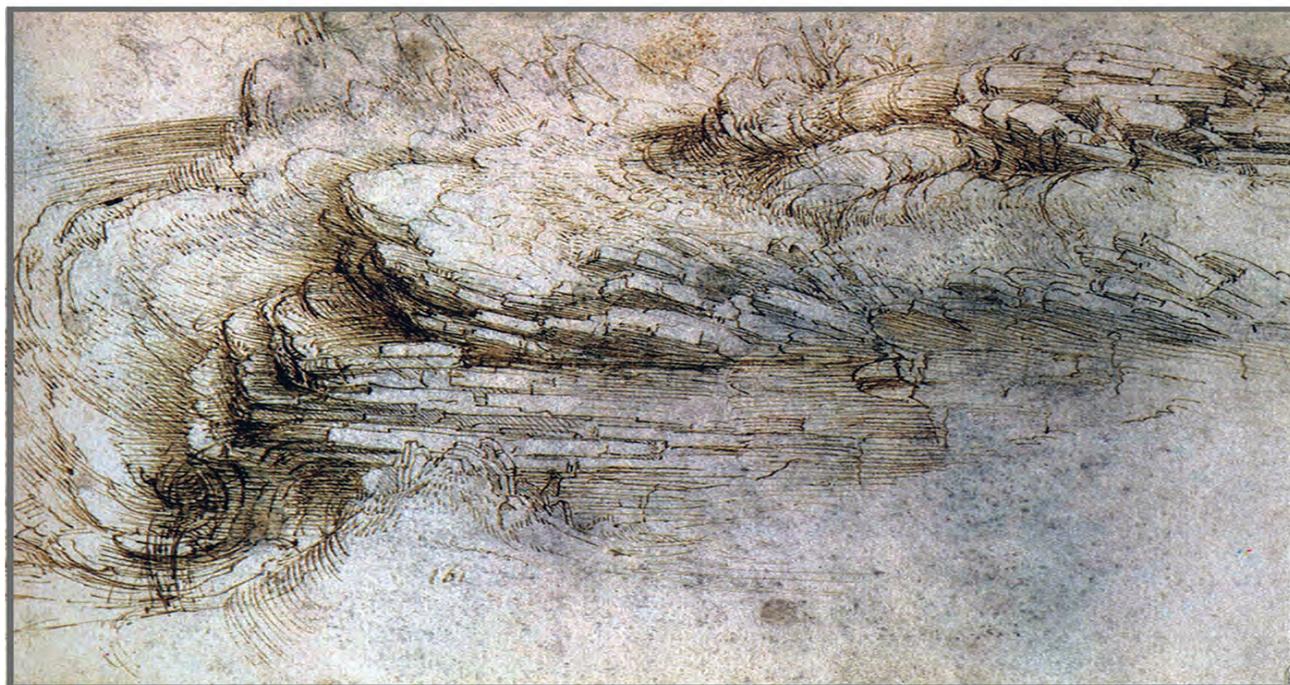


Fig. 1 – Phénomènes de *slumping* dans les calcaires du Jurassique inférieur du triangle larian dessinés par Leonardo da Vinci (Windsor, Royal Library, n. 12394 : d'après Vezzoli, 2010).

Fig. 1 – Evidence of 'slumping' phenomena in the Lower Jurassic limestone of the Larian Triangle as drawn by Leonardo da Vinci (Windsor, Royal Library, n. 12394: after Vezzoli, 2010).

logies beaucoup plus douces. Ces deux secteurs, compris entre les provinces de Varese, Côme et Lecco, sont caractérisés par la présence de lacs préalpains (Maggiore, Ceresio, Como) qui occupent les sections terminales des grandes vallées alpines.

Plus au sud, toute l'aire du piémont est caractérisée par des morphologies collinaires ou sub-plates plutôt délicates, modelées par l'action des dépôts morainiques, mais aussi par la présence d'une dizaine de petits lacs qui occupent des dépressions morainiques et qui ont été dans plusieurs cas les lieux d'emplacement préférentiels pour les communautés préhistoriques (De Marinis, 1994; Banchieri, 2010a). Enfin, aux deux extrémités de ce territoire, deux cours d'eau majeurs d'orientation nord-sud et tributaires du Pô, le Ticino et l'Adda, ont peut-être servi de voies de communication préférentielles en raccordant les secteurs septentrionaux des Alpes à la plaine Padane.

Historique des recherches

Un aperçu, même sommaire, des recherches sur les industries lithiques préhistoriques de l'Italie septentrionale montre tout d'abord une certaine polarisation des activités dans les territoires centre-orientaux (Émilie, Frioul, Vénétie, Trentin, Lombardie orientale) par rapport aux zones ici considérées. Cette circonstance peut s'expliquer par différents facteurs : d'une part l'abondance des matières premières d'exceptionnelle qualité des formations jurassiques et crétacées d'Italie nord-orientale (Bertola, ce volume), mais aussi par la présence dans ces régions de plusieurs acteurs majeurs de la Préhistoire italienne (B. Bagolini, L. Barfield, P. Biagi, A. Broglio) qui ont contribué à la mise en place de projets de recherche décennaux, pour certains, toujours en cours. C'est dans l'aire apenninique et en Émilie (Biagi *et al.*, 1980; Cremaschi, 1981a et 1981b) qu'ont débutées les premières recherches visant à la caractérisation des matières premières lithiques en contexte archéologique. Ces travaux étaient fondés sur une approche macroscopique et assumaient, dans la plupart des cas, la couleur et la texture des silex comme caractères discriminants. Ils s'appuyaient en grande partie sur la connaissance implicite que chaque chercheur avait développé sur sa région d'étude et ont permis une première distinction entre « silex alpins » et « silex apenniniques » retenue jusqu'à maintenant.

Les années 1990, parallèlement à une approche renouvelée de l'étude des séries lithiques, se caractérisent dans ces mêmes zones par des recherches organisées autour de protocoles plus explicites qui utilisent souvent des analyses archéométriques pour les déterminations chimiques des éléments majeurs (D'Amico *et al.*, 1990; Benedetti *et al.*, 1992 et 1996). Après ces travaux pionniers, dans la décennie suivante on enregistre, en plus de recherches ciblées sur les matières premières de sites spécifiques (par ex. Starnini, 1997; Bertola et Cusinato, 2004), la publication des premières bases de données (Cucchi *et al.*, 2003; Candelato *et al.*, 2004) et de premières synthèses régionales (Barfield, 1999 et 2000) ou suprarégio-

nales (Ferrari et Mazzieri, 1998), qui ont aussi servi de bases de référence pour les travaux plus récents.

Ce résumé plutôt paradigmatique des résultats dérivant de l'investissement dans les recherches, ne s'applique que de manière partielle aux recherches effectuées en Lombardie occidentale où sont localisés des sites fondamentaux pour l'histoire des recherches (Isolino di Varese, Lagozza di Besnate), mais qui se trouvent assez isolées dans des territoires où les sites préhistoriques sont relativement peu nombreux par rapport aux aires contigües.

LES ACTIVITÉS RÉCENTES EN LOMBARDIE OCCIDENTALE ET LES MÉTHODOLOGIES DE TRAVAIL

Durant la dernière décennie, des travaux orientés vers l'individuation et la caractérisation des ressources siliceuses au sein d'un plus vaste intérêt pour la définition des territoires exploités et des dynamiques de mobilité des groupes humains préhistoriques ont concerné la Lombardie occidentale. Ces recherches sont tout à fait préliminaires par rapport aux résultats obtenus dans les régions limitrophes et dérivent des projets élaborés par deux groupes de recherche qui ont travaillé de façon indépendante sur deux aires distinctes : celle de Côme-Lecco et celle de Varese, où l'on retrouve les mêmes formations silicifères et qui seront donc traitées conjointement (fig. 2).

Les recherches conduites dans la partie orientale de cet espace géographique (Côme-Lecco), conçues comme l'extension naturelle du projet ETICALP (dirigé par D. Binder, voir Tomasso *et al.*, ce volume) vers l'Italie nord-occidentale, conduite par un des auteurs (G. M.) en collaboration avec le département des sciences et technologies de l'université de l'Insubria de Côme.

Dans cette zone, la première nécessité était d'établir une collection de référence, jusqu'ici absente, pour toutes les déterminations pétrographiques des séries lithiques. Les méthodologies de prospection ont été organisées autour des protocoles déjà testés lors des recherches conduites au sein du projet ETICALP (Tomasso *et al.*, ce volume); les activités de terrain ont permis la collecte de plus de soixante échantillons provenant de vingt gîtes, tous localisés au sein du « triangle larian », délimité par les deux ramifications du lac de Côme et le piémont qui se trouve directement au sud de ce dernier. Comme on le voit immédiatement, les travaux que nous avons jusqu'ici réalisés ont abouti à la collecte d'une quantité plutôt limitée de spécimens par rapport à la variabilité des formations et à leur extension territoriale; cette collection de référence peut être considérée, en raison du caractère très préliminaire de cette note, comme suffisant pour une première définition de toutes les formations siliceuses existantes dans cet espace géographique et leur caractérisation à la loupe binoculaire.

Toutes les activités conduites dans la province de Varese dérivent d'une collaboration entre le Museo Civico Archeologico di Villa Mirabello de Varese, le laboratoire

de paléontologie de l'université de Florence ainsi que le laboratoire d'archéométrie du Museo e Istituto Fiorentino di Preistoria, avec le soutien du Centro di Studi Preistorici e Archeologici de Varese. Ces activités ont débutés il y a quelques années dans le cadre de l'étude des séries lithiques (Lo Vetro *et al.*, 2009; Lo Vetro, données inédites) du site néolithique de Pizzo di Bodio (Banchieri et Balista, 1991; Banchieri, 1997 et 2010b).

Les prospections de terrain, effectuées à plusieurs reprises par un des auteurs (I. R.), se sont concentrées dans les zones qui entourent le lac de Varèse et en particulier dans la zone de piémont qui s'étend au nord du lac, sur une bande qui va de Laveno jusqu'à Varese (Cittiglio, Biandronno, Besozzo, Gavirate, Comerio). Les échantillons de silex provenant des différentes formations ont été caractérisés soit par des observations macroscopiques (couleur, texture et type de cortex), soit au stéréomicroscope. Un examen minéralogique et textural plus poussé a aussi été accompli sur des lames minces en utilisant un microscope polarisant équipé de fonctions permettant le traitement d'image. Ces premières recherches ont permis de réaliser une première base de données et une lithothèque des matériaux siliceux de la région de Varèse.

LE BASSIN LOMBARDE : INTRODUCTION À LA PALÉOTOPOGRAPHIE ET AUX DYNAMIQUES SÉDIMENTAIRES

L'espace géographique analysé ici appartient, du point de vue structurel, au domaine sud-alpin et se compose d'une séquence très étendue qui comprend le socle cristallin, des volcanites du Permien, une séquence sédimentaire qui commence à partir du Carbonifère pour atteindre le Miocène et enfin des dépôts quaternaires principalement glaciogéniques. Pour ce travail ne seront prises en considération que la séquence du Jurassique-Crétacé et une partie de celle du Cénozoïque, où l'on peut identifier des formations rocheuses contenant du silex.

Au Mésozoïque, le domaine sud-alpin représente le segment d'une marge continentale passive située dans la portion septentrionale de la plaque adriatique et bordée au nord et à l'ouest par l'océan Liguro-piémontais (Téthys alpine) et à l'est par l'océan Néotéthys (Winterer et Bosellini, 1981). Sa paléotopographie, caractérisée par des bassins orientés approximativement nord-sud, alternés à des plateformes carbonatées (de l'ouest à l'est : zone du Canavese, seuil de Gozzano, bassin Lombard, plateau de Trente, bassin de Belluno et plateforme Frioulane) est le résultat de différents phénomènes d'effondrement qui ont débuté au Trias ou même antérieurement (Bertotti *et al.*, 1993a; ici : fig. 3).

Au sein de ce domaine se situent les espaces géographiques ici considérés. Ils forment la partie la plus occidentale du bassin Lombard (bassin du Monte Nudo, seuil de l'Arbostora, bassin du Monte Generoso : Winterer et Bosellini, 1981), dont la genèse se situe entre la fin du

Trias et les débuts du Jurassique. Durant cette phase, des dynamiques majeures de tectonique extensive ont conduit à la désintégration progressive des vastes plateformes carbonatées du Norien et à la naissance d'une mosaïque de horst et graben qui a survécu jusqu'au début de l'orogénèse alpine (Bernoulli et Jenkyns, 1974; Baumgartner *et al.*, 2001).

Au Jurassique inférieur, des successions plus épaisses (calcaire de Moltrasio, calcaire de Domaro), qui peuvent atteindre jusqu'à 4 km (Bertotti *et al.*, 1993b), se déposent aux deux extrémités du bassin : à l'ouest dans les bassins du Monte Nudo et du Monte Generoso (Bernoulli, 1964) et à l'est dans le bassin Sebino (Gaetani, 1975), tandis que dans l'espace entre ces deux bassins, les successions sont plus modestes et suivent une paléotopographie plutôt complexe.

En ce qui concerne la fin du Jurassique inférieur, au Pliensbachien, le système de failles, qui avait jusqu'ici contrôlé la dynamique du bassin se désactive, et sur un fond plutôt accidenté débute une sédimentation différentielle, en prévalence calcaire-marneux, mais caractérisée dans cette zone par des faciès turbiditiques déposés en milieu de haut-fond pélagique ou de bassin anoxique (formation de Valmaggione, calcaire de Morbio, formations de Sogno et de Rosso Ammonitico Lombardo).

Durant le Jurassique moyen-supérieur, les conditions de sédimentation pélagiques profondes demeurent stables, tandis que plus à l'est (plateau de Trente) se déposent des calcaires soit pélagiques, soit récifaux. C'est durant cet intervalle, au cours de la distension active de la Téthys alpine, que se déposent les successions radiolaritiques (radiolarites du Selcifero Lombardo, Rosso ad Aptici), sous l'influence des bathymétries existantes, avec des secteurs plus profonds au centre du bassin où elles atteignent leurs épaisseurs maximales.

Au début du Crétacé, cette paléotopographie très contrastée se réduit en même temps que se terminent les phases de *rifting*. Parallèlement, la déposition d'une succession carbonatée pélagique à haute teneur de silex (Maiolica) est favorisée par l'augmentation considérable de la productivité du nanoplancton, en pleine explosion évolutive.

Cette phase est suivie, durant la fin du Crétacé inférieur, par le dépôt d'unités qui témoignent un enrichissement général de l'apport argileux : calcaires marneux et marnes intercalées à des niveaux sombres très riches en matière organique qui représentent les résultats de différents événements d'anoxie océanique identifiés à l'échelle mondiale (OAE : Oceanic Anoxic Event; voir par ex. Erba, 2004).

En conséquence de l'ouverture de l'océan atlantique méridional, se succèdent plusieurs phénomènes géologiques : l'océan Liguro-piémontais poursuit sa phase distensive et commence à se subduire au-dessus de la plaque adriatique, ce qui conduira, pendant le Crétacé supérieur, à la collision continentale entre la plaque européenne et la microplaque apulienne. Dans le bassin Lombard, ce moment est marqué par la poursuite des phénomènes de soulèvement de la marge septentrionale du bassin, l'éro-

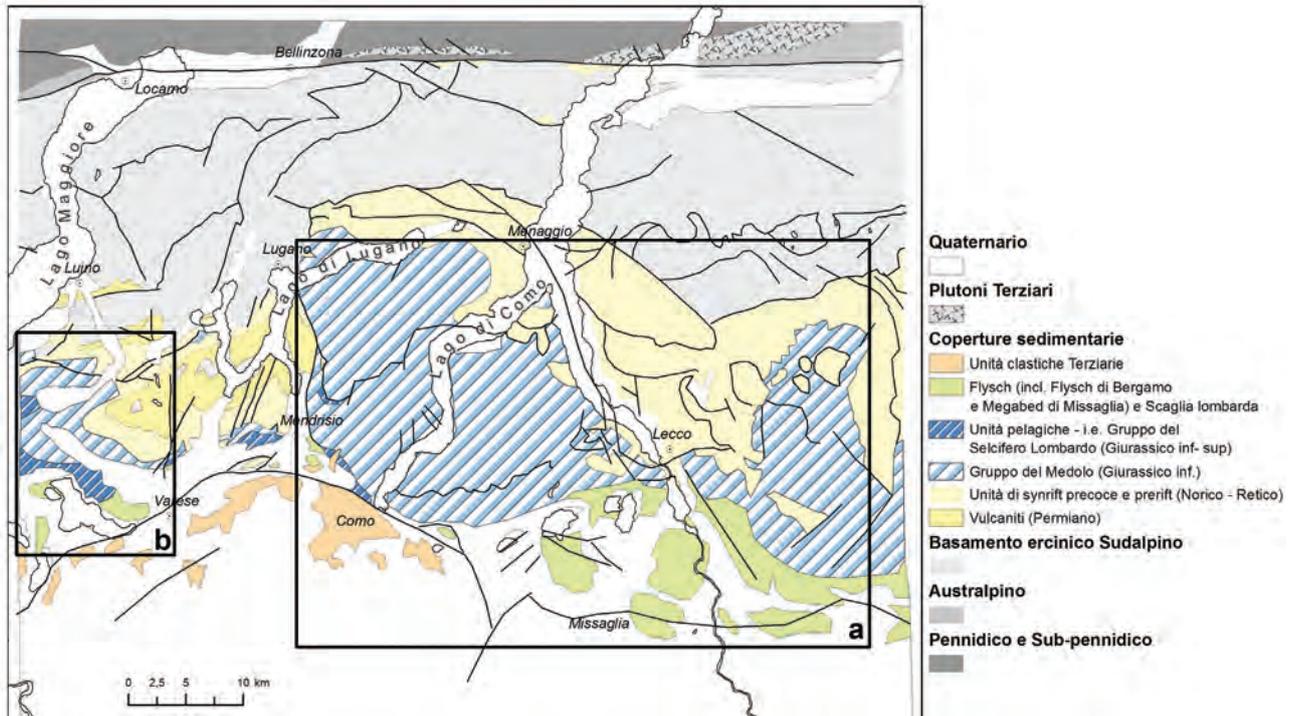


Fig. 2 – Localisation des espaces géographiques analysés (a : provinces de Côme et Lecco ; b : province de Varese) sur la base cartographique des unités géologiques et structurales principales.

Fig. 2 – Location of the study areas (a: Como and Lecco provinces; b: Varese province) on a geological map showing the main geological and structural units.

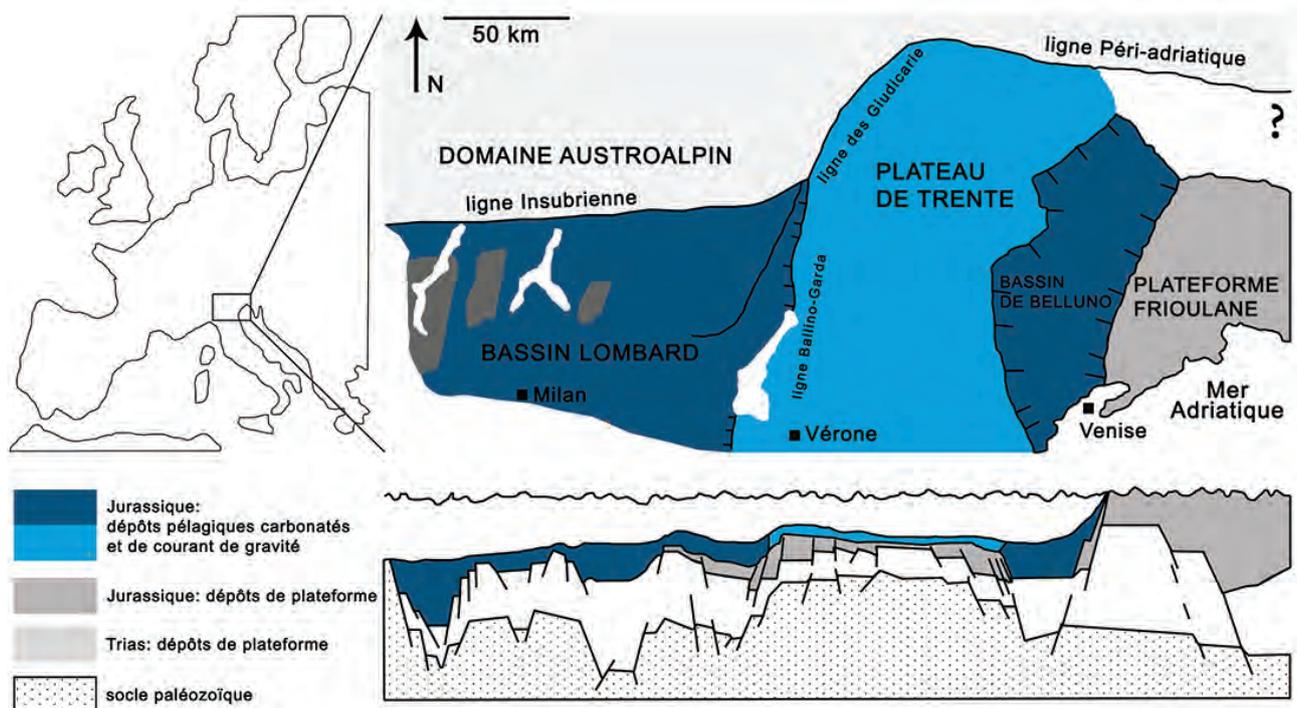


Fig. 3 – Schéma général du domaine Sudalpin durant le Jurassique (redessiné d'après Winterer et Bosselini, 1981).

Fig. 3 – General scheme of the South Alpine domain during the Jurassic (redrawn after Winterer and Bosselini, 1981).

sion des aires émergées et le dépôt de courants de turbidités, entremêlés à des dépôts clastiques.

Durant ces premières phases de l'orogénèse alpine, qui débute au Cénomaniens et se poursuit pendant toute la première partie du Crétacé supérieur (Bersezio *et al.*, 1993), se dépose dans ce secteur la « succession clastique crétacée du bassin Lombard » qui comprend principalement des unités turbiditiques (« flysch de Bergame » : FBG), mais aussi des unités pélitiques (« marnes de Bruntino » : BRU ; « formation de Sorisole » : FSE) ou des marnes calcaires pélagiques (« Sass de la Luna » : SDL ; « calcaire de Bardello »). Presque toute la séquence est dépourvue d'accumulations siliceuses et seulement dans deux niveaux bien individualisés, soit stratigraphiquement, soit géographiquement, on rencontre parfois des quantités abondantes de silex. C'est le cas du *Megabed* de Missaglia (par ex. Bernoulli *et al.*, 1981), un niveau clastique bien individualisé au sein du flysch de Bergame et actuellement reconnaissable dans les secteurs centre-occidentaux du bassin (provinces de Bergame et Lecco), qui doit sa genèse à un événement catastrophique lié à la déstabilisation des secteurs de haut paléobathymétrie de la plateforme de Trente, à leur transport et à leur sédimentation dans le bassin Lombard adjacent.

Le dépôt des débris clastiques dans les unités supérieures des flyschs d'âge Crétacé va se terminer avec la fin du Campanien, quand les dynamiques de sédimentation pélagiques représentées par les faciès de la « formation de Brenno » et de la « formation de Tabiago » se réactivent (Tremolada *et al.*, 2008), correspondant au groupe connu de façon informelle comme « Scaglia Lombarda Auct. » et datées entre la fin du Crétacé et l'Éocène moyen. Elles atteignent une épaisseur d'environ 300 m dans l'aire orientale ici considérée (Lecco-Côme) et sont presque totalement dépourvues de tout accident siliceux.

Cet aperçu de la portion occidentale du bassin Lombard peut se terminer entre la fin de l'Oligocène et le Miocène moyen, lorsque la réactivation des phénomènes liés à l'orogénèse alpine conduit au dépôt du Gruppo della Gonfolite Lombarda (molasse des Alpes méridionales), un prisme clastique intercalé dans le bassin en évolution, qui atteint ici ses dimensions majeures (ca 3 500 m). Cette formation doit son origine à des courants de turbidité où l'on peut identifier, comme pour les flyschs d'âge crétacé sous-jacents, des dépôts clastiques bien individualisés et caractérisés ici par la présence non secondaire de galets de silex (Sciunnach et Tremolada, 2004).

LES RESSOURCES SILICEUSES

Jurassique inférieur

En Lombardie occidentale, les premières formations qui livrent des roches siliceuses datent du Jurassique inférieur ; à partir de ce moment et jusqu'au Crétacé inférieur,

cet espace est marqué par des dynamiques sédimentaires de milieu pélagique relativement homogènes, qui entraînent le dépôt d'une succession sédimentaire à haute teneur de silice avec des variations latérales dans les différents secteurs considérés (fig. 4).

À la base de cette séquence se situe le « groupe de Medolo » (MED⁽¹⁾ : Schirolli, 2007), d'âge Sinémurien-Pliensbachien supérieur, composé de deux unités distinctes : le « calcaire de Moltrasio » (MOT) et le « calcaire de Domaro » (DOM).

Le « calcaire de Moltrasio » (MOT), auparavant également connu sous le nom de « calcaire silicifère lombard » ou « Lombardischer Kieselkalk » par les auteurs suisses, a été décrit en détail dans l'aire du bassin du Monte Generoso (Bernoulli, 1964). Il se caractérise par un calcaire marneux gris-noir, bien stratifié, qui contient des silex, parfois très abondants et présents sous forme de petites lentilles, nodules, mais plus souvent en gros lits, séparés par de fréquentes interstrates marneuses. Dans cette formation se signalent des traces fréquentes de bioturbation, successivement fortement compactée par diagenèse et aussi des traces de *slumping*, qui signalent un milieu sédimentaire constitué par un bassin en voie d'approfondissement rapide, avec des gradients et des escarpements importants le long des flancs. Cette unité possède des dimensions très variables : en présence de hauts structuraux (par ex. région de Lugano, seuil de l'Arbostora), elle atteint quelques mètres d'épaisseur, et peut atteindre les 3 000 m et au-delà dans le bassin du Monte Generoso. Dans cette dernière zone la puissance stratigraphique et l'exposition optimale ont aussi permis la reconnaissance d'un membre basale (MOTa), caractérisé par des dépôts à mégabrèches avec des olistolithes des unités rhétiques (Rossi *et al.*, 1991) et par trois membres (MOTb, MOTc, MOTd), différenciés sur la base de l'abondance des silex qui deviennent graduellement plus abondants dans les deux membres supérieurs appelés respectivement MOTc « calcaire silicifère de Moltrasio » et MOTd « calcaire de Moltrasio à prédominance de silex » (Bernoulli, 1964 ; Servizio Geologico d'Italia, sous presse).

Le membre supérieur du groupe de Medolo, le « calcaire de Domaro », DOM (Schirolli, 2002), est ici présent avec une série plus compactée, de 100 m environ, tandis qu'il atteint jusqu'à 300 m en Lombardie orientale, où il désigne le stratotype du sous-étage supérieur du Pliensbachien : le Domérien.

Ce sont des calcaires ou des calcaires marneux pélagiques ou de versant, souvent marqués par des phénomènes de *slumping*, de couleur gris plomb, bien stratifiés et séparés par des niveaux de marne qui apparaissent intensément bioturbés et traversés par des bandes de silex, parfois abondantes, nettement solidaires avec l'encaissant et difficiles à extraire. Cette formation a été subdivisée en deux membres distincts (Schirolli, 1990) : le « membre inférieur », des calcaires marneux gris foncés avec bandes de silex bleu et le « membre supérieur »,

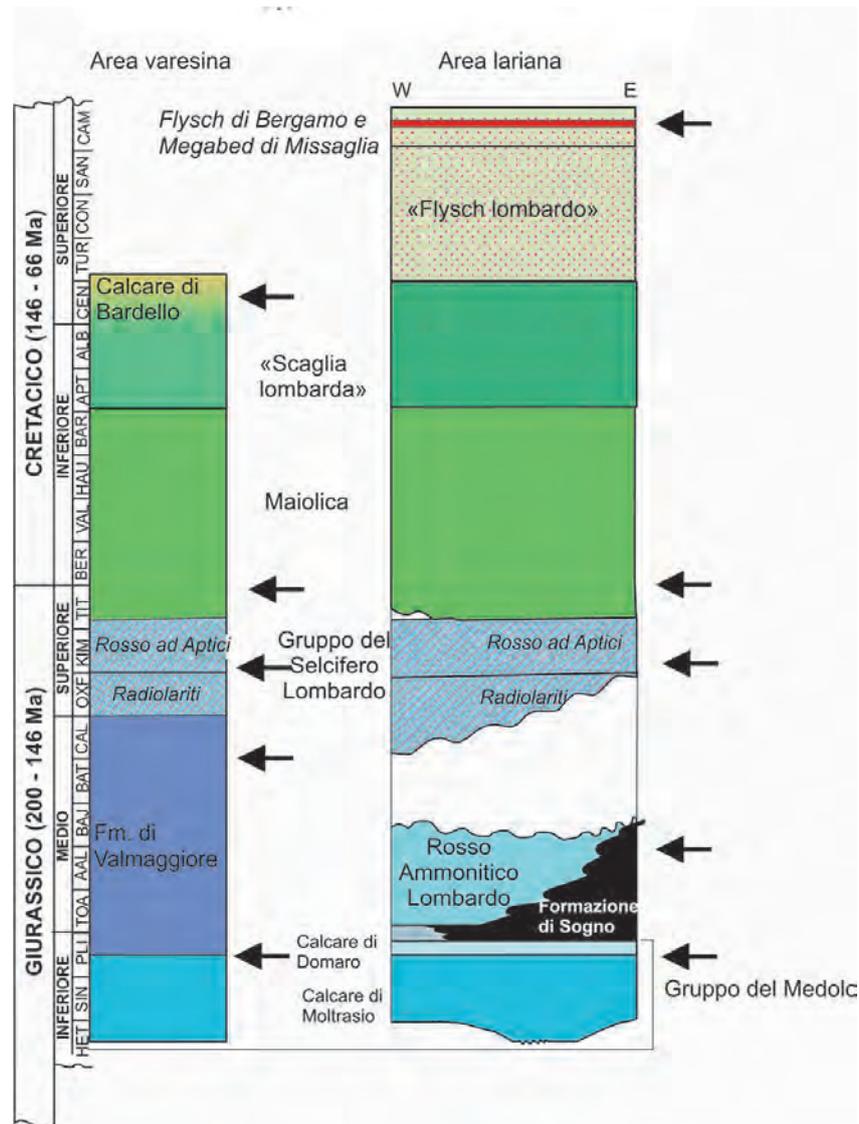


Fig. 4 – Colonnes stratigraphiques de la séquence Jurassique-Crétacé dans les deux secteurs considérés : à gauche la province de Varese ; à droite les provinces de Côme et Lecco (DAO F. Livio).

Fig. 4 – Stratigraphic columns of the Jurassic-Cretaceous sequences in the two examined area. On the left, the Varese province, on the right, Como and Lecco provinces (CAD F. Livio).

caractérisé par des calcaires plus clairs avec de rares bandes siliceuses « blondes ».

Même si ces dernières années plusieurs activités de terrain ont abouti à une révision générale de la stratigraphie du domaine sud-alpin et à la publication de cartographies au 1/50 000, il existe encore des interprétations différentes des limites entre les formations du Jurassique inférieur dans l'aire de Côme-Lecco. En se référant à la fraction siliceuse, on a donc préféré ici parler de lithofaciès du groupe du Medolo, plutôt que faire référence aux formations géologiques spécifiques.

Dans la partie basale de la séquence on reconnaît un premier lithofaciès à silex noirs (fig. 5a), historiquement liés au « calcaire de Moltrasio » de faciès typique, dont la genèse est liée à l'abondant dépôt de macrofossiles benthiques (spongiaires), nombreux même dans la fraction calcaire (Bernoulli, 1964). Ce sont de silex wackestone à

fort contenu bioclastique et à matrice microcristalline de couleur plutôt sombre (noir, gris foncé), opaques et plutôt massifs. La portion siliceuse retient de très nombreux spicules, dans certains cas bien concentrés, tandis que les radiolaires sont généralement plus rares et mal conservés. Dans la partie plus orientale de l'aire considérée les caractéristiques qualitatives de cette ressource lithique très abondante, mais aussi intensément microfracturée par la tectonique, empêche souvent son utilisation et permet la mise en place de séquences de réduction en majorité destinés à la production d'éclats et d'éclats allongés, mais également de lamelles, dans des modalités qui ne sont jamais très structurées.

Un deuxième lithofaciès (fig. 5b) se caractérise par un silex mudstone, brillant, de couleur bleu intense en altération, plutôt bleu clair tendant à grisâtre à la taille, généralement zoné, avec un discret contenu bioclastique (spicules),

des très nombreux fragments végétales et de nombreuses oxydations rougeâtres, tandis que les radiolaires sont relativement peu nombreux. Cette ressource lithique de qualité moyenne permet d'effectuer des débitages normés. Dans le secteur Côme-Lecco, on enregistre des convergences frappantes à l'échelle macroscopique (couleur, zonation) avec certains faciès de la formation Maiolica présents dans cette zone, mais une analyse à la loupe binoculaire permet d'identifier les différences, à partir de l'abondance et de la variabilité des microfossiles.

L'intervalle sommital du groupe de Medolo est marqué par un silex wackestone, brillant, de couleur gris clair, avec de très nombreux spicules, des taches rougeâtres et jaunâtres caractéristiques (fig. 5c), intensément microfracturée, qui se révèle pratiquement inexploitable, dans l'aire de Lecco et à Côme.

Dans la région de Varese, nous avons fait le choix de retenir la distinction entre les deux unités du Medolo. Dans le « calcaire de Moltrasio » (fig. 6a), les silex présentent une couleur gris clair-noir, avec des petits points

blancs ou bruns et un cortex gris⁽²⁾. En lame mince, ces silex se caractérisent par une matrice microcristalline avec des éléments à morphologie globulaire ou annulaire, souvent liés aux microfossiles et remplis par du matériel subisotrope brun, dû probablement à la présence de cristobalite-opale. L'abondante présence de spicules, surtout dans la fraction calcaire, est ici difficilement explicable par l'intermédiaire d'une sédimentation épipélagique normale seulement et pourrait être attribuée à la présence de zones d'accumulation de sédiments, sous l'influence des courants intra-bassins (Kälin et Trümpy, 1977).

Les conditions les plus favorables à l'exploitation de cette matière première se vérifient dans les parties situées à la base de la séquence (par ex. Monte Campo dei Fiori), où affleurent des lits ou des nodules bien individualisés et assez faciles à extraire. Dans le reste de l'unité, les nodules, bien qu'évidents, sont souvent très solidaires de la matrice de calcaire et l'extraction devient problématique. Le calcaire de Domaro sus-jacent livre des très rares accidents siliceux dans ce secteur.

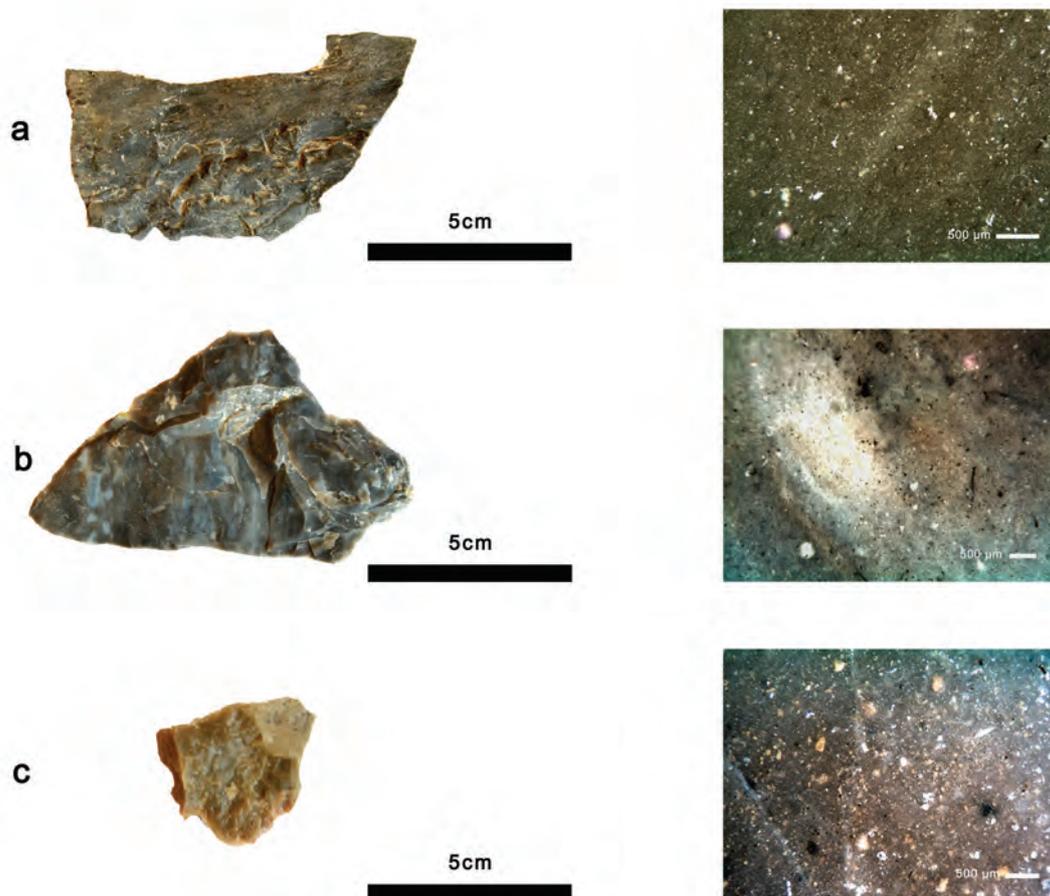


Fig. 5 – Aire de Côme-Lecco : à gauche, les échantillons géologiques, à droite, clichés stéréomicroscopiques. a : portion basale du Jurassique inférieur, $\times 50$ (It.32.05.a., Val Ravella, CO); b : portion centrale du Jurassique inférieur, $\times 30$ (It.32.09.c., Albavilla, CO); c : portion sommitale du Jurassique inférieur, $\times 40$ (It.33.05.a., col de Sogno, LC).

Fig. 5 – Como-Lecco provinces: on the left, the geological samples, on the right, the stereomicroscopic photos. a: lower portion of the Lower Jurassic sequence, $\times 50$ (It.32.05.a., Val Ravella, CO); b: central portion of the Lower Jurassic sequence, $\times 30$ (It.32.09.c., Albavilla, CO); c: upper portion of Lower Jurassic sequence, $\times 40$ (It.33.05.a., Colle di Sogno, LC).

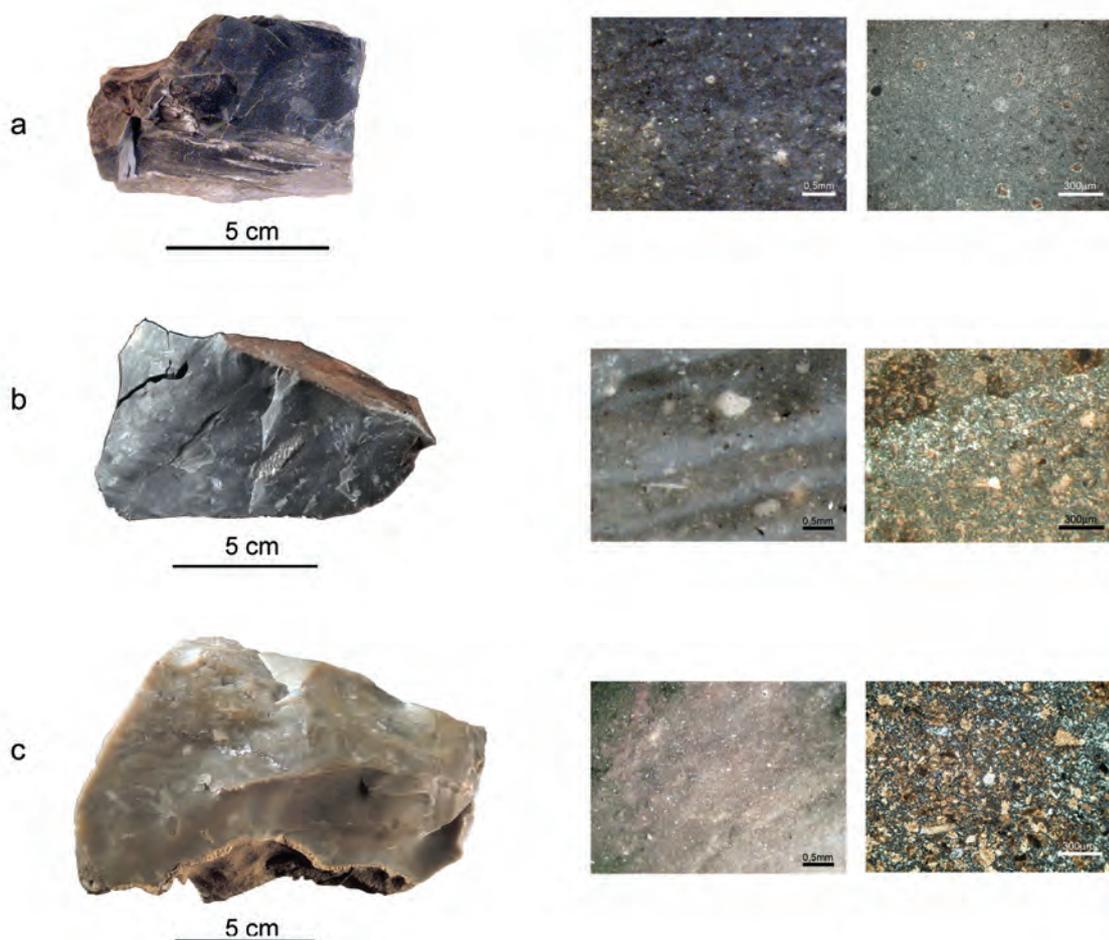


Fig. 6 – Aire de Varese : à gauche, les échantillons géologiques, à droite, les clichés stéréomicroscopiques ($\times 30$) ainsi que les lames minces au microscope à lumière polarisé ($\times 6,3$). a : calcaire de Moltrasio (MOT), partie basale de la séquence, près de Campo dei Fiori (Varese); b et c : Valmaggione (VAM), partie sommitale de la séquence, au nord du village de Gavirate (clichés P. Pallecchi et D. Lo Vetro).

Fig. 6 – Varese province: on the left, the geological samples, on the right, the stereomicroscopic photos ($\times 30$) as well as the thin-sections view in polarised light under the microscope ($\times 6,3$). a: Moltrasio limestones (MOT), basal part of the sequence, near Campo dei Fiori (Varese); b and c: Valmaggione (VAM), top sequence, north of the Gavirate village (photos P. Pallecchi and D. Lo Vetro).

Le sommet du Jurassique inférieur est toujours caractérisé par des paléotopographies de haut-fond pélagique où se situent des sédimentations de calcaire-marneux qui correspondent à différentes formations. Dans l'aire de Varese, délimitée par le haut structurel du seuil de l'Arbostora, se situe la « formation de Valmaggione » (VAM), formation flyschöide turbiditique, caractérisée au sommet par des calcaires gris avec des silex bien hétérogènes. Ce sont des silex de couleur gris foncé, zonés, à fracture pseudo-conchoïdale et aires subarrondies blanches à texture intermédiaire, avec des bandes de coloration différentes qui correspondent aux deux typologies de composition principales (fig. 6b), ou des silex de couleur beige, parfois microfracturés et avec des tâches presque arrondies plus claires, à texture microcristalline avec une faible matrice siliceuse contenant une grande quantité de carbonates et des fréquents cristaux de quartz équidimensionnels avec la calcite (fig. 6c), ou encore des silex de couleur blanche à fracture pseudoconchoïdale et cor-

tex blanc mat, à texture microcristalline avec des très petits cristaux de quartz (0,1-0,2 mm) et calcédoine à structure fibreuse avec des grains carbonatés équidimensionnels avec le quartz.

Dans l'aire de Côme se déposent les formations fossilifères du « Rosso Ammonitico Lombardo » (RAL), dépourvues de toutes accumulations silicifères et celles du « calcaire de Morbio » (KMO), qui livrent des quantités assez modestes de chailles de mauvaise qualité totalement inexploitable. Plus à l'est (aire de Lecco), en hétérotropie au « Rosso Ammonitico Lombardo », se situe la « formation de Sogno » (SOG), qui se caractérise, selon la littérature (Gaetani et Poliani, 1978; Delfrati, 2007), par la présence de nodules discrets et de petites lentilles de silex dans sa partie sommitale, au contact avec les Radiolarites.

Les prospections de terrain, conduites sur les affleurements types au col de Sogno, ont porté à l'individualisation, dans la portion sommitale de la formation, des niveaux silicifères de très mauvaise qualité, à silicifica-

tion incomplète, dont l'exploitation apparaît actuellement très difficile, voire impossible. Dans tous les cas, ceci n'exclut pas la possibilité que cette formation puisse livrer des quantités, plausiblement modestes, de silex exploitables.

Jurassique moyen-supérieur

Durant cet intervalle, d'importants phénomènes de subsidence au sein du bassin Lombard conduisent à la formation d'un environnement à sédimentation pélagique profonde, où se dépose le « groupe du calcaire silicifère lombard » (SM), constitué par les formations des « radiolarites du calcaire silicifère lombard » (RSL) et du « Rosso ad Aptici » (RAP). Ce groupe correspond à une phase d'épanouissement massif des radiolaires dans la Téthys occidentale, à la suite de conditions particulièrement favorables, probablement liées à des translations de plaques continentales vers des aires à haute productivité biosiliceuse (Muttoni *et al.*, 2005 ; Channell *et al.*, 2010). Après l'apogée représentée par le dépôt des radiolarites et jusqu'au Crétacé inférieur, dans les différents domaines des Alpes méridionales, on assiste à une constante diminution du contenu siliceux, et à une augmentation du contenu calcaire, bien évident dans la formation Maiolica.

Dans le secteur le plus oriental pris en compte ici (Torre de Busi, Lecco) se trouve une des coupes typique de ce groupe (Casellato, 2010) ; il a été possible de décrire les variations internes des radiolarites et de les différencier en deux faciès⁽³⁾, à la base le *ribbon facies*, des radiolarites stratiformes et au sommet, le *knobby facies* des radiolarites nodulaires. À l'ouest du fleuve Adda (par ex. au sein du triangle larian) où la puissance de cette formation est plus contenue, cette distinction, bien que reconnaissable, n'a pas été retenue (Servizio Geologico d'Italia, sous presse).

La partie basale des radiolarites est caractérisée par une séquence assez classique de niveaux stratiformes en couches planaires de 5-15 cm d'épaisseur, séparées par des interstrates d'argilite noire. Ce sont des radiolarites mudstone opaques, litées, avec des radiolaires généralement indiscernables de la matrice cryptocristalline, souvent de dimensions non négligeables et imparfaitement conservés, où tous les autres éléments figurés sont très rares ou assez mal conservés (fig. 7a). La variabilité chromatique s'exprime par un spectre de rouges plus ou moins foncés ; on reconnaît également des niveaux verdâtres avec des cristaux de quartz de dimensions importantes et de très rares zones multicolores, qui vont du jaunâtre au noir (fig. 7b). Ces niveaux stratiformes sont caractérisés, dans les secteurs plus occidentaux (Lecco), par une microfracturation systématique et bien avancée, qui les rend presque complètement inexploitables, sinon pour des séquences très limitées. Ceci en dépit de leur silicification complète, qui pourrait livrer, dans d'autres secteurs, avec une géologie moins contrastée, des matières premières de très bonne aptitude à la taille. Ces formations font alors l'objet d'une exploitation intense et on les reconnaît dans tous les sites néolithiques du piémont ou

des aires montagneuses de Lombardie occidentale (Martino, 2012 et données inédites). Cette observation est aussi valable pour le faciès nodulaire sus-jacent de couleur rouge, où les lentilles et les nodules siliceux de 15 cm d'épaisseur maximum et plutôt solidaires avec l'encaissant, sont disséminés dans des couches de calcaire-marneux de couleur rosée et forment des morphologies mamelonnées caractéristiques.

Plus à l'est, dans l'aire de Varese, les radiolarites présentent des caractères fort semblables, avec des silex à fracture pseudo-conchoïdale, de couleurs rougeâtres ou bruns, avec des tâches subcirculaires plus foncées, des cristaux de quartz et des résidus de microfossiles dans une matrice rouge sombre (fig. 8a).

Comme on a vu précédemment, durant le Jurassique supérieur se poursuit la réduction constante des apports siliceux, qui avaient caractérisé le Dogger et le début du Malm et le cycle de sédimentation de haut-fond pélagique va s'achever avec le dépôt du « Rosso ad Aptici », RAP (Sciunnach, 2007b), des calcaires marneux ou des marnes calcaires de couleur rougeâtre à rosée, à stratification mince et assez rythmique, qui contiennent des nodules abondants et des bandes de silex de très bonne qualité.

C'est un mudstone à radiolaires, souvent presque complètement substitués (fig. 7c) et à plus rares bioclastes (ostracodes, foraminifères, spongiaires), à matrice microcristalline et d'aspect massif, de couleur rouge intense avec parfois des zones décolorées caractéristiques marquées par des auréoles blanchâtres à vert clair. Cette ressource lithique est souvent majoritaire dans différents sites de la zone de Côme (Martino, données inédites) en raison de son excellente aptitude à la taille, y compris pour des productions lamellaires structurées ; la seule contrainte technique évidente est liée aux dimensions des nodules, qui dépassent rarement 30 cm et qui ne permettent donc pas la production de supports laminaires de dimensions importantes.

Dans l'aire de Varese, le Rosso ad Aptici se caractérise par une coloration rouge sombre homogène avec des veines millimétrique de calcite (fig. 8b). En lame mince on reconnaît une texture microcristalline avec des traces évidentes de microfossiles, des éléments granulaires de quartz et de calcédoine et des concentrations d'oxydes de fer qui rendent la matrice hétérogène.

Entre la fin du Jurassique et le début du Crétacé inférieur, le considérable accroissement de productivité du nanoplancton, en pleine explosion évolutive, aboutit au dépôt de la formation Maiolica, MAI (Petti et Falorni, 2007), une formation désignée en Italie par différents synonymes (Wieczorek, 1988, tabl. 1) et répandue dans les différents domaines paléogéographiques. Cette formation trouve dans le bassin lombard ses développements majeurs aux deux extrémités (Monte Generoso, Sebino). La formation Maiolica est constituée par des calcaires micritiques blancs ou gris avec des intercalations marneuses fréquentes, qui livrent d'abondants silex mudstone à matrice cryptocristalline, massifs, translucides et neutres, riche en microfossiles (radiolaires et foraminifères) et plus rares macrofossiles (bivalves,

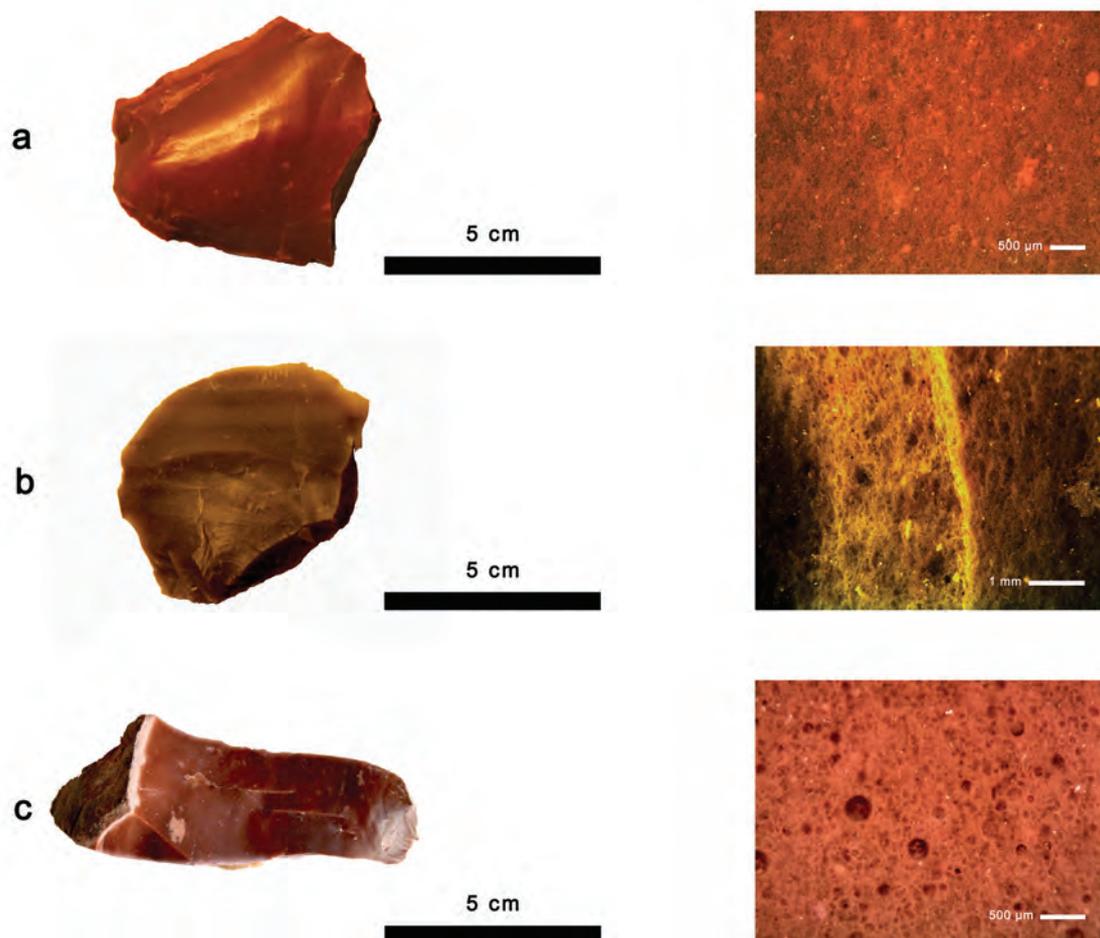


Fig. 7 – Aire de Côme-Lecco : à gauche, les échantillons géologiques, à droite les clichés stéréomicroscopiques. a : radiolarites du calcaire silicifère lombard, × 40 (It.32.12.b., Buco del Piombo, CO) ; b : radiolarites du calcaire silicifère lombard, × 30 (It.32.06.a., Alpe del Viceré, CO) ; c : Rosso ad Aptici, × 50 (It.32.03.a., La Salute, CO).

Fig. 7 – Como-Lecco provinces: on the left, the geological samples, on the right, the stereomicroscopic photos. a: radiolarites of the siliceous Lombardian limestone, × 40 (It.32.12.b., Buco del Piombo, CO); b: radiolarites of the siliceous Lombardian limestone, × 30 (It.32.06.a., Alpe del Viceré, CO); c: Rosso ad Aptici, × 50 (It.32.03.a., La Salute, CO).

ostracodes et très rares spicules), avec de très rares débris végétaux et des cristaux de quartz (fig. 9a). Les activités de terrain ont permis de reconnaître dans les secteurs orientaux une certaine hétérogénéité des ressources : à la base de la séquence des silex gris sombre-bleuâtre, très riches en quartz en bas, qui vont graduellement se décolorer vers le sommet ou ils deviennent plutôt gris clair à blanchâtres (fig. 9b) et peuvent être rapprochés des silex des « calcaires à calpionelles » de l'Apennin septentrional. Cette distinction, toute à fait préliminaire, n'explique que partiellement la variabilité de cette ressource (fig. 9c et 9d), parmi laquelle sont aussi signalés des silex noirs ou rosés (Petti et Falorni, 2007, p. 167) qui n'ont pas encore été repérés, mais qui rentrent bien dans la variabilité de la formation (Tomasso *et al.*, ce volume). Dans l'aire de Lecco, malgré la présence d'affleurements bien répandus, les silex de la formation de la Maiolica se

présentent systématiquement microfracturés et inexploitable, tandis que dans l'aire de Côme on peut repérer de nombreux blocs de très bonne qualité, aptes à la mise en œuvre de débitages bien structurés.

Dans les affleurements de la formation de la Maiolica de l'aire de Varese, cette ressource lithique se présente en abondants nodules, strates et lits aplatis, en continuité latérale, parfois métriques et assez simples à extraire. Les silex présentent généralement une fracture conchoïdale très nette et des couleurs qui vont du blanc au gris-clair avec des tâches sombres ou blanchâtres. Le cortex est plutôt blanchâtre, lisse, homogène et d'épaisseur millimétrique ou infra-millimétrique (fig. 10a). En lame mince on observe une matrice cryptocristalline à haute teneur de silice⁽⁴⁾ avec des très petits éléments sombres ou brun isotropes, des lamelles de calcite et des très rares cristaux de quartz. Ces silex ont une très bonne aptitude

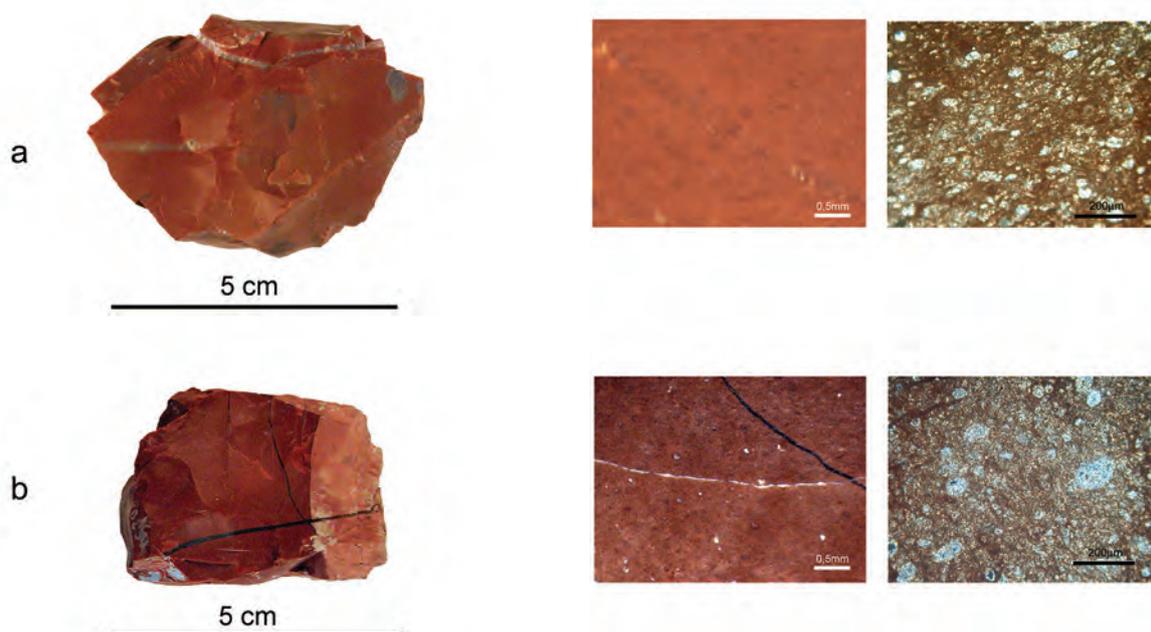


Fig. 8 – Aire de Varese : à gauche, les échantillons géologiques, à droite, les clichés stéréomicroscopiques ($\times 30$) ainsi que les lames minces au microscope à lumière polarisé ($\times 16$). a : radiolarites (RSL), partie centrale de la séquence, près du Dosso Cardana, Besozzo ; b : Rosso ad Aptici (RAP), partie basale de la séquence, près du Dosso Cardana, Besozzo (clichés P. Pallecchi et D. Lo Vetro).

Fig. 8 – Varese province: on the left, the geological samples, on the right, the stereomicroscopic photos ($\times 30$) as well the thin-sections viewn in polarised light under the microscope ($\times 16$). a: Radiolariti (RSL), central portion of the sequence, near Dosso Cardana, Besozzo; b: Rosso ad Aptici (RAP), basal part of the sequence base, near Dosso Cardana, Besozzo (photos P. Pallecchi and D. Lo Vetro).

à la taille, surtout quand ils se présentent sous forme de nodules lenticulaires, comme au nord-est du lac de Varese (Besozzo, Gavirate). En proximité de zones intéressées par des failles (Cittiglio) ou des plis (Caravate, Sangiano) les lits sont très tectonisées et de moindre qualité ou on observe un réticulé de microfractures remplies de calcite (fig. 10b). Dans la partie basale de la formation, près de Sangiano, on retrouve aussi des silex rouges avec des veines gris-cendre (fig. 10c). Ces silex se différencient des autres par une texture plutôt microcristalline et par la présence de microfossiles et de calcite.

Crétacé et dépôts cénozoïques

Au Crétacé inférieur dans le bassin Lombard va commencer le dépôt d'une longue séquence liée au début de la subduction de l'océan Liguro-piémontais sous la plaque Adriatique, la « succession clastique crétacée du bassin Lombard », définie par différentes unités et par une certaine variabilité dans ce secteur plutôt restreint. En Lombardie occidentale on reconnaît seulement deux faciès caractérisés par la présence de silex : le « calcaire de Bardello », d'âge Cénomaniens dans l'aire de Varese et le « Megabed de Missaglia », d'âge Campanien, entre Lecco et Bergamo.

Le « calcaire de Bardello » est un calcaire micritique blanchâtre-noisette, parfois rosé alterné à des marnes avec des clastes carbonatés dans la matrice arénacée. La fraction carbonatée retient aussi de fréquents fragments

de silex remaniés de couleur noir-translucide homogène, à fracture conchoïdale et cortex blanc (fig. 10d). En lame mince on reconnaît une matrice microcristalline avec des cristaux de quartz et de calcédoine de dimensions inférieures à $50\ \mu\text{m}$ et des éléments de dimensions majeures à morphologie globulaire remplis de matériel sub-isotrope brun vraisemblablement dû à la présence de cristobalite-opale. Ce silex présente une très bonne aptitude aux productions laminaires, les seules contraintes sont représentées par les dimensions et parfois par les morphologies très irrégulières des nodules.

Vers le sommet de la séquence crétacée se situe le « flysch de Bergame », d'âge Campanien, qui contient à sa base un niveau d'environ 40 m d'épaisseur, le *Megabed* de Missaglia, FBGa (Bernoulli *et al.*, 1981), composé d'une unité supérieure de *Megabed* s.s. (fig. 11a) avec 30 m de dépôts turbiditiques et une partie basale de 5-6 m de *pebbly mudstone* (fig. 11b-c) qui doit son origine à un événement exceptionnel causé par un *debris flow* (lave torrentielle) et qui ne peut pas être intégrée dans l'évolution cyclique des dépôts de talus sous-marin.

L'analyse du conglomérat basal révèle que, à coté de blocs provenant du démantèlement de la succession marneuse-calcaire sous-jacent et de la séquence des calcaires liasiques, on rencontre aussi des blocs de calcaire de plateforme d'âge liasique (par ex. calcaires gris et oolithes de SanVigilio : Bernoulli *et al.*, 1981, p. 439) qui proviennent de la plateforme de Trente, localisée à 100 km plus à l'est.

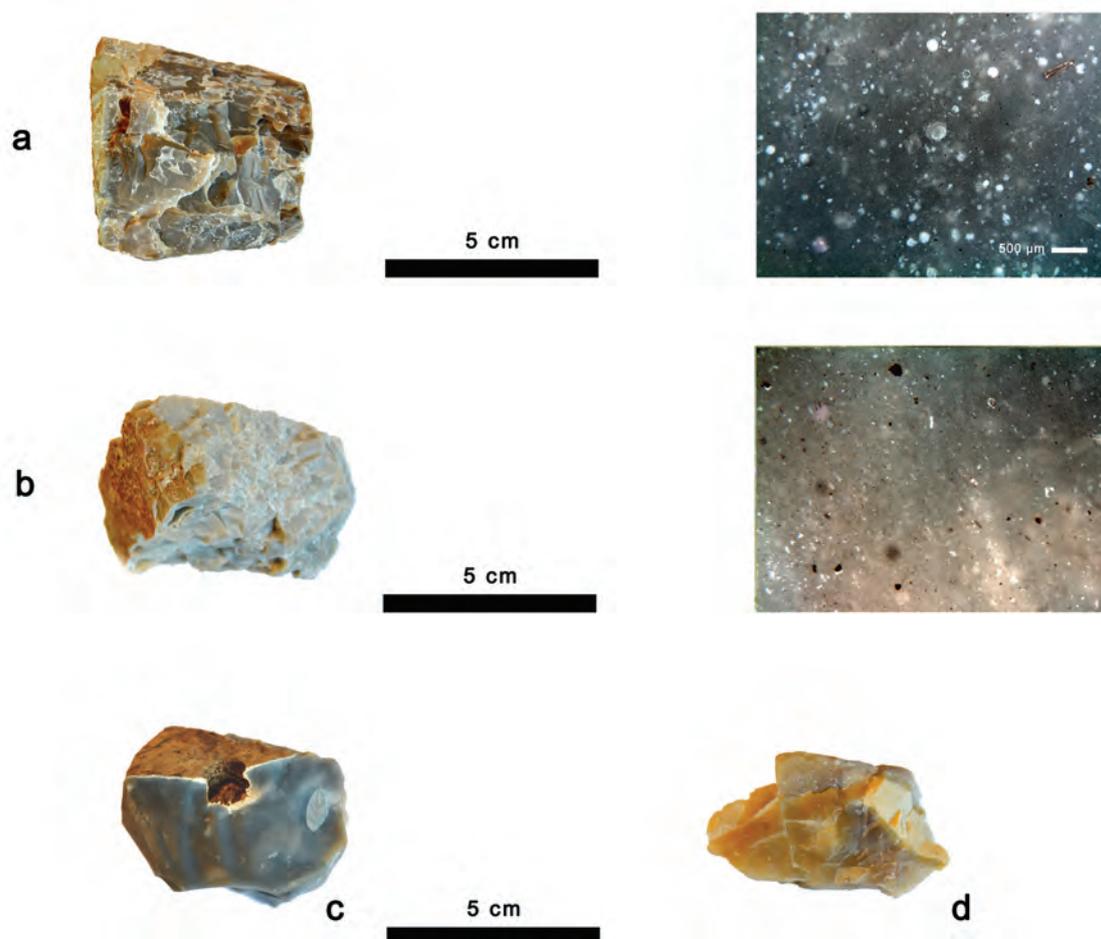


Fig. 9 – Aire de Côme-Lecco : à gauche, les échantillons géologiques, à droite, les images stéréomicroscopiques. a : Maiolica, $\times 40$ (It.33.01.d., Torre de' Busi, LC) ; b : Maiolica, $\times 40$ (It.33.01.g., Torre de' Busi, LC) ; c-d : variabilité intraformationnelle des silex de la Maiolica (c : It.32.02.a. ; d : It.32.02.b., La Salute, CO).

Fig. 9 – Como-Lecco provinces: on the left, the geological samples, on the right, the stereomicroscopic images. a: Maiolica, $\times 40$ (It.33.01.d., Torre de' Busi, LC) ; b: Maiolica, $\times 40$ (It.33.01.g., Torre de' Busi, LC) ; c-d: intra-formational variability of Maiolica flint (c: It.32.02.a.; d: It.32.02.b., La Salute, CO).

Les résultats obtenus de l'échantillonnage de cette unité, réalisé de manière extensive en raison de la probable hétérogénéité des ressources potentielles, a confirmé cette hypothèse de départ. On peut distinguer trois grandes familles : la plus nombreuse comprend des blocs fréquents de la formation de la Maiolica (fig. 11d), de Rosso ad Aptici et de plus rares éléments provenant des radiolarites, suivis de rares blocs provenant de la succession d'âge liasique du Medolo (calcaire de Moltrasio, calcaire de Domaro : fig. 11e). En outre, comme il a déjà été souligné pour les calcaires, on remarque aussi la présence très caractéristique de blocs de silex qui suggèrent une origine plutôt éloignée.

C'est le cas, par exemple, des silex *mudstone*, très homogènes et vitreux, de couleur rougeâtre, riches en foraminifères, parfois à morphologie carénée (*globotruncana* : fig. 11f) qui peuvent être associés à la Scaglia Rossa, datant du Turonien-Coniacien du Trentin et de Vénétie. On rencontre aussi de très nombreux blocs de silex *mudstone*, massif, translucide, de couleur gris-

bleu, à riche en microfossiles (fig. 11g), qui présentent des zonations et qui peuvent être aisément rapprochés des aspects caractéristiques des silex d'âge fin Jurassique-Crétacé inférieur. L'impossibilité de distinguer les silex de la Maiolica du bassin Lombard de celle d'autres régions conduit à conserver ici, par défaut, une définition ambiguë.

Ces ressources possèdent la meilleure aptitude au débitage rencontrée jusqu'ici dans l'aire orientale et permettent la mise en place de débitages lamino-lamellaires très avancés qu'on retrouve dans les nombreux sites paléolithiques, mésolithiques et néolithiques, localisés immédiatement aux alentours des affleurements (Martino, 2013).

Une dernière formation, de diffusion très ample en Lombardie occidentale, le groupe de la Gonfolite Lombarda, d'âge Oligocène supérieur-Miocène moyen, contient au sommet un membre conglomératique présent dans le Piémont entre Côme et Lecco, qui livre dans sa fraction grossière des très nombreux galets de silex

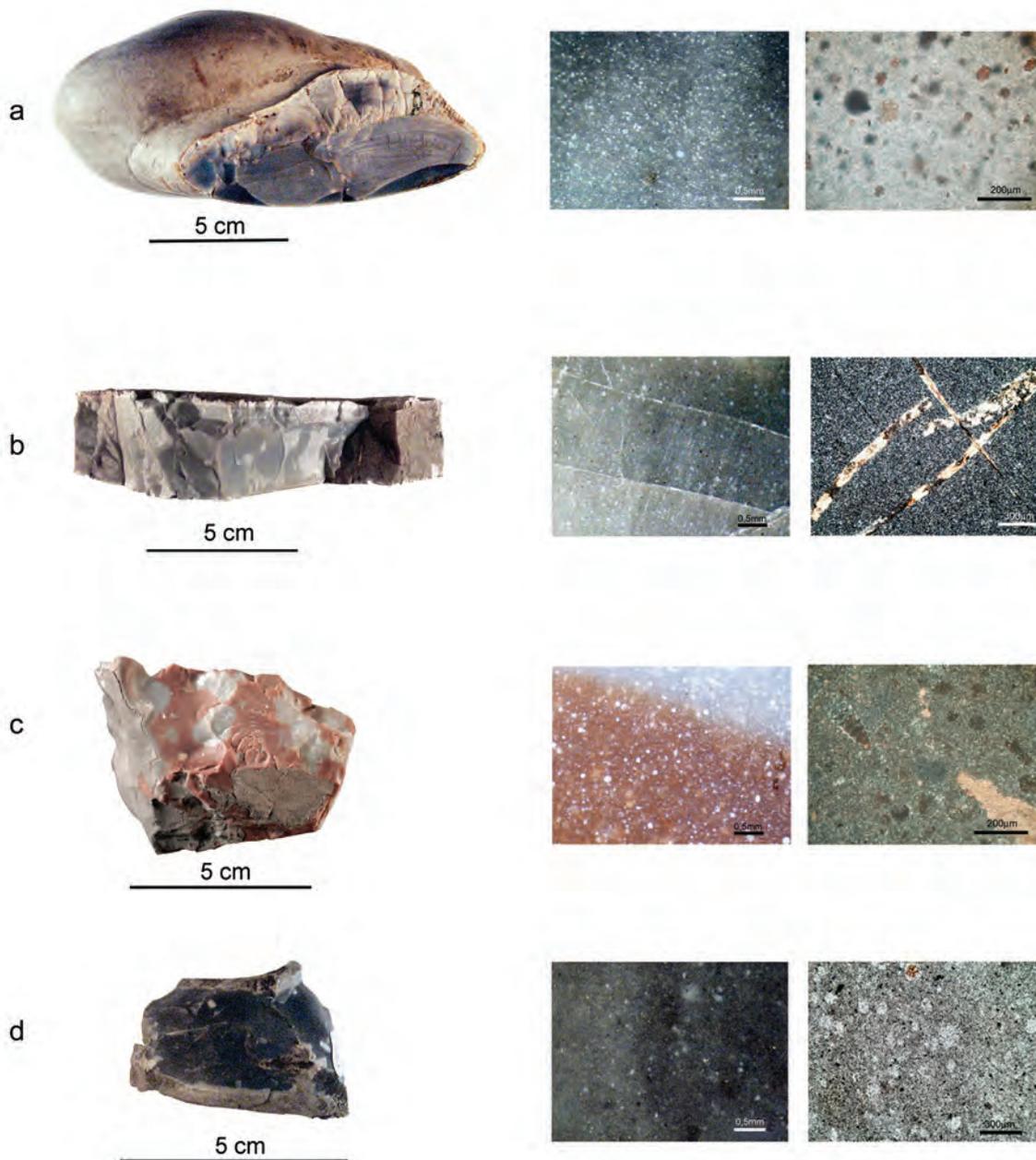


Fig. 10 – Aire de Varese, à gauche, les échantillons géologiques, à droite, les clichés stéréomicroscopiques ($\times 30$) ainsi que les clichés des lames minces au microscope à lumière polarisée (a-b : $\times 16$; c-d : $\times 6,3$). a-c : Maiolica, a : base de la séquence, près de Pozzuolo (Gavirate), b : partie basale de la séquence, près de Sangiano, c : portion centrale-supérieure de la séquence, près de Comerio ; d : calcaire de Bardello, échantillon provenant du bord du lac de Biandronno (clichés P. Pallecchi et D. Lo Vetro).
Fig. 10 – Varese province: on the left, the geological samples, on the right, the stereomicroscopic images ($\times 30$) as well as the thin-sections viewn in polarised light under the microscope (a-b : $\times 16$; c-d : $\times 6,3$). a-c: Maiolica (MAI), a: basal part of the sequence, near Pozzuolo (Gavirate), b: basal part of the sequence, near Sangiano, c: middle to upper part of the sequence, near Comerio; d: Bardello limestone, sample stemming from the shores of Lake Biandronno (photos P. Pallecchi and D. Lo Vetro).

(environ 80 % de silex de la Maiolica et du Medolo : Schiunnach et Tremolada 2004, p. 124). La mention de cette formation conglomératique qui n'a pas encore été échantillonnée va terminer cette esquisse des ressources siliceuses en Lombardie occidentale, mais ouvre aussi des questions significatives par rapport aux modalités de collecte des matières premières en contexte sub-secondaire qui sont abordées ici de façon très préliminaire, mais qui nécessiteront des recherches plus ciblées.

BILAN PRÉLIMINAIRE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

La séquence sédimentaire Jurassique-Crétacé de Lombardie occidentale livre des ressources siliceuses hétérogènes et, dans certaines cas, abondantes, qui n'avaient jusqu'ici pas été décrites de manière systématique en considérant notamment toutes les variables

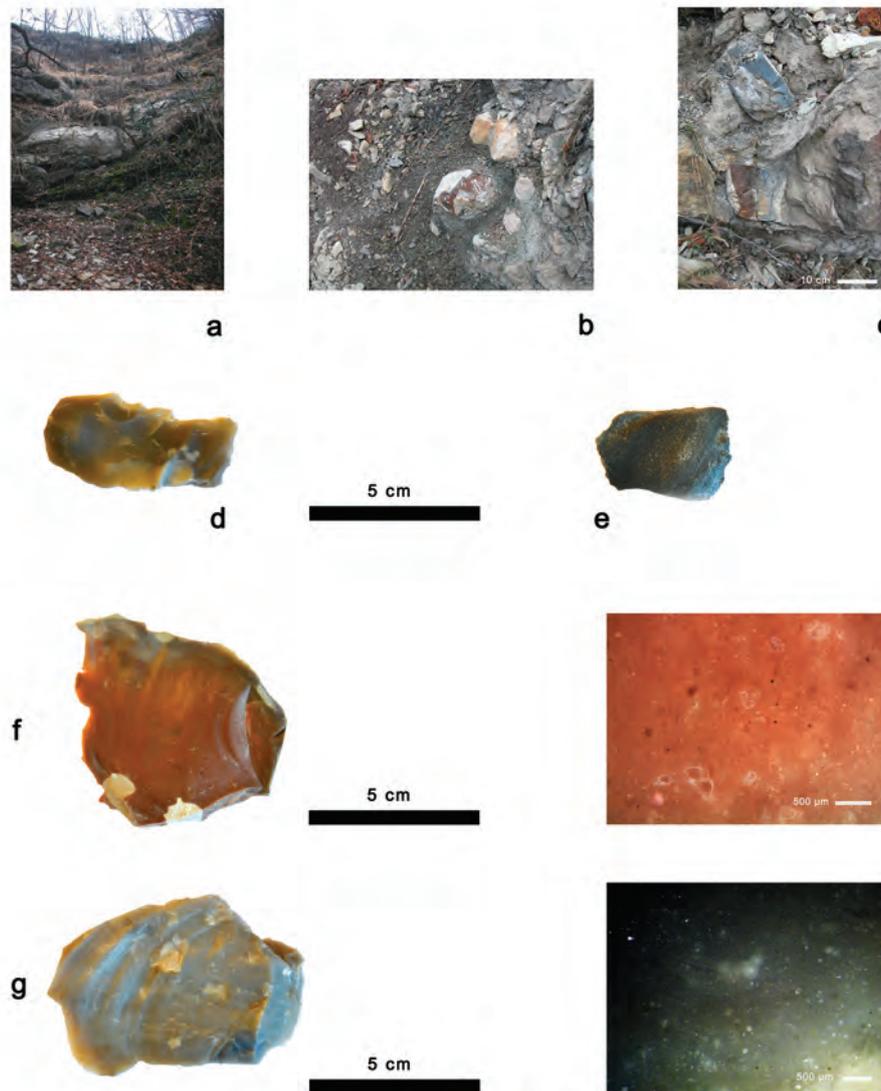


Fig. 11 – Aire de Côme-Lecco, Missaglia, LC. a : vue générale du megabed de Missaglia ; b-c : détail des silex contenus dans le *pebbly mudstone* ; d-e : variabilité des silex du *pebbly mudstone* (d : It.32.01.g. ; e : It.32.01.i) ; f-g : à gauche, les échantillons géologiques, à droite, les clichés stéréomicroscopiques (f : megabed de Missaglia, $\times 50$, It.32.01.f. ; g : *Megabed* de Missaglia, $\times 40$, It.32.01.a.).

Fig. 11 – Como-Lecco provinces, Missaglia, LC. a: general view of the Missaglia Megabed; b-c: close-up of the flints included in the ‘pebbly mudstone’; d-e: variability of the flints included in the ‘pebbly mudstone’ (d: It.32.01.g.; e: It.32.01.i); f-g: on the left, the geological samples, on the right, the stereomicroscopic images (f: Missaglia Megabed, $\times 50$, It.32.01.f.; g: Missaglia Megabed, $\times 40$, It.32.01.a.).

pertinentes pour les études pétro-archéologiques. Ce travail fournit une première caractérisation de ces matières premières, de leur variabilité intra-formation et de leur localisation géographique. Il ne traite en revanche que de façon préliminaire toutes les problématiques liées à la compréhension des choix techniques opérés par les communautés mésolithiques et néolithiques de cette zone.

Les sites du secteur le plus oriental pris en compte ici (Côme-Lecco) sont pour la plupart encore inédits, ou en cours de publication (Martino, 2012 et 2013) et montrent des situations très différentes en termes de types de res-

sources utilisées, bien que tous concordent avec l’exploitation préférentielle de ressources strictement locales ; près des reliefs de Côme, les radiolarites du Rosso ad Aptici et du calcaire silicifère lombard et dans le piémont de Lecco les silex du *Megabed* de Missaglia, tous repérables à moins de 10 km des sites. Les autres ressources lithiques utilisées appartiennent pour la plupart à la Maiolica et plus rarement aux silex du Jurassique inférieur toujours présents à proximité des sites, bien qu’on rencontre aussi des ensembles très limités de silex qui n’appartiennent pas au spectre de variabilité connu jusqu’ici.

Il faut, dans tous les cas, considérer que l'homogénéité de ce schéma pourrait être surévaluée en raison de l'extrême proximité des sites avec des affleurements très étendus qui livrent aussi les meilleures qualités de silex rencontrées jusqu'ici dans ce secteur.

En attente de la conclusion des analyses techno-économiques des séries lithiques et d'un échantillonnage plus étendu des informations apportées par le silex, nous avons préféré aborder ici des problématiques spécifiques identifiées durant ces phases préliminaires du travail.

Presque un quart du territoire analysé est constitué de calcaires du Jurassique inférieur (groupe du Medolo), qui contiennent de puissants niveaux siliceux, surtout dans l'unité inférieure (calcaire de Moltrasio). Dans les sites considérés on confirme que l'abondance de cette ressource ne semble pas être un facteur crucial de son utilisation, face à son aptitude au débitage plutôt médiocre, déjà soulignée ailleurs (Biagi *et al.*, 1993, p. 9; Bona *et al.*, 2007, p. 295) et sa présence est généralement presque anecdotique.

Une question abordée ici de façon seulement préliminaire porte sur le statut des dépôts conglomératiques du *Megabed* de Missaglia, qui livrent des quantités très importantes de silex de très bonne qualité, dont les lieux d'origine sont très variés et sont parfois situés à plus de 100 km du site étudié. La découverte de silex provenant de la plateforme de Trente et s'étant ensuite sédimentés dans ce secteur du bassin lombard conduit à une réévaluation générale, au moins pour cette aire, des faits acceptés jusqu'ici sur la circulation à longue distance de silex de Vénétie ou du Trentin vers l'ouest, surtout pour les silex de « type Biancone-Maiolica » présents ici en quantités non négligeables.

Les silex issus de la Maiolica nécessitent également une reconsidération plus rigoureuse et des analyses plus ciblées, axées sur la recherche des critères discriminants entre les différents secteurs du domaine sud-alpin. Ces données nouvelles posent encore la question d'une possible mésestimation d'une circulation à partir des gîtes des Préalpes lombardes vers les territoires contigus dépourvus, où les ressources « de type Maiolica » sont généralement attribuées à la séquence de Vénétie (par ex. Negrino *et al.*, 2006).

Dans la province de Varese, les affleurements siliceux de meilleure qualité, tant pour l'abondance, l'accessibilité et la facilité d'extraction des silex, que pour la distance relative des sites archéologiques, se situent immédiatement au nord du lac de Varese, sur le versant méridional du massif Campo dei Fiori entre Barasso et Gavirate, où affleure la série de la Maiolica et, dans une moindre mesure, celle du groupe des calcaires silicifères lombards.

Actuellement, le site néolithique de Pizzo di Bodio (Banchieri et Balista, 1991; Banchieri, 1997 et 2010b) est le seul ayant bénéficié d'une caractérisation systématique des matières premières lithiques. Tout au long d'une séquence stratigraphique qui s'étend du Néolithique ancien (groupe d'Isolino) au début du Néolithique moyen (faciès Isolino des Vases à Bouche carrée), les productions lithiques (Lo Vetro *et al.*, 2009; Lo Vetro, données inédites) se basent principalement sur l'exploitation des

nodules de Maiolica, complétée par l'utilisation d'autres ressources disponibles localement, en particulier les silex du calcaire de Bardello et les radiolarites du groupe des calcaires silicifères lombards. La préférence pour les silex de la formation de la Maiolica n'est pas seulement liée à leur excellente aptitude au débitage, une qualité qui caractérise aussi d'autres lithotypes aisément disponibles dans les alentours du lac de Varese, mais aussi aux caractéristiques morpho-dimensionnelles et volumétriques des nodules lenticulaires plus ou moins aplatis qui sont particulièrement adaptés aux productions laminaires. D'autres lithotypes, comme le silex du calcaire de Bardello et les radiolarites, peuvent être comparés aux silex de la Maiolica, en ce qui concerne soit leur abondance, soit leur aptitude au débitage, et présentent un intérêt moins évident pour les Néolithiques de Pizzo di Bodio car ils se présentent sous la forme de bancs ou de blocs irréguliers et demandent un investissement plus important pour la mise en place de séquences de débitage laminaire. La possibilité d'exploiter les convexités naturelles des nodules de la Maiolica a permis de limiter les phases d'initialisation et d'entretien des nucléus à partir desquels il a été possible d'extraire des séquences assez longues et continues de produits lamino-lamellaires de bonne qualité par percussion indirecte. De plus, les dimensions non négligeables des nucléus permettent, du moins dans les phases initiales du débitage, la production de lames d'une longueur supérieure à 7 cm. Parallèlement à ce schéma opératoire principal, on identifie une chaîne opératoire indépendante et orientée vers la production de lamelles débitées par pression à partir de nucléus en radiolarites, en silex créacés, mais aussi dans des silex de bonne qualité dont la provenance n'a été pas encore définie.

Les travaux de recherches dans ce secteur du domaine sud-alpin ont débuté récemment et appellent un nécessaire élargissement et une intensification des prospections de terrain et des échantillonnages, mais aussi la création de nouveaux réseaux de collaboration avec les chercheurs qui travaillent en Italie septentrionale et dans les régions voisines dans l'esprit collaboratif du projet ETICALP.

Remerciements : Dans un travail de recherche qui vient de débuter, toute connaissance déjà acquise au préalable s'avère fondamentale et G. Martino tient à remercier L. Castelletti pour l'étincelle qui en est à l'origine, J. Lorenzi et M. Ruffa pour avoir facilité l'accès aux collections archéologiques et aussi M. Cereda et F. Brambillasca pour leur soutien sur le terrain.

NOTES

- (1) Tous les sigles ici utilisés font référence à la nouvelle formalisation des unités géologiques réalisée à partir des années 1990, qui a aussi conduit à la publication, encore en cours, de la nouvelle base cartographique d'Italie (CARG) à l'échelle 1/50 000.
- (2) Les images stéréomicroscopiques des figures 6, 8 et 10 ont été réalisées avec un appareil Nikon SMZ800 sur les surfaces de fracture, tandis que les observations minéralo-

giques et pétrographiques ont été obtenues sur des lames minces observées au microscope polarisateur Leitz Ortholux II-POL BK.

- (3) L'ancienne subdivision des radiolarites (Pasquaré, 1965) en quatre membres (« membre de Clivio », « membre de Burligo », « membre de Serle », « membre de Voltino »),

bien qu'établie sur des critères rigoureux, a rarement été utilisée dans la littérature. Dans les travaux plus récents, on utilise généralement la subdivision en deux faciès adoptée ici (Sciunnach, 2007a).

- (4) 96-99% de SiO₂ : détermination au spectromètre EDS.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFOLTER J. (2002) – *Provenance des silex préhistoriques du Jura et des régions limitrophes*, Hauterive, service et musée cantonal d'Archéologie (Archéologie neuchâteloise, 28), 344 p.
- BANCHIERI D. G. (1997) – L'abitato neo-eneolitico di Pizzo di Bodio, in F. Ricci (dir.), *Archeologia della Regio Insubrica. Dalla Preistoria all'Alto Medioevo*, actes du congrès (Chiasso, 5-6 octobre 1996), Côme, Società Archeologica Comense, p. 209-241.
- BANCHIERI D. G. (2010a) – La preistoria del territorio di Varese, in R. C. De Marinis, S. Massa et M. Pizzo (dir.), *Alle origini di Varese e del suo territorio. Le collezioni del sistema archeologico provinciale*, Rome, L'Erma di Bretschneider (Bibliotheca Archaeologica, 44), p. 3-10.
- BANCHIERI D. G. (2010b) – Le Néolithique de l'Isolino Virginia et de Pizzo di Bodio (Varese, Italie). Corrélations chronostratigraphiques et culturelles, in O. Lemerrier, R. Furestier, É. Blaize (dir.), *IV^e millénaire. La transition du Néolithique moyen au Néolithique final dans le Sud-est de la France et les régions voisines*, Lattes, Association pour le développement de l'archéologie en Languedoc-Roussillon (Monographies d'archéologie méditerranéenne, 27), p. 181-194.
- BANCHIERI D. G., BALISTA C. (1991) – Note sugli scavi di Pizzo di Bodio (Varese) 1985-1988, *Preistoria Alpina*, 27, p. 197-242.
- BARFIELD L. H. (1999) – Neolithic and Copper Age Flint Exploitation in Northern Italy, in P. Della Casa (dir.), *Prehistoric Alpine Environment, Society and Economy*, actes du colloque international PAESE '97 (Zurich, 3-6 septembre 1997), Bonn, Habelt (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie, 55) p. 245-252.
- BARFIELD L. H. (2000) – *Commercio e scambi nel Neolitico dell'Italia settentrionale*, in A. Pessina et G. Muscio (dir.), *La neolitizzazione tra oriente e occidente*, actes du colloque (Udine, 23-24 avril 1999), Udine, Museo Friuliano di Storia Naturale, p. 55-66.
- BAUMGARTNER P. O., BERNOULLI D., MARTIRE L. (2001) – Mesozoic Pelagic Facies of the Southern Alps: Paleotectonics and Paleogeography, in H. Funk et U. G. Wortmann (dir.), *21st Meeting of Sedimentology (Davos, Switzerland). Excursion Guides*, programme du 21^e colloque international IAS (Davos, 3-5 septembre 2001), Dublin, Trinity College, p. 1-19.
- BENEDETTI R. M., CAMPANA R., D'AMICO C., NANNETTI M. C. (1992) – Petroarchaeometry of Epigravettian and Mesolithic Flints in the Val Cismòn-Lagorai Area (NE Italy). The Flint Supply Question, *Preistoria Alpina*, 28, 1, p. 33-49.
- BENEDETTI R. M., D'AMICO C., NANNETTI M. C. (1996) – Studio petroarcheometrico preliminare di selci neolitiche alpino-padane a scopo di confronto tra siti e ricerca di provenienza, *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia*, 9, p. 171-179.
- BERNOULLI D. (1964) – *Zur Geologie des Monte Generoso (Lombardische Alpen). Ein Beitrag zur Kenntnis der südalpinen Sedimente*, Berne, Kümmerly und Frey (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N. F., 118), 134 p.
- BERNOULLI D., BICHSEL M., BOLLI H. M., HÄRING M. O., HOCHULI P. A., KLEBOTH P. (1981) – The Missaglia Megabed, a Catastrophic Deposit in the Upper Cretaceous Bergamo Flysch, Northern Italy, *Eclogae geologicae Helveticae*, 74, 2, p. 421-442.
- BERNOULLI D., JENKYN H. C. (1974) – Alpine, Mediterranean and Central Atlantic Mesozoic Facies in Relation to the Early Evolution of the Tethys, in R. H. Dott et J. R. Shaver (dir.), *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation*, Tulsa, The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM Special Publications, 19), p. 129-160.
- BERSEZIO R., FORNACIARI M., GELATI R., NAPOLITANO A., VALDISTURLO A. (1993) – The Significance of the Upper Cretaceous to Miocene Clastic Wedges in the Deformation History of the Lombardian Southern Alps, *Géologie alpine*, 69, p. 3-20.
- BERTOLA S. (ce volume) – Southern Alpine (Trento Plateau) and Northern Apennine flints: Ages, Distribution and Petrography, in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Nice, 28 et 29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 45-66 [en ligne].
- BERTOLA S., CUSINATO A. (2004) – Le risorse litiche dell'Altopiano di Folgaria e il loro utilizzo a Riparo Cogola, *Preistoria Alpina*, 40, p. 107-124.
- BERTOTTI G., PICOTTI V., BERNOULLI D., CASTELLARIN A. (1993a) – From Rifting to Drifting: Tectonic Evolution of the South-Alpine Upper Crust from the Triassic to the Early Cretaceous, *Sedimentary Geology*, 86, 1-2, p. 53-76.
- BERTOTTI G., SILETTO G. B., SPALLA M. I. (1993b) – Deformation and Metamorphism Associated with Crustal Rifting: the Permian to Liassic Evolution of the Lake Lugano-Lake Como Area (Southern Alps), *Tectonophysics*, 226, 1-4, p. 271-284.
- BIAGI P., CAIMI R., CASTELLETTI L., DE MARINIS R., DI MARTINO S., MASPERO A. (1993) – Nota sugli scavi a Erbonne, località Cimitero, comune di S.Fedele Intelvi (Co), *Rivista Archeologica dell'Antica Provincia e Diocesi di Como*, 175, p. 5-36.
- BIAGI P., CASTELLETTI L., CREMASCHI M., SALA B., TOZZI C. (1980) – Popolazione e territorio nell'Appennino tosco-emiliano e nel tratto centrale del bacino del Po tra il IX e il V millennio a. C., *Emilia Preromana*, 8, p. 13-36.

- BONA F., PERESANI M., TINTORI A. (2007) – Les grottes à ours avec indices de fréquentation humaine au Paléolithique moyen final. L'exemple de la Caverna Generosa dans les Préalpes lombardes, Italie, *L'Anthropologie*, 111, p. 290-320.
- BRESSY C. (2003) – *Caractérisation et gestion du silex des sites mésolithiques et néolithiques du Nord-Ouest de l'arc Alpin. Une approche pétrographique et géochimique*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1114), 295 p.
- CANDELATO F., FERRARI A. M., ISOTTA L. C., LONGO L., PETRUZZIELLO A., RIODA V., SIGNORI G. (2004) – La selce: disponibilità, caratterizzazione e importanza economica per le strategie insediative preistoriche nel territorio veronese, *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 28, p. 77-90.
- CASELLATO C. E. (2010) – Calcareous Nannofossil Biostratigraphy of Upper Callovian-Lower Berriasian Successions from Southern Alps, North Italy, *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 116, p. 357-404.
- CHANNELL J. E. T., CASELLATO C. E., MUTTONI G., ERBA E. (2010) – Magnetostratigraphy, Nannofossil Stratigraphy and Apparent Polar Wander for Adria-Africa in the Jurassic-Cretaceous Boundary Interval, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293, p. 51-75.
- CREMASCHI M. (1981a) – The Sources of the Flint Artefacts for the Central Po Plain and Appennine Sites between the 7th and the 2nd Millennium BC, in F. H. G. Engelen (dir.), *Third International Symposium on Flint*, actes du colloque international (Maastricht, 24-27 mai 1979), Heerlen, Nederlandse Geologische Vereniging (Staringia, 6), p. 139-142.
- CREMASCHI M. (1981b) – Provenienza delle rocce usate per la produzione di oggetti in pietra scheggiata nei siti preistorici del Panaro, in B. Bagolini (dir.), *Il Neolitico e l'Età del Rame. Ricerca a Spilamberto e S. Cesario 1977-1980*, Vignola, Cassa di risparmio di Vignola, p. 139-150.
- CUCCHI F., PIANO C., BERTOLA S., MONTAGNARI E. (2003) – Le fonti di approvvigionamento della selce in antico: studio geo-archeologico e creazione di un GIS dedicato, in F. Lenzi (dir.), *L'archeologia dell'Adriatico dalla Preistoria al Medioevo*, actes du colloque international (Ravenne, 7-9 juin 2001), Florence, All'Insegna del Giglio, p. 65-70.
- D'AMICO C., LUISE M., NANNETTI M. C. (1990) – Studio archeometrico delle selci aurignaziane di Monte Avena, *Preistoria Alpina*, 24, p. 37-68.
- DE MARINIS R. C. (1994) – Preistoria e protostoria del territorio di Lecco, in S. Casini (dir.), *Carta Archeologica della Lombardia*, IV. *La Provincia di Lecco*, Modena, F. C. Panini, p. 19-80.
- DELFRATI L. (2007) – Formazione di Sogno, in M. B. Cita, E. Abbate, B. Aldighieri, M. Balini, M. A. Conti, P. Falorni, D. Germani, G. Groppelli, P. Manetti et F. M. Petti (dir.), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, catalogo delle formazioni, unità tradizionali*, Rome, Poligrafico dello Stato, (Quaderni APAT, III, 7-VI), p. 178-183.
- ERBA E. (2004) – Calcareous Nannofossils and Mesozoic Oceanic Anoxic Events, *Marine Micropaleontology*, 52, p. 85-106.
- FÉBLLOT-AUGUSTINS J. (1997) – *La circulation des matières premières au Paléolithique. Synthèse de données, perspectives comportementales*, Liège, université de Liège, service de Préhistoire (ERAUL, 75), 275 p.
- FERRARI A., MAZZIERI P. (1998) – Fonti e processi di scambio di rocce silicee scheggiabili, in A. Pessina et G. Muscio (dir.), *Settemila anni fa il primo pane: ambienti e culture delle società neolitiche*, catalogue de l'exposition, Udine, Museo Friulano di Storia Naturale (Cataloghi delle mostre, 12), p. 165-169.
- GAETANI M. (1975) – Jurassic Stratigraphy of the Southern Alps: a Review, in C. Squires (dir.), *Geology of Italy*, Tripoli, The Earth Sciences Society of the Libyan Arabic Republic, p. 377-402.
- GAETANI M., POLIANI G. (1978) – Il Toarciano e il Giurassico medio in Albenza (Bergamo), *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 84, p. 349-382.
- KÄLIN O., TRÜMPY D. M. (1977) – Sedimentation und Paläotektonik in den westlichen Südalpen: zur triasisch-jurassischen Geschichte des Monte Nudo-Beckens, *Eclogae geologicae Helveticae*, 70, p. 295-350.
- LO VETRO D., MARTINI F., MAZZUCCO N. (2009) – Analisi funzionale di armature geometriche in contesti olocenici, *Origini*, 31, N. S. 4, p. 7-39.
- MARTINO G. (2012) – I manufatti litici dell'UT94, in L. Castelletti et S. Motella De Carlo (dir.), *Il Fuoco e la Montagna: archeologia del paesaggio dal Neolitico all'Età Moderna in Alta Val Cavargna, Côme*, Università degli Studi dell'Insubria.
- MARTINO G. (2013) – Le UT riconosciute e le sequenze di produzione dei manufatti litici, in A. Michetti (dir.), *Progetto Sinitet: censimento, messa in rete e valorizzazione di siti geologici e archeologici dell'Insubria. Relazione delle ricerche archeologiche 2010-2011*, rapport inédit, Côme, Università degli Studi dell'Insubria, p. 45-60.
- MUTTONI G., ERBA E., KENT D. V., BACHTADSE V. (2005) – Mesozoic Alpine Facies Deposition as a Result of Past Latitudinal Plate Motion, *Nature*, 434, p. 59-63.
- NEGRINO F., SALZANI P., VENTURINO GAMBARI M. (2006) – La circolazione della selce nel Piemonte tra il Neolitico e l'Età del Rame, in D. Cocchi Genick (dir.), *Materie prime e scambi nella preistoria italiana*, actes de la XXXIX^e Réunion scientifique de l'Institut italien de Pré- et Protohistoire (Florence, 25-27 novembre 2004), Florence, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, p. 315-327.
- PASQUARÉ G. (1965) – *Il Giurassico superiore nelle Prealpi Lombarde*, Milan, Società Italiana di Paleontologia (Memoria, 11), 228 p.
- PETTI F. M., FALORNI P. (2007) – Maiolica, in M. B. Cita, E. Abbate, B. Aldighieri, M. Balini, M. A. Conti, P. Falorni, D. Germani, G. Groppelli, P. Manetti et F. M. Petti (dir.), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, catalogo delle formazioni, unità tradizionali*, Rome, Poligrafico dello Stato (Quaderni APAT, III, 7/VI), p. 167-180.
- ROSSI S., SALA D., BINI A. (1991) – Depositi di frana sottomarina entro il Calcare di Moltrasio. *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, 14, p. 141-144.
- SCHIROLLI P. (1990) – Dati litologico-stratigrafici sul « Medolo » liassico a NW della Colma di Domaro, in Val Trompia (Brescia), *Atti Ticinesi di Scienze della Terra*, 33, p. 157-175.
- SCHIROLLI P. (2002) – Calcare di Domaro, in L. Delfrati, P. Falorni, G. Groppelli et F. M. Petti (dir.), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, catalogo delle formazioni, unità*

- validate*, Rome, Poligrafico dello Stato (Quaderni APAT, III, 7/III), p. 51-60.
- SCHIROLLI P. (2007) – Medolo, in M. B. Cita, E. Abbate, B. Aldighieri, M. Balini, M. A. Conti, P. Falorni, D. Germani, G. Groppelli, P. Manetti et F. M. Petti (dir.), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, catalogo delle formazioni, unità tradizionali*, Rome, Poligrafico dello Stato (Quaderni APAT, III, 7/VI), p. 79-88.
- SCIUNNACH D. (2007a) – Radiolariti del Selcifero Lombardo, in M. B. Cita, E. Abbate, B. Aldighieri, M. Balini, M. A. Conti, P. Falorni, D. Germani, G. Groppelli, P. Manetti et F. M. Petti (dir.), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, catalogo delle formazioni, unità tradizionali*, 2, Rome, Poligrafico dello Stato (Quaderni APAT, III, 7/VII), p. 147-157.
- SCIUNNACH D. (2007b) – Rosso ad Aptici, in M. B. Cita, E. Abbate, B. Aldighieri, M. Balini, M. A. Conti, P. Falorni, D. Germani, G. Groppelli, P. Manetti et F. M. Petti (dir.), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, catalogo delle formazioni, unità tradizionali*, 2, Rome, Poligrafico dello Stato (Quaderni APAT, III, 7/VII), p. 158-167.
- SCIUNNACH D., TREMOLADA F. (2004) – The Lombardian Gonfolite group in central Brianza (Como and Milano provinces, Italy): Calcareous Nannofossil Biostratigraphy and Sedimentary Record of Neo-Alpine Tectonics, *Eclogae geologicae Helveticae*, 97, p. 119-131.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (sous presse) – *Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000. Foglio Como*, Rome, Poligrafico dello Stato.
- STARNINI E. (1997) – Raw Material Procurement and Use Strategies, in C. Baroni et P. Biagi (dir.), *Excavations at the High Altitude Mesolithic Site of Laghetti del Crestoso (Bovegno, Brescia, Northern Italy)*, Brescia, Ateneo di Brescia, Accademia di Scienze, Lettere ed Arti (Supplemento ai Commentari dell'Ateneo di Brescia), p. 21-24.
- TOMASSO A., BINDER D., MARTINO G., PORRAZ G., SIMON P. (ce volume), Entre Rhône et Apennins : le référentiel MP-ALP, matières premières de Provence et de l'arc ligure, in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Nice, 28 et 29 mars 2013), Paris, Société préhistorique française (Séances de la Société préhistorique française, 5), p. 11-34 [en ligne].
- TREMOLADA F., SCIUNNACH D., SCARDIA G., PREMOLI SILVA I. (2008) – Maastrichtian to Eocene Calcareous Nannofossil Biostratigraphy from the Tabiago Section, Brianza Area, Northern Italy, *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 114, 1, p. 29-39.
- VEZZOLI L. (2010) – *La storia geologica della provincia di Como*, Côme, Provincia di Como, 143 p.
- WEISSERT H., BERNOULLI D. (1985) – A Transform Margin in the Mesozoic Tethys: Evidence from the Swiss Alps, *Geologische Rundschau*, 74, p. 665-679.
- WIECZOREK J. (1988) – Maiolica: a Unique Facies of the Western Tethys, *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 58, p. 255-276.
- WINTERER E. L., BOSELLINI A. (1981) – Subsidence and Sedimentation on the Jurassic Passive Continental Margin, Southern Alps, Italy, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63, p. 394-421.

Gabriele MARTINO

Soprintendenza per i Beni Archeologici
della Liguria
Via Balbi, 10, I-16126 Genova

Domenico LO VETRO

Dipartimento di Storia, Archeologia,
Geografia, Arte e Spettacolo
Università degli Studi di Firenze
Via S. Egidio, 21, I-50122 Firenze
dlovetro@unifi.it

Franz LIVIO

Dipartimento di Scienza ed alta Tecnologia
Università dell'Insubria
Via Valleggio 11
I-22100 Como.

Francesco TRENTI

Laboratorio di Archeometria
Museo e Istituto Fiorentino di Preistoria
« Paolo Graziosi »
Via S. Egidio 21
I-50122, Firenze, Italie
francesco.trenti@teletu.it

Pasquino PALLECCHI

Soprintendenza per i Beni archeologici
della Toscana
Largo del Boschetto, 3
I-50134, Firenze
pasquino.pallecchi@beniculturali.it

Ivo RIGAMONTI

Museo Civico Archeologico
di Villa Mirabello
Piazza della Motta, 4
I-21100 Varese

Daria Giuseppina BANCHIERI

Museo Civico Archeologico
di Villa Mirabello
Piazza della Motta, 4
I-21100 Varese



Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée
Actes de la journée de la Société préhistorique française de Nice, 28-29 mars 2013
Textes publiés sous la direction de
Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,
Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT
Paris, Société préhistorique française, 2016
(Séances de la Société préhistorique française, 5)
p. 97-136
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-64-4

L'usage du quartz hyalin dans les Alpes durant la Préhistoire : une vue d'ensemble.

Nouvelles données en Oisans (Isère et Hautes-Alpes)

Pierre ROSTAN et Éric THIRAULT

avec la collaboration de Paul FERNANDES, Bernard MOULIN, Betty NICOLLE,
Stéphanie THIÉBAULT et Joël VITAL

Résumé : L'usage du quartz hyalin comme support d'outils est connu depuis longtemps des préhistoriens, et cette spécificité est considérée comme un marqueur dans les Alpes occidentales. Les travaux antérieurs ont essentiellement porté sur la technologie de débitage et la typologie des outils du Mésolithique et du Néolithique, plus récemment sur les modalités de circulation de ce matériau (travaux de M.-R. Sauter, A. Gallay, M. Honegger, V. Brisotto). Les analyses des inclusions fluides menées par S. Cousseran ont permis de démontrer la diversité des sources d'approvisionnement, mais, jusqu'il y a peu, personne n'avait pu découvrir de site d'extraction préhistorique, et le débat sur les modalités de cet approvisionnement, à savoir s'il avait lieu directement dans les filons ou dans des dépôts secondaires, restait ouvert.

Les prospections menées par P. Rostan depuis une quinzaine d'années dans les Alpes du Sud françaises, complétées par des sondages menés en collaboration avec É. Thirault ainsi qu'une extension des recherches vers les Alpes du Nord, renouvellent entièrement la question. Il apparaît que l'Oisans constitue une région d'extraction intense, avec plus de cent quarante points documentés ; plus au nord, des champs extractifs sont en cours de reconnaissance en Maurienne, en Tarentaise et en Beaufortain. D'après les calculs effectués sur les cristallières les mieux documentées, les quantités de cristaux extraits sont très importantes (deux millions pour l'Oisans) et les gîtes accessibles avec les moyens techniques préhistoriques ont tous été exploités. Ces constats permettent de démontrer que les Préhistoriques ont effectué des prospections et des extractions systématiques, jusqu'à l'épuisement des ressources accessibles. La principale technique utilisée durant la Préhistoire était la taille au feu, mise en œuvre pour élargir les filons de quartz afin d'accéder à ces géodes invisibles en surface.

La datation de ces exploitations anciennes est un problème ardu. En Oisans, les dates radiocarbones disponibles et une étude plus approfondie de deux sites, le plateau d'Emparis à La Grave (Hautes-Alpes), entre 2200 et 2500 m d'altitude, et le Ribot à Huez-en-Oisans (Isère), à 1200 m d'altitude, permettent de certifier des exploitations du VI^e au III^e millénaire avant J.-C. Cette fourchette de datation correspond à la période de circulation majeure du quartz hyalin dans le Sud-Est de la France. La quête du quartz hyalin constitue donc une motivation sérieuse pour fréquenter la montagne, dans des régions jusqu'à ce jour quasiment vierges de vestiges préhistoriques.

Mots-clés : quartz hyalin, gîtes, prospections, Alpes, Oisans, Néolithique.

Abstract: The use of hyaline quartz for tool-making has long been known by prehistorians, and this practice is considered as being specific to the western Alps. Previous works have focused mainly on Mesolithic and Neolithic knapping technology and tool typology, and more recently on the circulation patterns of this material (works of M.-R. Sauter, A. Gallay, M. Honegger, and V. Brisotto). The analyses of the fluid inclusions carried out by S. Cousseran demonstrated a diversity of procurement sources, but until recently the prehistoric extraction sites could not be identified, and the debate as to whether procurement consisted of the mining of quartz veins or of material collection in secondary deposits remained open.

Field surveys directed by P. Rostan over nearly fifteen years in the French Southern Alps, completed by trial trench evaluations together with É. Thirault and the extension of the research to the northern Alps, totally renewed the question. It appears that Oisans was a region of intensive extraction, consisting of almost one hundred and forty documented sites; further to the north, extraction fields in the Maurienne, Tarentaise and Beaufortain regions are currently undergoing identification. According to calculations carried out on the

best documented crystal quarries, the amounts of crystals extracted are very significant (several millions at least for the Oisans region), and the sites that would have been accessible with prehistoric technical means have all been exploited. These observations demonstrate that prehistoric people organised systematic prospecting and extraction, to the point of exhausting the accessible resources. The main technique implemented during prehistory was fire-setting, used to enlarge the quartz veins in order to access the geodes hidden under the surface.

The dating of these prehistoric extraction fields is a great problem. In the Oisans region, the available radiocarbon dates as well as the more detailed study of two sites—the Emparis plateau at La Grave (Hautes-Alpes), between 2200 and 2500 m altitude, and the Ribot at Huez-en-Oisans (Isère) at 1200 m altitude—made it possible to place these extractions during the 6th and the 3rd millennium BC. This time interval corresponds to the main period of circulation of hyaline quartz in southwestern France. The search for hyaline quartz was therefore a serious motivation for exploring the mountains in Neolithic times in regions that are still lacking prehistoric remains.

Keywords: hyaline quartz, sources, surveys, Alps, Oisans region, Neolithic.

LES ALPES sont connues des minéralogistes pour l'abondance des ressources en cristal de roche, sous différentes formes (Meisser et Meisser-Issenring, 1997). Depuis les travaux de Marc-Rodolphe Sauter en Valais, Suisse (Sauter, 1959), les préhistoriens reconnaissent l'importance de ce matériau dans les industries taillées, ressource qui prend place, au même titre que le silex, parmi les roches siliceuses recherchées par les hommes. Les études consacrées au quartz hyalin dans les Alpes peuvent être réparties, de manière un peu arbitraire, en trois familles : les inventaires régionaux, les études typotechnologiques et, parfois fonctionnelles, les recherches de provenance.

Aucune enquête documentaire exhaustive n'a jamais été effectuée sur la totalité de l'arc alpin, ni même dans un seul des pays qui le composent. De ce fait, il est impossible de présenter une synthèse sur la présence du quartz hyalin dans les séries préhistoriques alpines. Des bilans régionaux existent néanmoins, qui permettent de se faire, selon les cas, une idée plus ou moins précise de la question. Le point proposé ici constitue donc un bilan d'étape et une base pour de futures recherches.

En outre, aucune recherche systématique n'avait, avant la présente enquête, été entreprise sur la question des gîtes exploités. Nous présentons donc, en second lieu, les découvertes de la dernière décennie et les implications sur la compréhension des modalités d'acquisition et les réseaux de circulation du quartz hyalin.

LE QUARTZ HYALIN : DEFINITIONS ET QUALITES

Définitions

Pour tailler leurs outils, les hommes de la Préhistoire ont recherché une très vaste gamme de roches et de minéraux riches en silicium, plus ou moins combiné avec l'oxygène. Les minéraux ainsi constitués, le quartz en premier lieu (mais aussi l'opale), sont en effet de grande dureté (7 sur l'échelle de Mohs) et sont largement répandus sur la terre. Les cristaux de quartz peuvent prendre de multiples formes et dimensions. Ainsi, dans nombre de roches, les quartz sont xénomorphes, c'est-à-dire que leur

morphologie est conditionnée par l'espace disponible lors de leur cristallisation.

Dans le cas du cristal de roche, la cristallisation s'effectue, dans les cas parfaits, sans contrainte spatiale et de ce fait, le cristal est dit automorphe, c'est-à-dire que son apparence externe reflète sa structure interne. Un cristal de roche est constitué par l'assemblage de trois formes géométriques, issues de la combinaison moléculaire du SiO_2 : un prisme hexagonal et deux rhomboèdres. Le résultat est un prisme hexagonal terminé, à chaque extrémité, par un pyramidion.

Dans la nature, il est rare que le cristal affecte une forme parfaite. Si les angles entre les faces sont toujours respectés, les dimensions et les rapports entre les faces varient grandement. Entre autres, si le cristal se développe sur un support, un seul pyramidion existe et l'extrémité proximale est le plus souvent laiteuse (fig. 1). Les cristaux automorphes peuvent être purs donc transparents (hyalins) ou, au contraire, contenir des inclusions plus ou moins denses qui en modifient la couleur et la translucidité. Dans les Alpes, le cristal recherché durant la Préhistoire est automorphe et hyalin.

Les caractéristiques principales du quartz hyalin : atouts et faiblesses

Le quartz hyalin est anisotrope et son aptitude à la taille varie selon l'orientation par rapport à l'axe du cristal. Globalement, l'aptitude à la taille est bonne, du fait, contrairement aux principaux minéraux silicatés, du clivage très difficile du quartz entraînant une cassure conchoïdale. Néanmoins, la conduite du débitage s'avère difficile et nombre d'éclats et de cassons démontrent la difficulté à contrôler le détachement. Le caractère hyalin ne se rencontre dans le massif alpin que dans des cavités où les cristaux ont pu librement s'exprimer ; les quartz massifs et sans formes cristallines exprimées, notamment filoniens ou en remplissage intégral de fissures, peuvent être plus moins limpides mais ne présentent pas une homogénéité et une finesse de la matière qui permettent leur débitage avec autant de régularité que les cristaux hyalins.

Le caractère hyalin ne se trouve ainsi sans doute pas être un critère recherché pour lui-même mais parce qu'il indique la bonne aptitude à la taille et présente ainsi une



Fig. 1 – Exemples de cristaux automorphes issus de filons de l’Oisans, la base est laiteuse. Échelle en centimètres (collecte P. Rostan, cliché É. Thirault).

Fig. 1 – Examples of automorphous crystals stemming from veins in the Oisans region, the base is milky. Scale in centimetres (collecting P. Rostan, photograph É. Thirault).

condition nécessaire pour permettre un parfait débitage. Mais les cristaux constituent des objets naturellement préformés, en particulier pour le débitage de lamelles, avec des arêtes qui peuvent servir de guide pour le détachement. Ainsi, si le gîte exploité offre une gamme de dimensions variées, le tailleur peut en tirer parti selon son intention : moyen module pour le débitage de lamelles, plus gros module pour celui d’éclats.

La dureté du cristal et sa résistance à l’usure semblent aussi des critères de choix non négligeables. Un autre avantage est à souligner : les cristaux, du moins ceux qui ont été sélectionnés durant la Préhistoire, sont faciles à transporter, car de faibles masse et encombrement.

La configuration sur les gîtes

Les quartz formés dans des filons, qu’ils soient sédimentaires ou cristallins, peuvent être libres, c’est-à-dire formés à partir d’un germe flottant dans la cavité géodique, et dans ce cas, ils sont bipyramidés, ou bien ils croissent à partir d’un germe sur l’éponte ou sur la paroi de quartz massif, et se développent préférentiellement de manière perpendiculaire à ce support. Ils ne présentent alors qu’un

seul pyramidion, et leur base peut être complexe : souvent laiteuse, avec plusieurs cristaux enchâssés. Parfois, des événements tectoniques survenus lors de leur formation ont entraîné le bris des cristaux, qui sont tombés et ont ensuite été recouverts par de nouveaux cristaux. Ainsi, dans les cavités géodiques, la forme, la dimension et le nombre des cristaux peuvent être fort variables. Le plus souvent, le vide restant est comblé de manière plus ou moins complète par un limon ou une argile qui emballe des cristaux. Le tout peut présenter un bel aspect, une fois dégagé par l’érosion et nettoyé par les pluies, mais le plus souvent, une cavité géodique apparaît de manière discrète à l’affleurement (fig. 2).

Une cavité géodique filonienne, telles celles connues en Oisans, peut avoir un volume de plusieurs mètres cubes et fournir plusieurs milliers de cristaux, dont le tri est indispensable pour choisir ceux qui conviennent aux besoins des tailleurs.

Les quartz non filoniens, formés dans les fissures des séries sédimentaires préalpines, sont le plus souvent bipyramidés et de très petite taille. Leur collecte est plus aléatoire, car ils sont peu nombreux à l’affleurement, mais, *a contrario*, leur caractère insolite attire l’attention dans ces contextes sédimentaires.



Fig. 2 – Une cavité géodique dans un filon de quartz, mise au jour par le retrait glaciaire actuel en Oisans. Noter les cristaux de quartz en place sur les parois de la cavité, emballés dans une argile de colmatage (prospection et cliché P. Rostan).

Fig. 2 – A geodic cavity in a quartz vein, uncovered by the current retreat of the glacier in Oisans. It should be noted that the quartz crystals are still in place on the walls of the cavity, embedded in sealing clay (survey and photograph P. Rostan).

LES RESSOURCES ALPINES : LE RÔLE DU SOCLE CRISTALLIN DES MASSIFS EXTERNES

Dans les Alpes, les ressources en quartz automorphes sont nombreuses, mais leurs caractéristiques sont très variables (Rostan, 2002a, 2005 et 2007). Il est donc nécessaire, en premier lieu, de rappeler les critères de choix pour les hommes préhistoriques, avant de rechercher les sources potentielles qui remplissent les conditions requises.

Les critères de choix préhistoriques

Les contraintes physiques sur les cristaux

Dans les Alpes occidentales, les cristaux sont utilisés essentiellement pour le débitage. Les choix se portent donc sur des prismes hyalins (voir supra). Les dimen-

sions requises sont difficiles à préciser, mais l'examen des collections archéologiques indique que des prismes de section inférieure à 1 cm environ ne sont pas débités, même s'ils sont présents sur les sites récepteurs. *A contrario*, il semble que les dimensions maximales dépendent des intentions du tailleur : pour le débitage de lamelles sans décorticage, les sections sont de l'ordre de 2-3 cm ; pour les méthodes plus élaborées identifiées en Valais, les sections sont supérieures (Honegger, 2011). En outre, il est plus difficile de mesurer les dimensions initiales des prismes débités sous forme d'éclats, lesquels peuvent être de plus grande section encore. Néanmoins, il semble que les prismes de grandes dimensions (plus de 5 cm de section ?) ne sont pas recherchés, sans doute pour des questions de facilité de débitage. D'après le mobilier archéologique, ces cristaux ne sont pas les plus fréquents en Oisans mais se trouvent par contre plus recherchés dans les Alpes suisses.

L'allongement des cristaux est aussi un critère de choix : une longueur au moins équivalente à la section semble être recherchée, avec parfois des allongements importants. Ceci est sans doute lié à la nature même des cristaux filoniens (les plus recherchés, voir *infra*) : leur base, quand ils sont ancrés sur une paroi, est le plus souvent laiteuse, donc beaucoup moins propice à la taille (fig. 1).

Au Néolithique, mais surtout dans le Néolithique final de Provence et du Languedoc, certains cristaux sont utilisés comme éléments de parure. Il s'agit de petits cristaux, hyalins ou colorés, qui sont parfois façonnés en perle, mais le plus souvent, qui sont utilisés entiers, percés ou non. Dans ce cas, c'est bien la forme régulière du prisme surmonté de son pyramidion qui est recherchée, et les dimensions requises peuvent être faibles, moins de 1 cm de section (Barge et Carry, 1986). La question de la provenance de ces cristaux, choisis pour des raisons a priori d'esthétique, se pose donc de manière différente que pour les pièces à débiter et ne sera pas abordée ici.

L'abondance de la ressource

Le choix d'un gîte, primaire ou secondaire, repose aussi sur la quantité de cristaux taillables qu'il peut fournir. À partir de l'Azilien, au moins sur certains sites (La Balme-de-Thuy, par exemple : Ginestet *et al.*, 1984), il est difficile de parler d'une collecte aléatoire. Au vu du nombre de pièces et de la maîtrise de la matière dont témoignent les objets débités, il s'agit d'une industrie qui nécessite un approvisionnement délibéré à des sources connues. Il ne faut, en effet, jamais oublier que, en Préhistoire récente, les sites archéologiques que nous étudions ne représentent qu'une très faible part des occupations contemporaines. En conséquence, la probabilité pour qu'un comportement observé sur de tels sites soit exceptionnel est très faible. Dit autrement, puisque dans l'Azilien et le Mésolithique de La Balme-de-Thuy, le quartz hyalin est débité de manière intensive, il est hautement probable qu'à échelle locale au moins, ces choix soient généralisés. Ceci implique donc l'acquisition de quantités importantes de cristaux, donc un approvisionnement conséquent.

Il n'est évidemment pas impossible que la découverte fortuite de beaux prismes, à la faveur d'autres activités, conduise à leur collecte. Mais, pour assurer un approvisionnement régulier, seuls des gîtes capables de livrer des centaines de cristaux taillables peuvent convenir. Les gîtes primaires sont donc les sources principales d'approvisionnement, dans tous les cas où l'usage du quartz hyalin dépasse l'anecdote.

La revue des mentions de quartz hyalin de la part des géologues et des minéralogistes ne suffit pas à documenter les ressources potentiellement mises à profit durant la Préhistoire. Il est nécessaire de retourner sur le terrain pour qualifier et quantifier ces ressources, et ainsi les hiérarchiser par rapport aux besoins des hommes préhistoriques. Néanmoins, il est nécessaire de préciser les conditions géologiques qui président à la formation de ces cristaux, pour savoir où les chercher. Dans les Alpes occidentales, deux grands types de genèse existent pour les cristaux : 1) les « fentes alpines », du socle cristallin et 2) les « fentes alpines » affectant les roches des couvertures sédimentaires déformées. Un important travail de prospection menée dans les Alpes du Sud, puis poursuivi dans les Alpes du Nord françaises permet aujourd'hui de dresser un bilan critique des ressources en quartz hyalin des Alpes françaises (Rostan 2002a, 2005 et 2007). Il en ressort que, si les quartz d'habitus fenêtre (rencontrés dans des fissures des roches d'origine sédimentaires des Préalpes) sont bien attestés dans les séries archéologiques en Provence, ils ne constituent pas la majeure partie des approvisionnements. Il en est de même en Dauphiné, où S. Cousseran a démontré par l'analyse des inclusions fluides que les quartz sédimentaires sont d'une utilisation très marginale (Cousseran, 1999, 2000 et 2001 ; Cousseran *et al.*, 1998). Les fentes des séries gréseuses des zones alpines livrent des cristaux d'habitus prismatiques classiques mais toujours en petits volumes à l'inverse des filons de quartz, présents quasi-exclusivement dans le socle des massifs cristallins alpins. Il s'avère donc que le socle cristallin externe est la source potentielle principale pour le quartz hyalin des Alpes françaises.

Le socle cristallin : un réservoir primordial de cristaux dans les Alpes françaises

Les massifs cristallins externes des Alpes sont le lieu de prédilection pour les cristallisations du quartz utilisé durant la Préhistoire, mais, de manière très variable selon les massifs (Rostan, 2005 et 2007 ; ici : fig. 3).

– dans le Permien des hautes vallées de la Roya et de la Vésubie, des fissures avec rares petits cristaux de 2-3 cm de longueur maximale ;

– dans les roches magmatiques et métamorphiques des vallées de la Vésubie et de la Tinée, des fissures de faible extension avec des cristaux peu abondants pouvant atteindre plusieurs centimètres de longueur.

Le socle cristallin de Pelvoux-Grandes Rousses-Taillefer-Belledonne est le secteur le plus favorable pour le quartz hyalin. À ce jour, la prospection systématique n'a concerné que les deux premiers massifs cités, mais les

résultats sont éloquentes (Rostan, 2005 et 2007 ; Moulin *et al.*, 2012). Les filons se développent dans le socle, près du contact avec le Trias. Ils sont absents sur la partie sud du Pelvoux et sont bien développés sur la retombée nord (en Oisans) et dans les massifs précités jusqu'en Tarentaise. Les filons de quartz sont souvent subverticaux et perpendiculaires au contact, et le quartz est l'espèce minérale dominante. Il s'agit donc, dans cette région, d'une ressource abondante et facile à trouver, pour peu que les connaissances minimales de gîtologie soient acquises.

Dans ces filons, le quartz automorphe se développe dans des cavités géodiques qui peuvent dépasser le mètre cube de volume, disposées en chapelet le long du filon, ou occupant des fissures. Le quartz hyalin est d'habitus prismatique et allongé, parfois avec habitus du Dauphiné, de 10 cm de long maximum en général pour une section de prisme qui ne dépasse guère quelques centimètres. La chlorite est souvent présente, en quantité et sous des formes variables : feutrage ou tapis indépendant du quartz, inclusions dans la masse du cristal, etc.

En Oisans, un inventaire détaillé des gîtes et des exploitations a été entrepris récemment et se trouve présenté en détail ci-dessous (Rostan, 2002b, 2003a, 2003b, 2004a et 2004b).

Plus au nord, les prospections ne sont pas encore complètes. Des données existent cependant pour la Maurienne : le massif cristallin du Grand Châtelard au-dessus de Saint-Jean-de-Maurienne (1 700-2 150 m), recèle des filons tout à fait similaires à ceux de l'Oisans, qui ont été exploités à une période ancienne (inédit). En Tarentaise, les prospections préliminaires engagées dans le secteur géologiquement le plus favorable, entre le col de la Madeleine, la Lauzière et le Grand Mont confirment l'extension des filons à cavités géodiques minéralisées jusqu'au Beaufortain, avec, incidemment, la reconnaissance d'exploitations anciennes (Rostan, 2008). Plus au nord encore, en Beaufortain, Aiguilles Rouges, Mont-Blanc, ainsi, à l'ouest, en Belledonne et dans le Taillefer, tout reste à faire, mais autant les données géologiques que les résultats de l'analyse des inclusions fluides plaident pour l'abondance des ressources et leur mise à profit durant la Préhistoire récente.

Les ressources du versant alpin italien, quant à elles, se trouvent en cours d'appréciation.

LA MISE À PROFIT DU QUARTZ HYALIN : BREF BILAN CHRONOLOGIQUE POUR LES ALPES OCCIDENTALES

Chronologie

L'usage du quartz hyalin dans les Alpes françaises, suisses et italiennes a récemment fait l'objet d'un bilan chronologique (Thirault, 2013) qui complète les données déjà publiées (Brisotto, 1998 et 1999 ; Baroni, 2003 ; Honegger, 2001). Nous en synthétisons ici les principaux résultats :

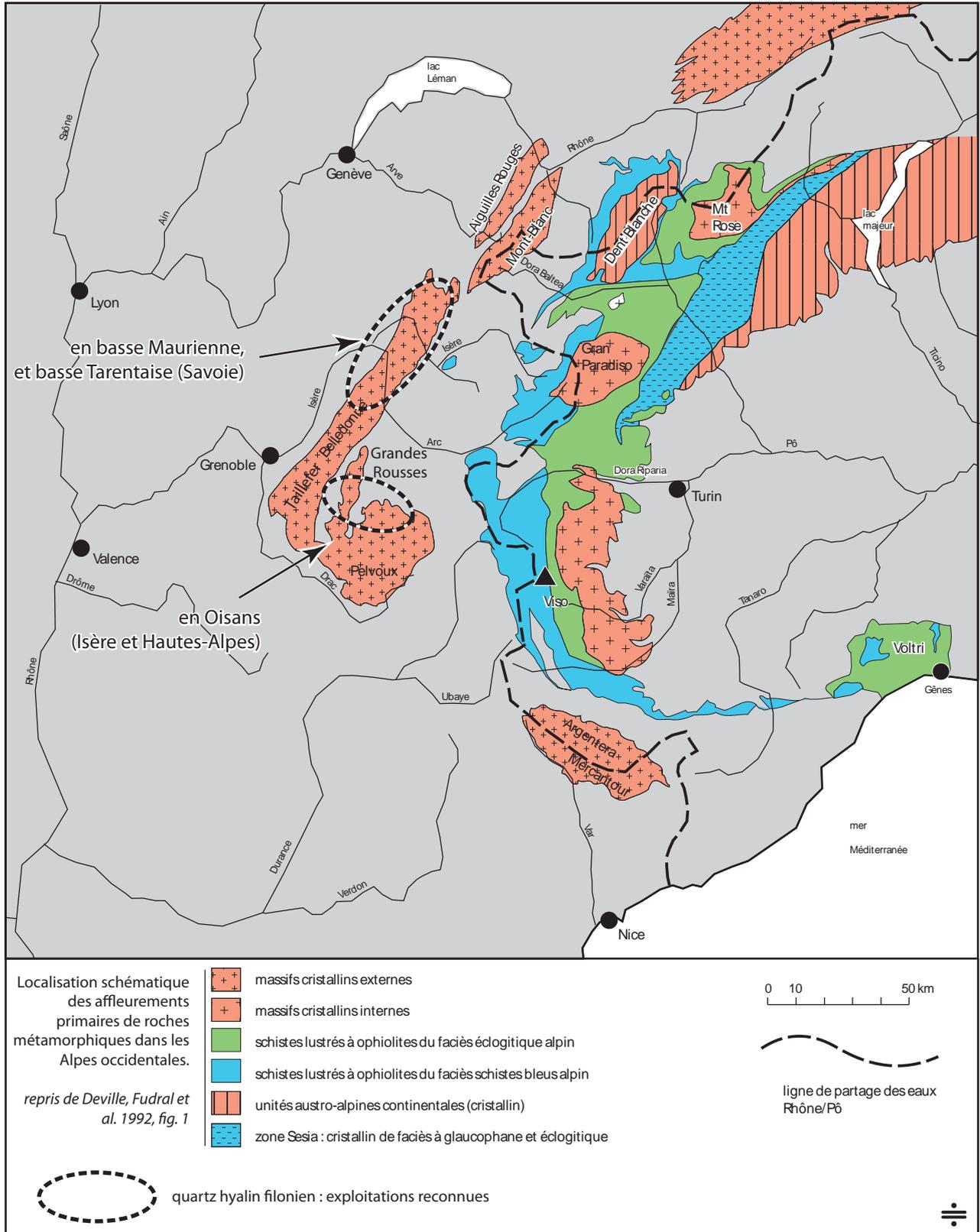


Fig. 3 – Les exploitations de quartz hyalin filonien reconnues à ce jour dans les Alpes occidentales : report sur fond géologique simplifié (carte É. Thirault).

Fig. 3 – The exploitation veins of hyaline quartz known to date in the Western Alps: mapping on simplified geological background (map É. Thirault).

– le quartz hyalin fait une apparition timide dans le Magdalénien supérieur des Alpes françaises, sur des sites des Préalpes ; il en est de même dans l'Épigravettien d'Italie centrale alpine ;

– en Savoie, une industrie notable est attestée durant l'Azilien, surtout à La Balme-de-Thuy (Ginestet *et al.*, 1984), sans doute en lien avec des ressources spécifiques ;

– une véritable industrie se développe durant le « premier Mésolithique » dans les trois pays concernés : le fait est patent sur les sites implantés dans les Alpes cristallines ou à proximité. Il est également net sur les sites pré-alpins, avec des taux de présence bien moindres, mais qui témoignent de la vitalité des circulations de matériaux. La présence de débitage de lamelles montre la parfaite adaptation des tailleurs à ce matériau ;

– au Mésolithique récent au contraire, la documentation semble faire défaut, mais l'enquête devrait être approfondie pour statuer sur ce point ;

– au Néolithique ancien, l'industrie du quartz hyalin semble se développer de nouveau, si on en croit les données acquises sur les sites pré-alpins ; mais la documentation manque pour les régions cristallines. Cependant, c'est à ce moment-là que le quartz hyalin apparaît dans nombre de sites du Sud-Est de la France ;

– au Néolithique moyen, les données intra-alpines, tant en Valais qu'en Savoie, démontrent l'intensité de l'usage du quartz hyalin et sa mise en circulation loin des sources (Sud-Est de la France, plateau Suisse). Le débitage de lamelles et de petites lames, pour partie au moins par pression, atteste là encore l'adaptation des tailleurs au matériau. On relève cependant des méthodes de préparation et de détachement différentes selon les sites ;

– après le Chasséen et le Cortaillod, la circulation et l'usage de ce matériau se restructurent en profondeur : usage pour le débitage dans les secteurs intra-alpins (Valais, Savoie) ; emploi comme parure ailleurs, dans les anciennes régions de circulation.

Déductions et questions

Deux constats peuvent être pointés de ce rapide survol :

1) En premier lieu, il existe des constantes diachroniques dans le taux de quartz hyalin sur les sites (fig. 4) : les occupations positionnées dans les massifs cristallins présentent des taux toujours bien supérieurs, et il est rare que les silex y soient prépondérants. Parfois même, seul le quartz hyalin est employé. Inversement, le taux décroît dans les vallées préalpines et dans les reliefs sédimentaires externes. Ce fait, compris par nombre d'auteurs, a induit trois idées :

– le quartz hyalin serait un matériau de remplacement du silex là où il est absent ou rare ;

– il proviendrait de gîtes filoniens à rechercher dans les massifs cristallins ;

– il serait de moins bonne aptitude à la taille, et serait donc un matériau de second choix.

Un site, l'abri de la Vieille Église à La Balme-de-Thuy, fait exception, à l'Azilien et au Mésolithique moyen, avec de forts taux d'emploi du quartz hyalin, hors zone cristalline. Néanmoins, lors de son étude de l'industrie,

P. Bintz notait que les deux types de silex utilisés en plus du quartz hyalin étaient une chaille grise locale de très mauvaise aptitude à la taille, employée abondamment, mais surtout pour le débitage d'éclats, avec peu d'outils ; et une chaille du Valanginien local de meilleure qualité, mais peu utilisée (Ginestet *et al.*, 1984, p. 327). Ainsi, au moins sur ce site, le quartz hyalin est bien le matériau de meilleure qualité sélectionné de préférence.

2) La vision diachronique plaide pour une nette arthmie dans la mise en circulation du quartz hyalin alpin :

– à l'Azilien et sans doute aussi durant l'Épigravettien italien, il s'agit d'une ressource utilisée parfois avec intensité, mais sur certains sites seulement. Dans ce cas, un lien pourrait être établi avec la découverte de gîtes précis, sans développement réel d'une circulation ;

– au Mésolithique moyen se produit une nette mise en circulation de ce matériau, avec, dans les Alpes cristallines, un emploi préférentiel qui ne se dément pas jusqu'à la fin du Néolithique ;

– après un possible recul au Mésolithique récent, dès le Néolithique ancien, les circulations à longue distance se mettent en place dès le Néolithique ancien dans le Sud-Est de la France, certes avec de très faibles quantités, mais sur un tel nombre de sites (avec un inventaire encore grandement insuffisant) qu'il ne peut s'agir que de réseaux bien établis.

Éléments de problématiques

Ces constats plaident pour l'existence de fortes variations dans les accès aux ressources et probablement pour la mise à profit de gîtes différents dans le temps, ou du moins, des exploitations menées avec des modalités différentes. Un retour sur le terrain s'impose donc pour mettre au jour et caractériser les exploitations. Mais cette démarche n'a pas été privilégiée par les préhistoriens, qui ont préféré rechercher les provenances par la caractérisation des matériaux (analyse des inclusions fluides), laquelle n'a pas donné entière satisfaction, à cause des limites mêmes de la méthode, de la déficience du référentiel naturel et de l'arrêt des recherches de la part de la principale protagoniste de cette démarche appliquée à la Préhistoire (Cousseran, 1999, 2000 et 2001). Néanmoins, ces analyses ont permis des avancées notables. La démonstration est faite de la multiplicité des sources dans l'espace alpin français, avec une nette prépondérance pour les filons des massifs cristallins externes. Il est donc impossible de parler « du » quartz hyalin. Comme pour « le » silex, les ressources sont nombreuses dans les Alpes et elles ont été mises à profit en de multiples points.

Ainsi, même si le nombre de sites et d'objets analysés demeurent insuffisants, les données acquises au moyen des inclusions fluides démontrent l'existence de réseaux de circulation distincts, dont l'évolution chronologique n'est pas encore perçue. Pourtant, le changement d'échelle dans les circulations à partir du Néolithique ancien et durant tout le Néolithique moyen, implique une structuration forte des réseaux, qui a déjà été argumentée

en Suisse (Honegger, 2001). Il existe deux niveaux de circulation (fig. 4) :

- un niveau régional, où le quartz hyalin constitue un matériau prépondérant, car les sources sont proches, contrairement au silex ; ce niveau semble encore effectif au Néolithique final ;

- un niveau suprarégional où circulent des produits en très faible quantité, peut-être en accompagnement d'autres biens. Ce niveau est atteint au Néolithique ancien et moyen, mais semble disparaître après le Chasséen, du moins dans les Alpes françaises.

Le premier niveau doit probablement être subdivisé, si l'exemple du Valais et du lac Léman est pertinent pour les Alpes françaises (Honegger, 2001) : en effet, un gradient existe de l'est vers l'ouest, sans doute avec l'éloignement progressif des sources. En haut Valais, les prismes entiers sont nombreux sur les habitats au pied des reliefs (Rarogne) ; en Valais central (Sion), le débitage est très élaboré, avec l'adaptation des techniques de préparation des nucléus en silex bédouliens à des prismes en quartz de bonnes dimensions ; en bas Valais et à Genève dans le bassin lémanique, seules des lamelles parviennent sur les habitats. Il n'est pas certain que ce schéma soit valide pour les Alpes françaises, car il semble, premièrement, que les dimensions des prismes débités y soient inférieures, ne nécessitant pas de décorticage préalable et, deuxièmement, que des nucléus sont attestés sur des habitats éloignés des massifs cristallins.

Ainsi, une comparaison peut être établie avec le fonctionnement des réseaux de circulation de l'obsidienne et des silex bédouliens du Sud-Est de la France. Par comparaison avec l'obsidienne sarde, les Alpes internes seraient dans une situation « insulaire », à l'image de la Sardaigne, d'où partent des nucléus préformés en direction de la Corse et de la côte nord-méditerranéenne (Costa, 2007 ; Léa *et al.*, 2010). Mais la comparaison s'arrête là, car si l'obsidienne circule depuis la côte méditerranéenne avant tout sous la forme de lame(ille)s débitées, le quartz hyalin circule, lui, sous la forme de cristaux entiers. La comparaison avec les silex bédouliens semble plus pertinente : les ateliers inféodés aux gîtes du Sud de la Drôme et du Nord du Vaucluse sont bien distincts, du point de vue géographique, des habitats récepteurs de préformes prêtes à être débitées sous forme de lamelles pression (Léa, 2004 et 2005).

Plus encore, il semble bien qu'au Néolithique moyen, il existe un véritable transfert de technologies qui affecte les diverses productions précitées. Pour le quartz hyalin : « le débitage de lamelles en quartz mené sur les quelques sites du Valais central revêt une importance certaine, car c'est la seule production laminaire *sensu lato* attestée sur des habitats. Elle suppose une maîtrise technique à l'échelle domestique, que l'on ne trouve nulle part ailleurs en Suisse durant le Néolithique moyen et final » (Honegger, 2011, p. 174). Reprenant les conclusions de J. Pelegrin sur les débitages de lame(ille)s par pression, qui indique que l'apparition de la pression dans une région donnée peut être comprise comme un apport externe (Pelegrin, 1988), M. Honegger conclut « qu'en Valais, l'origine du débitage lamellaire est à rechercher dans la sphère chasséenne »,

où la maîtrise des méthodes de préformages et de débitage des lamelles est acquise (Honegger, 2011). En outre, des influences chasséennes sont perceptibles dans la céramique de ces mêmes sites valaisans.

Quartz hyalin, obsidienne, silex bédouliens : ces matériaux, avec des qualités physiques bien différentes, se prêtent bien à des productions investies et standardisées. L'appréciation commune, pour le quartz hyalin, sur la moindre aptitude à la taille et l'usage comme matériau de substitut du silex, est donc à revoir sévèrement : dans les Alpes occidentales, le quartz hyalin est l'enjeu, au moins au Néolithique ancien et moyen, d'exploitations contrôlées, et sa mise en circulation à grande échelle démontre sa valeur dans les réseaux (Brisotto, 1999). Toutefois, cet aspect doit être pondéré vis-à-vis des volumes de matière susceptibles d'être débités, c'est-à-dire de la taille des individus cristallins que livrent les gisements. À de rares exceptions près, les cristaux des Alpes françaises et en particulier ceux de l'Oisans offrent des volumes débitables sensiblement inférieurs à ceux des gîtes de silex et ce critère intervient certainement dans les choix ; par ailleurs, la comparaison entre les deux types de matière trouve ses limites dans les caractéristiques du cristal de roche, nettement plus tranchant et moins apte à la réalisation de retouches.

Un parallèle doit également être établi avec la circulation des lames de hache fonctionnelles en éclogites et autres roches métamorphiques de HP/BT dans le Sud-Est de la France, pour en souligner les différences structurales : dans le cas des lames polies destinées au travail, l'emprise géographique des circulations massives, au Néolithique moyen, déborde largement les zones de production intra-alpines, pour atteindre le Rhône à l'ouest, à 200 km des sources, et ce dispositif est sous-tendu par un réseau de sites receveurs d'ébauches dans le Diois et la vallée du Buëch (Ricq-de Bouard, 1996 ; Thirault, 2004).

Bipartition des espaces alpins, arhythmie dans la chronologie des usages et des circulations, existence de productions investies destinées à autrui : l'examen des données archéologiques, sans avoir la moindre connaissance des gîtes exploités, autorise un bilan prometteur. Dans ce sens, il n'existe pas « une » question du quartz hyalin dans les Alpes. C'est donc bien dans la compréhension fine de cette diversité des situations que les problématiques de recherche doivent tendre. Et pour cela, il devient urgent de documenter les sources même des cristaux.

L'EXTRACTION DES CRISTAUX EN OISANS (HAUTES-ALPES, ISÈRE, SAVOIE) : LE RENOUVEAU DU TERRAIN

C'est bel et bien par le terrain que la question du quartz hyalin a rebondi depuis plus d'une décennie dans les Alpes françaises. Nous présentons ici une synthèse des résultats acquis, agrémentée d'exemples choisis, en ne considérant que le cas de l'Oisans, le mieux documenté à ce jour.

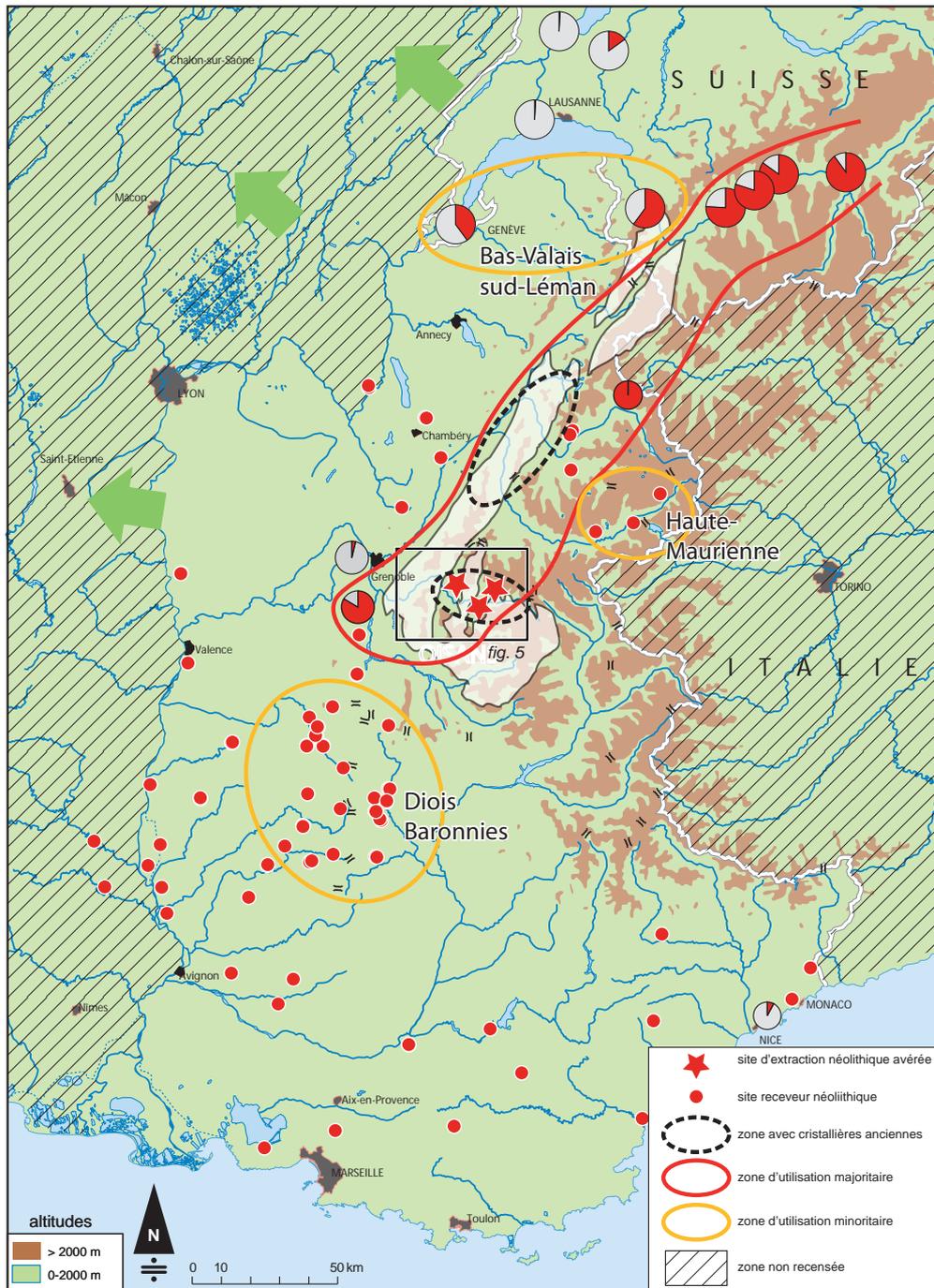


Fig. 4 – Carte interprétative de la circulation du quartz hyalin au Néolithique. Ne sont mentionnés que les sites ayant livré du quartz hyalin débité, avec indication de la proportion de quartz par rapport à l'ensemble du lithique taillé, quand les données sont disponibles. Inventaire des sites repris de Brisotto, 1998 et 1999; Honegger 2001, complété. Voir Thirault, 2013, pour l'inventaire commenté. Une tripartition peut être proposée entre une bande centrée sur les reliefs alpins (rouge) où l'usage du quartz hyalin est majoritaire voire exclusif, des régions (jaune) où il est bien représenté en concomitance avec les silex et parfois les quartzites (haute Maurienne), et une zone où sa présence est notable mais de peu de poids (quelques pourcents au plus). Les flèches vertes suggèrent des circulations plus lointaines encore, en direction de l'Auvergne, de la vallée de la Saône et du Jura, au Néolithique moyen (carte É. Thirault).

Fig. 4 – Interpretative map for hyaline quartz circulation during the Neolithic. Only the sites that yielded debitage products made of hyaline quartz are reported, indicating the proportion of quartz with regard to the entire knapped stone assemblage, if these data are available. Site inventory built up after Brisotto, 1998 and 1999; Honegger 2001 and completed. See Thirault, 2013, for the comment on this inventory. A tripartition can be proposed, with a stripe (in red) limited to the Alps where the use of quartz is predominant or even exclusive, regions (in yellow) where it is well represented next to flints and quartzites (Upper Maurienne), and an area where its presence can be noted but is of minor importance (a few percent at the best). The green arrows suggest more distant circulations, towards the Auvergne region, the Saône valley and the Jura, during the Middle Neolithic (map É. Thirault).

Bref historique des recherches

Quand, au début des années 2000, l'un de nous (P. R.) aborde l'Oisans pour y mener des prospections, il ne s'agit pas d'un terrain vierge de découvertes. En effet, l'exploitation des cristaux est mentionnée dans les écrits des voyageurs et des minéralogistes des XVIII^e et XIX^e siècles (Rostan, 2005). Deux cristallières sont même portées sur la carte de Cassini, au milieu du XVIII^e siècle. Pourtant, des mentions dans les archives laissent penser à une plus grande ancienneté de ces exploitations, peut-être dès le XV^e siècle (Rostan, 2003a, p. 4). Une des difficultés des archives est que les exploitations n'y apparaissent pas, car il s'agit d'entreprises de faible envergure. Seuls les éventuels conflits entre cristalliers peuvent faire l'objet d'actes écrits.

Sur le terrain, l'existence de cristallières est connue, mais leur datation demeure difficile. En outre, le travail analytique de S. Cousseran sur les inclusions fluides l'amène à recueillir des échantillons sur le terrain, mais la localisation exacte des prélèvements n'est pas mentionnée. Il semble même que la collecte ait été effectuée sans chercher à visiter des cristallières connues, hormis le site de la Gardette à Villard-Notre-Dame (Cousseran, 2000 et 2001 ; Cousseran et Bintz, 2001).

Pour ne rien simplifier, la Préhistoire de l'Oisans est inconnue, ou presque. Deux sites mésolithiques sont identifiés par prospections de surface, sur les reliefs occidentaux :

- dans la chaîne de Belledonne, le site des lacs Robert à Chamrousse, à 2010 m d'altitude, inventé par Jean-Claude Jarjat en 2001, qui a livré cent dix pièces, dont trente-huit en quartz hyalin (Bintz, 2001) ;

- sur le Taillefer, près du lac du Poursollet, à 1 860 m d'altitude, site inventé par Jean-Marc Roche et Régis Picavet (Cousseran et Bintz, 2001, p. 41 et R. Picavet, comm. orale).

Pour le Néolithique, seules quelques lames de hache polies de découverte ancienne témoignent d'une présence humaine, à La Grave, Mont-de-Lans, Venosc et Villard-d'Arène (Thirault, 2004). Mais, la prudence s'impose face à ces objets isolés dont l'origine n'est pas toujours néolithique : en effet, certaines pièces ont pu, à toutes périodes, être récupérées comme talisman humain ou animal (Bocquet, 2001 ; Thirault, 2004, p. 272).

En 2001, le constat semble implacable : « Mis à part la chasse et la recherche de quartz, qui ont dû être pratiquées plus ou moins sporadiquement pendant des millénaires, les paysans néolithiques [...] ont pu utiliser les alpages sans que nous en ayons de preuve, ces activités de transhumance laissant peu de vestiges. [...] Bien que du V^e au II^e millénaire le climat ait été plus propice qu'actuellement [...], aucune nécessité vitale n'a poussé l'homme à conquérir les terres difficiles de l'Oisans pour s'y installer » (Bocquet, 2001, p. 37). « En fait, il semble que le quartz ait été le plus souvent ramassé de façon occasionnelle lors de divers déplacements » (Cousseran et Bintz, 2001, p. 41).

En trois campagnes de prospections (2002-2004), plus d'une centaine d'extractions sont reconnues et décrites en

Oisans et très vite, la présomption de la grande ancienneté de certaines d'entre elles se mue en probabilité (Rostan, 2002b, 2003a, 2003b, 2004a et 2004b). Le principe directeur est celui de la prospection minière : parcourir sur le terrain, en surface, les secteurs propices à la présence de filons minéralisés, et identifier les traces d'exploitations éventuelles. Mais, étant donné le caractère ponctuel des gîtes (fissures, filons, géodes), il est nécessaire de garder à l'esprit qu'une exploitation ancienne a pu conduire à l'épuisement de la ressource et donc, à la disparition des cristaux eux-mêmes. En conséquence, la prospection croise les données géologiques, gîtologiques, les traces archéologiques d'extraction (cavités) et les déchets qui en sont issus (haldes, tri, transformation).

En 2006, un premier sondage archéologique est mené sur le plateau d'Emparis à La Grave (Hautes-Alpes), poursuivi en 2007. En 2008, nous réalisons un sondage limité dans la cristallière du Ribot à Huez-en-Oisans (Isère). Faute de disponibilité des protagonistes, ces premières investigations sont suspendues, mais dans le même temps, la prospection s'étend avec succès à la Savoie (Rostan, 2008), tandis que le programme de prospections des mines métalliques du massif des Rousses (Isère et Savoie), conduit de 2007 à 2010 par Bernard Moulin, Joël Vital et l'un de nous (É. T.), permet de documenter de nouvelles extractions de quartz dans ce secteur (Moulin *et al.*, 2012). Enfin, en 2013, de nouveaux sondages sont entrepris à Emparis.

À ce jour, les prospections ne sont pas achevées pour l'Oisans, dans la mesure où tous les secteurs propices n'ont pas encore été visités. Néanmoins, un premier bilan est possible et les perspectives de recherche sont fortes.

Les cristallières de l'Oisans : une vue d'ensemble

Des sites nombreux

À ce jour, vingt-cinq sites distincts ont été identifiés sur la retombée nord du Pelvoux et les Rousses (fig. 5 et fig. 6 ; Rostan, 2002b, 2003a, 2003b, 2004a, 2004b, 2005 et 2007), toujours dans la même configuration géologique. Le nombre d'exploitations sur chaque site dépend de l'importance des gîtes et de la finesse de la prospection, un travail exhaustif étant difficile dans ces contextes montagneux. Néanmoins, l'inventaire regroupe plus de cent quarante exploitations, et la variabilité des sites est importante, de la simple cavité isolée vidée de son contenu jusqu'aux grandes galeries polyphasées.

Les gîtes sont constitués par des filons, dont l'épaisseur peut dépasser localement le mètre, et plus rarement par des remplissages de fissures. Ces formations sont isolées ou disposées en séries, formant ainsi des champs filoniens d'ampleur parfois kilométrique. Le quartz recherché cristallise dans des cavités géodiques qui peuvent avoir plusieurs mètres cubes de volume, cavités parfois disposées en chapelet dans le filon. Ainsi, la recherche des cristaux n'a rien d'aléatoire, et la découverte des plus grands gîtes par les hommes préhistoriques a dû se faire

par une approche certes intuitive, mais rationnelle, des conditions de gisement. Au bilan, il semble bien que les ressources accessibles ont été, au fil des siècles, complètement épuisées, car aujourd'hui, les cavités exploitées par les cristalliers se situent soit dans d'anciennes extractions reprises avec des techniques modernes, soit sur des gîtes sans intérêt pour les hommes préhistoriques (petits cristaux, cristaux colorés ou inaptes à la taille, etc.), soit sur des filons à haute altitude, qui sont mis au jour par la fonte actuelle des glaciers, soit encore dans des secteurs très difficiles d'accès (grandes parois, etc.).

En effet, les plus hautes exploitations non actuelles sont situées à 2830 m d'altitude environ (fig. 7), mais le plus souvent à des altitudes moindres, tandis que des filons minéralisés sont identifiés à plus de 3000 m sur le versant nord du Pelvoux (glacier du Tabuchet, de la Girose, de Mont-de-Lans). Il existe ainsi une limite altitudinale à l'exploitation ancienne.

Typologie des exploitations

Une des difficultés des exploitations minières, de manière générale, est leur datation. Les cristallières n'échappent pas à cette règle, et le travail de terrain « en surface » a été orienté vers la recherche des indices de chronologie relative et absolue. La typologie des travaux, en lien avec les techniques de creusement, permet de proposer une première sériation.

La vidange manuelle de cavités géodiques naturellement ouvertes est une technique qui peut être pratiquée à toutes les périodes. Dans ce cas, le volume initial est respecté, et le travail se limite à l'emport des cristaux libres (les plus nombreux) ainsi qu'au détachement des cristaux des parois au percuteur. Dans l'idée d'une recherche intensive des cristaux dès la Préhistoire, il est probable que ces cavités visibles ont été vidées les premières.

Le creusement de fosses sur les filons est attesté de manière récurrente et conduit parfois à leur disparition locale, comme dans le secteur des Lacs Cristallins du plateau d'Emparis (voir *infra*). Certaines exploitations se développent en véritables tranchées sur plusieurs mètres de longueur (fig. 8). Dans ce cas, le vide ainsi créé est supérieur au volume des cavités géodiques : il s'agit donc bien, alors, d'un défilage continu, nécessaire pour accéder à la suite des cavités géodiques et non pas d'une simple vidange de cavité. Les techniques extractives sont difficiles à identifier, surtout lorsque le creusement a été ensuite comblé. Au moins pour Emparis, des creusements avec des outils miniers préhistoriques (bois de cerf, etc.) sont tout à fait possibles, pour extraire les plaques de cristaux sur les parois et éventuellement déchausser les épontes (les parois du filon) afin d'atteindre des cristaux dans les recoins de la cavité. Dans la plupart des cas, les qualificatifs de « fosse » ou de « tranchée » sont cependant des termes d'attente, faute de recherche approfondie qui permette de caractériser les méthodes de creusement.

La taille au feu est à présent largement attestée pour le quartz en Oisans (fig. 9). C'est une technique bien connue

de par le monde pour les mines métalliques. Mais, pour le quartz hyalin (fig. 10), les méthodes employées sont différentes de celles développées pour les minerais métalliques (Rostan, 2007). En effet, pour ces derniers, le minerai est intimement mêlé à la gangue (quartz massif le plus souvent) et le feu est donc utilisé pour abattre le filon dans sa totalité. Pour les cristaux, le feu ne sert que pour élargir les cavités géodiques généralement trop étroites, même après les avoir vidées de leurs cristaux, et pour creuser le filon en fond de cavité à la recherche de nouvelles cavités. Le résultat est la formation de vides ovoïdes d'ampleur métrique, disposés en chapelet, du plus bel effet lorsque les épontes n'ont pas été atteintes et que le creusement s'effectue dans le quartz massif uniquement. Dans toutes les cristallières prospectées, la fin des creusements ne montre plus de cristaux, ce qui signifie que les travaux ont été arrêtés lorsque plus aucun indice de nouvelle cavité minéralisée n'était perceptible dans le chantier.

La reconnaissance de la taille au feu est très importante car elle est antérieure, dans l'histoire des techniques, à l'usage de la poudre et démontre l'existence, en Oisans, d'extractions d'âge au moins médiéval. La présence de percuteurs, rencontrés sur plusieurs sites travaillés au feu, indique que le feu est suivi d'un travail manuel pour abattre les plaques de quartz générées par le choc thermique. Le cas du Ribot illustre bien le potentiel informatif de ces exploitations (voir *infra*).

Les plus hautes cristallières de l'Oisans ne comportent pas de travail au feu. Ainsi, les exploitations situées au sud de la vallée sur la commune de La Grave ne présentent pas de taille au feu au-dessus de 2200 m d'altitude (La Girose) et sur la retombée des Rousses, sur la commune du Freney, les cristallières de l'Herpie (2790 m) et de Sarennes (2830 m) sont taillées à la poudre. L'usage du feu ne dépasse pas 2460 m d'altitude. Cette limite est sans doute due à la combinaison de plusieurs facteurs, variables dans le temps : accessibilité des gîtes à la date donnée (question de l'enneigement, voire de l'englacement), compromis entre les difficultés de portage du bois et le rendement attendu de l'exploitation, disponibilité des ressources en cristaux à plus basse altitude.

Certains travaux sont réalisés à la poudre ou à la pointerole. Cette dernière technique est très peu attestée en Oisans, principalement à cause de la dureté des roches encaissantes (granites, gneiss, amphibolites) qui rendent caduques ces outils de métal. En revanche, l'usage de la poudre est plus répandu : les perforations de barre à mine, systématiquement maniées à la main, sont parfois présentes et les galeries ainsi creusées sont de section anguleuse. Les travaux à la poudre, qui ne doivent pas remonter, en Oisans, avant le XVII^e siècle, sont situés soit à haute altitude, soit en reprise d'exploitations plus anciennes taillées au feu, comme cela est attesté aux Fréaux (La Grave), aux Grandes Buffes et à Puy-le-Haut (Le Freney) et à la Grande Aiguille (Clavans). Ainsi, l'emploi de la poudre a permis de reprendre l'exploitation du quartz hyalin qui avait manifestement atteint ses limites avec la technique du feu : reprise de travaux sur d'anciennes cristallières et recherche de nouveaux gîtes, toujours plus hauts en altitude.

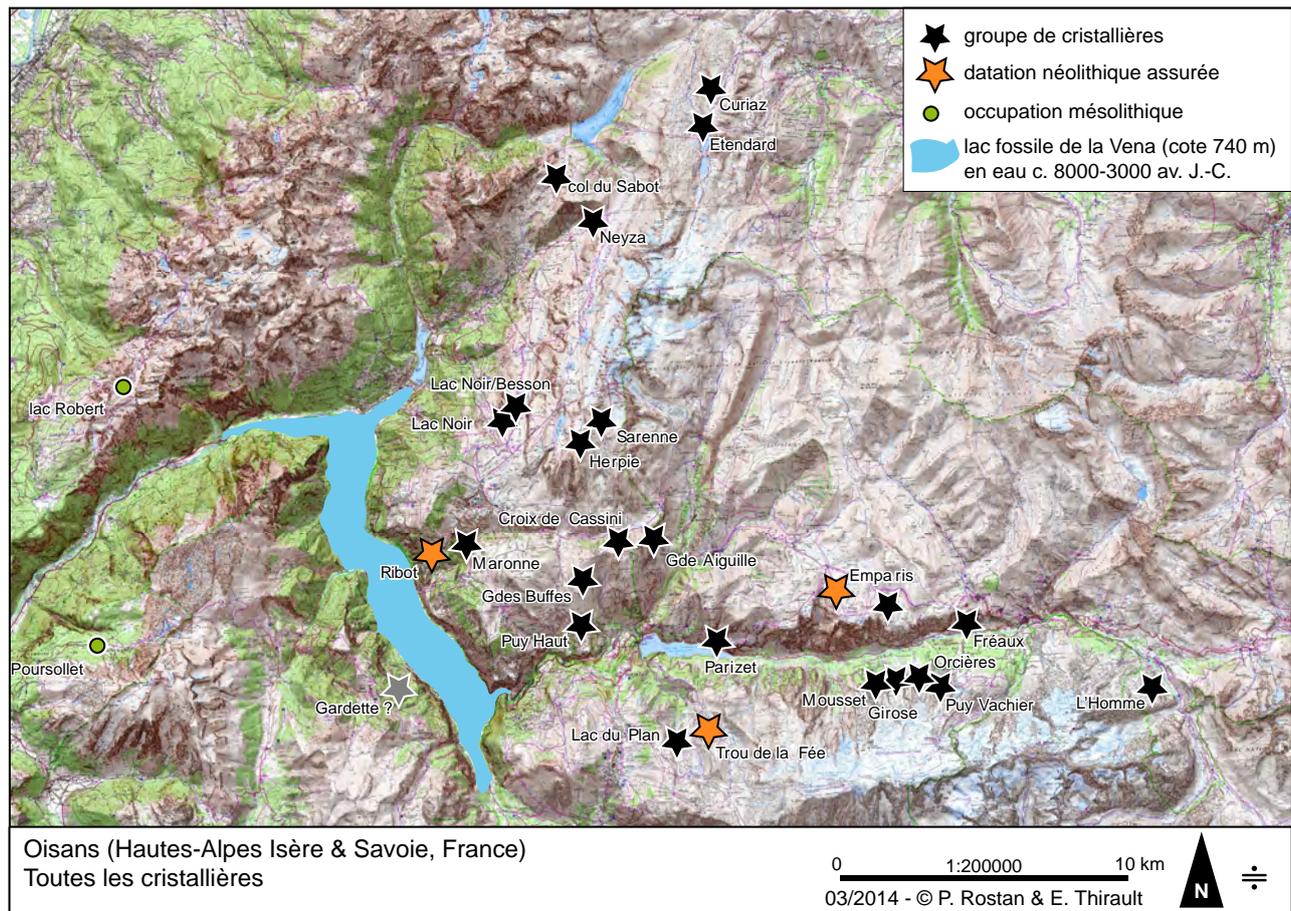


Fig. 5 – Cartographie des cristallières en Oisans. État des prospections en 2014 (prospections P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault, J. Vital). Inventaire en fig. 6.

Fig. 5 – Mapping of the crystal quarries in the Oisans region. State of survey work in 2014 (surveys carried out by P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault, and J. Vital). Inventory presented in fig. 6.

Les aires de tri et de campements

L'un des apports des prospections est la mise en évidence de vestiges corrélés aux extractions elles-mêmes. La reconnaissance des haldes (déblais issus de l'extraction) est classique et permet, dans certains cas, de certifier la nature du minéral recherché. En revanche, la reconnaissance d'aires de tri est plus originale. Il s'agit de surfaces plus ou moins aménagées à proximité des extractions et des haldes, parfois situées en contrehaut de celles-ci (ce qui démontre leur caractère intentionnel), où se retrouvent des déchets de diverses natures : blocs de quartz massifs, cristaux isolés ou encore solidaires de leur matrice filonienne, cristaux mal venus, impropres au débitage, brisés, etc. Il s'agit donc de lieux où les cristaux extraits sont déposés pour être triés : détachement des beaux spécimens au percuteur, tri des individus, etc. Le sondage ouvert à Emparis sur l'une de ces aires de tri confirme pleinement cette hypothèse (voir *infra*). Les aires de tri ont été formellement identifiées dans une dizaine de cas, mais le couvert végétal doit en masquer beaucoup d'autres. Si le modèle d'exploitation est juste, le tri des cristaux s'effectue à proximité de l'excavation, afin de limiter les transports. Dans les pentes abruptes,

un petit replat fait l'affaire, et parfois, les aires de tri sont imbriquées avec les haldes.

La question de la résidence des exploitants est posée. En basse altitude, il est possible que les exploitations soient proches de lieux d'habitation pérennes, au moins pour le Néolithique. En montagne, au contraire, l'existence de campements plus ou moins temporaires est probable. Néanmoins, aucun site correspondant n'a pour l'heure été identifié en Oisans. Cette question de la résidence des exploitants est intimement liée à celle des modalités sociales et économiques de l'acquisition des cristaux, vaste sujet sur lequel la discussion est de l'ordre, aujourd'hui, de la spéculation.

La taille au feu : les données des cristallières du Ribot à Huez

Les cristallières du Ribot à Huez-en-Oisans sont connues depuis longtemps, car situées au bord de la route menant du Bourg-d'Oisans à L'Alpe-d'Huez. Cette facilité d'accès entraîne aujourd'hui des grattages plus ou moins intempestifs et, depuis 2011, une véritable reprise d'exploitation qui dégrade peu à peu cet ensemble impressionnant. En 1968, l'agrandissement de la route pour les

Commune	Site	N de p ^s cotés	Altitude	Vidange cavités	Fosses	Feu	Poudre/barre à mine/pointerole	Travaux technique indét..	Autre	Référence	Notes
Clavans	La Grande Aiguille	3	1430-1630			fosses et galeries 7 et 8 m L	galerie			Rostan prosp. 2004	travaux anciens repris à la poudre
Huez-en-Oisans	Le Ribot	10	1200			attaques et galeries		attaques		Rostan prosp. 2004	
La Gardle	Maronnes	3	1260-1650		fosse	dépilage + galerie 13,5 m				Rostan prosp. 2004	
La Grave	Le Mousset	1	2150				galerie			Rostan prosp. 2002	
La Grave	Les Fréaux	10	1420-1500			attaque	attaque, tran- chée, galerie	tranchées et dépilages	aire de tri	Rostan prosp. 2002, 2003	travaux modernes d'exploration sur travaux anciens
La Grave	plateau d'Emparis	7	2240-2450		attaques, tran- chées, galerie		attaque, tranchée		aire de tri	Rostan prosp. 2004	
La Grave	plateau d'Emparis secteur des lacs Cristallins	29	2340-2400	vidanges	fosses, grat- tages, tranchées	fosses ?, galerie			aires de tri	Rostan prosp. 2004	
La Grave	Puy Vachier	4	2483	2 vid.	fosses	cavité	tranchée		haldes	Rostan prosp. 2003	
La Grave	Rif de la Girose	11	1900-2760	vidanges		attaque, galerie	attaques, galeries	grande cavité géo- dique (4 x 6 m) vidée		Rostan prosp. 2002	
La Grave	Rif de l'Orcières	4	> 2000	vidanges				extractions non localisées		Rostan prosp. 2002	
Le Freney	La Croix de Cassini	4	1935-2370			galerie		tranchées	haldes, aires de tri	Rostan prosp. 2004	
Le Freney	Les Grandes Buffes	3	1650-1900			Fosses ?	galeries		haldes	Rostan prosp. 2003	travaux modernes d'exploration sur travaux anciens
Le Freney	l'Herpie	2	2370-2800		fosses		Galeries ? Barre à mine			Rostan prosp. 2004	
Le Freney	Puy le Haut	3	1340-1380		fosses rem- blayées	galeries 2,5 m + 3 m		tranchées	aire de tri	Rostan prosp. 2003	travaux modernes d'exploration sur travaux anciens
Le Freney	vallon de Sarennes	2	2830				attaque barre à mine			Rostan prosp. 2004	
Mont-de-Lans	Le Lac du Plan	8	2140-2370	vidange	fosses	galeries et attaques		fosses et galeries		Rostan prosp. 2003	
Mont-de-Lans	Le Trou de la Fée	12	1970-2400	vidanges	fosses	attaques, gtranchées, gale- ries (dont une de 8 m de L)			aires de tri / haldes	Rostan prosp. 2003	
Villar d'Arène	Montagne de L'Homme	3	1820-2220				? Amorce galerie	filons : pas de travaux trouvés, mais possible		Rostan prosp. 2003	recoupe galerie ancienne ?
Mizoën	Parizet		1100 env.					attaques		Prosp. inédite Moulin Thirault 2007	
Huez et Oz	sous Lac Noir	9	2000-2060		fosses	galerie et attaque				Moulin Thirault Vital prospé 2008	
Oz-en-Oisans	Lacs Noir-Besson-Faucille	2	2080-2090		fosses	attaques				Moulin Thirault Vital prospé 2008	
Vaujany	lac de Neyza	1	2173			attaque isolée				Moulin Thirault Vital prospé 2007	
Vaujany	col du Sabot	plus- sieurs	2130-2150		fosses					Rostan inédit puis Moulin Thirault Vital prosp. 2009	
Saint-Sorlin- d'Arves	refuge de l'Etendard	1	2460		fosse	1 taille		galerie triangulaire	halde en contrebas avec Q rubéfié pilé	Moulin Thirault Vital prosp. 2009	
Saint-Sorlin- d'Arves	la Curiaz	1	2340					petit puits		Moulin Thirault Vital prosp. 2010	

Fig. 6 – Inventaire des cristallières reconnues en Oisans. Prospections menées par P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault et J. Vital. Carte de répartition en fig. 5.

Fig. 6 – Inventory of crystal quarries known in the Oisans region. Surveys carried out by P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault, and J. Vital. Distribution map presented in fig. 5.

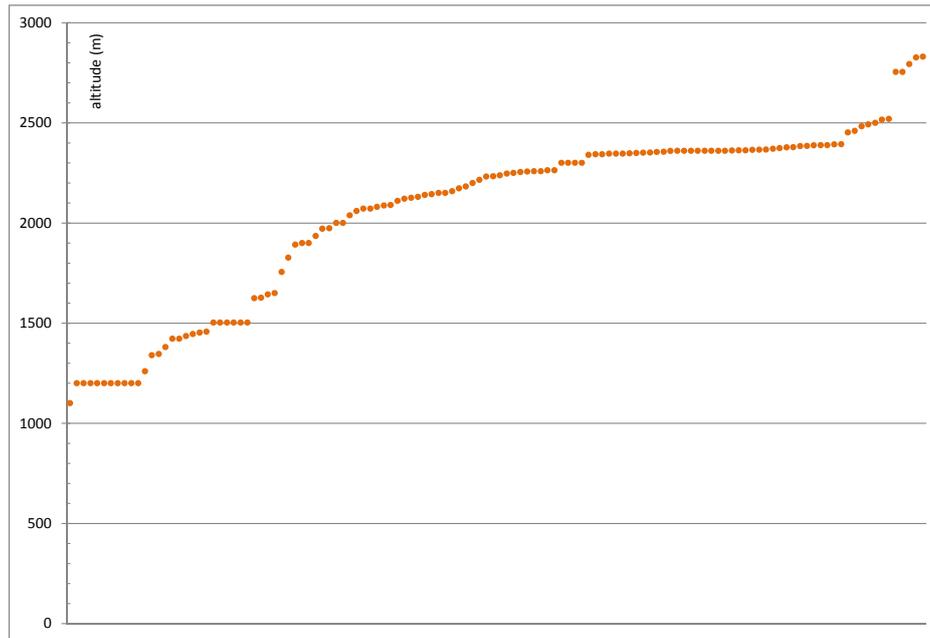


Fig. 7 — Répartition altitudinale des cristallières reconnues en Oisans. Prospections de P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault et J. Vital. Données en fig. 6.

Fig. 7 – *Altitudinal distribution of the crystal quarries known in the Oisans region. Surveys carried out by P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault, and J. Vital. Data presented in fig. 6.*

jeux olympiques dits de Grenoble a conduit à ouvrir une carrière au droit des cristallières, ce qui les a en partie amputées et a transformé la pente rocheuse en paroi verticale. Ainsi, aujourd’hui, plusieurs galeries tronquées sont perchées dans le vide. Le site n’en demeure pas moins majeur pour la problématique uisanne.

Présentation d’ensemble

Face au sud, à environ 1 200 m d’altitude, un filon de quartz massif de largeur dépassant localement le mètre traverse les amphibolites selon une orientation N80°E, sous le contact socle-couverture triasique, avec un pendage de 20° environ. À cet endroit, le socle forme un ressaut net, plus ou moins vertical et végétalisé. Dans ce filon, dédoublé à deux reprises, dix extractions ont été repérées (fig. 11), d’importance très variable, numérotés de 1 à 10 de l’est vers l’ouest (Rostan, 2004b).

La galerie du Ribot 1, la plus facile d’accès et aujourd’hui en partie détruite, est décrite ci-dessous.

Le Ribot 2 et 3 sont des galeries qui sont aujourd’hui inaccessibles, car perchées en paroi suite à l’exploitation de la carrière.

Le Ribot 4 est une grande salle basse, au sol remblayé par une structure open-work de forte granulométrie, de 4 m de large en moyenne pour 18 m de long.

Le Ribot 5 est une attaque au feu ponctuelle, dans la paroi.

Le Ribot 6 est une courte galerie descendante probablement taillée au feu, de 3,5 m de profondeur environ, mais remblayée.

Le Ribot 7 comporte deux entrées, avec un remblaiement important. Des traces sur les parois indiquent une reprise de travaux à l’explosif.

Le Ribot 8 est une grande cavité artificielle qui se développe sur 20 m environ au-dessus du Ribot 7, avec un sol équivalent à celui du Ribot 4 (fig. 12). Plusieurs alvéoles de taille au feu sont bien préservées et plusieurs percuteurs ont été trouvés parmi les déblais lors de nos visites.

Le Ribot 9 et 10 sont deux courtes tailles au feu et vidange de cavité.

Au total, les volumes extraits au Ribot sont de plusieurs centaines de mètres cubes, et une part importante est réalisée au feu. Par ailleurs, les grandes galeries et les salles sont en partie comblées par des déblais, et il est probable que des communications existent entre elles, ce qui multiplie d’autant le volume potentiel de l’exploitation. Il est intéressant de noter l’existence, entre les grandes excavations, de tailles au feu qui peuvent être assimilées à des travaux de recherche : il est probable que des cristaux étaient présents et que les exploitants aient recherché, en vain, des cavités géodiques dans la masse du filon en continuant l’abatage du quartz tant que de petites cavités laissaient supposer la présence de cristaux au-delà.

Le Ribot 1 : une exploitation néolithique avérée

Le Ribot 1 est une galerie taillée au feu, comme l’attestent les parois qui présentent des concavités successives. L’ouverture actuelle mesure 4 m, puis se rétrécit à 1,6 m, puis continue par un boyau de 0,8 m, le tout se développant sur 11 m (fig. 13, haut). À l’entrée, côté sud-



Fig. 8 – Le Trou de la Fée à Mont-de-Lans (Isère), typologie des extractions de quartz hyalin. A : fosse taillée de front et amorce de galerie. Noter la disparition totale du filon de quartz massif en avant de l'exploitation ; B : Trou de la Fée 2, dépilage sur le filon, ce qui a provoqué sa disparition totale. Une datation ^{14}C a été réalisée sur des charbons de bois issus des haldes de cette exploitation (Lyon-5295(OxA) = 4005 ± 30 BP) ; C : Trou de la Fée 8, puits comblé. Noter la largeur du filon à l'emplacement de l'exploitation (clichés P. Rostan et É. Thirault).

Fig. 8 – The Trou de la Fée site at Mont-deLans (Isère), typology of the hyaline quartz extractions. A: frontally cut pit and entrance of a gallery. Notice the almost complete disappearance of the quartz vein in front of the extraction; B: Trou de la Fée 2, exploitation of the vein, leading to its complete disappearance. A radiocarbon dating was obtained on wood charcoals from the dumps of this extraction (Lyon-5295(OxA) = 4005 ± 30 BP); C: Trou de la Fée 8, filled shaft. Notice the width of the vein in which the extraction took place (photos P. Rostan and É. Thirault).



Fig. 9 – Le Trou de la Fée 1 à Mont-de-Lans (Isère, 2230 m), une des grandes galeries taillées au feu de l’Oisans, intégralement conservée sur 8 m de longueur.

Fig. 9 – The Trou de la Fée 1 at Mont-de-Lans (Isère, 2230 m), one of the large galleries set by fire in the Oisans, preserved on a length of 8 m.

est, un élargissement ménage un pont de quartz, et cette grande cupule d’extraction est en partie comblée (fig. 13, milieu). Le remaniement de ce comblement fin par des chercheurs de cristaux nous a motivé pour réaliser un sondage en 2008, car du mobilier néolithique avait été mis au jour en surface : deux percuteurs et surtout, un

tesson de coupe à sillon chasséenne, expertisé par Didier Binder (Rostan, 2004b).

La fouille exhaustive de cette cupule n’a pas permis d’identifier de niveaux en place : l’intégralité du comblement est remaniée, sans doute lors du creusement de la carrière, puisque un plot de béton est implanté en

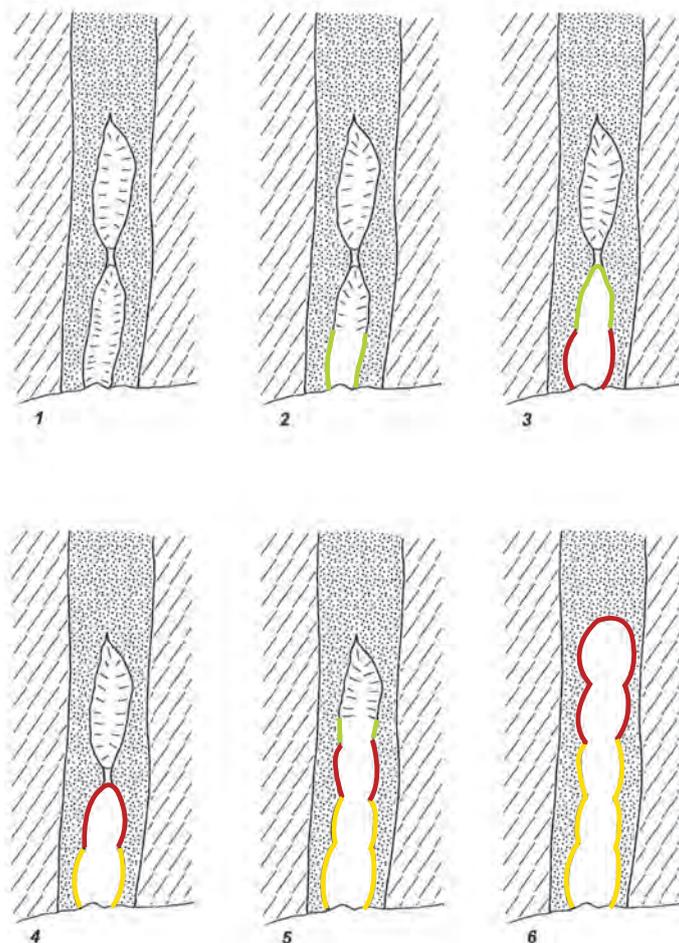


Fig. 10 – Le principe de la taille au feu dans un gîte à cristal, d’après Rostan 2007, fig. 2. 1 : gîte naturel : des cavités géodiques sont développées en chapelet à l’intérieur du filon de quartz ; 2 : première extraction : vidange de la cavité visible en surface ; 3 : agrandissement de l’ouverture naturelle au feu, pour atteindre le fond de la cavité, puis vidange de celle-ci ; 4 : nouvelle attaque au feu en fond de cavité pour élargir ; mise en évidence de la poursuite de la minéralisation, ce qui entraîne 5 : une nouvelle attaque au feu pour atteindre la seconde cavité cristallisée et débiter la vidange ; 6 : la vidange de la seconde cavité s’effectue de même, et une ultime taille au feu est réalisée en fond de galerie pour rechercher d’éventuels indices minéralisés.

Fig. 10 – *Technique of fire-setting in crystal deposits, after Rostan 2007, fig. 2. 1: natural deposit: geodic cavities in strings developed within the quartz vein, 2: first extraction: excavation of the cavity visible at the surface; 3: widening of the natural opening by fire, with the aim to access the bottom of the cavity, followed by the excavation of the latter; 4: new fire-setting at the bottom of the cavity to enlarge it; tracking of the mineralisation leading to 5: a new fire-setting in order to access a second crystallised cavity and to start its excavation; 6: the excavation of the second cavity proceeds in the same way, and an ultimate fire is set at the end of the gallery to search for a possible additional mineral vein.*

contrebas de l’entrée actuelle, et puisque de la laitance de ciment a été retrouvée dans les sédiments comblant l’alvéole. Un muret, non datable, a été retrouvé dans l’alvéole. Le mobilier ancien consiste en os animaux et humains (dont des dents), une lamelle de silex et des fragments de brèche riches en débris de quartz et en micro-charbons de bois (fig. 13, bas).

La lamelle en silex, à trois pans, obtenue sans doute par percussion indirecte, ne dépare pas dans le Néolithique moyen chasséen (fig. 14). Elle a été examinée par Paul Fernandes, dont nous reprenons les conclusions. Il s’agit d’un silex lacustre de structure litée, de texture *wackestone* – 20%, avec présence de tiges de characées sous forme de débris et de fragments de tests (gastropodes?). Une attribution au domaine lacustre du bassin

d’Apt-Forcalquier, à 200 km au sud, est possible, mais non démontrable en l’état.

L’examen du filon de quartz en contrebas du Ribot 1, c’est-à-dire dans la zone détruite par la carrière, nous a conduits à identifier des concavités qui correspondent à la base des cupules taillées au feu (fig. 15). Ainsi, cette exploitation se développait sur plusieurs mètres en avant de ce qui en subsiste aujourd’hui, en galerie descendante vers la sortie. Le tout devait former une cavité complexe, peut-être avec plusieurs galeries ou une vaste chambre. Le point le plus important est la découverte, encroûtée sur la base de cette galerie détruite, d’une petite plaque de brèche, dont l’attaque à l’acide a démontré le lien direct avec l’exploitation : présence de fines plaquettes de quartz et de microcharbons.

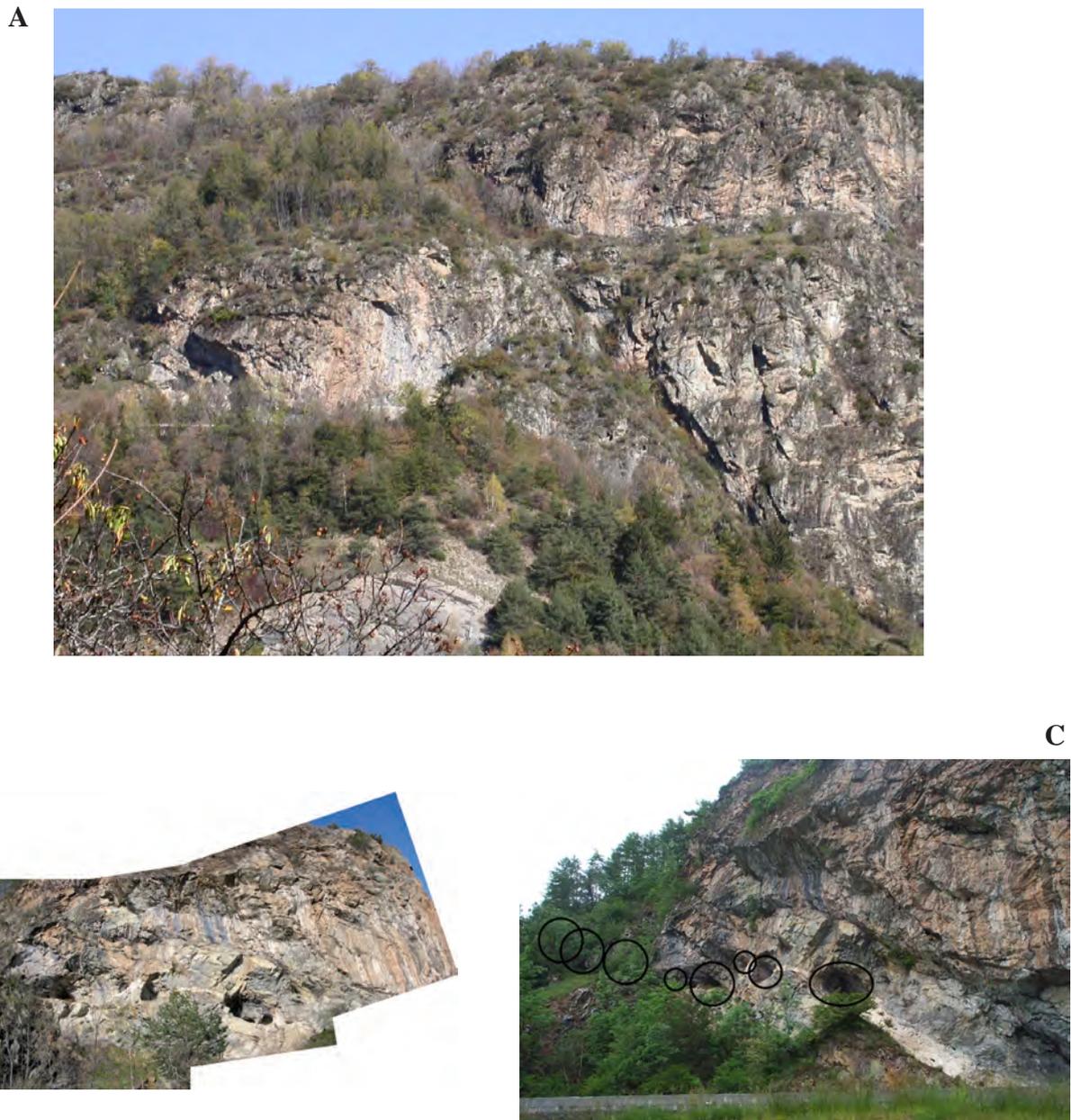


Fig. 11 – Le Ribot à Huez-en-Oisans, 1200 m, un important ensemble taillé au feu, vues générales. A : vue du versant, depuis le sud. Les cristallières sont disposées dans une forte pente, partie sombre à gauche du cliché ; B : les cristallières 1 à 4, de droite à gauche, zones sombres, du Ribot sont aujourd’hui perchées dans une paroi artificielle, à cause de la carrière ouverte au pied ; C : vue d’ensemble des excavations Ribot 1 à 10, nos de droite à gauche, depuis le sud, route visible en bas (clichés P. Rostan et É. Thirault).

Fig. 11 – The Ribot at Huez-en-Oisans, 1200 m, an important extraction site excavated by fire-setting, general views. A: view of the hillside, from the south. The crystal quarries are distributed across a steep slope, dark area on the left of the picture; B: the crystal quarries 1 to 4, from the right to the left, dark areas, of the Ribot are nowadays perched on an artificial wall, because of the quarry opened at its feet; C: general view of the excavations Ribot 1 to 10, from the right to the left, from the south, the road can be distinguished below (photos P. Rostan and É. Thirault).

La présence de ces brèches en place ou remaniées démontre, s’il en était besoin, l’usage du feu pour le creusement des galeries. Mais cette méthode est aussi documentée par les éclats thermiques mis au jour dans le sondage, qui sont en quartz laiteux et en amphibolite, ce qui démontre que l’abattage a parfois débordé du filon de quartz (fig. 16).

Quatre datations par le radiocarbone ont été réalisées au Ribot : deux sur les fragments de brèche (en place et remaniée), deux sur les dents humaines. Les premières donnent des repères pour l’exploitation : Néolithique ancien et moyen ; les secondes attestent probablement un remploi funéraire de cette cupule ovoïde régulière, située en profondeur dans l’explo-



Fig. 12 – Le Ribot 8, vues de l'exploitation souterraine. Sur le cliché de gauche, une cupule d'attaque au feu bien préservée sur la paroi de la galerie. Noter l'abondance des déchets d'exploitation au sol (clichés É. Thirault, 2006).

Fig. 12 – The Ribot 8, views of the subterranean extraction. On the left photograph, a cup mark stemming from fire-setting is well preserved on the wall of the gallery. Notice the large amounts of extraction waste on the floor (photos É. Thirault, 2006).

tation, à la fin du Néolithique. Ces résultats sont commentés plus loin (voir *infra*).

Ainsi, au Ribot 1, toutes les preuves sont réunies pour démontrer la mise en œuvre de chantiers importants dès le Néolithique ancien, avec usage du feu, et la réutilisation de cavités à la fin du Néolithique à des fins probablement funéraires.

Le cas des Rousses : prospections anciennes et critères de mise en exploitation

Les prospections menées de 2007 à 2010 dans le massif des Rousses par B. Moulin, J. Vital et l'un de nous (É. T.) visaient à documenter tous les vestiges liés à l'exploitation des minerais de cuivre, suite à la découverte de mines anciennes par l'équipe de M.-C. Bailly-Maître (Bailly-Maître et Gonon, 2008 ; Moulin *et al.*, 2012). Incidemment, tous les vestiges d'activités humaines anciennes ainsi que les lieux naturels susceptibles d'enregistrements paléo-environnementaux (cuvettes, replats, tourbières, etc.) ont été relevés. Pour ce faire, plus d'un millier de points d'observation ont été décrits et topographiés par GPS. Ainsi, pour ce massif, une couverture documentaire fine a été obtenue, du moins dans les zones prospectées. Ce maillage permet une réflexion qualitative sur les exploitations anciennes, en particulier pour le quartz hyalin, puisque de petites attaques isolées, qui peuvent échapper à des prospections à large emprise, ont été relevées. On distingue ainsi, dans ce massif, deux catégories de vestiges liés au quartz hyalin, si on laisse de côté les exploitations de quartz chloriteux, parfois anciennes, mais hors de propos.

Les attaques isolées

Sur la commune de Vaujany (Isère), une fois entamée la descente du col du Couard, la pente est raide mais ponctuée de replats et de dépressions humides. Deux tailles au feu ont été identifiées, de l'amont vers l'aval (de l'est vers l'ouest) :

- une attaque au feu sur filon de quartz avec cristal de roche (plaques cristallisées dans le socle), repris par des grattages actuels ;

- une attaque au feu ovale dans un filon de quartz un peu cristallisé, orienté nord-sud, avec carbonates de cuivre.

Le secteur de Neyza présente donc l'association, à quelques mètres de distance et sur deux filons séparés, de cupules d'extraction thermique pour le cristal de roche et pour le minerai de cuivre. Dans les deux cas, il s'agit de tentatives de faible ampleur, vite abandonnées à cause de la pauvreté des gîtes. Mais cette observation est importante : elle démontre l'intensité de la prospection minière et l'identité de procédure pour les deux ressources.

Une telle configuration se retrouve à 6 km au nord, au-dessus du refuge de l'Étendard (Saint-Sorlin-d'Arves, Savoie), avec une succession de cuvettes oblongues taillées au feu pour la recherche de minerai de cuivre (RE1). Le développement de cette recherche minière se confirme en progressant vers le nord, par courtes tranchées (RE2, LC1), associées à une halde et à une construction (RE2) ou encore par attaque thermique plus localisée (RE3). Des cristallières actuelles visant la collection de quartz hyalin ont été identifiées (La Curiaz : LC1), ayant pu recouper des formes plus anciennes.

Des champs d'extraction

Dans le secteur du col du Sabot, une vaste aire où se concentrent des filons à minéralisations de quartz automorphe a été localisée. Elle fait l'objet d'une exploitation actuelle en petites tranchées. Plusieurs replats riches en quartz concassé longent le chemin, ainsi qu'une courte tranchée oblongue comblée d'aspect plus ancien. Les reprises actuelles interdisent toute conclusion et seules des fouilles permettraient de démontrer l'ancienneté de ces cristallières.

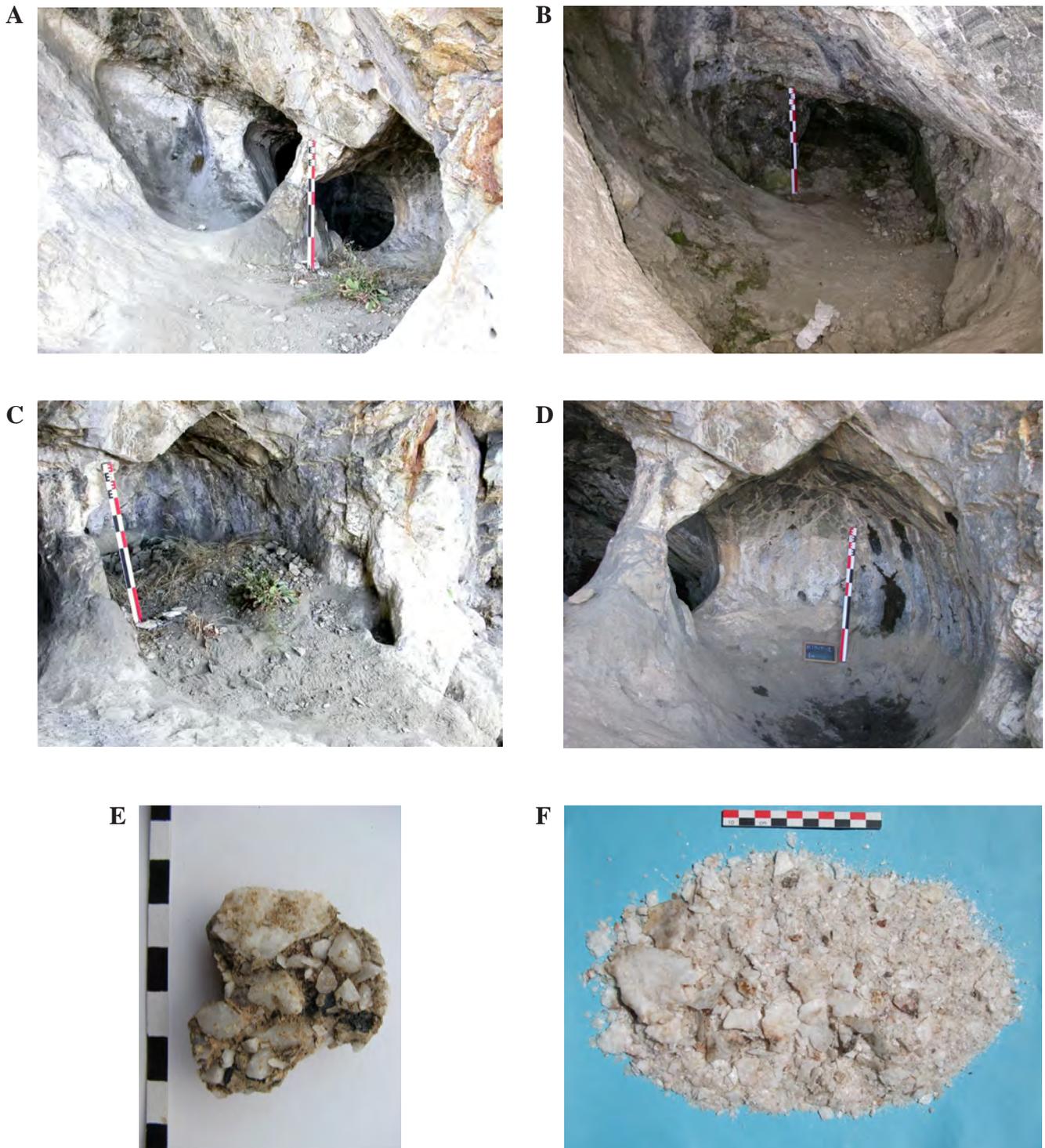


Fig. 13 – Le Ribot 1 à Huez-en-Oisans, exploitation néolithique avérée. A : vue de la galerie depuis l'entrée, automne 2006. Les alvéoles produites par la taille au feu sont ici bien visibles ; B : vue du fond de la galerie ; C et D : l'alvéole à droite de l'entrée, vue en 2006 avant fouille et en 2008 après fouille. La forme ovoïde, presque parfaite, résulte de la taille au feu et se développe dans le filon de quartz et dans les épontes de gneiss ; E et F : brèche d'exploitation collectée dans le sondage 2008. Elle est composée de débris de quartz blanc feuilleté ou anguleux et de microcharbons, le tout cimenté par une matrice carbonatée (F : après attaque à l'acide). Datation radiocarbone : Lyon-6289 (SacA 16683) : 5300 ± 40 BP.

Fig. 13 – The Ribot 1 site at Huez-en-Oisans, a proven Neolithic mining site. A : view of the gallery from the entrance, autumn 2006. The cells resulting from the fire-setting are clearly visible ; B : view of the end of the gallery ; C and D : the cell on the right of the entrance, in 2006 before excavation and in 2008 after excavation. The almost perfect egg-shaped outline is the result of fire-setting and continues in the quartz vein and on the gneiss walls ; E and F : extraction waste (breccia) collected in the trial trench 2008. It is composed of laminated or angular white quartz waste and microcharcoals, embedded in carbonate matrix (F : after etching). Radiocarbon dating: Lyon-6289 (SacA 16683): 5300 ± 40 BP.

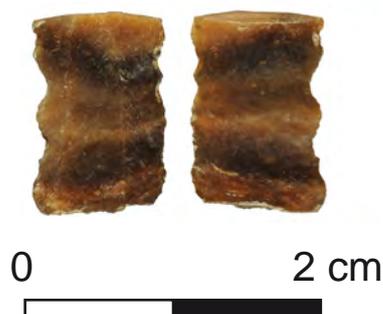


Fig. 14 – Le Ribot 1, lamelle de silex découverte dans l'alvéole de l'entrée.

Fig. 14 – The Ribot 1, flint bladelet discovered in the entrance cavity.

À cheval sur les communes d'Huez et d'Oz, les sites d'exploitation des ressources de quartz hyalin sont groupés en deux nuages de points (fig. 17) : sur l'arête bordière occidentale du lac Noir et sa retombée sur Oz et sur l'arête qui joint les lacs Besson et Faucille. Avec une douzaine d'attaques identifiées, plusieurs percuteurs collectés, la présence de haldes et parfois probablement de déchets de tri des cristaux, cet ensemble constitue un véritable champ d'extraction de quartz hyalin, menacé par les grattages menés actuellement à la recherche de petits cristaux chloriteux. Si la datation est impossible à établir, l'ancienneté d'une partie au moins des extractions ne fait pas de doute, avec, d'une part, quatre chantiers de taille au feu, dont un avec une courte galerie, et d'autre part des fosses peu développées. En ce qui concerne ces dernières, la nature des travaux est impossible à établir, mais se rapproche fortement des typologies observées sur le plateau d'Emparis à une quinzaine de kilomètres au sud-est (voir *infra*).

Fig. 15 – Le Ribot 1 à Huez-en-Oisans, vues des traces d'exploitation préservées en avant de la cavité actuelle, dans la carrière, printemps 2008. A : vue en contre-plongée de la cavité actuelle, le filon de quartz est visible, en oblique dans la paroi; B : en avant de la cavité actuelle, les traces de cupules taillées au feu (concavités sur le sol). Sur l'une d'elles, une relique de brèche est préservée en place (cercle); C : détail de la brèche in situ. Un fragment a été prélevé pour étude. Il contient de petits quartz feuilletés et des microcharbons. Datation radiocarbone : Lyon-6288 (Saca 16682) : 6185 ± 35 BP.

Fig. 15 – The Ribot 1 at Huez-en-Oisans, views of the traces left by the exploitation in front of the present cavity, in the quarry, spring 2008. A: low-angle view of the present cavity, the quartz vein can be recognised, running obliquely in the wall; B: in front of the present cavity, the traces of cup marks stemming from fire-setting (concavities on the floor). In one of these, a remnant of breccia is preserved in place (circle); C: detail of the in situ breccia. A sample has been collected for analysis. It contains small laminated quartz and microcharcoals. Radiocarbon dating: Lyon-6288 (Saca 16682): 6185 ± 35 BP.

Quartz hyalin et minerais de cuivre : une méthode de recherche similaire ?

Les prospections des Rousses permettent de documenter les extractions isolées, de faible importance, et d'esquisser une hypothèse qui vaut autant pour le quartz hyalin que pour les minerais de cuivre : ces ressources ont fait l'objet d'une quête systématique (Moulin *et al.*, 2012). Pour les périodes anciennes, il y a manifestement un choix opéré dans l'intérêt porté aux filons : certains filons ou fentes cristallisées ont délibérément été négligés, alors que d'autres, à quelques mètres, ont été vidangés,





Fig. 16 – Le Ribot 1 à Huez-en-Oisans, éclats thermiques collectés dans le sondage 2008, qui témoignent de la taille au feu. A : à gauche, éclats de gneiss (éponge), à droite, éclats de quartz (filon); B : un éclat thermique en quartz, de profil courbe caractéristique; C : comparaison : éclats de quartz obtenus par des feux expérimentaux, Guyane française (expérimentation et cliché : P. Rostan).

Fig. 16 – The Ribot 1 at Huez-en-Oisans, heat-treated flakes recovered from the trial trench opened in 2008, proving the fire-setting. A: on the left, gneiss flakes, on the right, quartz flakes (vein); B: a typical heat-treated quartz flake; C: comparison: quartz flakes stemming from experimental firing, French Guyana (experiment and photograph: P. Rostan).



Fig. 17 – Massif des Rousses, secteur du lac Noir (Isère) : champ d'extraction de quartz hyalin, exemples de chantiers anciens. Noter la forme ovoïde des tailles au feu. A : tailles au feu en chapelet ; B : courte galerie taillée de manière inconnue ; C : galeries superposées taillées au feu ; D : tailles au feu superposées en partie détruites par des grattages actuels (clichés É. Thirault et J. Vital, 2008).

Fig. 17 – The Rousses mountains, lake Noir sector (Isère): hyaline quartz extraction field, examples of ancient excavations. Notice the egg-shaped fire-settings; A: a string of fire-settings; B: short gallery excavated with an unknown technique; C: superimposed galleries set by fire; D: superimposed fire-settings partially destroyed by present-day digging (photos É. Thirault and J. Vital, 2008).

voire attaqués au feu. Les critères de choix portent évidemment sur la qualité (pureté, dimensions, etc.) et la quantité de cristaux en un point donné. Ce constat jette un doute sur le caractère aléatoire de l'acquisition des cristaux : au contraire, il s'agit probablement d'une recherche délibérée et intensive. Bien évidemment, le caractère intensif de l'usage du quartz débutant à l'Azilien, l'exploitation des gîtes revêt sans doute des formes différentes dans le temps. Mais, quelles que soient les méthodes, le résultat est là : l'épuisement de la ressource accessible avec les techniques de l'époque, ce qui pourrait expliquer la fin de l'usage du quartz hyalin à la fin du Néolithique.

Les fosses du plateau d'Emparis

Un site exceptionnel

Au cœur de l'Oisans, le plateau d'Emparis domine de plus de 1 000 m le cours de la Romanche au sud, qui coule de l'est vers l'ouest (fig. 18). Il s'agit d'un espace perché de plusieurs kilomètres de développement, aisément accessible par le nord, plus protégé vers l'est et l'ouest et inaccessible par le sud. Le plateau d'Emparis offre de vastes moutonnements à des altitudes comprises entre 2 200 m et 2 500 m environ, drainés par de nombreux ruisseaux et autant de petits lacs. Aujourd'hui, la végétation est rase, correspondant à de grands alpages.

Géologie et gîtologie des filons

Du point de vue géologique, le plateau d'Emparis appartient à la retombée nord du massif cristallin externe du Pelvoux dont il représente les affleurements les plus septentrionaux (fig. 19). La couverture sédimentaire affleure dans les reliefs plus au nord avec des schistes et des marnes, mais elle est présente de façon discrète au voisinage du secteur filonien avec des placages de grès, de conglomérats et de dolomies du Trias. Dans le détail, le socle cristallin est composé de gneiss amphiboliques localement micacés et passant rapidement à de véritables amphibolites ; il affleure partout ou bien se trouve subaffleurant sous une faible couverture d'éboulis grossiers et d'éboulis morainiques. Le sol est dans l'ensemble constitué par des colluvions (limons bruns plus ou moins graveleux) et par le sol humique proprement dit.

Le champ filonien des Lacs Cristallins, le plus important du plateau, est composé d'environ dix-huit filons de quartz massif, de teinte blanche et laiteuse, non métallifères, subverticaux et orientés schématiquement est-ouest. Ces filons sont disposés en barreau d'échelle selon une bande de direction nord-est - sud-ouest et se localisent en bordure occidentale du plateau, à très faible distance des affleurements de la couverture sédimentaire qui masque le socle plus au nord.

Le champ filonien disparaît vers le sud malgré de bons affleurements rocheux et disparaît vers le nord sous la couverture sédimentaire. Le report des points pris au GPS sur un fond géologique permet de constater que ces filons sont situés près de ou sur une faille dont ils suivent l'orien-

tation (fig. 19). Les filons sont peu puissants, de l'ordre de 0,30 à 0,60 m en moyenne avec des épanouissements locaux à 1 m. D'allure massive, ils comportent toutefois des cavités géodiques qui abritent les cristaux de quartz hyalins. En général, les cavités sont étroites, mais peuvent présenter plusieurs mètres d'allongement ; elles ont fait l'objet d'une exploitation active (Rostan 2002b, 2003b et 2004a).

Le socle du plateau d'Emparis réapparaît plus au nord dans la vallée de la Maurienne avec le massif du Grand Châtelard, qui se trouve également être le siège de travaux d'allure semblable en ce qui concerne les cristaux de quartz hyalins.

Les exploitations : vue d'ensemble

Trois secteurs principaux exploités sont à ce jour identifiés, sans certitude quant au caractère exhaustif de l'inventaire, certains indices devant être vérifiés (Rostan, 2004a).

Sur la retombée nord-est, d'importants filons de quartz n'offrent que des traces ténues de grattages et de travaux de recherche de cristaux (Emparis 1 et 2), qui témoignent du caractère systématique des recherches. Au sud de ce secteur, quatre points documentent des dépilages, fosses, galeries et haldes qui constituent un bel ensemble minier.

À l'extrémité occidentale du plateau, le champ filonien des lacs cristallins compte dix-huit filons exploités par de nombreuses fosses étroites, certaines aujourd'hui grattées dans l'espoir de retrouver des cristaux (fig. 20). Ces fosses sont bordées de haldes et, dans plusieurs cas, d'aires de tri avec des blocs pouvant avoir servi d'enclume, ainsi que des percuteurs et des éclats de percuteurs. L'examen des sites d'extraction du secteur des lacs cristallins permet de mettre en évidence un type de travaux particulier avec des fosses étroites de faible extension. Les travaux sont strictement limités au seul volume de la cavité géodique. Les éléments de comparaison font défaut avec d'autres sites, hormis sur les lacs des Rousses précités, car ces deux secteurs sont parmi les rares en Oisans comportant des travaux sur un replat topographique et non dans des pentes plus ou moins fortes. Néanmoins, à Emparis, les quelques travaux observables à flanc de versant se résument également à des boyaux étroits et à des fosses allongées mais exiguës.

Sur le filon LC18, une excavation récente (été 2006 probablement) pour de vaines recherches de cristaux a conduit à vider une fosse ancienne et a permis quelques observations. La fosse est en effet apparue particulièrement étroite, de l'ordre de 0,30 à 0,40 m au plus en tête pour une longueur d'environ 1,50 m et une profondeur estimée à 1,40 m environ. Ainsi l'extraction des cristaux dans cette fosse s'est produite par un creusement limité strictement aux nécessités de l'extraction sans aucun terrassement de « confort ». Toutefois, ce qui différencie cette fosse des autres sites oisais, c'est l'absence de tout travail destiné à poursuivre la recherche d'autres cavités voisines probables de part et d'autres de la cavité exploitée, comme le laissent supposer les petits cristaux



Fig. 18 – Le plateau d’Emparis, commune de La Grave (Hautes-Alpes), vu depuis l’est (montée du col du Lautaret). Le champ filonien se développe sur la partie cristalline du plateau, ici d’apparence plate, à gauche (cliché É. Thirault, août 2006).

Fig. 18 – The Emparis plateau, La Grave (Hautes-Alpes), view from the east (Lautaret pass). The vein system spreads across the crystalline part of the plateau, apparently flat here, to the left (photograph É. Thirault, August 2006).

sans espace libre qui y sont observables. De telles cavités exploitées superficiellement sans en rechercher tous les diverticules n’ont encore jamais été observées ailleurs dans l’Oisans, hormis dans Les Rousses. Les autres sites comportent habituellement des creusements au feu dans le quartz massif, menés tant que des indices de la présence de cavités à cristaux étaient présents.

À Emparis, seuls deux chantiers présentent les caractères du creusement par le feu : LC13-7, sur lequel nous avons réalisé une date radiocarbone (voir infra) ; et une courte galerie sans doute taillée au feu située entre LC12 et LC13, qui s’ouvre vers l’est. Toutes les autres excavations sont réalisées sans recours au feu, fait unique en Oisans. Ce caractère « archaïque » dans le mode d’exploitation constitue le caractère prédominant du site et pose la question de son interprétation.

La fosse LC13-3 et l’aire de tri LC13-4

La fosse LC13-3, qui fait l’objet d’un sondage de notre part, mesure environ 4 m de longueur pour 1 m de large (fig. 21 à fig. 23). Elle est entièrement comblée à l’horizontale, jusqu’à environ 10 cm sous le niveau du sol végétal qui la borde sur son flanc sud. Au nord, la paroi de gneiss forme une marche surélevée d’un mètre environ. Le fond se trouve manifestement situé à une profondeur

sensiblement plus importante que celle où la fouille s’est arrêtée ; en effet, l’allure habituelle des cavités géodiques dans les filons de quartz conduit souvent à des profondeurs de l’ordre de 50 à 100% de leur allongement. La partie visible étant ici de 4 m environ en surface, on peut attendre un développement vertical de 2 à 4 m.

Dans sa partie ouest, le bord du sondage est composé de la paroi de la fosse arrêtée dans du quartz massif laitieux ; dans sa partie est, la coupe est composée par des remblais riches en blocs de quartz et de gneiss stratifiés. Les bordures nord et sud du sondage correspondent au bord de la fosse et se trouvent représentées par les épontes de gneiss du filon, la totalité du filon de quartz ayant été enlevée en ce point, soit une largeur de 1 m à 1,2 m. Il est vraisemblable que la cavité géodique, même multiple, n’avait pas une telle taille. En effet, un panneau de quartz sur l’éponte sud s’est affaissé dans la fosse d’extraction ; il devait former un pont laissé en place lors de la vidange. Il faut donc admettre que la cavité aujourd’hui ouverte correspond à une succession de plusieurs cavités géodiques voisines, toujours selon l’allure en chapelet déjà soulignée plus haut.

Bien que l’étude de cette exploitation ne soit pas achevée, les résultats acquis sont de première importance pour la compréhension des méthodes d’extraction et de traitement des cristaux :

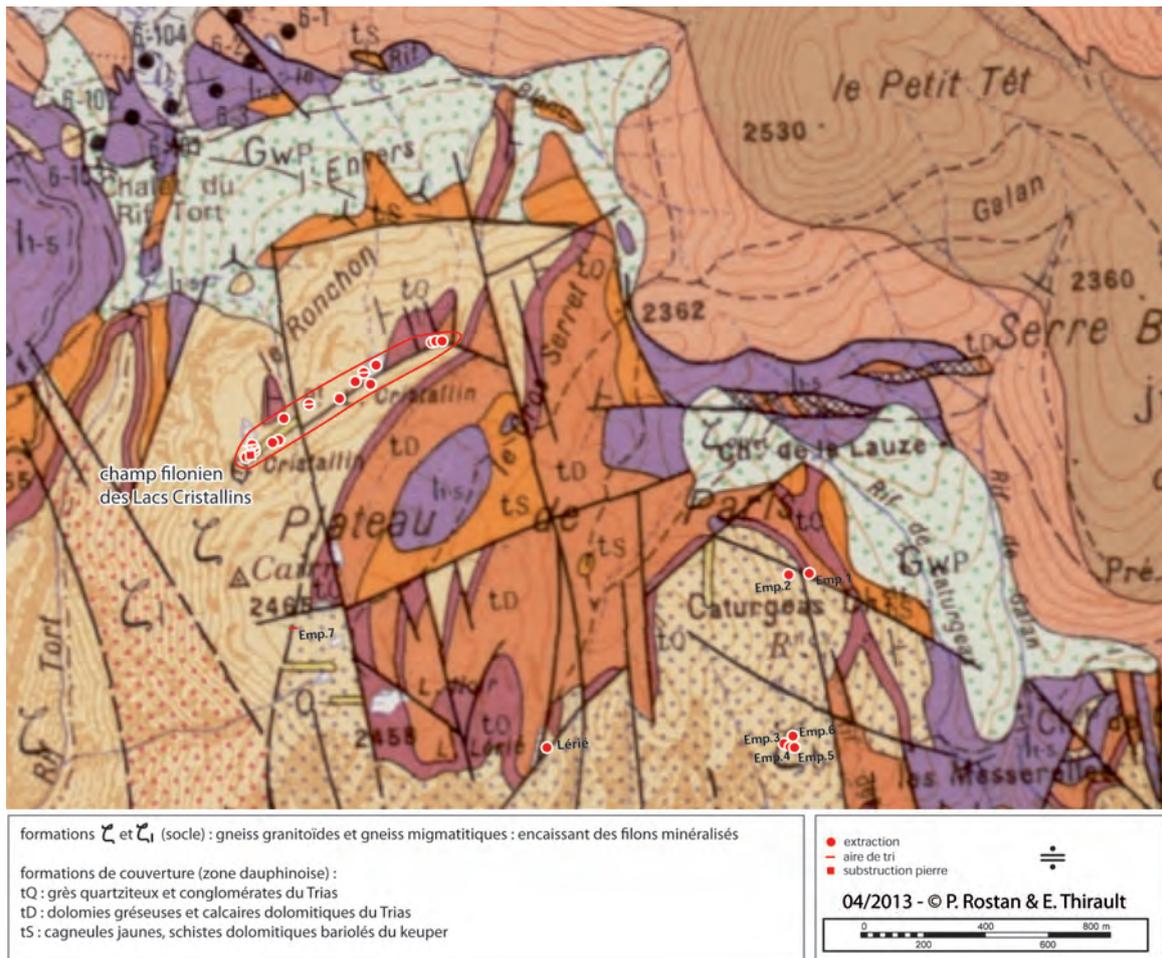


Fig. 19 – Report des extractions de quartz hyalin du plateau d’Emparis sur fond géologique. Prospections P. Rostan, fond issu de www.infoterre.fr (données BRGM). Le report est effectué à la main et demeure approximatif (DAO É. Thirault).

Fig. 19 – Mapping of the Emparis plateau hyaline quartz extractions on a geological background. Prospecting P. Rostan, background map provided by www.infoterre.fr (data BRGM). The points were drawn on the map manually and their position is therefore approximate (CAD É. Thirault).

– la fosse d’extraction résulte de plusieurs creusements, l’extrémité ouest n’étant pas la plus récente; il existe donc un rythme dans l’exploitation;

– elle correspond à une ou plusieurs cavités géodiques coalescentes, ce qui donne une idée de l’importance de ce gîte, qui devait mesurer environ 4 m de long pour une largeur de moins d’un mètre, soit, à minima, 8 m³; une telle cavité peut livrer des milliers de cristaux;

– la présence d’effondrements naturels dans la fosse, avant le remblai humain, démontre l’écoulement du temps entre deux phases d’extraction : s’agit-il d’une question de saison, auquel cas les exploitations pourraient se succéder lors des périodes de déneigement, avec retour sur place des mêmes exploitants? Ou bien s’écoule-t-il plus de temps?

– l’exploitation progresse par le remblai des parties déjà excavées, selon le principe du moindre effort (certains blocs de quartz massif pèsent plusieurs dizaines de kilogrammes);

– l’extraction est suivie d’un long abandon, durant lequel se produisent des effondrements de panneaux du

filon restés en place, puis un comblement lent avant un colmatage intentionnel (récent? de la part de bergers?);

– au sud de la fosse est installée une aire de tri sur un niveau non végétalisé (fig. 23, décapage 6) : la stratigraphie indique d’abord un dépôt circonscrit de probables déblais d’extraction (décapage 17), peut-être pour façonner une terrasse plane, surmonté d’un niveau plus vaste très riche en quartz hyalin, qui constitue véritablement la preuve de l’activité de tri (décapages 4 à 14); en outre, des placages sédimentaires témoignent de la zonation des activités;

– au-dessus, survient un début de végétalisation (décapage 12), puis :

– de gros blocs de quartz sont apportés (base décapage 8), dont l’interprétation est incertaine : reprise d’extraction ou déplacement de blocs gênant (étalement des haldes?), à but pastoral?

– la végétation prend enfin le dessus et scelle le site, jusqu’à ce que des randonneurs viennent, de manière récurrente, piocher les lieux à la recherche de petits cristaux.



Fig. 20 – Emparis à La Grave, secteur des Lacs Cristallins, le filon LC13, vue partielle depuis l'ouest, automne 2006, avant ouverture du sondage. Noter la succession des exploitations sur le filon de quartz massif (LC13-1, LC13-3 et LC13-7), ainsi que des interruptions du filon qui traduisent sans doute l'existence de fosses d'extraction comblées (LC13-2 et LC13-5). LC13-4 : aire de tri (clichés É. Thirault).

Fig. 20 – Emparis at La Grave, crystalline lakes sector, LC13 vein, partial view from the west, autumn 2006, before opening the trial trench. Notice the successive operations carried out on the vein of massive quartz (LC13-1, LC13-3, LC13-7), and the interruptions of the vein probably indicating the presence of filled-in extraction pits (LC13-2 and LC13-5). LC13-4 : sorting area (photos É. Thirault).

De petits reliefs rocheux autour de l'aire de tri paraissent émoussés et percus et semblent avoir joué le rôle d'enclume dans la sélection des cristaux.

La question de la datation de ces travaux demeure. Ce point sera discuté plus loin.

Le mobilier archéologique

Il est des plus restreints et ne comprend que des objets en pierre. Hormis le quartz lui-même, il s'agit d'un silex taillé, de percuteurs et de pierres à cupule.

Les percuteurs sont réalisés sur trois types de roche (Rostan, 2004, p. 16-17; Rostan et Thirault, 2006) :

- un sphéroïdal en grès carbonifère de 1,7 kg, issu des formations géologiques de la vallée du Ferrand ou de l'Herpie (à ouest); il a été retrouvé sur des grattages adjacents à l'exploitation LC7;

- huit éclats de percuteurs en quartzite beige du Trias de la zone alpine briançonnaise (provenance : vallée de la Guisanne ou de la Maurienne). Six d'entre eux proviennent de l'exploitation LC7 (sur l'aire de tri, auprès d'une enclume à peine visible dans le sol,

entourée d'éclats de cristaux), un de LC13-6 (avec néocortex alluvial encore présent) et un de la tranchée de LC13-7.

– un percuteur en quartz laiteux massif a été identifié au cours de la fouille de la fosse de LC 13-3.

Le silex taillé a été découvert lors du tamisage des sédiments bouleversés par les piochages de l'été 2007 entre nos deux campagnes de fouille (fig. 24). Si la relation de ce silex avec l'aire de tri est incontestable, sa position précise est donc inconnue. Il s'agit d'un éclat laminaire à deux pans, dont seule la partie proximale est conservée et qui possède les dimensions suivantes : longueur conservée : 14 mm ; largeur : 17 mm ; épaisseur : 3,5 mm. Cet objet ne livre aucune information chronoculturelle pertinente.

Ce silex a été observé à la loupe binoculaire par Paul Fernandes dont nous reprenons ici les conclusions. Il s'agit d'un silex marin de structure homogène, de texture wackestone, de couleur sombre. Les caractéristiques minéralogiques, texturales et paléontologiques permettent de l'attribuer à l'étage barrémo-bédoulien, plus précisément aux faciès présents dans le Diois. Ce résultat est important, car il recoupe les conclusions de l'étude pétrographique menée par Céline Bressy sur la série mésolithique des lacs Robert à Chamrousse (Bintz, 2001). Si on considère que le quartz hyalin est bien attesté dans le Diois, et que l'analyse des inclusions fluides démontre (ou suggère fortement) l'origine uisanne d'une partie de ces cristaux (sites des Terres Blanches, du Clapier, de la Baume du Rif), alors, un axe de circulation Oisans (Emparis)-Diois semble se dessiner avec force, au moins pour le Mésolithique-Néolithique ancien. Le fait est corrélé avec les résultats des études pétrographiques menées sur le site Mésolithique moyen et Néolithique ancien de Blachette à Sinard (site en position géographique intermédiaire entre l'Oisans-Belledonne et le Diois), où sont présents, entre autres faciès, des quartz hyalins et des silex du Diois (Pelletier *et al.*, 2004).

L'OISANS : PÔLE MAJEUR POUR L'ACQUISITION DES CRISTAUX

Les données nouvelles obtenues depuis une décennie en Oisans bouleversent nos connaissances sur l'acquisition du quartz hyalin et plus généralement, sur la question de ce matériau dans les Alpes occidentales. Tout en gardant à l'esprit que l'Oisans n'est qu'une des régions-source des Alpes françaises, et que les travaux précis sont encore très ponctuels, elle apparaît cependant comme une des sources majeures de production de cristaux et les acquis peuvent être exposés en quatre points.

Techniques et méthodes d'extraction

Inutile de revenir sur le détail des différentes modalités d'extraction des cristaux, exposées plus haut. Soulignons néanmoins l'existence d'une certaine diversité,

même sans compter les exploitations modernes taillées à la poudre. Si la taille au feu semble, en l'état actuel des connaissances, assez standardisée dans son principe, les autres types de creusements ont des aspects variables. La conformation des gîtes y est sans doute pour quelque chose : inclinaison des filons, des affleurements, disposition des cavités dans les filons, dimensions, etc. Il est probable qu'un certain nombre de travaux en « fosse » soient le produit de tailles au feu. De fait, l'importance du travail au feu est un fait marquant en Oisans, mais toutes les exploitations anciennes ne recourent pas à cette technique. Elle n'est mise en œuvre, semble-t-il, que lorsque la poursuite de l'accès aux cavités minéralisées n'est pas possible autrement.

Le principe de l'économie de moyens est donc appliqué à ces exploitations, qui ne présentent jamais de caractère monumental, à l'inverse des grandes mines néolithiques de silex des bassins sédimentaires ou encore des mines de variscite de Gavà en Catalogne (Villalba *et al.*, 1986 ; Villalba, 2002), mais cet aspect se trouve au moins en partie lié à la configuration spécifique des gisements. Néanmoins, même en faisant abstraction des exploitations modernes, ce sont des milliers de mètres cubes qui ont été anciennement vidés de leurs cristaux en Oisans, représentant probablement des centaines de milliers de cristaux aptes à la taille.

Il faut donc se rendre à l'évidence : l'Oisans a fait l'objet, à une période ancienne, d'une recherche intensive de cristaux qui a conduit à vider les gîtes accessibles et exploitables avec les techniques antérieures à la poudre. Bien que ce phénomène s'étende au moins sur toute la durée du Néolithique (voir *infra*), et sans doute plus encore, il s'agit bien d'une activité systématique, quand on l'observe en détail sur un champ filonien précis. De ce fait, il nous semble impossible de continuer à parler d'une quête aléatoire, d'exploitations opportunistes, d'activités collatérales à d'autres, tout du moins pour certaines périodes d'exploitation, dont la datation, précisément, est à établir.

Datation des exploitations

On l'a vu, la datation des extractions est un exercice délicat. À ce jour, trois sources de datation, relative et absolue, sont disponibles sur les cristallières de l'Oisans.

Les datations par le mobilier sont encore de l'ordre du virtuel, hormis au Ribot 1 où un tesson de coupe à sillon avec mamelon perforé a été collecté en surface (Rostan, 2004b). Cet indice de datation du Néolithique moyen (Chasséen) ne fournit néanmoins qu'une date relative pour l'extraction elle-même, qui est donc antérieure ou contemporaine du Chasséen.

Les datations relatives par les techniques d'extraction sont importantes, mais vite limitées à la dichotomie poudre-feu. En revanche, la taille au feu génère de nombreux charbons de bois, qui eux, peuvent être directement datés par le radiocarbone. Six datations par le radiocarbone ont pu être réalisées (fig. 25) : quatre sur le Ribot 1 à Huez, une sur les charbons issus de la cristallière du Trou

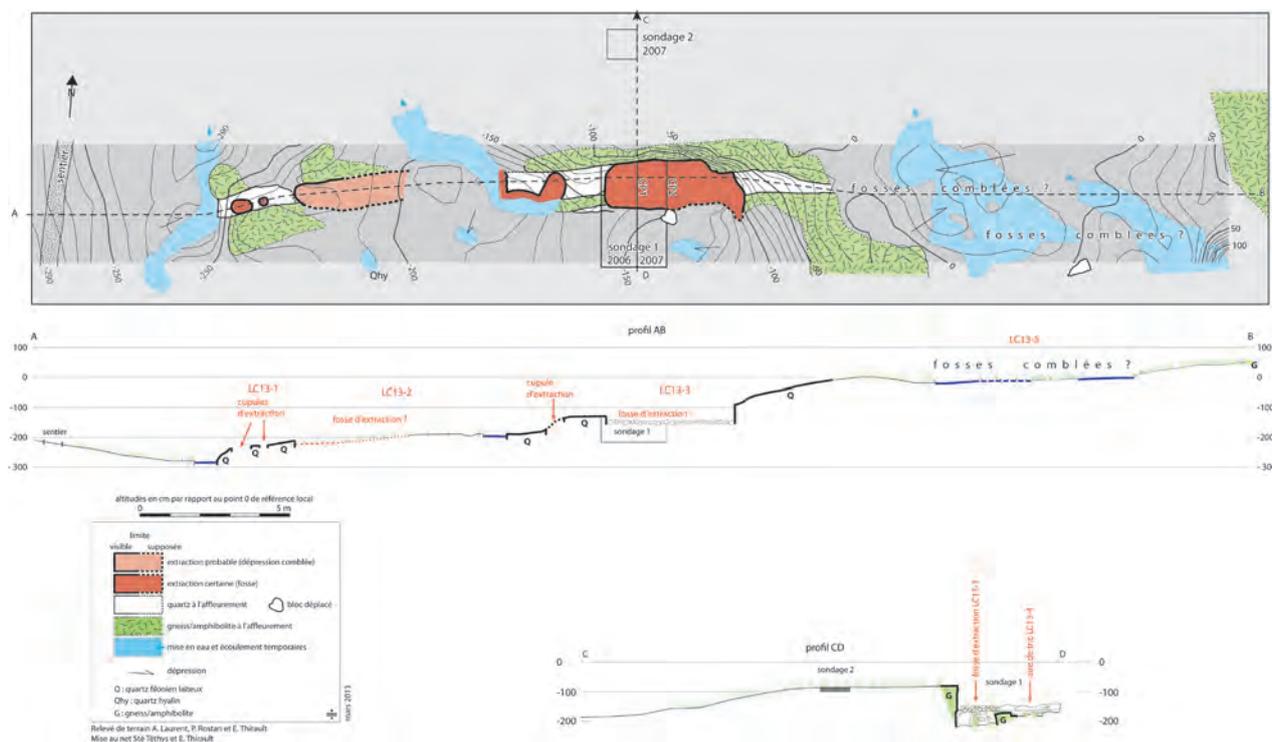


Fig. 21 – Emparis à La Grave, secteur des lacs cristallins, le filon LC13, relevé en plan du secteur sondé.
 Fig. 21 – Emparis at La Grave, crystalline lakes sector, the LC13 vein, plan of the surveyed sector.

de la Fée 2 à Mont-de-Lans, et une sur les charbons de bois collectés en 2006 sur le front d'érosion de l'aire de tri-halve de l'exploitation LC13-7 du plateau d'Emparis. Les résultats sont éloquentes :

- l'exploitation du quartz hyalin par le feu est effective dès le Néolithique ancien (fin du VI^e millénaire av. J.-C.), avec une date sur la brèche en place du Ribot 1 ;
- un chantier d'extraction, tel le Ribot 1, peut être repris à un millénaire de distance, puisque le fragment de brèche détaché signe des tailles au feu à la fin du IV^e millénaire av. J.-C., en bonne concordance avec le tesson de céramique ; ainsi, ce qui apparaît aujourd'hui comme une galerie unique est en fait un chantier polyphasé ;
- il existe des extractions contemporaines (selon les termes de la résolution chronologique disponible) sur plusieurs cristallières (Ribot 1 et Emparis LC13-7) qui sont non seulement distantes dans l'espace, mais dans des configurations topographiques et altitudinales très différentes : forte pente-plateau, 1200-2360 m ;
- l'abattage au feu n'est pas spécifique d'une période, mais est employé durant tout le Néolithique, puisque la cristallière 2 du Trou de la Fée connaît une activité au milieu du III^e millénaire av. J.-C. À cette période, les dents humaines du Ribot 1 témoignent, soit d'un accident de travail, soit, plus probablement, d'une réutilisation de la cavité artificielle à des fins funéraires.

Ainsi, même si les datations actuellement disponibles ne constituent qu'un éclairage très partiel porté sur les extractions de l'Oisans, elles constituent une preuve définitive de l'importance prise par cette activité, au moins au Néolithique.

L'extraction à l'aide de la taille au feu est donc, en Oisans, bien développée au Néolithique. Dès lors, se pose la question du statut des exploitations sans trace d'usage du feu, dont le plateau d'Emparis est le meilleur représentant :

- cette différence technique traduit-elle une différence chronologique, et si oui, dans quel sens (antérieur au Néolithique ?) ;
- est-elle liée à la configuration du gîte qui ne nécessite pas l'usage du feu ?
- le choix technique est-il effectué en fonction des besoins et/ou de la richesse du gîte : les filons d'Emparis livrent-ils assez de cristaux pour les besoins de la période d'exploitation ?
- s'agit-il de différences dans les compétences techniques des exploitants, et si oui, quelle interprétation en faire : groupes humains différents, intégration de l'activité extractive dans l'économie générale, etc.

Pour les exploitations des lacs cristallins à Emparis, la question peut être abordée avec des arguments archéologiques. Le caractère « archaïque » des travaux est un point délicat à interpréter. On peut certes considérer qu'ils sont le fait d'un groupe ne possédant pas de techniques plus puissantes, ou ne voulant – ou ne pouvant – pas les mettre en pratique. L'absence de bois à proximité pour faire le feu n'est pas un argument valide, dans la mesure où d'autres filons de l'Oisans situés au-dessus de la limite supérieure des arbres ont été exploités par le feu (Rostan, 2007). Le creusement au feu n'est pas spécifique d'une période particulière, mais couvre tout le Néolithique. Deux hypothèses en découlent :

A



B



C



E



D



F



Fig. 22 – Emparis à La Grave, secteur des lacs cristallins, le filon LC13 et l'extraction LC13-3, vues de la fosse à différents stades de la fouille 206 et 2007. A et B : la fosse d'extraction vue avant l'ouverture du sondage (A : vue depuis le sud ; B : vue depuis l'extrémité ouest). Les parois nord et est sont constituées par les épontes (gneiss) ; le filon de quartz laiteux massif forme la limite ouest ; au sud, l'herbe masque le bord de fosse et l'aire de tri. Noter le comblement sommital par des blocs de gneiss et de quartz laiteux en open-works ; en septembre 2006, la fosse était ennoyée ; C : extrémité ouest, aspect de la fouille en cours, vue depuis l'ouest. Noter la présence de très gros blocs de quartz massif, fragments du filon laissés dans la fosse ou effondrés après extraction ; D : extrémité ouest, arrêt de fouille 2006, vue depuis l'est. Le filon de quartz en place apparaît en haut du cliché (ouest). L'excavation concave correspond à la forme de la cavité géodique, vidée de ses cristaux ; E : reprise de fouille, septembre 2007. Vue depuis le sud-ouest. La fosse est à sec. La paroi nord est bien visible (éponte de gneiss). L'open works de blocs de gneiss et quartz a été enlevé sur le mètre de l'agrandissement du sondage, laissant apparaître un niveau plan (surface du décapage 9). Dans l'angle du cliché, le creusement de la fouille 2006. À gauche, l'éponte sud-est de gneiss, qui forme un massif proéminent ; F : fouille 2007 en cours, vue depuis l'ouest. Au premier plan, le filon de quartz massif, puis le creusement de la fouille 2006, puis les gros blocs des décapages 10 et 11, puis les petits blocs sommitaux dans la zone non fouillée.

Fig. 22 – Emparis at La Grave, crystalline lakes sector, the LC13 vein and the extraction LC13-3, views of the pit at different stages of the archaeological excavation carried out in 2006 and 2008. A and B: the extraction pit before opening the trial trench (A: view from the south; B: view from the western end). The northern and eastern walls are gneiss; the vein of milky massive quartz forms the western boundary; to the south, the grass hides the edge of the pit and the sorting area. Notice the open-work blocks of gneiss and milky quartz filling the upper part of the pit; in September 2006, the pit was flooded; C: western end, the archaeological excavation in progress, view from the west. Notice the huge blocks of massive quartz, remnants of the vein that were left back in the pit or that collapsed following the extraction work; D: western end, at the end of the archaeological excavation 2006, view from the east. The quartz vein appears in the upper part of the photograph (west). The concave excavation corresponds to the shape of the geodic cavity after the removal crystals; E: resumption of the archaeological excavation, September 2007. View from the south-west. The pit has dried out. The northern wall can be clearly recognised (gneiss). The open-work of the gneiss and quartz blocks was removed on the metre on which the trial trench was extended, exhibiting a flat surface (surface of cut 9). In the corner of the picture, the digging of the archaeological excavation in 2006. On the left, the south-eastern gneiss wall that forms a prominent massif. F: the archaeological excavation 2007 in progress, view from the west. In the foreground, the vein of massive quartz, followed by the digging of the 2006 excavation the big blocks uncovered during the cuts 10 and 11 as well as the small blocks on top of the non-excavated area.

– soit les fosses d'Emparis témoignent d'autres motivations que de la recherche intensive et exhaustive (avec les techniques de l'époque) du quartz hyalin, et dans ce cas, aucune datation ne peut être privilégiée; relevons néanmoins que deux tailles au feu (une certaine, et une indirecte) sont répertoriées aux lacs cristallins, qui pourraient témoigner d'une reprise de travaux avec des techniques nouvelles (donc, au Néolithique ?) sur d'anciennes exploitations;

– soit la différence technique a une valeur chronologique, et alors, une datation très précoce dans le Néolithique, ou antérieure, peut être proposée. Le champ chronologique s'ouvre alors jusqu'à l'Azilien (voir *supra*).

Un argument en faveur d'une datation haute est fourni par l'aire de tri LC13-4. L'absence de paléosol enfoui sous le niveau de tri (décapage 4 : altération mécanique du substrat) est un indice fort en faveur d'une datation ancienne, antérieure à la constitution d'un sol végétal, soit une datation dans le Tardiglaciaire ou l'Holocène ancien. En effet, sur les exploitations de cuivre des Grandes Rousses datées de l'âge du Bronze ancien, un sondage réalisé en 2006 sur une halde a montré que celle-ci a recouvert un sol végétal qui s'est ainsi trouvé fossilisé (Bailly-Maître *et al.*, 2008, p. 35, et observation personnelle É. T.). Rien de tel à LC13-4, ce qui penche en faveur d'une datation ancienne dans l'Holocène.

Si cette hypothèse haute se confirme, les travaux du plateau d'Emparis constitueraient une des plus anciennes extractions organisées de matériaux connues en France, et assurément la plus élevée en altitude.

On le voit, la question des datations demeure un enjeu de taille, que seuls les travaux de terrain pourront

résoudre. Il est d'ores et déjà assuré que l'activité néolithique a été importante. Au contraire, malgré quelques mentions textuelles, aucune preuve de terrain ne vient pour l'instant étayer l'idée de travaux médiévaux, qui, s'ils existent, sont discrets ou circonscrits à certaines cristallières. Il est probable que durant l'Antiquité, les gîtes de l'Oisans aient été délaissés, car ils ne fournissent pas de gros cristaux aptes à la taille de beaux objets (calices, etc.), contrairement à d'autres régions (le Valais en Suisse, par exemple). Il est donc possible d'émettre l'hypothèse qu'à la fin du Néolithique, l'exploitation a cessé jusqu'à ce que la maîtrise de la poudre permette une reprise significative d'activité, du XVII^e-XVIII^e au XIX^e siècle.

Modalités de préparation des cristaux pour l'emport

Le sondage sur la fosse LC13-3 et l'aire de tri adjacente LC13-4 du plateau d'Emparis à La Grave a permis de collecter tous les vestiges de l'activité extractive selon un protocole contrôlé, incluant un tamisage intégral, et ainsi de constituer une documentation rigoureuse qui sert de base à la réflexion sur les étapes de travail entre l'extraction et l'emport des cristaux.

Les cristaux retrouvés en fouille peuvent être classés en trois catégories (fig. 26) :

– les quartz plus ou moins automorphes laiteux, de dimensions variables, de sections parfois importantes mais jamais très longs, souvent attachés à la paroi de la cavité;

– les quartz hyalins, et parfois chloriteux, de dimensions ou de formes qui les rendent inaptes à la taille :

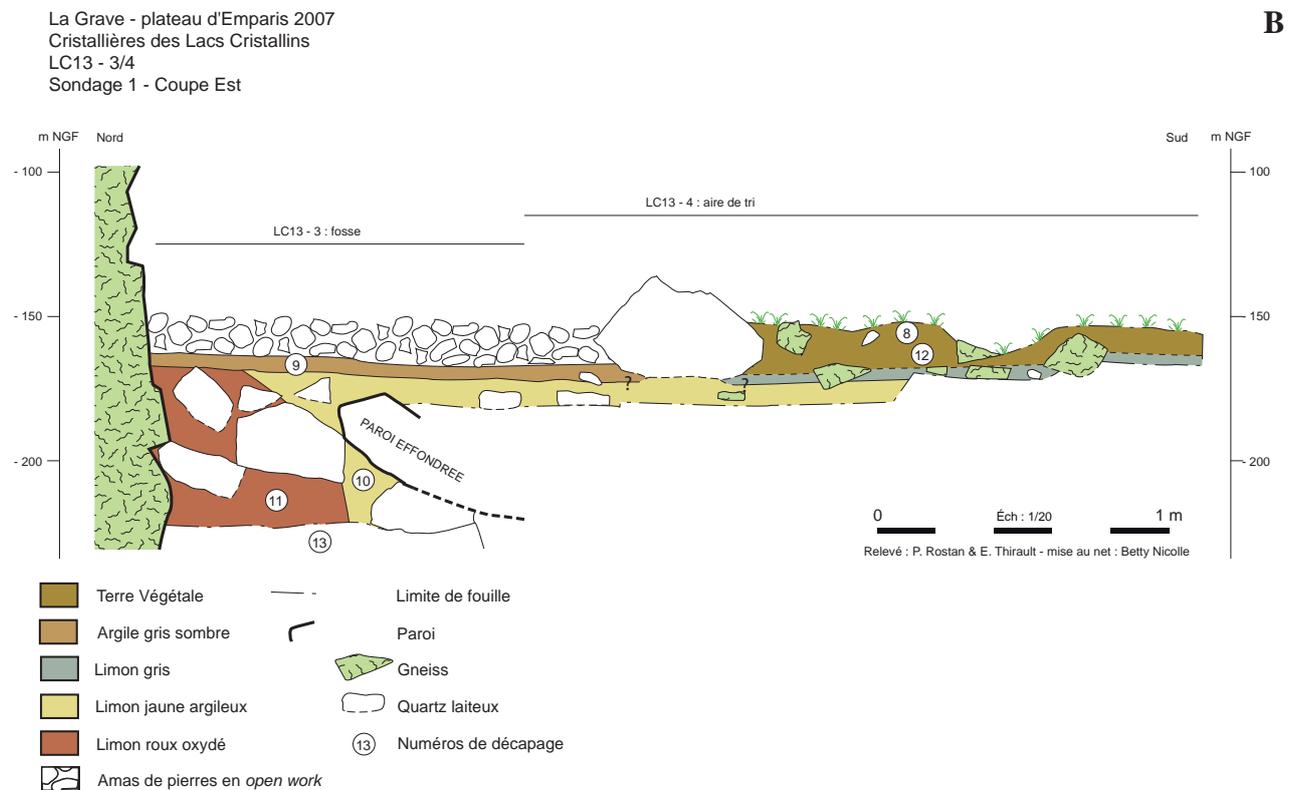


Fig. 23 – Emparis à La Grave, secteur des lacs cristallins, le filon LC13, l'extraction LC13-3 et l'aire de tri LC13-4, coupes transversales. A : coupe 2006 ; B : coupe 2007. Localisation en fig. 21.

Fig. 23 – Emparis at La Grave, crystalline lakes sector, the LC13 vein, the extraction LC13-3 and the sorting area LC13-4, transversal stratigraphic profiles. A : stratigraphic profile 2006 ; B : stratigraphic profile 2007. Localisation on fig. 21.

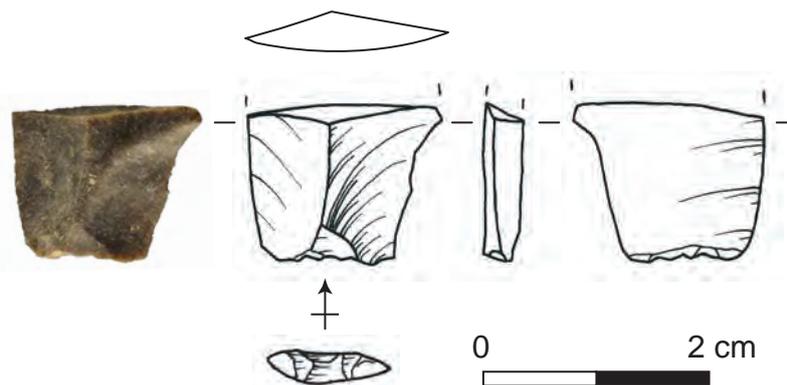


Fig. 24 : Emparis à La Grave, secteur des Lacs Cristallins, LC13-4, sondage 1. Le seul silex taillé mis au jour, trouvé lors du tamisage des déblais du piochage intempestif survenu durant l'été 2007 (dessin É. Thirault).

Fig. 24 – Emparis at La Grave, crystalline lakes sector, LC13-4, trial trench 1. The only knapped flint recovered from the sieving remains of the dirt left by the uncontrolled digging during summer 2007 (drawing É. Thirault).

macles, quartz engrenés, quartz qui ont poussé de manière tardive sur les cristallisations primaires, etc. ;

- les quartz hyalins (parfois un peu laiteux à la base), et plus rarement chloriteux, dont les dimensions et le caractère automorphe les rendent aptes à la taille.

Seuls ces derniers ont intéressé les hommes qui ont conduit l'extraction. Preuve en est que cette catégorie n'est représentée que sous la forme de fragments et d'éclats dont l'origine est à comprendre. Trois causes peuvent être avancées :

- des chocs lors de l'extraction des plaques de cristaux de la fosse ;
- des chocs lors du tri des cristaux et du détachement des individus aptes au débitage ;
- un débitage intentionnel.

Distinguer ces trois causes est important pour statuer sur les activités qui se sont déroulées sur le site. Pour cela, la disposition des altérations et des enlèvements peut être restituée dans la plupart des cas, grâce à la forme particulière des cristaux automorphes.

La conformation des cristaux de quartz automorphes, hyalins ou plus ou moins opaques, est dictée par le processus de cristallisation : le prisme comporte six pans reliés par des arêtes ; il est terminé sur une ou les deux extrémités par un pyramidion à six pans reliés par des arêtes. Dans les gîtes alpins (au sens géologique), de relativement haute température de formation, les cristaux présentent un prisme très développé et très allongé alors que les cristaux habituels des filons de basse température des socles cristallins (massif des Maures, Massif central, etc.) présentent des prismes courts avec un pyramidion très développé d'allure très caractéristique.

Toutefois, dans ce type de gîtes filoniens, les cristaux bipyramidés sont rares et les individus cristallins sont des monopyramides dont une base se trouvait initialement attachée au filon. La base du cristal est systématiquement plus riche en inclusion et d'allure plus « trouble » ou plus laiteuse alors que la partie proche du pyramidion, plus ou moins développée, devient très limpide.

Les faces du prisme montrent des stries de croissance parallèles, perpendiculaires à l'axe ternaire du cristal (axe de la pyramide), et le diamètre du prisme décroît parfois de la base vers la pyramide, les stries de croissance formant un léger escalier. Les faces de la pyramide sont le plus souvent lisses, mais présentent parfois quelques rares stries de même orientation que celles du prisme ; elles comportent fréquemment des figures de croissance d'allure triangulaire en escalier dont la pointe du triangle indique le sommet de la pyramide. Un fragment de cristal, s'il présente encore une relique de face cristalline, peut donc être orienté et positionné dans le volume du cristal entier.

Cette étude volumétrique, couplée à l'étude technologique sur la morphologie des talons d'enlèvements, sur la direction et la forme des impacts, permet d'avancer considérablement sur le statut du mobilier découvert et partant, ouvre une porte pour la compréhension du statut du site.

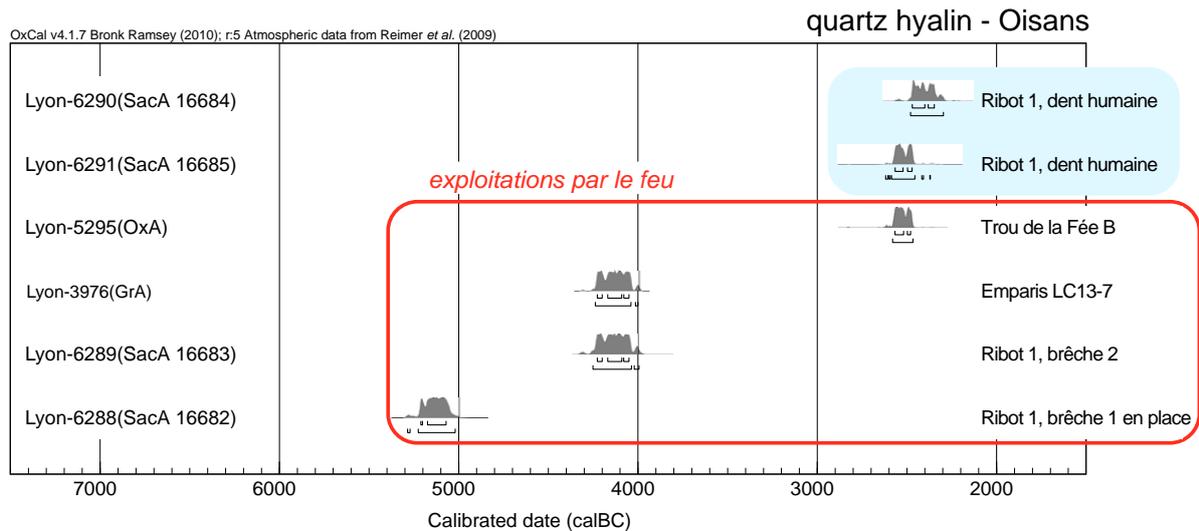
L'examen de la totalité du mobilier découvert en 2006 et 2007 permet de proposer, de manière encore préliminaire, l'existence de dix-neuf types d'altération et d'enlèvements différents, décrits dans la figure 26. Leur répartition selon les décapages, non quantifiée, est rendue sous forme de tableau (fig. 27). Il s'agit d'un état du travail qui ne peut être considéré comme définitif, car deux critères doivent encore être pris en considération : la dimension des cristaux et la quantification des éclats. Il nous manque également des référentiels expérimentaux pour mieux interpréter les observations.

Les altérations et les enlèvements peuvent être groupés sous quatre grandes rubriques :

- 1) Des chocs violents aléatoires qui brisent le cristal (type 14).

- 2) Des chocs peu violents aléatoires qui écrasent la pyramide (1) ou une arête (2), ou qui provoquent le détachement d'un éclat (types 3, 4, 5, 10, 11, 13 et 18). On peut interpréter ces impacts comme résultant de deux actions différentes :

- choc lors de l'extraction des cristaux dans la fosse, qui provoque l'enlèvement d'une partie de la pyramide (types 3, 4 et 13).



commune	lieu	référence de terrain	position de l'échantillon	référence de laboratoire	objet daté	résultat (BP)	marge d'erreur	calibration 68.2% probabilité	calibration 95.4% probabilité
Huez-en-Oisans	Le Ribot	Ribot 1 : Brèche 1	brèche en place en avant de l'exploitation	Lyon-6288 (SacA 16682)	charbons de bois	6185	35	5212-5070	5286-5020
Huez-en-Oisans	Le Ribot	Ribot 1 : brèche 2 décapage 5	fragment de brèche dans cupule d'extraction	Lyon-6289 (SacA 16683)	charbons de bois	5300	40	4228-4050	4252-3995
La Grave	Emparis	Lac Cristallin LC13-7	coupe dans halde/aire de tri	Lyon-3976(GrA)	charbons de bois (Acer et Pinus Sylvestris)	5300	35	4228-4050	4238-4001
Mont de Lans	Trou de la Fée	cr stallière B	coupe dans halde	Lyon-5295 (OxA)	charbons de bois (Pinus sylvestris)	4005	30	2567-2480	2580-2467
Huez-en-Oisans	Le Ribot	Ribot 1 : galerie 1, décapage 1	dans cupule d'extraction	Lyon-6291 (SacA 16685)	dent humaine	3990	35	2566-2472	2620-2370
Huez-en-Oisans	Le Ribot	Ribot 1 : galerie 1, décapage 1	dans cupule d'extraction	Lyon-6290 (SacA 16684)	dent humaine	3920	30	2470-2348	2480-2297

Fig. 25 – Datations radiocarbones disponibles sur la problématique du quartz hyalin en Oisans (graphique É. Thirault).
 Fig. 25 – Radiocarbon dates available for the hyaline quartz exploitation in Oisans (graphics É. Thirault).

– choc lors du tri des cristaux en dehors de la fosse, dont certains sont des impacts dus à la pose sur une enclume (types 1, 2, 5, 10, 11 et 18).

3) Des enlèvements peu violents, consécutifs à un impact localisé, visible (talon) ou non sur l'éclat. On distingue :

– présence de négatifs d'enlèvement sur la face supérieure, de même direction que l'enlèvement (types 6, 8, 9 et 17). La présomption d'un choc unique est forte, soit par impact direct, soit par répercussion sur une enclume ;

– présence de négatifs d'enlèvement sur la face supérieure, de direction opposée à celle de l'enlèvement (type 7). Dans ce cas, il peut s'agir d'un négatif d'enlèvement antérieur, à moins que nous soyons dans une configuration de type percussion-répercussion sur enclume ;

– présence de négatifs d'enlèvement sur la face supérieure de direction identique ou différente à celle de l'enlèvement, ou de direction indéfinissable (types 15 et 16). Là encore, d'après la position de l'éclat dans le cristal, il y a eu des enlèvements antérieurs.

4) Des chocs violents contre une arête de la pyramide qui ont provoqué le détachement d'une partie de la pyramide et du prisme (type 12) ou de la pyramide toute entière (type 19). L'intentionnalité de tels impacts est difficile à démontrer. En Valais, un tel enlèvement permet d'ouvrir un plan de frappe pour le débitage de lamelles, mais cette méthode est appliquée à des prismes de plus

grande dimension que ceux présents à Emparis (Honegger, 2011).

Les éclats de pyramide nécessitent un commentaire particulier (types 3, 4 et 13). Ce type d'éclat, présent de façon systématique, doit être rapporté à une pression exercée directement sur la pointe du cristal sans qu'il existe de plan attribuable à un débitage intentionnel préalable. Ces éclats très caractéristiques sont attribués ici à des éclats produits pendant l'extraction et consécutifs à un mouvement des plaques de cristaux vers l'intérieur de la cavité géodique (toujours très étroite avant que les cristaux n'en aient été extraits) dont les pointes des pyramides rencontrent la face opposée et se brisent sous la pression. L'analyse de ce type d'éclat permet ainsi de reconstituer un des gestes du mineur lors de l'extraction des cristaux.

La corrélation entre les types d'altérations et d'enlèvements, les techniques d'enlèvements et l'interprétation fonctionnelle n'est pas encore définitive. En particulier, il faut approfondir l'étude des talons et des négatifs d'enlèvements, qui sont fondamentaux pour comprendre les modalités de détachement. Cependant, nous pouvons déjà dire que nombre de talons, quand ils existent, sont punctiformes, indice d'impacts très circonscrits, telle une pression exercée par un outil d'extraction ou par un autre cristal (pointe de la pyramide ou arête). Les autres talons

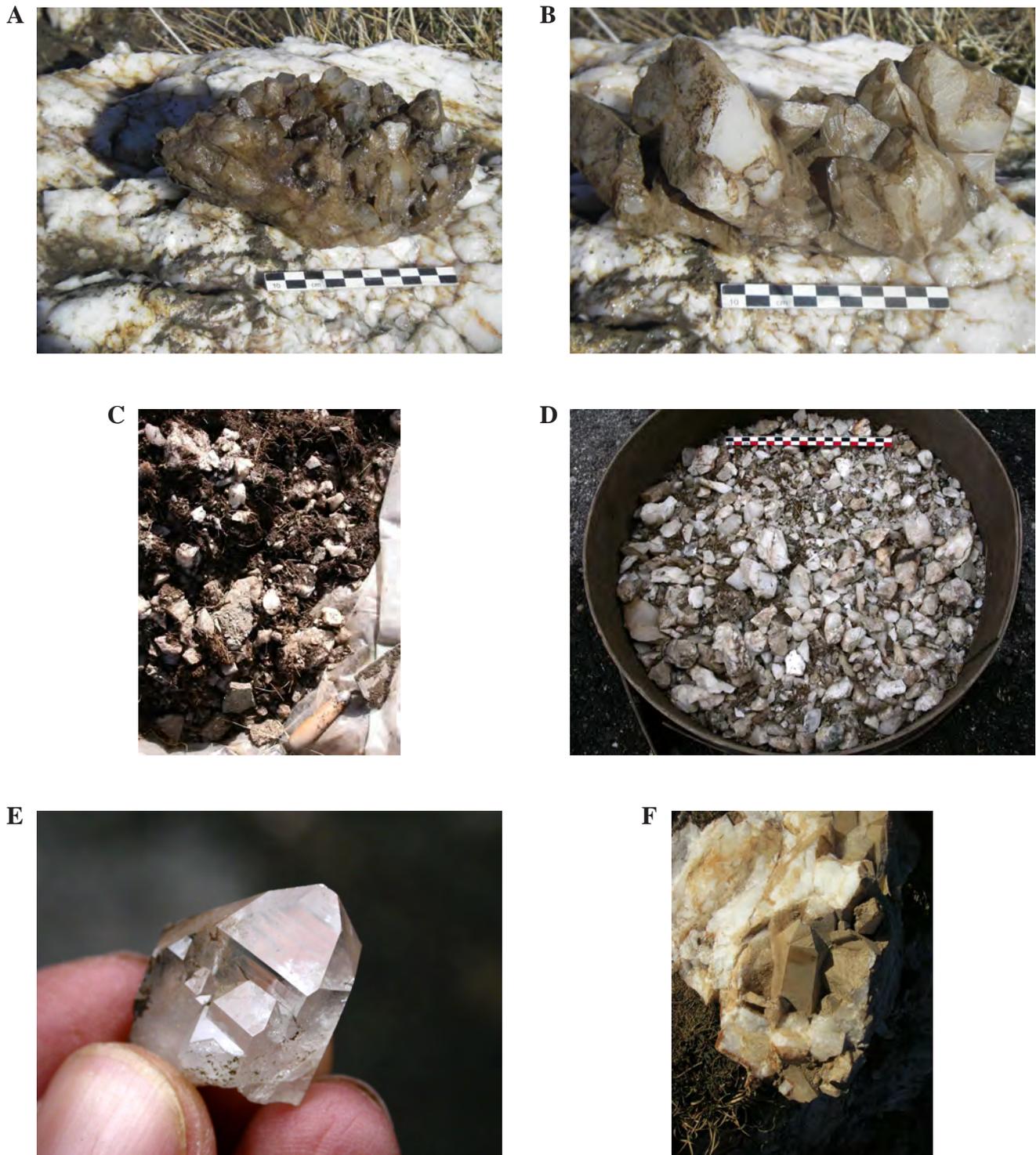
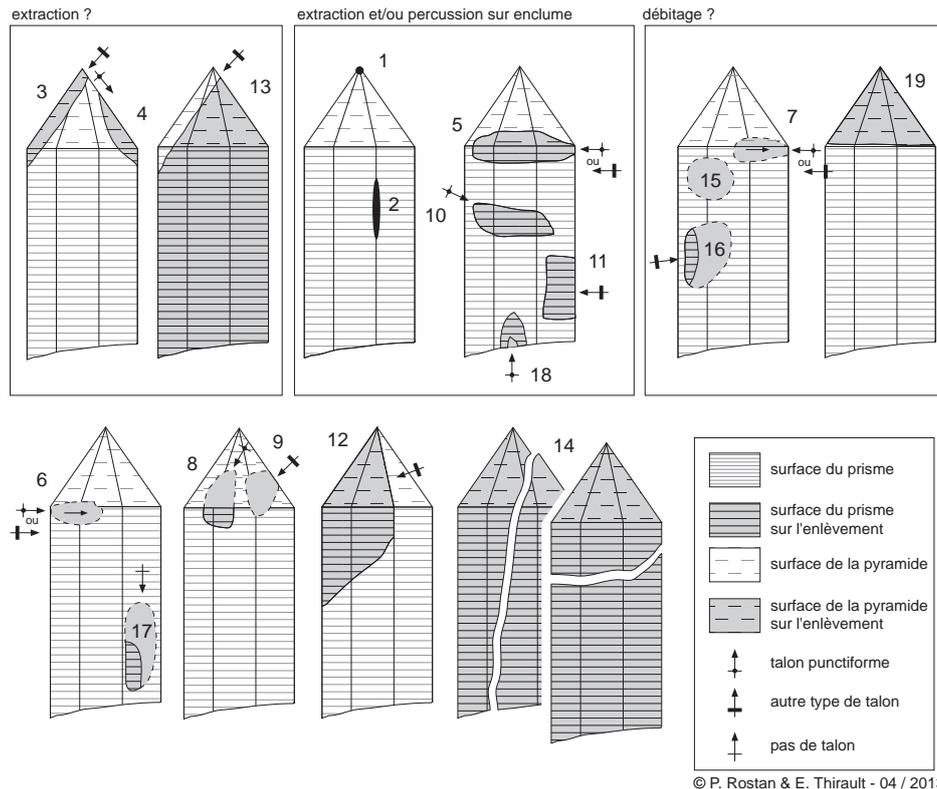


Fig. 26 – Aperçu sur les différentes formes de quartz retrouvées dans les sondages de LC13-3 et LC13-4 à Emparis. A et B : deux touffes de cristaux laiteux sub-automorphes, (sondage 1, fosse LC13-3), posées pour la photographie sur le filon de quartz massif; C : un aspect du sédiment brut de fouille (sondage 1, aire de tri); D : après lavage, le quartz apparaît sous différentes formes (sondage 1, aire de tri); E : un petit quartz hyalin et automorphe, mais de dimensions trop faibles et présentant des prismes accolés qui le rendent impropre à la taille. Il a été laissé sur place lors du tri; F : au sein d'une touffe de cristaux laiteux, un quartz sub-automorphe, mais laiteux et impossible à détacher, sondage 2 (clichés É. Thirault).

Fig. 26 – Overview of the different types of quartz, recovered from the trial trenches opened in LC13-3 and LC13-4 at Emparis. A and B : two crystal clusters of sub-automorphous milky quartz (trench 1, pit LC13-3), placed on the vein of massive quartz, for the picture; C : a sample of the excavation dirt (trench 1, sorting area); D : after rinsing with water, the quartz appears under different aspects (trench 1, sorting area); E : a small, automorphous hyaline quartz, of, however, too small dimensions and showing twin prisms that make it unsuitable for knapping. It was abandoned at the site during the sorting; F : included in a cluster of milky crystals, a sub-automorphous, milky quartz, which possibly could not be detached, trench 2 (photos É. Thirault).



© P. Rostan & E. Thirault - 04 / 2013

1. Ecrasement de la pointe de la pyramide.
2. Ecrasement d'une arête du prisme.
3. Enlèvement de la pointe, d'une partie de la pyramide et parfois d'une partie du prisme ; percussion punctiforme sur une face de la pyramide.
4. Idem 3, mais sur la pointe : percussion punctiforme sur une face de la pyramide.
5. Enlèvement transversal d'une partie de la surface de l'arête de contact prisme/pyramide ; talon lisse (surface du prisme) ou punctiforme.
6. Idem 5, avec face supérieure de l'enlèvement partiellement couverte par un négatif d'enlèvement de même direction.
7. Idem 6, avec face supérieure partiellement couverte par un négatif d'enlèvement antérieur de direction opposée.
8. Enlèvement issu d'une percussion dans l'axe du prisme, à l'intérieur de la pyramide, avec face supérieure partiellement couverte par un négatif d'enlèvement antérieur.
9. Idem 8, mais face supérieure entièrement couverte par un négatif d'enlèvement de même direction ; talon lisse (surface de la pyramide).
10. idem 5, mais positionné sur le prisme ; talon punctiforme.
11. Enlèvement transversal sur la surface du prisme ; talon en aile d'oiseau (surface du prisme) ; une esquille sur la face supérieure.
12. Enlèvement épais d'une partie importante de la pyramide et du prisme : percussion sur une arête de la pyramide.
13. Cristal résiduel après une percussion de type 3 ou 4 : négatif d'enlèvement sur la pyramide.
14. Cassure violente du prisme et de la pyramide.
15. Enlèvement sans surface externe : face supérieure entièrement couverte par un enlèvement antérieur, de même direction en sens opposé (bipolaire). Orientation dans le prisme impossible à restituer.
16. Idem 15, avec talon lisse (surface du prisme) ; orientation transversale.
17. Enlèvement sans talon, orienté dans l'axe du prisme de haut en bas, avec négatif d'enlèvement et surface externe de prisme sur la face supérieure.
18. Enlèvement à face supérieure lisse (surface du prisme), orienté dans l'axe de bas en haut ; esquille supérieure issue du point d'impact ; talon punctiforme.
19. Troncature de la pyramide.

Fig. 27 – Emparis LC13-3/4. Représentation schématique des types d'enlèvement et d'altération des cristaux observés dans le sondage 1. En sombre, les parties de cristaux retrouvées, en clair, les parties manquantes (étude P. Rostan et É. Thirault, dessin É. Thirault).

Fig. 27 – Emparis LC13-3/4. Schematic representation of the types of removals and alterations of the crystals observed in trench 1. Dark areas show the parts of the crystals that were found, light areas the parts that are missing (analysis P. Rostan and É. Thirault, drawing É. Thirault).

sont lisses, parfois en aile d'oiseau, et dans ce cas le talon correspond à une surface du prisme ou de la pyramide. Tous ces éléments convergent pour minimiser voire infirmer la présomption d'un débitage intentionnel sur le site. Nous retenons néanmoins comme suspects les types 7, 15, 16 et 19, qui devront être étudiés de plus près.

Quoi qu'il en soit, la présence des éclats de cristaux hyalins est fort discrète et il n'y a pas, dans le sondage, la preuve d'un débitage intensif, ni même de mise en forme pour préparer un futur débitage.

Le croisement des données avec la répartition spatiale entre le comblement de la fosse d'extraction (LC13-3) et la surface fouillée au sud de la fosse (LC13-4) permet de conforter les hypothèses préalables à la fouille (fig. 28) :

– Dans le comblement de la fosse, on retrouve des individus altérés par des chocs (types 3, 4, 13) typiques de l'extraction. Une partie des cristaux brisés n'est donc pas extraite de la fosse. On retrouve aussi des cristaux dont l'origine du bris n'est pas certaine (types 2, 5 et 10) : dans ce cas, les causes pourraient être liées au détache-

		stigmates sur les quartz hyalins																		
décapage	interprétation	abondance des gros blocs	abondance des petites pierres	ratio gneiss	ratio quartz laitoux	abondance des quartz hyalins (toutes formes)	extraction (?)			percussion sur enclume et/ou choc d'extraction					interprétation incertaine				débitage ?	
							3	4	13	1	2	5	10	11	18	6	8	9	12	14
fosse (LC13-3)																				
déc. 1 = déc. 9	comblement volontaire (+ décantation basale)	absence forte	forte			faible	X	X			X									X
déc. 3 = déc. 10	abandon : effondrements et dépôts fins	forte	faible	0	100	faible	X												X	X
déc. 7 = déc. 11	comblement volontaire	moyenne	forte	50	50	faible	X	X	X		X	X								X
déc. 13	abandon après extraction : dépôts gravitaires					forte	X													X
bordure de fosse (LC13-4)																				
déc. 5							X													
aire de tri (LC13-4)																				
déc. 2 = déc. 8 = déc. 12	sol végétal actuel		moyenne	50	50	forte à moyenne	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
déc. 4 = déc. 14	couche de tri des cristaux		forte	50	50	forte	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
déc. 15	lentille anthropique - tri des cristaux					forte														X
déc. 16	lentille anthropique - tri des cristaux		forte	75	25	forte					X				X	X				
déc. 17	déblai d'extraction ?	faible	forte	55	45	forte														
déc. 6	sol naturel "pollué"		forte	90	10	faible	X													X
coupe amont (LC13-7)																				
							X				X				X	X				X

Fig. 28 – Emparis LC13-3/4. Répartition des types d'enlèvement et d'altération des cristaux observés dans le sondage 1, selon les décapages. Sont indiquées aussi les principales caractéristiques pétrographiques des niveaux concernés (étude P. Rostan et É. Thirault, tableau É. Thirault).

Fig. 28 – Emparis LC13-3/4. Distributions of the types of removals and alterations of the crystals observed in trench 1, according to the cuts. The main petrographic characteristics of the concerned levels are indicated (analysis P. Rostan and É. Thirault, table É. Thirault).

ment des plaques. On note aussi la présence de fragments rapportés possiblement à du débitage, en tous cas à de la taille intentionnelle (types 15, 16 et 19). Il peut s'agir d'objets qui sont en position secondaire, c'est-à-dire tombés dans la fosse lors des comblements volontaires ou non après l'arrêt de l'exploitation.

– Au sud de la fosse, les types d'altérations et enlèvements sont variés, puisque seize types sur dix-neuf sont présents. On retrouve des types liés à l'extraction (types 3, 4 et 13), indice que les cristaux ont été extraits non pas individuellement mais en masse (par pelletées, par paniers ?), mais aussi divers types d'impacts encore difficiles à interpréter, dont certains peuvent être liés à une percussion sur enclume, nécessaire pour le détachement des individus de bonne venue (types 1, 5, 10 et 18), et d'autres de statut incertain (types 6, 8, 9, 12 et 17). En outre, on retrouve des éclats pouvant traduire une taille intentionnelle (types 7, 15, 16 et 19). Nous considérons donc comme démontrée la présence d'une aire de tri des cristaux en dehors de la fosse, où sont présents d'une part les rebuts (cristaux trop petits, mal formés, polycristallins, et d'une façon générale tous les individus comportant des hétérogénéités ou des discontinuités), et d'autre part les éclats accidentels survenus lors de l'extraction et du tri.

En conclusion :

1) Il n'y a pas, à LC13-3/4, la preuve d'un débitage intensif des cristaux, ni de leur mise en forme (par exemple, décorticage des faces externes) pour préparer un futur débitage. Si quelques éclats peuvent provenir d'un débitage, ils représentent une part très faible de l'activité. Il faut donc admettre que les individus cristallins qui intéressaient les hommes ont été emportés entiers.

2) Du point de vue spatial, il existe une aire de tri contiguë à la fosse d'extraction. Il y a donc une succession d'opérations : extraction des plaques de cristaux, transport en-dehors de la fosse, puis tri et détachement des individus recherchés par percussion sur enclume (non

encore retrouvée, mais présentes sur d'autres secteurs des lacs cristallins : Rostan, 2004a).

Extraction et occupation de la montagne

On l'a vu, les exploitations de quartz hyalin, en Oisans, s'étendent jusqu'à 2460 m d'altitude pour les travaux antérieurs à la poudre. Il s'agit donc, pour certains, de sites de haute montagne, là où aucune implantation humaine permanente n'est possible. Pour schématiser, les raisons de fréquenter la montagne peuvent se répartir en trois familles qui peuvent s'interpénétrer : la quête de ressources (minérales, végétales, animales), le passage d'un point bas à un autre (notion d'itinéraire) et la spiritualité (rapprochement avec les puissances d'en haut, quête de soi, de l'absolu, curiosité, etc.). Les extractions de quartz hyalin se classent dans le premier groupe, mais la question se pose à savoir si cette acquisition est la motivation première de la montée en altitude, ou bien s'il s'agit d'une activité secondaire par rapport à d'autres qui seraient la cause du déplacement. Trois éléments de réponse peuvent être apportés.

Premièrement, on ne peut jamais exclure l'opportunisme, et il a certainement existé : collecter des cristaux lors d'un déplacement (Emparis, par exemple, est situé sur le meilleur cheminement pour rejoindre le bassin de Grenoble à celui de Briançon) ou d'un séjour en altitude (pastoral ou cynégétique, par exemple). Mais, dans ces conditions, il ne peut s'agir que d'une activité d'appoint qui fournit peu de cristaux, sans commune mesure avec l'échelle des exploitations, ou bien, éventuellement, de la cause de la découverte de gîtes qui feront ensuite l'objet d'une exploitation plus intensive.

Deuxièmement, toutes les données présentées ici vont dans le sens d'une recherche active, systématique des gîtes, qui conduit, sur le long terme, à la découverte des gîtes les plus intéressants accessibles avec les moyens techniques de l'époque, et à leur exploitation jusqu'à épuisement relatif, toujours en rapport avec les techniques

disponibles. Rappelons qu'aujourd'hui, en Oisans, il faut monter à 3000 m d'altitude sur les délaissées glaciaires pour espérer trouver des filons vierges avec des cavités abritant des cristaux qui correspondent aux critères de choix préhistoriques. Il s'agit donc d'une activité non aléatoire, pour ce qui est des périodes d'usage intense du quartz hyalin (périodes qui restent, par ailleurs, à définir plus précisément).

Troisièmement, parmi les causes d'occupation saisonnière de la haute montagne figure le pastoralisme. Hors, si les pratiques pastorales organisées sont bien démontrées dans les Alpes calcaires jusqu'à 1400 m, et ce depuis la fin du Néolithique ancien et surtout le Néolithique moyen (Brochier *et al.*, 1999; Nicod *et al.*, 2012), les témoins de pratiques pastorales dans les Alpes cristallines sont moins nets. Pour le Néolithique final (III^e millénaire av. J.-C.), seules les données des Balmes à Sollières, en Haute-Maurienne, sont pertinentes, avec des dépôts de limons de bergerie, à 1400 m d'altitude, et rien ne permet de dire que les troupeaux aient pâture en altitude (Brochier *et al.*, 1999; Vital et Benamour, 2012). Plus au sud, les structures en pierres sèches rapportées par leurs inventeurs à des enclos et abris pastoraux, ne datent pas, au plus ancien, au-delà du Bronze ancien, éventuellement de la fin du Néolithique (Mocci *et al.*, 2008; Walsh *et al.*, 2005). Plus globalement, c'est semble-t-il au Bronze ancien que, dans les Alpes françaises cristallines, un saut est effectué dans le pastoralisme, avec soit un effet de seuil qui le rend visible dans les marqueurs paléoenvironnementaux, soit, dans certains cas, un véritable début (Vital, 2008). Quoiqu'il en soit, avant le Néolithique final, le pastoralisme à haute altitude, dans ces régions, demeure une hypothèse. Or, les extractions uisannes sont effectives dès le VI^e millénaire av. J.-C. Pour le Néolithique ancien et moyen, l'hypothèse pastorale ne tient donc pas, en l'état actuel des connaissances. Inversant l'image du pasteur grattant la roche tout en gardant un œil sur ses brebis, disons plutôt : et si les mineurs montaient aux cristallières avec leur troupeau, les bêtes profitant ainsi de bons pâturages ? N'oublions pas, enfin, que tous les gîtes ne sont pas situés dans des zones faciles à pâturer, loin de là.

Mais, toutes les cristallières anciennes ne sont pas aussi hautes en montagne : le grand ensemble du Ribot à Huez est situé à 1200 m d'altitude, à peu de distance de la plaine du Bourg d'Oisans qui, même si elle était pour partie en eau durant le Néolithique, pouvait être un lieu de résidence (cote du paléolac : 740 m environ : Bailly-Maître *et al.*, 1997); les petites exploitations du Parizet, vers 1100 m d'altitude, dominant aujourd'hui le

lac de barrage du Chambon, autrefois un fond de vallée propice à l'installation humaine. Certes, l'occupation préhistorique de l'Oisans demeure un mystère, on l'a vu plus haut. Mais, une rapide comparaison avec les vallées voisines mieux documentées, Maurienne et Tarentaise, démontre que dans ce secteur des Alpes, des occupations néolithiques importantes peuvent être implantées jusqu'à 1400 m dans les cas favorables (Rey et Thirault, 1999; Rey, 2009; Thirault, 2008; Vital et Benamour, 2012).

Rien ne s'oppose donc à ce que des occupations néolithiques pérennes aient été implantées en Oisans, malgré des conditions de vie rigoureuses. En outre, il faut rappeler que les prospections, et donc la carte des cristallières, ne concernent pas les parties basses du massif, qui sont boisées et difficiles d'accès (fortes pentes dans l'auge glaciaire et les ombilics). Il est donc probable que des filons minéralisés et des gîtes exploités existent dans ces secteurs, plus près encore des lieux de vie possibles durant la Préhistoire récente.

PERSPECTIVES

De ce retour au terrain, on retiendra la complémentarité forte avec les données acquises sur les sites récepteurs de cristaux, en particulier les concordances chronologiques et les modalités de transport des cristaux. Soulignons aussi l'importance des données nouvelles sur les techniques minières et la démonstration de leur existence même, encore conjecturale voici peu. Un vaste champ de recherche s'ouvre ainsi, qui devrait être étendu à l'ensemble des Alpes, voire d'autres massifs susceptibles de receler des ressources équivalentes.

Remerciements : Pour l'aide apportée lors des campagnes de terrain et en post-fouille : Régis Daniel, Alexis Laurent, Bernard Moulin, Betty Nicolle et Léa Roux. Pour les discussions et apports d'informations : Alain Beeching, Vérane Brisotto, Sylvie Cousseran, Didier Binder, Philippe Curdy, Vanessa Léa, Gilles Monin, Pierre-Yves Nicod, Régis Picavet, Pierre-Jérôme Rey et Stefan Tzortis. Pour la détermination des charbons de bois : Stéphanie Thiébault; pour l'examen pétrographique des silex taillés : Paul Fernandes. Pour les autorisations de fouille : les municipalités de La Grave et de Huez-en-Oisans; M. Roland. Pour les suivis de dossier administratif et financier : les services régionaux de l'Archéologie de Rhône-Alpes (Anne Le Bot-Helly et Benoît Helly) et de Provence-Alpes-Côte-d'Azur (Xavier Delestre et Xavier Margarit). À Alexis Taylor pour la traduction du résumé et des légendes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAILLY-MAÎTRE M. C., GONON T. (2008) – L'exploitation de la chalcopryrite à l'âge du Bronze dans le massif des Rousses en Oisans (Isère) : premiers éléments, in H. Richard et D. Garcia (dir.), *Le peuplement de l'arc alpin*, actes du 131^e Congrès national des sociétés historiques et scienti-

fiques (Grenoble, 24-29 avril 2006), Paris, CTHS (Documents préhistoriques, 2), p. 207-223.

BAILLY-MAÎTRE M. C., GONON T., MOULIN B., THIRAULT É., VITAL J. (2008) – *L'exploitation du cuivre à l'âge du Bronze dans le massif des Rousses. Communes de Huez, Oz et Vau-*

- jany (Isère)*, prospection thématique (programme 25), rapport annuel 2007, CNRS, Valence, 73 p.
- BAILLY-MAÎTRE M. C., MONTJUVENT G., MATHOULIN V. (1997) – Les quatre anciens lacs de l'Oisans (Alpes françaises du Nord), *Revue de géographie alpine*, 85, 1, p. 33-52.
- BARGE H., CARRY A. (1986) – Les parures en quartz hyalin du Midi de la France, *Bulletin du musée d'Anthropologie pré-historique de Monaco*, 29, p. 65-80.
- BARONI I. (2003) – Le quartz hyalin du gisement de l'Adaouste. Contribution à l'étude des circulations de matières premières au Néolithique, *Bulletin du musée d'anthropologie préhistorique de Monaco*, 43, p. 35-44.
- BINTZ P. (2001) – *Mésolithique et néolithisation dans les Alpes du Nord*, programme collectif de recherche, rapport d'activité, DRAC Rhône-Alpes, Lyon, 93 p.
- BOCQUET A. (2001) – Préhistoire et Protohistoire. L'Oisans au cœur de la Préhistoire, in C. Mazard (dir.), *Oisans*, Grenoble, musée Dauphinois et Conservation du patrimoine de l'Isère (Patrimoine en Isère), p. 36-40.
- BRISOTTO V. (1998) – *Quartz et obsidienne dans les séries néolithiques des sites alpins et péri-alpins*, mémoire de maîtrise, université Pierre Mendès-France – Grenoble 2, 118 p.
- BRISOTTO V. (1999) – Quartz hyalin et obsidienne dans les séries néolithiques entre Rhône et Alpes du Nord : poids et signification, in A. Beeching (dir.), *Circulation et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude*, programme « CIRCALP », agence Rhône-Alpes pour les sciences humaines (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 211-230.
- BROCHIER J. L., BEECHING A., SIDI MAAMAR H., VITAL J. (1999) – Les grottes-bergeries des Préalpes et le pastoralisme alpin durant la fin de la Préhistoire, in A. Beeching (dir.), *Circulation et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude*, programme « CIRCALP », agence Rhône-Alpes pour les sciences humaines (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 77-114.
- COSTA L. J. (2007) – *L'obsidienne. Un témoin d'échanges en Méditerranée préhistorique*, Paris, Errance, 112 p.
- COUSSERAN S. (1999) – Origine et circulation des quartz archéologiques. Application de la méthode des inclusions fluides à quelques sites des Alpes occidentales, in A. Beeching (dir.), *Circulation et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude*, programme « CIRCALP », agence Rhône-Alpes pour les sciences humaines (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 197-210.
- COUSSERAN S. (2000) – L'étude des inclusions fluides appliquée au problème de la circulation des quartz archéologiques dans les Alpes occidentales. Acquisition de nouvelles données sur les gîtes primaires, *Revue d'archéométrie*, 24, p. 169-177.
- COUSSERAN S. (2001) – *Les inclusions fluides, un outil pour la discrimination des quartz archéologiques. Application au problème de circulation du quartz dans les Alpes occidentales et lombardes* : réalisation d'un premier référentiel de données sur les quartz alpins, thèse de doctorat, université de Provence Aix-Marseille I, Aix-en-Provence, 367 p.
- COUSSERAN S., BINTZ P. (2001) – Exploitation du quartz et premières occupations humaines, in C. Mazard (dir.), *Oisans*, Grenoble, musée Dauphinois et Conservation du patrimoine de l'Isère (Patrimoine en Isère), p. 41-43.
- COUSSERAN S., PECHER A., BINTZ P. (1998) – Application de l'étude des inclusions fluides aux quartz taillés de quelques sites préhistoriques dans les Alpes du Nord, *Revue d'archéométrie*, 22, p. 103-109.
- GINESTET J. P., BINTZ P., CHAIX L., ÉVIN, J., OLIVE C. (1984) – L'abri-sous-roche de la Vieille-Eglise, La Balme-de-Thuy (Haute-Savoie). Premiers résultats, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 81, 10-12 (Études et Travaux), p. 320-342.
- HONEGGER M. (2001) – *L'industrie lithique taillée du Néolithique moyen et final de Suisse*, Paris, CNRS (Monographies du CRA, 24), 353 p.
- HONEGGER M. (2011) – L'industrie en silex et quartz taillés de l'habitat du Petit-Chasseur à Sion (Valais), in M. Besse et M. Piguet (dir.), *Le site préhistorique du Petit-Chasseur (Sion, Valais)*, 10. *Un hameau du Néolithique moyen*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande (Cahiers d'archéologie romande, 124; Archaeologia vallesiana, 6), p. 165-181.
- LÉA V. (2004) – Centres de production et diffusion des silex bédouliens au Chasséen, *Gallia Préhistoire*, 46, p. 231-250.
- LÉA V. (2005) – Raw, Pre-Heated or Ready to Use: Discovering Specialist Supply Systems for Flint Industries in Mid-Neolithic (Chassey Culture) Communities in Southern France. *Antiquity*, 79, 303, p. 51-65.
- LÉA V., PELLISSIER M., GRATUZE B., BOUCETTA S., LEPERE C. (2010) – Renouveau des données sur la diffusion de l'obsidienne sarde en contexte chasséen (Midi de la France) : la découverte du site des Terres Longues (Trets, Bouches-du-Rhône), in C. Lugliè (dir.), *L'ossidiana del Monte Arci nel Mediterraneo. Nuovi apporti sulla diffusione, sui sistemi di produzione e sulla loro cronologia*, actes du 5^e congrès international (Pau, 27-29 juin 2008), Ales, Nur, p. 157-185.
- MEISSER N., MEISSER-ISENRING P. (1997) – *Cristal de roche*, Lausanne, musée cantonal de Géologie, 68 p.
- MOCCI F., WALSH K., TALON B., TZORTZIS S., COURT-PICON M. (2008) – Structures pastorales d'altitude et paléoenvironnement. Alpes méridionales françaises du Néolithique final à l'âge du Bronze, in J.-P. Jospin et T. Favrie (dir.), *Premiers bergers des Alpes, de la Préhistoire à l'Antiquité*, Grenoble, musée Dauphinois; Gollion, Infolio, p. 92-101.
- MOULIN B., THIRAULT É., VITAL J. (2012) – Quatre années de prospection sur les extractions de cuivre de l'âge du Bronze ancien dans le massif des Rousses en Oisans (Isère et Savoie, France), in T. Perrin, I. Sénépart, J. Cauliez, É. Thirault et S. Bonnardin (dir.), *Dynamiques et rythmes évolutifs des sociétés de la Préhistoire récente. Actualité de la recherche*, actes des 9^{es} Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Saint-Georges-de-Didonne, 8-9 octobre 2010), Toulouse, AEP, p. 341-369.
- NICOD P. Y., PERRIN T., BROCHIER J. L., CHAIX L., MARQUEBIELLE B., PICAVET R., VANNIEUWENHUYSE D. (2012) – Continuités et ruptures culturelles entre chasseurs mésolithiques et chasseurs néolithiques en Vercors, analyse préliminaire des niveaux du Mésolithique récent et du Néolithique ancien sans céramique de l'abri-sous-roche de la Grande Rivoire (Sassenage, Isère), in T. Perrin, I. Sénépart, J. Cauliez, É. Thirault et S. Bonnardin (dir.), *Dynamiques et rythmes évolutifs des sociétés de la Préhistoire récente*.

- Actualité de la recherche*, actes des 9^{es} Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Saint-Georges-de-Didonne, 8-9 octobre 2010), Toulouse, AEP, p. 13-49.
- PELEGRIN J. (1988) – Débitage expérimental par pression « du plus petit au plus grand », in J. Tixier (dir.), *Technologie préhistorique*, Paris, CNRS (Notes et monographies techniques du CRA, 25), p. 37-53.
- PELLETIER D., MÜLLER K., ALIX P., RICHE C. (2004) – Le gisement mésolithique et néolithique de Blachette sud (Sinard, Isère) : premiers résultats, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 101, 3, p. 604-610.
- REY P. J. (2009) – Sociétés et fluctuations du climat dans les Alpes nord-occidentales au Néolithique moyen, in P. Deline et L. Ravelin (dir.), *Neige et glace de montagne. Reconstitution, dynamique, pratiques*, La Roche-sur-Foron, Impression des Alpes (Collection Edytem, 8 ; Cahiers de géographie), p. 37-50.
- REY P. J., THIRAULT É. (1999) – Le peuplement des vallées alpines au Néolithique : les exemples de la Maurienne et de la Tarentaise (Savoie), in A. Beeching (dir.), *Circulation et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire. Matériaux pour une étude*, programme « CIRCALP », agence Rhône-Alpes pour les sciences humaines (Travaux du Centre d'archéologie préhistorique de Valence, 2), p. 501-518.
- RICQ-DE BOUARD M. (1996) – *Péroglyphie et sociétés néolithiques en France méditerranéenne. L'outillage en pierre polie*, Paris, CNRS (Monographies du CRA, 16), 272 p.
- ROSTAN P. (2002a) – Cristaux de quartz d'habitus fenestré dans les Alpes du Sud, *Le Règne Minéral*, 45, p. 5-17.
- ROSTAN P. (2002b) – *Anciennes exploitations de cristaux de quartz hyalins dans le Nord des Hautes-Alpes*, prospection thématique, rapport annuel 2002, bureau d'études géologiques Téthys, Châteauroux-les-Alpes, 31 p.
- ROSTAN P. (2003a) – *Anciennes exploitations de cristaux de quartz hyalins dans la haute Romanche. Communes de La Grave et de Villard d'Arène, Hautes-Alpes*, prospection thématique, rapport annuel 2003, bureau d'études géologiques Téthys, Châteauroux-les-Alpes, 32 p.
- ROSTAN P. (2003b) – *Anciennes exploitations de cristaux de quartz hyalins dans la haute Romanche, département de l'Isère*, prospection thématique, rapport annuel 2003, bureau d'études géologiques Téthys Châteauroux-les-Alpes, 33 p.
- ROSTAN P. (2004a) – *Anciennes exploitations de cristaux de quartz hyalins dans la haute Romanche. Communes de La Grave et de Villard d'Arène, département des Hautes-Alpes*, prospection thématique, rapport annuel 2004, bureau d'études géologiques Téthys, Châteauroux-les-Alpes, 23 p.
- ROSTAN P. (2004b) – *Anciennes exploitations de cristaux de quartz hyalins dans la haute Romanche. Communes de Mizoën, le Freney, Mont-de-Lans, La Garde, Huez, département de l'Isère*, prospection thématique, rapport annuel 2004, Bureau d'études géologiques Téthys, Châteauroux-les-Alpes, 32 p.
- ROSTAN P. (2005) – Les ressources en cristaux de quartz hyalin du Sud-Est de la France et leurs potentialités archéologiques, *Bulletin du musée d'anthropologie préhistorique de Monaco*, 45, p. 3-13.
- ROSTAN P. (2007) – First Data on the Exploitation of Hyaline Quartz Crystals in the Upper Romanche (Isère and Hautes Alpes, France), *Preistoria Alpina*, 42, p. 75-82.
- ROSTAN P. (2008) – *La Léchère, Saint-Paul, Feissons, La Bathie. Anciennes exploitations de quartz hyalins dans la vallée de la Tarentaise*, bilan scientifique, service régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, Lyon, p. 215-217.
- ROSTAN P., THIRAULT É., avec la collaboration de ROUX L. et THIÉBAULT S. (2006) — *Les exploitations de quartz hyalin du Plateau d'Emparis, Commune de La Grave (Hautes-Alpes)*, rapport de fouille, année 2006, 23 p.
- SAUTER M.-R. (1959) – Sur une industrie en cristal de roche dans le Valais néolithique, *Archives suisses d'anthropologie générale*, 24, 1-2, p. 18-44.
- THIRAULT É. (2004) – *Échanges néolithiques : les haches alpines*, Montagnac, Monique Mergoïl (Préhistoires, 10), 468 p.
- THIRAULT É. (2008) – Enjeux et perspectives du Néolithique alpin : l'exemple de la Maurienne (Savoie, France), *P@lethnologie*, 2008.1, p. 410-426 [en ligne : <http://www.palethnologie.org>].
- THIRAULT É. (2013) – *Ressources lithiques alpines. Enjeux pour la préhistoire récente, à partir de l'exemple du quartz hyalin*, habilitation à diriger des recherches, université Lumière-Lyon II, 454 p.
- VILLALBA J., BAÑOLAS C., ARENAS J., ALONSO M. (1986) – *Les mines néolithiques de Can Tintorer (Gavà). Excavacions 1978-1980*, Barcelone, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya (Excavacions Arqueològiques a Catalunya, 6), 203 p.
- VILLALBA M. J. (2002) – Le gîte de variscite de Can Tintorer : production, transformation et circulation du minéral vert, in J. Guilaine (dir.), *Matériaux, productions, circulations du Néolithique à l'âge du Bronze*, séminaire du Collège de France, Paris, Errance, p. 115-127.
- VITAL J. (2008) – Témoins du pastoralisme dans les Alpes nord-occidentales aux âges des Métaux, in J.-P. Jospin et T. Favrie (dir.), *Premiers bergers des Alpes, de la Préhistoire à l'Antiquité*, Grenoble, musée Dauphinois ; Gollion, Infolio, p. 84-89.
- VITAL J., BENAMOUR P. (2012) – *Économies, sociétés et espaces en Alpe : la grotte des Balmes à Sollières-Sardières (Savoie). Du Néolithique moyen 2 à l'âge du Fer*, Lyon, ALPARA et Maison de l'Orient et de la Méditerranée (Documents d'archéologie en Rhône-Alpes et en Auvergne, 36), 388 p.
- WALSH K., MOCCI F., COURT-PICON M., TZORTZIS S., PALET MARTINEZ J. M. (2005) – Dynamique du peuplement et activités agro-pastorales durant l'âge du Bronze dans les massifs du Haut Champsaur et de l'Argentierois (Hautes-Alpes), *Documents d'archéologie méridionale*, 28, p. 25-44.

Pierre ROSTAN

Mines & Avenir. Les Albrands
F - 05380 Châteauroux les Alpes

Éric THIRAULT

Membre associé à l'UMR 5608 « TRACES »
erichthirault@hotmail.com



Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée
Actes de la journée de la Société préhistorique française de Nice, 28-29 mars 2013
Textes publiés sous la direction de
Antonin TOMASSO, Didier BINDER, Gabriele MARTINO, Guillaume PORRAZ,
Patrick SIMON et Nicolas NAUDINOT
Paris, Société préhistorique française, 2016
(Séances de la Société préhistorique française, 5)
p. 137-150
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-2-913745-64-4

Les formations à silex dans le Sud de la France

Élaboration en multipartenariat d'une base de données géoréférencées, premiers résultats.

Paul FERNANDES, Christophe TUFFERY, Didier BINDER, Céline LEANDRI-BCVDDJ ,
Jean-Pierre BRACCO, Pascal TALLET, André MORALA, Alain TURQ,
Gourguen DAVTIAN, Jean-Baptiste CAVERNE, Denis DALPHINET, Vincent DELVIGNE,
Jérémy LIAGRE, Stéphane GAILLOT, Dominique MILLET, Françoise MILLET,
Michel PIBOULE, Régis PICAUVET, Patrick SCHMIDT, Antonin TOMASSO,
Jéhanne AFFOLTER, Frédéric BAZILE, Jean-François GARNIER, Pierre BINTZ,
Geneviève PINÇON et Jean-Paul RAYNAL

Résumé : Une base de données géoréférencées des principales formations à silex du Sud de la France est en cours de finalisation. Elle propose à tous les archéologues préhistoriens un outil indispensable au développement d'études portant sur la circulation des matières premières et sur les critères de leur sélection. Elle est le fruit d'un partenariat entre différents acteurs impliqués dans l'optimisation de la caractérisation de la provenance des silex. Elle regroupe les résultats de leurs prospections – systématiques ou ciblées – dans six régions (Aquitaine, Auvergne, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes). Cette base de données intègre également les travaux récents sur les propriétés d'enregistrement des changements paléoenvironnementaux lisibles sur les silex. Chacune des formations recensées fait l'objet d'une notice simplifiée décrivant l'encaissant et le(s) type(s) de silex présent(s). Ces notices descriptives et explicatives contiennent des photos à toutes les échelles, de la formation géologique au microfacès de l'échantillon. Des références bibliographiques géologiques et archéologiques complètent chaque notice. Cette démarche dépasse la seule compilation des données et s'inscrit dans le champ des approches cognitives des interactions entre hommes et milieux, et plus particulièrement dans celui, dynamique, de la collecte et de la diffusion du « géomatériau silex ». Nous avons donc opté pour une représentation dynamique où chaque formation primaire est représentée en relation avec l'ensemble des formations superficielles dont il est le fournisseur. Cette nouvelle génération de cartes représente les principales formations primaires et secondaires à silex, non pas sous forme d'entités distinctes mais en tant qu'étapes d'un parcours paléogéographique. Ces états de résidence successifs d'un même type de silex représentent autant de gîtes potentiels de collecte. Ils permettent de définir des polarités dynamiques dans la distribution entre les types génétiques (gîtes primaires et subprimaires) et les types gîtologiques (gîtes secondaires). Cette démarche implique une réorganisation partielle des lithothèques car, une fois les aires de distribution propres à chaque type génétique et ses dérivés cartographiées, il faut rattacher les échantillons existants aux différents itinéraires visualisés. Il devient alors possible d'identifier le domaine exploité par l'homme en reconnaissant sur les objets archéologiques en silex les associations de stigmates caractéristiques des différentes étapes des itinéraires de distribution de chaque géomatériau.

Mots-clés : formations à silex, Sud de la France, base de données géoréférencées.

Abstract: A georeferenced database of the main flint-bearing formations of Southern France is currently being finalised. It offers a tool to all prehistorians that is essential for the development of studies regarding raw material circulation and selection criteria. This database results from the collaborative work of various actors involved in the optimisation of flint source determination. It groups together the results of their surveys—whether these are systematic or targeted—carried out in six regions (Aquitaine, Auvergne, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes). This database also incorporates recent studies on registering the properties of palaeoenvironmental changes recognisable on flints. Each of the registered formations is catalogued in a simplified

note describing the country rock and the flint type(s) present. These descriptive and explanatory notes also contain photographs taken on all scales ranging from the geological formation to the microfacies of the sample. Each note is completed by geological and archaeological bibliographic references. This approach extends beyond data compilation and can be positioned within cognitive approaches of human/environmental interaction in the dynamic field related to the collection and distribution of the flint “geomaterial”. We have opted for a dynamic representation of each primary formation with regard to all the superficial formations which it provides. This new mapping shows the main primary and secondary flint-bearing formations not in the form of distinct unities but as stages of a palaeogeographic evolution. These successive states of residence of a same type of flint represent as many potential sources for raw-material collection. They make it possible to define dynamic polarities with regard to the distribution of genetic types (primary and subprimary sources) and of types of deposits (secondary sources). This approach requires partial reorganisation of the lithothecae. Indeed, once the distribution areas of each genetic type and its derivative have been mapped, the existing samples have to be attributed to the various routes that were evidenced. It is then possible to identify the domain exploited by prehistoric men by recognising on the archaeological flint objects the associations of characteristic stigmata stemming from the different stages of distribution routes of each geomaterial.

Keywords: flint-bearing formations, Southern France, georeferenced database.

LA NÉCESSITÉ de déterminer la provenance de la matière première ayant servi à la fabrication des outils de pierre est aussi ancienne que les premières recherches des préhistoriens (Damour, 1865). Ce type de démarche est pourtant souvent biaisé du fait d’une connaissance imparfaite et incomplète du domaine minéral réellement exploité par les hommes préhistoriques. Des difficultés persistent en outre pour constituer, harmoniser, échanger et diffuser des bases de données utilisables par le plus grand nombre. On présente ici un exemple de démarche suprarégionale et pluridisciplinaire dont le but est d’élaborer un outil fiable au service de l’identification optimale des géoresources exploitées durant les temps préhistoriques.

DES DIFFICULTÉS MÉTHODOLOGIQUES PERSISTANTES

La pétroarchéologie du silex est une discipline qui se pratique généralement à l’échelle régionale. Sa pertinence repose sur notre connaissance des disponibilités actuelles et passées en géomatériaux. Le degré d’exhaustivité des collections de référence est très inégal d’une région à l’autre et les limites administratives cloisonnent inutilement les initiatives : le manque de contact entre prospecteurs est par conséquent fréquent et génère des protocoles d’acquisition des données différents, des dérives de problématique et des usages incorrects du vocabulaire descriptif. Les données offertes sont disparates et s’avèrent inadéquates face aux questionnements archéologiques relatifs à la circulation des matériaux, donc des hommes.

À défaut d’une véritable démarche unitaire appelée par certains (Turq, 2005), un renforcement des collaborations entre les différents acteurs de la pétroarchéologie du silex est aujourd’hui indispensable pour aboutir à la mise en service d’une plateforme d’informations performante. La diversité géologique des formations à silex implique de détailler le contexte géologique et de regrouper cette information avec le descriptif des géomatériaux conservés dans les lithothèques.

HISTORIQUE DU PROJET

Nos premiers essais d’inventaires furent réalisés dans le cadre des prospections thématiques en Auvergne et Languedoc-Roussillon (Lozère), débutées en 2003, puis étendues à l’Ardèche, en lien avec l’étude de l’origine des silex utilisés dans les sites de Saint-Anne I, Baume-Vallée et Payre (Raynal *et al.*, 2013a).

Des cartes furent élaborées selon un protocole mis au point en 2007 (Bressy *et al.*, 2007) à partir des données collectées lors des prospections des membres du projet collectif de recherche (PCR) « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes » (Fernandes *et al.*, 2013). Ces données géoréférencées utilisaient des systèmes de coordonnées différents (Lambert 2 zone, Lambert 2 étendu, WGS 84) qu’il fallut homogénéiser.

Une fois harmonisées, ces données ont permis de visualiser les lieux potentiels de prélèvements de silex dans les régions Rhône-Alpes et Auvergne et de les confronter aux données archéologiques. Pour le Paléolithique moyen, cette démarche permet par exemple de répondre en partie à la question des relations entre vallée du Rhône et Massif central (Raynal *et al.*, 2013b). La qualité et l’ampleur de la documentation acquise permettent d’envisager des modèles d’exploitation qui dépassent les limites géographiques régionales.

Toutefois, ces premières cartes localisaient les ressources identifiées sous forme de points : bien que fidèles, elles ne traduisaient que partiellement l’étendue des formations primaires et secondaires qui recèlent les ressources minérales et encore moins le fait qu’elles soient organisées en topo-séquences (Fernandes, 2012).

Dès 2009, nous nous sommes donc concentrés sur un mode de géoréférencement, non plus des affleurements, mais de l’ensemble de la formation contenant des silicifications. Cette démarche a fusionné des données qui avaient été utilisées pour produire plusieurs cartes (Guibert, 2000; Affolter, 2009; Affolter et Bressy, 2009; Bressy, 2009).

En 2011, nous avons décidé d’élargir le champ de ces investigations à tout le Sud de la France afin de répondre aux problèmes posés par la présence de silex d’origine

lointaine (plus de 100 km) dans les séries archéologiques. La carte établie alors indique les limites topographiques et l'origine stratigraphique des principales formations à silex dans six régions (Aquitaine, Auvergne, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes).

À partir de 2012, plusieurs initiatives ont vu le jour pour harmoniser les systèmes de bases de données, refonder les méthodes de caractérisation et optimiser les dispositifs d'accès à la documentation. De ce fait, un réseau professionnel fédérant la plupart des acteurs concernés s'est constitué dans le giron des unités mixtes de recherche du grand Sud de la France (CEPAM, Nice; LAMPEA, Aix; PACEA, Bordeaux; TRACES, Toulouse); il associe aujourd'hui des chercheurs du CNRS, des universités, de l'INRAP, d'une société agréée d'archéologie (Paléotime), de plusieurs collectivités locales et des bénévoles du tissu associatif au sein du « groupe silex » qui s'appuie notamment sur les programmes collectifs de recherche « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes » et « Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le Sud du Massif central ». Conforté par cette synergie et les récents travaux sur les capacités d'enregistrement du silex (Fernandes, 2012) nous avons entamé un traitement spatial visant à décrypter la dynamique de diffusion pour chaque échantillon géologique collecté en position primaire. En reconstituant l'itinéraire parcouru par les silex (la chaîne évolutive) nous précisons considérablement la provenance du mobilier lithique présent dans une unité archéologique.

CONCEPTION D'UNE BASE DE DONNÉES COLLABORATIVE EN FRANCE

En 2013, les membres du groupe silex ont estimé utile de s'engager dans la conception et la réalisation d'une carte collaborative, correspondant à l'esprit et aux modalités modernes de travail à distance entre les partenaires du programme collectif de recherche « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes ».

Après l'évaluation de plusieurs solutions techniques, le choix s'est porté sur le webservice ArcGIS online d'ESRI pour les raisons suivantes :

- importation possible dans ArcGIS Explorer Online des données provenant d'ArcGIS Desktop;
- choix d'un système de coordonnées de référence cohérent pour l'ensemble de la zone couverte, le RGF93/Lambert 93;
- saisie et correction collaborative dans ArcGIS Explorer Online des données non-saisies dans ArcGIS Desktop;
- diffusion des données depuis ArcGIS Explorer Online soit aux membres du « groupe silex » soit à tout public.

C'est cette dernière fonctionnalité qui a apporté une évolution majeure par rapport à la précédente version non géoréférencée. Grâce à cet outil et à un protocole précis de saisie, correction et validation, la base de données col-

laborative a été mise en ligne au début de l'année 2014 est alimentée régulièrement.

Un autre intérêt de l'outil ArcGIS Online est de permettre à la saisie et à l'affichage des données, de s'appuyer sur des webservices cartographiques de type WMS répondant aux normes de l'OGC. Le choix peut être fait parmi les webservices proposés par ESRI (fond topographique, cartographique, imagerie aérienne, etc.) ou un autre webservice. En l'occurrence, nous avons utilisé les webservices WMS d'Infoterre du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), parmi lesquels nous nous sommes appuyés sur les couches suivantes :

- carte géologique image de la France au 1/1 000 000;
- carte géologique image de la France au 1/250 000;
- carte géologique image de la France au 1/50 000.

Selon le niveau d'échelle d'affichage, le fond cartographique du webservice du BRGM n'est pas le même. Cet affichage différencié s'appuie sur les échelles d'affichage prédéfinies par le BRGM pour ses propres données (fig. 1).

Une fois l'étape de saisie effectuée, les données peuvent être publiées sous forme d'un webservice de consultation.

En consultant ce webservice, il suffit de passer le curseur de la souris sur les contours, le nom et les attributs du contour désigné apparaissent dans une info-bulle.

L'affichage à des niveaux de zoom très grands permet d'apprécier la précision des contours de formations à silex tels qu'ils ont été saisis. Dans certains cas, cela permet de contrôler les limites ou les erreurs d'interprétation des cartes géologiques à vocation plus généraliste.

Nous avons choisi de numériser les zones de formation à silex sur la carte géologique au 1/50 000 du BRGM. C'est elle qui offre la plus grande échelle et donc le maximum de précision (fig. 2).

Pour fournir un travail le plus précis possible des contours des zones de formation, nous avons décidé de passer au 1/10 000 sur le logiciel ArcGIS. Ce changement d'échelle est possible car si la carte géologique du BRGM est dessinée au 1/50 000, les leviers géologiques sont le plus souvent effectués au 1/10 000.

Ce niveau de précision permet de numériser toutes les zones de formation à silex recensées sans risquer d'en fusionner plusieurs ou d'en oublier certaines qui seraient trop peu étendues.

L'utilisation de niveaux de zoom pour un affichage différent des données saisies permet de gagner en vitesse d'affichage. L'utilisateur des données en ligne, peut choisir parmi les différents fonds cartographiques, ceux du webservice d'ESRI ou l'un de ceux ajoutés lors de la constitution de l'application de diffusion. Il peut faire apparaître d'autres fonds proposés par le webservice d'ESRI ou encore, ajouter lui-même un autre webservice respectant la norme OGC : WMS, WFS, etc.

Après l'étape de saisie des contours, il est possible dans ArcGIS Explorer Online d'ajouter des notes de carte puis d'utiliser les palettes de symboles pour différencier les contours. L'utilisation d'un des fonds cartographiques proposés (topographie en teinte de gris) permet de faire ressortir les différents contours (fig. 3). De plus, parmi

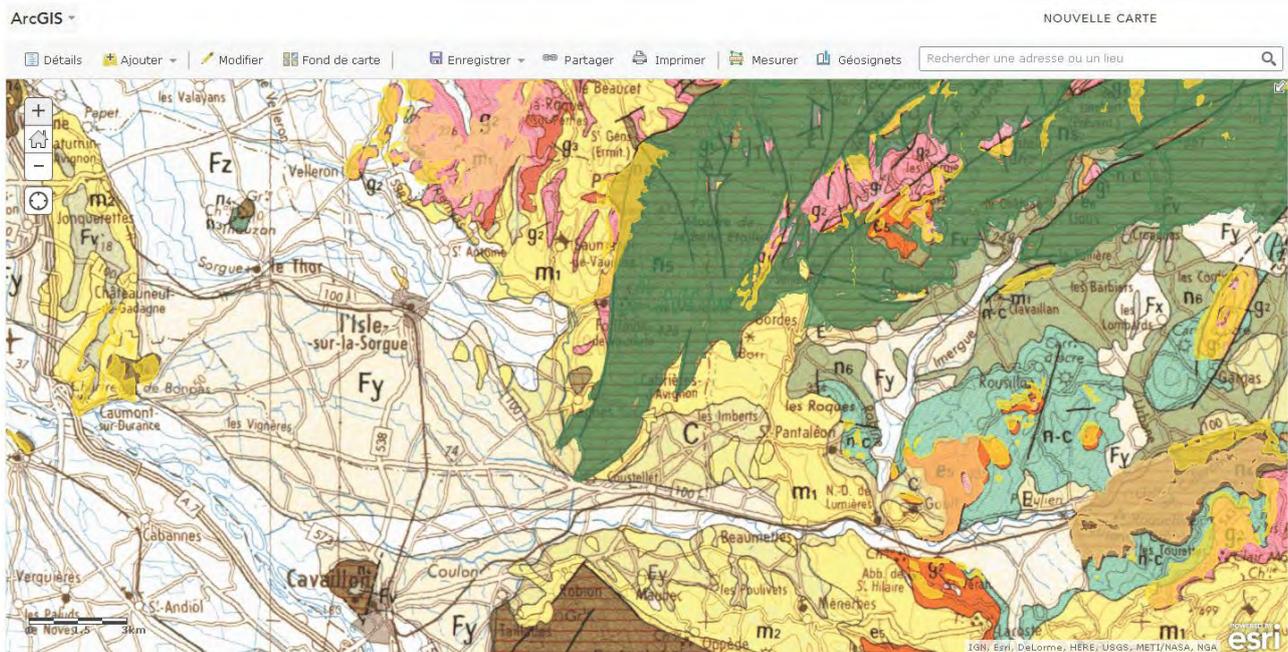


Fig. 1 – Exemple des contours des formations à silex saisies à partir d’un des webservices cartographiques du BRGM Infoterre (carte géologique image de la France au 1/250 000).

Fig. 1 – Example of formation limits drawn from one of the BRGM mapping webservice (Infoterre, geological map of France 1:250,000).

ces notes, il est possible d’accéder à une fenêtre d’information décrivant le contour sélectionné.

Chacun de ces contours est identifié dans la table des formations et peut contenir un ou plusieurs types de silex. La table typologique des silex est intégrable à la description des contours par le biais d’un système de gestion de

bases de données spatialisées. Elle sera à terme également interrogeable en élargissant les outils à notre disposition.

Fin 2016, la base de données existera dans deux versions : une version sous forme d’un webservice à l’échelle du 1/10 000, accessible directement depuis des solutions de systèmes d’information géographique et réservée aux

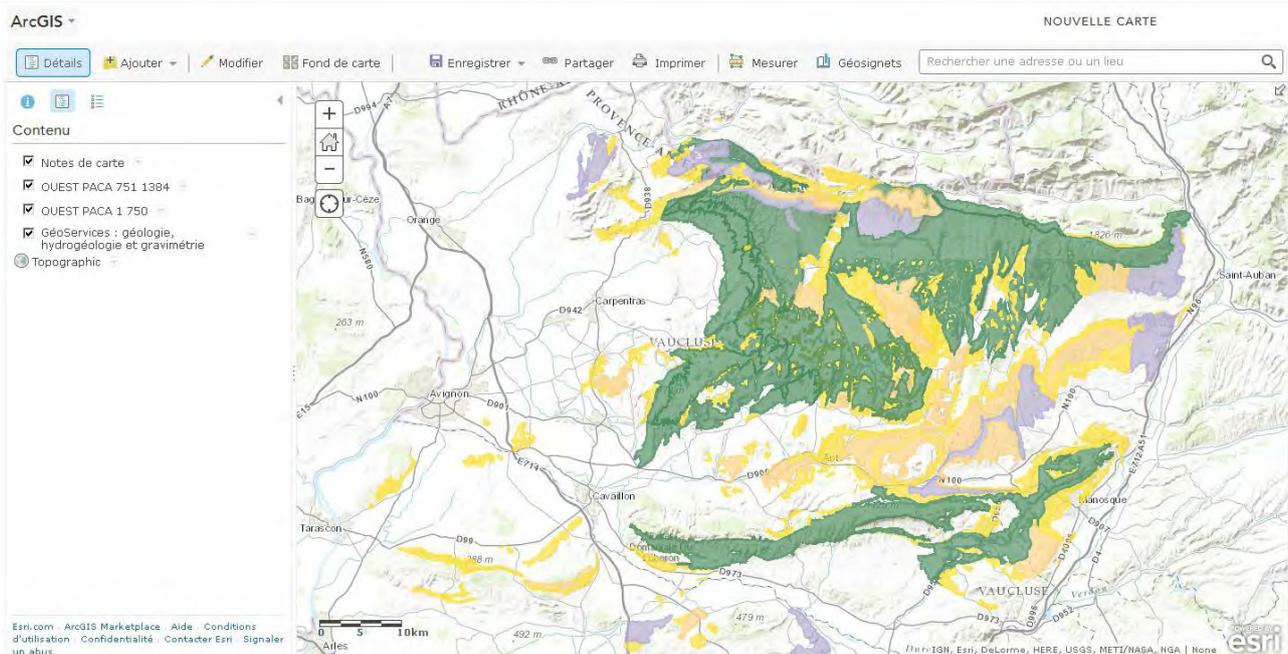


Fig. 2 – Distinction des contours des formations à silex saisies selon le nom des formations.

Fig. 2 – Distinction between the limits of the flint formations registered according to the names of the formations.

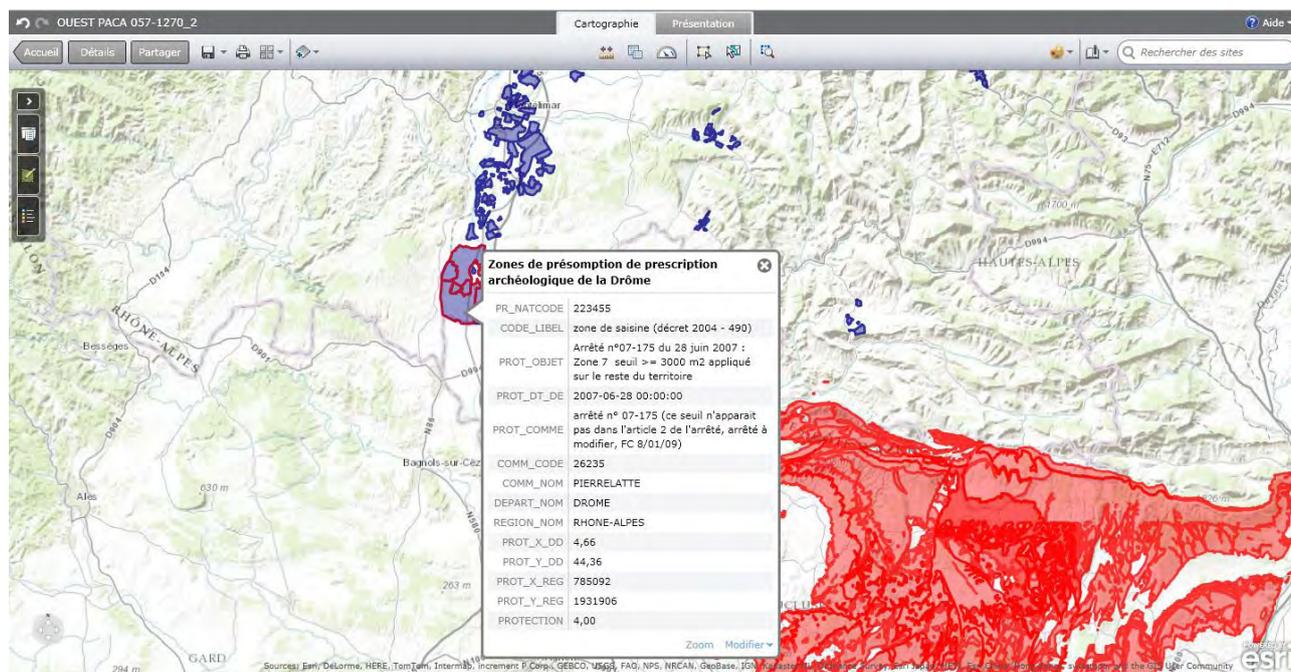


Fig. 3 – Affichage en rouge des formations à silex inventoriées et saisies par le PCR. Affichage en bleu des zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) de l'« Atlas des patrimoines » du MCC dans le département de la Drôme. Affichage des données attributaires d'une des ZPPA sur la commune de Pierrelatte.

Fig. 3 – Flint-bearing formations identified by the PCR are highlighted in red. In blue are the presumed archaeological zones (ZPPA) from the MCC 'Atlas des patrimoines' in the Drôme department. Displaying of attributive data of one of the ZPPA archaeological zones located in the Pierrelatte municipality.

acteurs scientifiques. Une seconde version à l'échelle du 1/50 000 sera accessible au grand public. Le support de diffusion envisagé est l'« Atlas des patrimoines », accès cartographique développé par le ministère de la Culture et de la Communication ayant pour vocation de regrouper des données culturelles et patrimoniales. Les cartes seront visualisables en ligne et téléchargeables sur demande.

Cette démarche initiée par le groupe silex ouvre des perspectives nouvelles pour une consultation à deux niveaux (recherche, grand public) des données qui peuvent aider à mieux comprendre les comportements des hommes préhistoriques par rapport aux géoressources.

VERS DES CARTES DYNAMIQUES

La grande majorité des travaux traitant de l'évolution des silex aboutissent au constat suivant : la variété des stades de transformation de ce matériau n'est pas aléatoire (Villas-Boas, 1975; Knauth, 1994). Chaque type d'environnement impose une série de traits communs. Les évolutions minéralogiques et morphologiques apparaissent comme des traceurs du ou des environnements dans lesquels a résidé le silex. On observe ainsi des polarités dynamiques dans la distribution entre les types génétiques et les faciès gîtologiques issus des formations secondaires. Ces dernières représentent autant de gîtes potentiels de collecte pour un même type de silex. Elles

sont considérées comme le maillon d'une chaîne évolutive (Fernandes, 2006).

Forts de ce constat, nous avons entamé une réflexion sur le traitement spatial visant à décrypter la dynamique de diffusion naturelle des silex. Les formations et le ou les types de silex qu'elles contiennent sont intégrés à un ensemble interdépendant dynamique. Sur cette carte thématique, nous visualisons les liens entre le type génétique et les faciès gîtologiques qui en dérivent. Les zones à silex sont alors cartographiées en partant de la strate d'origine vers les formations dérivées de plus en plus éloignées. Les formations contenant des silex en position secondaire dérivent d'un ou de plusieurs ensembles fournisseurs. Il est donc nécessaire de rassembler puis de classer, pour chaque type génétique, tous les gîtes et formations superficielles contenant le silex concerné.

Dans le cadre de la pétroarchéologie, la démarche géomatique doit utiliser les capacités d'enregistrement propres aux silex afin de rendre compte de la connexion entre les géoressources. L'itinéraire naturel des silex est ainsi révélé. Il devient alors possible de circonscrire le domaine exploité par l'homme, par la confrontation des associations de stigmates propres à chaque étape de dispersion, avec l'état général du mobilier archéologique : une fois établie pour chaque formation une association de traces et de stigmates, la lecture de cet enregistrement permet de rapprocher la surface naturelle d'un silex provenant d'une série archéologique à un type précis d'environnement désormais replacé dans l'espace et le temps.

À partir de sélections particulières sur la base de données couplées à des données d'ordre topographique, notre équipe a suivi ce cheminement pour un secteur particulier pris ici comme exemple. La démarche géomatique se fait à partir des zones de formation à silex précédemment numérisées et de couches issues des bases de données de l'IGN : les bassins versants, les cours d'eau (divisés en tronçons hydrographiques entre chaque confluence) et les nœuds hydrographiques (extrémités des tronçons hydrographiques et exutoires de bassins versants) issus de la « BD_Carthage » (fig. 4). Nous utilisons deux types de logiciels afin de connecter les formations : ArcGIS ou QGIS, logiciels de cartographie SIG et PostGIS, logiciel de gestion de bases de données spatiales, « cartouche spatiale » du système de gestion de bases de données PostgreSQL. PostGIS permet de dépasser les limites d'ArcGIS et d'exploiter les possibilités du langage SQL. Le travail consiste à renseigner et classer les différentes formations à silex en position primaire présentes dans le secteur sélectionné, puis, diffuser ces données sur l'ensemble du réseau hydrographique situé en aval, ainsi que sur les nœuds hydrographiques correspondants. L'aboutissement d'une telle démarche permet de circonscrire les zones de diffusion théorique propres aux types de silex présents dans la zone étudiée.

Pour le Sud-Est, il est envisagé de généraliser ce travail par l'étude fine des silex du Bédoulien, puisque c'est une matière première particulièrement importante dans les approvisionnements préhistoriques (Binder, 1998; Léa, 2004 et 2005). Pour le Sud-Ouest, il faudra finaliser le travail entrepris sur la diffusion des différents faciès appartenant aux familles des silex dits « Bergeracois, Fumélois », du groupe santonien et du type Belvès.

UNE NOUVELLE GÉNÉRATION DE LITHOTHÈQUES INTÉGRANT LES NOTIONS D'INTÉGRATION DES SILEX

Les lithothèques doivent être par conséquent réexploitées afin de représenter fidèlement l'ensemble des chaînes évolutives des différents silex. Une fois que les aires d'expansion propres à chaque type génétique sont cartographiées, il faut rattacher les éléments conservés aux différents itinéraires visualisés. En parallèle, il est souvent nécessaire de retourner sur le terrain pour collecter les échantillons manquants. Une fois la totalité des échantillons rassemblée, on regroupe toutes les filiations d'un même type génétique dans un

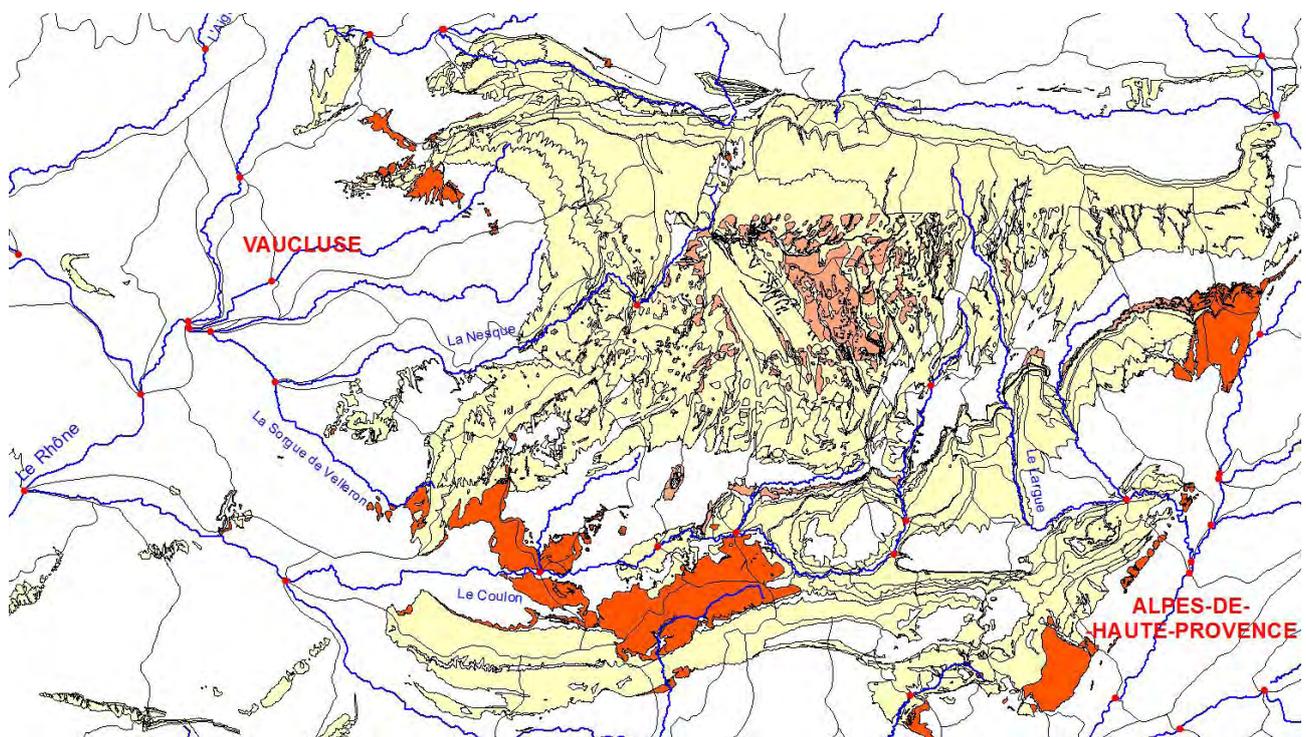


Fig. 4 – Cartographie des formations (polygones jaunes pour les formations à silex autochtones, roses pour les formations à silex subautochtones et orange pour les formations à silex allochtones) des massifs du Ventoux, d'Albion, de Lure, du Lubéron et du bassin d'Apt-Forcalquier. Les bassins versants (traits noirs), les cours d'eau (traits bleus) et les nœuds hydrographiques (points rouges) sont représentés.

Fig. 4 – Mapping of the formations of Ventoux, Albions, Lure, and Lubéron massifs as well as of the Apt-Forcalquier basin (yellow polygons for autochthonous flint formations, pink for sub-autochthonous and orange for allochthonous flint formations). Drainage basins (black lines), water courses (blue lines) and hydrographic node (red points) are indicated.

même ensemble. L'inventaire des sources de silex d'une région ne doit pas se résumer qu'à un simple exemplaire stratigraphique. Par l'archivage des matériaux d'une même séquence évolutive, témoignée en particulier par les états de surface, la lithothèque devient un référentiel paléogéographique au service de l'archéologue. Il y trouve pour chaque faciès génétique et gîtologique enregistré, un échantillon à chaque échelle (blocs, fragments métallisés ou non, lames minces, talons) témoignant des transformations successives. La lithothèque contient des données adaptées à la résolution des problèmes archéologiques. Elle n'est pas seulement une compilation de points géoréférencés, elle livre aussi des informations précises sur les aires de dispersion propres à chaque silex présent dans le secteur étudié.

TROIS EXEMPLES RÉGIONAUX D'APPLICATIONS

La démarche qui consiste à harmoniser les méthodes de caractérisation, à concevoir des cartes dynamiques géoréférencées et à réorganiser les lithothèques a permis d'obtenir des résultats significatifs en Auvergne, en Aquitaine et en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

La grotte de Sainte-Anne I (Auvergne)

La grotte de Sainte-Anne I (Haute-Loire) s'ouvre au sud à 790 m d'altitude, en rive gauche de la Borne, affluent de la Loire. C'est une petite cavité d'une cinquantaine de mètres carrés accessibles (Raynal *et al.*, 2012).

Le matériel lithique du Paléolithique moyen-ancien est majoritairement composé de matières d'origine volcanique, acquise en position subprimaire (certains basaltes) mais plus généralement en position secondaire dans les différents contextes alluviaux de la paléo-Loire (trachyphonolites et basaltes). Le quartz et le silex (principalement local) forment le reste de l'assemblage. La distribution des sources de silex est illustrée par vingt-huit faciès d'origine locale à régionale et confirme une connaissance approfondie des géoressources du Massif central à ce moment du Paléolithique moyen (Fernandes, 2012; ici : fig. 5). La majorité des matières a été collectée dans le bassin du Puy-en-Velay autour du site. Ces silex proviennent des alluvions anciennes mio-pliocènes ou plioquaternaires. La présence de silex de Madriat F7b (Puy-de-Dôme), à plus de 87 kilomètres, au nord du site et du Malzieu (Lozère) à 80 km à l'ouest, atteste de déplacements entre les interfluves sur les hautes terres du massif. Le silex oolithique des formations bathoniennes du bas Beaujolais, à 120 km au nord-est, est un marqueur de déplacements, des hommes ou de la matière, reconnu avec certitude vers le nord-est. Le silex issu des conglomérats oligocènes de Rochemaure-Cruas (Ardèche) est également reconnu avec certitude. Si ces nouvelles données démontrent clairement une forme de partage de territoire entre Velay et bas Vivarais pour les populations de la

fin l'OIS 6, rien ne permet encore d'affirmer qui ou quoi a réellement circulé et par où précisément.

Le site du Chêne Vert (Dirac, Aquitaine)

Le site moustérien du Chêne Vert se trouve sur la commune de Dirac (Charente) à 10 km au sud-est de l'agglomération d'Angoulême à 145 m d'altitude sur un vaste plateau crétacé surmonté d'une formation résiduelle avec apports fluviatiles d'âge éocène à pliocène (Dawson *et al.*, 2011).

L'étude pétroarchéologique du matériel lithique a permis de compléter les données sur les caractéristiques pétrographiques et minéralogiques des silex turoniens de la Charente (Rey-Solé, 2014) et de déterminer les gîtes dont sont issus la majorité des silex importés (fig. 6). Le territoire d'approvisionnement est essentiellement strictement local à local selon un axe principal de circulation, depuis les formations liasiques et jurassiques à l'est. La présence d'un type à radiolaires serait le témoin de déplacements plus importants. Deux paramètres caractérisent les pièces turoniennes de Dirac : la présence non négligeable de quartz détritique, aspect que ne partagent pas tous les silex turoniens et surtout l'absence d'*incertae sedis*; cet organisme est présent dans la quasi-totalité des silex turoniens charentais, sauf peut-être, comme à Dirac, dans les secteurs de La Couronne et de Claix. Ce complément d'information contribue à la réflexion sur l'aire de disponibilité des différents gîtes exploités au Paléolithique moyen. Cette démarche entre dans le cadre d'un projet plus vaste qui permettra de mieux caractériser la variabilité au sein des grands domaines à silex disponibles dans le Nord du bassin d'Aquitaine.

Le site du Clos de Roque (Saint-Maximin-la-Sainte-Baume, Provence-Alpes-Côte d'Azur)

Ce gisement pré- et protohistorique se trouve au nord de la ville de Saint-Maximin (Var), au sud de l'autoroute A8 (Remicourt *et al.*, 2012). Il est situé dans une zone de transition entre la basse Provence occidentale et la basse Provence orientale. Cette zone très fertile est peut être à l'origine des occupations à caractère agricoles reconnues pour les périodes pré- et protohistoriques.

Le travail conduit sur les géoressources a permis de mieux cerner la variabilité pétrographique au sein des grands domaines à silex bédouliens ou oligocènes de la région (fig. 7). Les indices lithologiques et l'aspect des états de surface relevés ont livré un schéma territorial vaste et difficile à circonscrire. Seule la rhyolite et quelques silex jurassiques proviennent de la zone locale. Dans la zone régionale on perçoit un axe en rive droite de la Durance. En parallèle, plusieurs grands domaines lointains ont été exploités : la zone du Ventoux-plateau d'Albion, la montagne de Lure et plusieurs secteurs dans le bassin d'Apt-Forcalquier. Ces approvisionnements multipolaires semblent correspondre à une succession d'occupation du site, pendant plus de quatre millénaires par des groupes aux comportements différents par rapport aux ressources minérales.

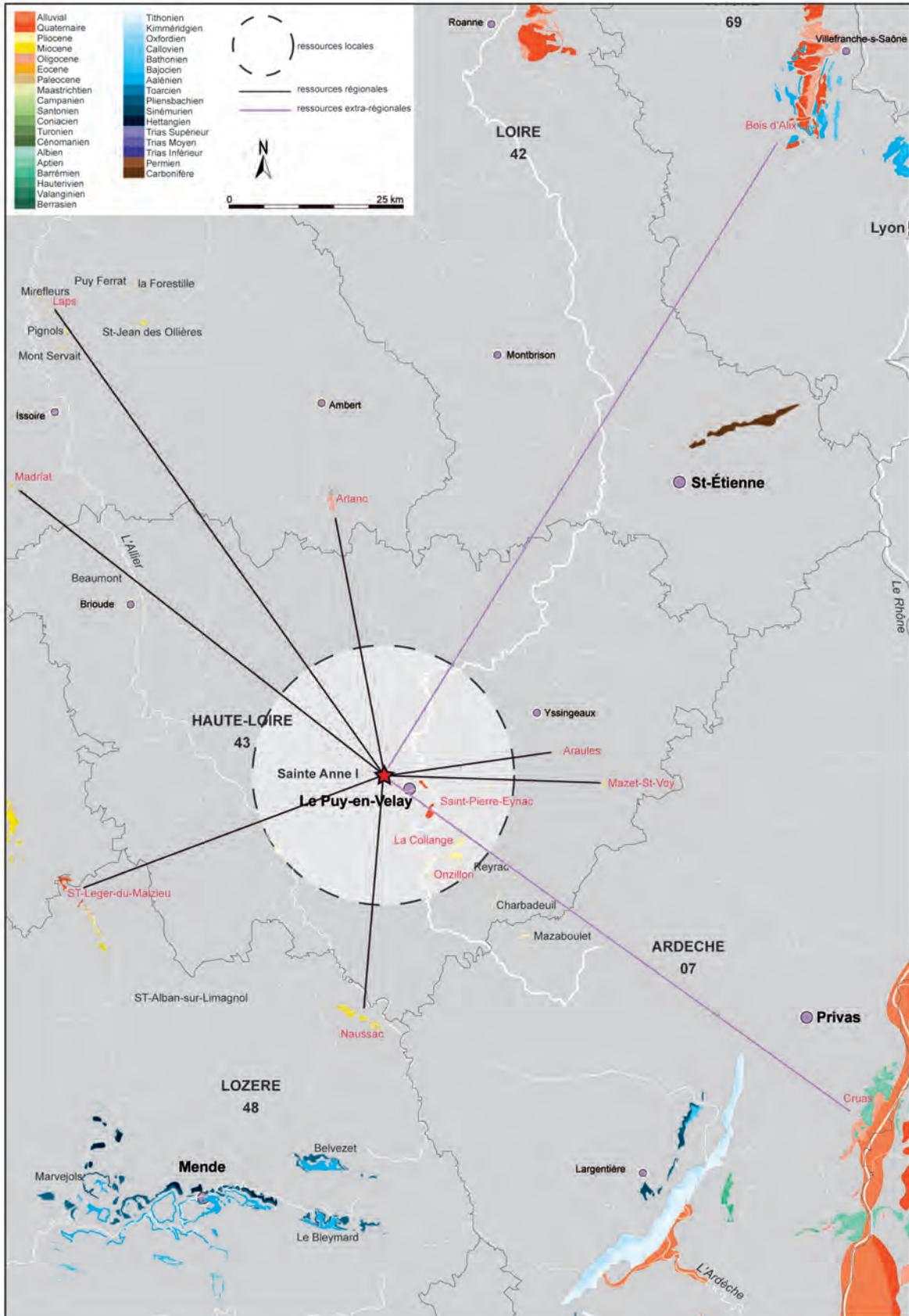


Fig. 5 – Domaine maximum de subsistance borné par les sources de matières premières pour les occupations du Paléolithique moyen ancien de la grotte de Sainte-Anne 1 (Polignac, Haute-Loire).

Fig. 5 – Maximum subsistence area delimited by the raw-material sources for the Early Middle Palaeolithic occupations of the Sainte-Anne 1 cave (Polignac, Haute-Loire).

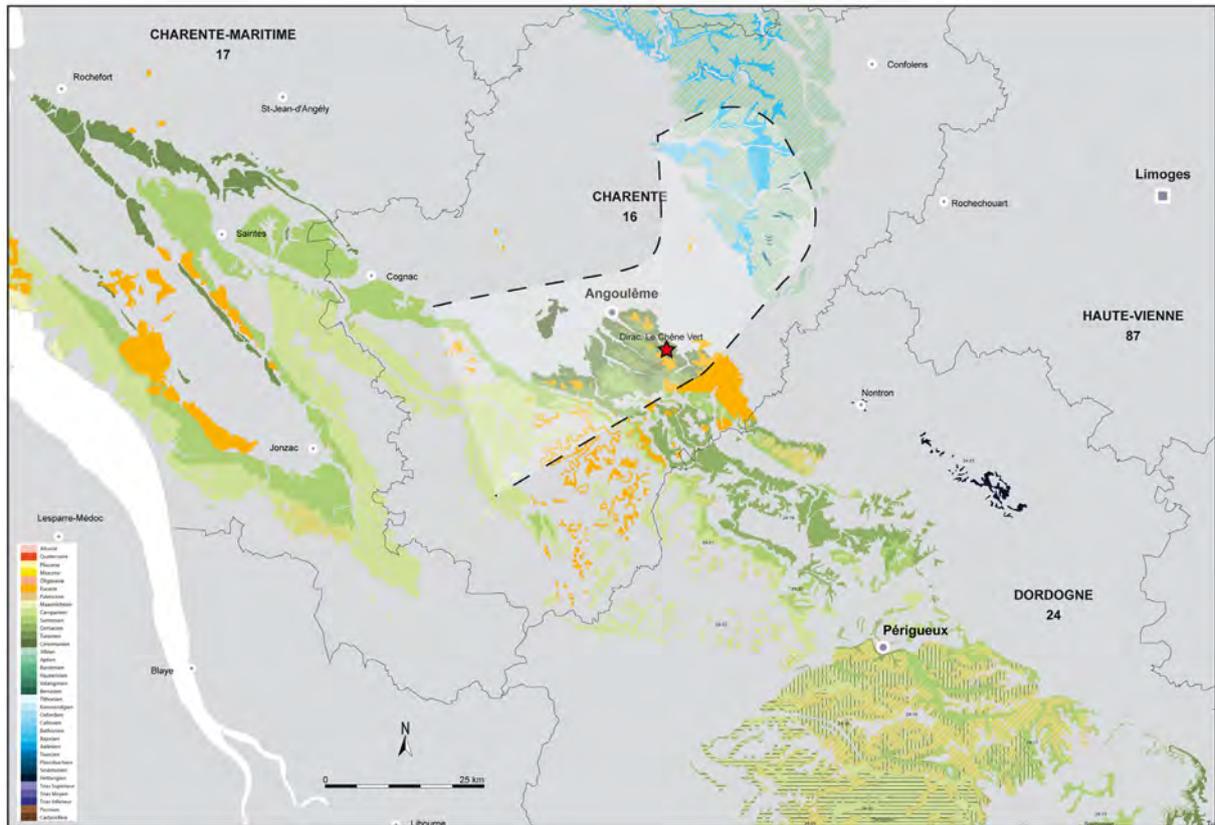


Fig. 6 – Domaine maximum de subsistance borné par les sources de matières premières pour les occupations du site moustérien du chêne Vert (Dirac, Aquitaine).

Fig. 6 – Maximum subsistence area delimited by the raw-material sources for the occupations of the Mousterian site of Chêne Vert (Dirac, Aquitaine).

UN OUTIL POUR LES CHERCHEURS

À travers trois exemples présentés ci-dessus, a été évoqué l'un des aspects qui intéresse particulièrement les archéologues, l'origine des matériaux. Certes, ces résultats ne bouleversent pas nos connaissances mais montrent que la mise en commun des données et l'harmonisation de l'approche apportent des éléments nouveaux qui affinent nos connaissances : existence dans le Sénomien de Charentes de silex sans *incertae sedis*, confirmation de la présence d'objets provenant de territoires lointains situés dans des directions spécifiques, 80 km vers le nord, 120 km vers le nord-est et environ 80 km vers le sud-est. Ceci n'est que l'un des aspects de notre démarche. La base de données en multipartenariat et géoréférencée a pour but principal de proposer aux archéologues des critères de distinctions fiables, un gain de précision sur les distances, la localisation et l'identification des gîtes, des protocoles pour des études pétrographiques plus homogènes. Ceci n'est qu'une étape et il évidemment nécessaire d'intégrer ce travail dans une perspective technique qui est la seule susceptible de lui donner tout son sens.

Deux axes majeurs nous semblent devoir être développés ou approfondis : une caractérisation de l'aptitude

à la taille des différents matériaux en mettant à contribution les expérimentateurs (Tixier 1978 ; Turq 2005) et l'étude du matériel lithique archéologique faite en croisant systématiquement des données lithologiques, techniques et typologiques comme cela a été préconisé depuis les années 1980 (Tixier 1978 ; Chadelle 1983 ; Geneste 1985 ; Pelegrin 1986 ; Boëda *et al.*, 1990 ; Turq 1992). Le fort éclatement de la chaîne opératoire dans l'espace et dans le temps mis en évidence à de multiples reprises dans des espaces géographiques et chronologiques différents (Turq *et al.*, 2013) rend nécessaire un recours systématique aux remontages. Ils sont les seuls outils permettant de confirmer ou d'infirmer les impressions ou les hypothèses formulées après l'étude technolithologique. Une série montrant la présence de l'ensemble des éléments de la chaîne opératoire mais ne permettant aucun remontage doit être de nouveau questionnée. Ne sommes-nous pas en présence d'un ensemble composé d'une multitude de petits événements (quelques objets), ultimes témoins de l'histoire de plusieurs blocs d'une même matière, prélevés à divers moments et correspondant à diverses étapes de la chaîne opératoire ? Apportés progressivement sur le site, ne nous donnent-ils pas l'illusion d'une unité temporelle et géographique ?

De telles questions illustrent toute la difficulté des études qui ont pour but, en effet, d'aborder les sphères territoriales

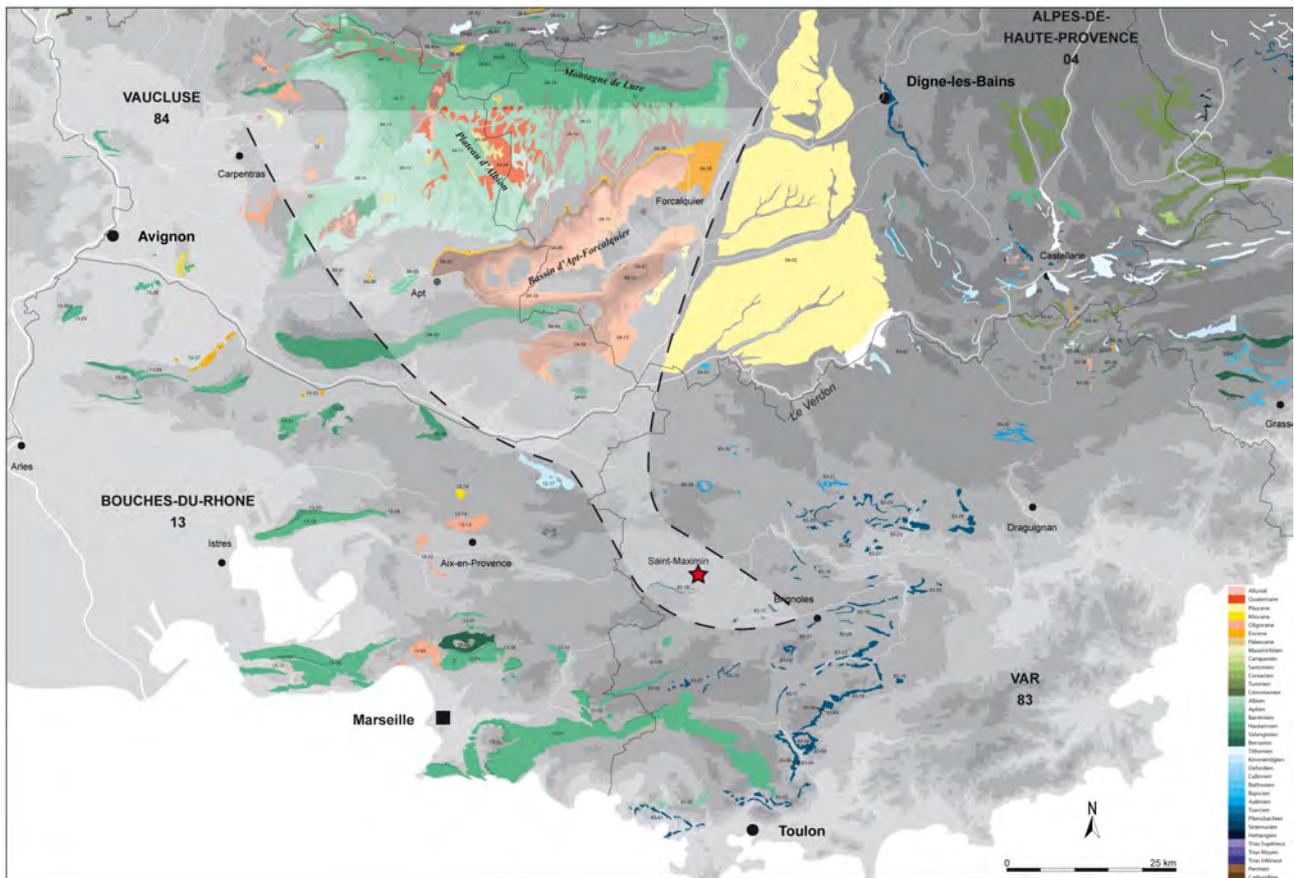


Fig. 7 – Domaine maximum de subsistance borné par les sources de matières premières pour les occupations du site du Clos de Roque (Saint-Maximin-la-Sainte-Baume, Provence-Alpes-Côte d'Azur).

Fig. 7 – Maximum subsistence area delimited by the raw-material sources for the occupations of the Clos de Roque site (Saint-Maximin-la-Sainte-Baume, Provence-Alpes-Côte d'Azur).

et socioéconomiques. Les avancées ne pourront venir que d'un échange permanent entre des pétrographes, archéologues, technologues et des acteurs d'autres disciplines de l'archéologie, ainsi que des géographes, des spécialistes des sciences de l'environnement, etc. Bien des questions et pistes de réflexions ont été identifiées : interactions entre les principaux systèmes techniques et les matériaux mis en œuvre, ainsi que la nature et la fonction des sites.

Concernant l'étude des relations homme-environnement, il pourra s'agir par exemple de s'interroger sur la pertinence de vouloir dégager, pour les périodes concernées, des aires « géoculturelles », dont les modalités d'accessibilité et d'exploitation des géoressources pourraient être différenciées (approche de la géographie des techniques). De façon liée, on pourra légitimement s'interroger sur leurs significations : sont-elles porteuses d'une véritable distinction ou sont-elles des variantes locales d'un même ensemble plus large ?

Pour ce qui est de la taphonomie des occupations la meilleure connaissance des spécificités des silicifications, notamment de leur porosité, de l'étude de leur évolution de surface, pourra être une approche complémentaire.

La concrétisation de la base de données n'est pas une fin en soi mais une étape, un outil, que nous voulons mettre à la disposition de tous. Nous sommes convaincus

que nous ne pourrions progresser que dans les échanges, le croisement des données et les études pluridisciplinaires et multidisciplinaires. Faire le choix de la pluridisciplinarité sur le plan méthodologique et de l'interopérabilité des données comme moyen d'y parvenir, c'est mettre de notre côté les meilleures chances d'une compréhension renouvelée de nos problématiques de recherche. C'est aussi ouvrir à de nouvelles opportunités de collaborations. Enfin, envisager de diffuser nos données à tous, c'est affirmer que nos travaux de recherche ne doivent pas servir les seuls intérêts des membres du PCR, mais qu'ils peuvent profiter à d'autres chercheurs, comme nous profitons déjà des travaux de chercheurs de nombreuses autres disciplines.

CONCLUSION

Avec la mise en place d'un plan rationnel de numérisation des données géoréférencées intégrant des informations géographiques, géologiques et pétrographiques, nous construisons un outil approprié à l'étude des comportements humains face à la matière première siliceuse. Nous disposons désormais de données gîto-

logiques conséquentes et de fiches de caractérisation harmonisées pour plusieurs centaines de types de silex, à l'échelle du sud de la France. Leur compilation débouchera, à court terme, sur la production et la publication d'atlas spécifiques.

Dans un second temps, notre programme dépasse le stade de la compilation des données et s'insère dans la dynamique de compréhension des itinéraires parcourus par les échantillons naturels étudiés. Notre protocole adapte le traitement des données au concept d'évolution du silex. La prise en compte de toutes les

variations enregistrées devient alors la clé de la détermination de la provenance du mobilier lithique. En intégrant la notion de chaîne évolutive, nous créons des cartes dynamiques au sein desquelles l'espace et le temps différencient les silex. Un silex est dès lors inscrit dans un itinéraire qui lui est propre. Cette approche géomatique conduit à une meilleure définition des lieux de collecte et ses aspects collaboratifs fournissent désormais les bases nécessaires au développement d'études nationales sur la reconnaissance des stratégies territoriales.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFOLTER J. (2009) – Les Douattes (Musièges, Haute-Savoie) : les séries magdaléniennes et aziliennes des fouilles Jayet et Pion (1999-2002), in G. Pion et L. Mevel (dir.), *La fin du Paléolithique supérieur dans les Alpes du Nord et le Jura méridional. Approches culturelles et environnementales*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 50), p. 161-172.
- AFFOLTER J., BRESSY C. (2009) – Les matières premières sili-ceuses: méthodes d'études et ressources, in G. Pion et L. Mevel (dir.), *La fin du Paléolithique supérieur dans les Alpes du Nord et le Jura méridional. Approches culturelles et environnementales*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 50), p. 143-159.
- BOËDA É., GENESTE J.-M., MEIGNEN L. (1990) – Identification de chaînes opératoires lithiques du Paléolithique ancien et moyen, *Paléo*, 2, p. 43-80.
- BINDER D. (1998) – Silex blond et complexité des assemblages lithiques dans le Néolithique liguro-provençal, in A. D'Anna et D. Binder (dir.), *Production et identité culturelle. Actualité de la recherche*, actes des 2^{es} Rencontres méridionales de Préhistoire récente (Arles, 8-9 novembre 1996), Antibes, APDCA, p. 111-128.
- BRESSY C. (2009) – Approvisionnements en silex à l'azilien récent : le site de Gerbaix (Saint-Christophe, Savoie), in G. Pion et L. Mevel (dir.), *La fin du Paléolithique supérieur dans les Alpes du Nord et le Jura méridional. Approches culturelles et environnementales*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 50), p. 173-194.
- BRESSY C., ANDRÉ P., FERNANDES P., PIBOULE M., REY P.-J. (2007) – Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes, projet collectif de recherche, rapport d'activité 2007, service régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, Lyon, 105 p.
- CHADELLE J.-P. (1983) – *Technologie et utilisation du silex au Périgordien supérieur : l'exemple de la couche VII du Flageolet I*, mémoire de diplôme, EHESS, Toulouse, 175 p.
- DAMOUR A. (1865) – Sur la composition des haches en pierre trouvées dans les monuments celtiques et chez les sauvages, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 61, p. 1-13.
- DAWSON M.-C., BERNARD-GUELLE S., FERNANDES P., RUÉ M., DOUSSE M., TALLET P., CAVERNE J.-B., GAZAGNOL G. (2011) – *Le site moustérien du Chêne Vert à Dirac (Charente, 16)*, rapport final d'opération d'archéologie préventive, Paléotime, Villard-de-Lans; service régional de l'Archéologie de Poitou-Charentes, Poitiers, 557 p.
- FERNANDES P. (2006) – *Pétoarchéologie des matériaux sili-ceux utilisés au paléolithique moyen dans le Sud du Massif central : méthodologie et résultats préliminaires*, mémoire de diplôme, EHESS, Toulouse, 183 p.
- FERNANDES P. (2012) – *Itinéraires et transformations du silex : une pétoarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université Bordeaux 1, 2 vol.
- FERNANDES P., RAYNAL J. P., TALLET P., TUFFERY C., PIBOULE M., SÉRONIE-VIVIEN M., SÉRONIE-VIVIEN M. R., TURQ A., MORALA A., AFFOLTER J., MILLET D., MILLET F., BAZILE F., SCHMIDT P., FOUCHER P., DELVIGNE V., LIAGRE J., GAILLOT S., MORIN A., MONCEL M. H., GARNIER J. F., LEANDRI-BRESSY C. (2013) – Une carte et une base de données pour les formations à silex du Sud de la France : un outil pour la pétoarchéologie, *Paléo*, 24, p. 219-228.
- GENESTE J.-M. (1985) – *Analyse lithique d'industries moustériennes du Périgord : une approche technologique du comportement des groupes humains au Paléolithique moyen*, thèse de doctorat, université Bordeaux I, 2 vol.
- GUIBERT R. (2000) – *Gestion des industries lithiques mésolithiques et néolithiques du Sud-Est de la France*, thèse de troisième cycle, université Paris I, 369 p.
- KNAUTH L. P. (1994) – Petrogenesis of Chert, in P. J. Heaney, C. T. Prewitt et G. V. Gibbs (dir.), *Silica Physical Behavior, Geochemistry and Materials Applications*, Chantilly (Va.), Mineralogical Society of America (Reviews in Mineralogy, 29), p. 233-258.
- LÉA V. (2004) – Centres de production et diffusion des silex bédouliens au Chasséen, *Gallia Préhistoire*, 46, p. 231-250.
- LÉA V. (2005) – Raw, Pre-Heated or Ready to Use: Discovering Specialist Supply Systems for Flint Industries in Mid-Neolithic (Chassey Culture) Communities in Southern France, *Antiquity*, 79, 303, p. 51-65.
- PELEGRIN J. (1986) – *Analyse lithique : une méthode appliquée à l'étude de deux séries du Périgordien ancien. Roc de Combe, couche 8, La Côte niveau III*, thèse de doctorat, université Paris X, Nanterre, 584 p.
- RAYNAL J.-P., SANTAGATA C. (2012) – *Les Costes, grotte de Sainte-Anne I, OP 2011-2013*, rapport intermédiaire 2011, service régional de l'Archéologie d'Auvergne, Clermont-Ferrand, 77 p.
- RAYNAL J.-P., MONCEL M.-H., DAUJEARD C., ARGANT A., BAHAIN J. -, BANKS W., BEAREZ P., BOCHERENS H.,

CHACON NAVARRO G., COURTY M.-A., CRÉGUT-BONNOURE É., DEBARD É., DELVIGNE V., DESCLAUX E., ECKER M., FALGUÈRES C., FERNANDES P., FIORE I., FOURY Y., GALLOTI R., GUADELLI J.-L., HARDY B., LAFARGE A., LA PORTA A.-O., LATEUR N., LEBON M., LE CORRE M., LEPAPE J.-M., LIABEU F., MANAZNO A., MARCQ G., PIBOULE M., PIKE-TAY A., PUAUD S., QUEFFELEC A., RICHARD M., RIVALS F., SANTAGATA C., SAKAI S., SAVE S., SERVANT L., ROGER T., RUÉ M., WANG N., WRAGG SYKES R. (2013a) – Néanderthaliens sur les marges sud-est du Massif central. Espace et subsistance au Paléolithique moyen. Nouvelles données dans le cadre d'un projet collectif de recherche, *Ardèche archéologie*, 30, p. 5-14.

RAYNAL J.-P., MONCEL M.-H., FERNANDES P., BINDON P., DAUJEARD C., FIORE I., SANTIGATA C., LECORRE-LE-BEUX M., GUADELLI J.-L., LE PAPE J.-M., TAGLIACOZZO A., LIABEU F., SERVANT L., AULANIER M., SERET H. (2013b) – Land-Use Strategies, Related Tool-Kits and Social Organization of Lower and Middle Palaeolithic Groups in the South-East of the Massif Central, France, *Quartär*, 60, p. 29-59.

REMICOURT M. (2012) – *Les occupations pré et protohistoriques du Clos de Roque, à Saint-Maximin-la-Sainte-Baume (Var)*, rapport final d'opération, Paléotime ; service régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Aix-en-Provence, 1 084 p.

TIXIER J. (1978) – *Méthode pour l'étude des outillages lithiques*, thèse de doctorat, université Paris X, Nanterre, 110 p.

TURQ A. (1992) – *Le Paléolithique inférieur et moyen entre les vallées de la Dordogne et du Lot*, thèse de doctorat, université Bordeaux I, 782 p.

TURQ A. (2005) – Réflexions méthodologiques sur les études de matières premières lithiques. Des lithothèques au matériel archéologique, *Paléo*, 17, p. 111-131.

TURQ A., ROEBROEKS W., BOURGUIGNON L., FAIVRE J.-P. (2013) – The Fragmented Character of Middle Palaeolithic Stone Tool Technology, *Journal of Human Evolution*, 65, 5, p. 641-655.

VILAS-BOAS DA SILVA G. (1975) – *L'altération des accidents siliceux, silex et chailles dans les formations paléogènes : bassin de Paris*, thèse de troisième cycle, université Strasbourg I, 110 p.

Paul FERNANDES

Paléotime
6173, rue Jean Séraphin Achard Picard
F-38250 Villard-de-Lans
paul.fernandes@paleotime.fr

université de Bordeaux
UMR 5199 PACEA
bâtiment B8, allée Geoffroy Saint-Hilaire,
CS 50023
F-33615 Pessac cedex

Christophe TUFFERY
INRAP DST/SMQ
7, rue de Madrid
F-75008 Paris
christophe.tuffery@inrap.fr

Didier BINDER
université de Nice-Sophia Antipolis
UMR 7264 CEPAM,
Pôle Universitaire Saint Jean d'Angély SJA 3
24, avenue des Diables Bleus
F-06357 Nice Cedex 4
didier.binder@cepam.cnrs.fr

Céline BRESSY-LEANDRI
Service régional de l'Archéologie,
DRAC de Corse
Villa San Lazaro, 1 chemin de la Pietrina,
CS 10003
F-20704 Ajaccio cedex 9
celine.leandri@culture.gouv.fr

Jean-Pierre BRACCO
université Aix-Marseille
CNRS, MCC, UMR 7269 LAMPEA
F-13094 Aix-en-Provence cedex 2
jean-pierre.bracco@univ-amu.fr

Pascal TALLET
Paléotime
6173, rue Jean Séraphin Achard Picard
F-38250 Villard-de-Lans
pascal.tallet@paleotime.fr

André MORALA
Musée national de Préhistoire
1, rue du Musée
F-24620 Les Eyzies de Tayac
andre.morala@culture.gouv.fr

université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA
bâtiment B8, allée Geoffroy Saint-Hilaire,
CS 50023
F-33615 Pessac cedex

Alain TURQ
Musée National de Préhistoire
Les Eyzies-de-Tayac
1, rue du Musée
F-24620 Les Eyzies de Tayac

université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA
bâtiment B8, allée Geoffroy Saint-Hilaire,
CS 50023
F-33615 Pessac cedex
alain.turq@culture.gouv.fr

Gourguen DAVTIAN
université de Nice Sophia Antipolis
UMR 7264 CEPAM,
Pôle Universitaire Saint Jean d'Angély SJA 3
24, avenue des Diabls Bleus
F-06357 Nice Cedex 4
gourguen.davtian@cepam.cnrs.fr

Jean-Baptiste CAVERNE
Paléotime
6173, rue Jean Séraphin Achard Picard
F-38250 Villard-de-Lans
jean-baptiste.caverne@paleotime.fr

Denis DALPHINET
Paléotime
6173, rue Jean Séraphin Achard Picard
F-38250 Villard-de-Lans
denis.dalphetantoin@laposte.net

Vincent DELVIGNE
université de Bordeaux,
UMR 5199 PACEA
bâtiment B8, allée Geoffroy Saint-Hilaire,
CS 50023
F-33615 Pessac cedex
vincent.delvigne@hotmail.fr

Jérémy LIAGRE
Service archéologique de la ville de Lyon
10, rue Neyret
F-69001 Lyon
jeremie.liagre@mairie-lyon.fr

Stéphane GAILLOT
Service archéologique de la ville de Lyon
10, rue Neyret,
F-69001 Lyon
stephane.gaillot@mairie-lyon.fr

Dominique MILLET
13, rue Bordas
F-33400 Talence
prfmillet@orange.fr

Françoise MILLET
13, rue Bordas
F-33400 Talence
prfmillet@orange.fr

Michel PIBOULE
21, rue General Ferrier
F-38100 Grenoble
piboulemichel@gmail.com

Patrick SCHMIDT
Abteilung für ältere Urgeschichte
und Quartärökologie
Institut für Ur- und Frühgeschichte
und Archäologie des Mittelalters
Eberhard-Karls-Universität
Schloss Hohentübingen, Burgsteige 11
D-72070 Tübingen
patrick.schmidt@uni-tuebingen.de

Antonin TOMASSO
université de Nice Sophia Antipolis
UMR 7264 CEPAM, Pôle Universitaire Saint
Jean d'Angély SJA 3
24, avenue des Diabls Bleus
F-06357 Nice Cedex 4
antonin.tomasso@cepam.cnrs.fr

Jéhanne AFFOLTER
AR-GEO-LAB, université de Neuchâtel
Espace Louis-Agassiz 1
CH-2000 Neuchâtel
affolterjs@bluewin.ch

Frédéric BAZILE
université de Montpellier 3, UMR 5140
Archéologie des sociétés méditerranéennes
3, route de Mende
F-34199 Montpellier
fredericbazile2@gmail.com

Jean-François GARNIER
Société préhistorique et historique
de Villeneuve-sur-Lot, BP 104
F-47303 Villeneuve-sur-Lot

Pierre BINTZ
13, allée des Cottages
F-38240 Meylan
pbintz@wanadoo.fr

Geneviève PINÇON

Centre national de Préhistoire
38, rue du 26^e Régiment d'Infanterie
F-24000 Périgueux
genevieve.pincon@culture.gouv.fr

Jean-Paul RAYNAL

université de Bordeaux,
UMR 5199 PACEA
bâtiment B8, allée Geoffroy Saint-Hilaire,
CS 50023
F-33615 Pessac cedex
jpraynal@wanadoo.fr

Abteilung für Humanevolution
Max-Planck-Institut für evolutionäre
Anthropologie
Deutscher Platz 6
D-04103 Leipzig