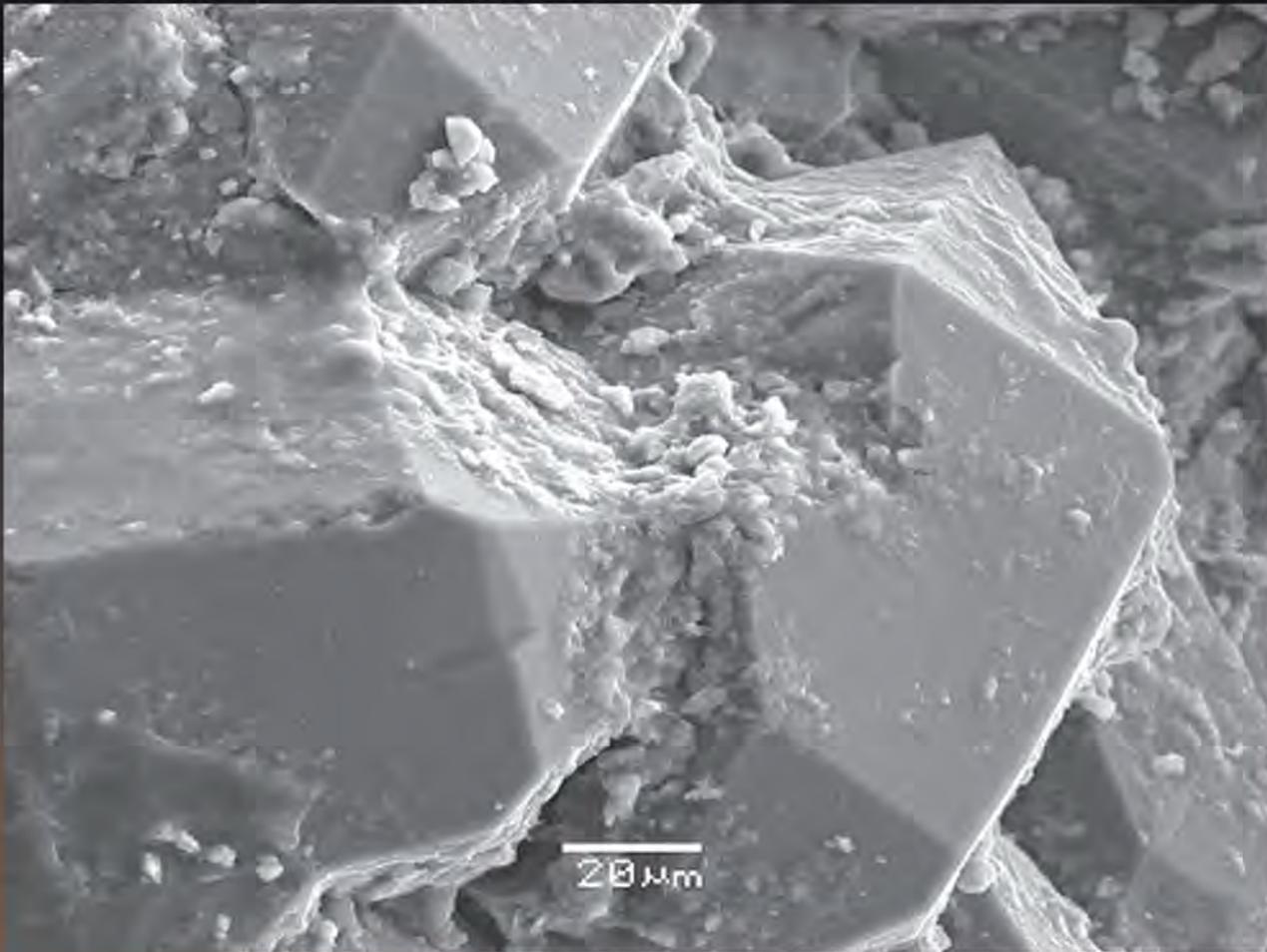


# Projet Collectif de Recherche Rapport d'activité 2016

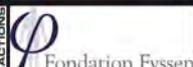
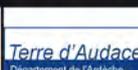
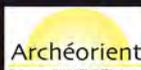
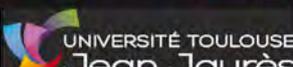
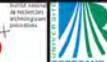


## Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes

Coordinateur : Paul Fernandes  
Réfèrent : Vincent Delvigne

Equipe de recherche : Binder (D), Bressy-Léandri (C), Caverne (J-B), Chesnaux (L), Chomette (D), Cousseran-Néré (S), Defive (E), Gaillot (S), Gibaud (A), Konik (S), Lafarge (A), Langlais (M), Liabeuf (R), Le Bourdonnec (F-X), Liagre (J), Moncel (M-H), Morala (A), Moreau (L), Piboule (M), Pinçon (G), Platel (J-P), Raynal (J-P), Rostan (P), Schmidt (P), Rué (M), Tallet (P), Thirault (E), Thiry (M), Tuffery (C), Turq (A), Wragg-Sykes (R).

**PALEOTIME**  
archéologie préventive



***Légende des illustrations de la page de couverture :***

Remplissage de bioclaste à macroquartz recouverts de silice. Photo P. Fernandes.

## NOTICE BSR

**Nom d'auteur** : Paul Fernandes (UMR 5199 PACEA, Paléotime)

**Numéro d'OA** : 2211841

**Responsable d'opération** : Paul Fernandes (UMR 5199 PACEA, Paléotime)

**Nature de l'opération** : Projet collectif de recherche (PCR), du 01-06-2016 au 30-12-2016

**Couverture géographique** : région Auvergne-Rhône-Alpes

**Mots-clés du thésaurus** : matière première, méthodologie, silex, extraction du silex, cartographie, territoire, comportement social

**Chronologie** : Préhistoire, Paléolithique, Paléolithique inférieur, Paléolithique moyen, Paléolithique supérieur, Epipaléolithique et Mésolithique, Mésolithique ancien, Mésolithique récent, Mésolithique final, Néolithique, Néolithique ancien, Néolithique moyen, Néolithique final, Néolithique récent, Chalcolithique, Protohistoire, âge du Bronze, Bronze ancien, Bronze récent, Bronze final, âge du Fer, Hallstatt, premier âge du Fer, La Tène, second âge du Fer

**Peuples et citées** : cultures du Paléolithique, cultures du Paléolithique moyen, cultures du Paléolithique supérieur, Néolithique-Chalcolithique

**Keywords** : raw material, methodology, flint, extraction of flint, cartography, territory, Prehistory, Lower Palaeolithic, Middle Palaeolithic, Upper Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Early Neolithic, Middle Neolithic, Late Neolithic, Neolithic-Chalcolithic, Protohistory, Bronze Age, Early Bronze Age, Late Bronze Age, Late Bronze Age I, Late Bronze Age II, Late Bronze Age III, Iron Age, Hallstatt, Iron Age (first period), La Tène, Iron Age (second period), Palaeolithic cultures, Middle Palaeolithic cultures, Upper Palaeolithic cultures, Neolithic-Chalcolithic.

**Titre** : Réseau de lithothèques

**Sous-titre** : Auvergne-Rhône-Alpes

**Résumé** : Le PCR « Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-alpes » s'inscrit dans une perspective de recherche sur les méthodes de caractérisation des matières premières, les modes d'exploitation des ressources minérales et la territorialité des groupes humains préhistoriques à l'échelle nationale. Cette démarche fédératrice constitue un des principaux enjeux des problématiques actuelles concernant les sociétés préhistoriques. Dans ce contexte, la caractérisation des ressources fixes – et notamment des roches siliceuses – revêt un intérêt particulier en ce qu'elle permet de dessiner des espaces parcourus et, couplée à la technologie lithique, d'identifier des modes de transport des artefacts. Ces réalités renseignent sur les formes sociales et les régimes de mobilité des groupes humains, permettant de matérialiser des processus d'interaction qui mettent parfois en jeu des entités culturelles perçues comme distinctes.

Cette année, les activités du PCR ont été financées par le Ministère de la Culture et de la Communication, les Conseils généraux de l'Ain, de la Savoie, de l'Isère et la SARL Paléotime. Grâce à ces financements et le travail des membres, les résultats scientifiques débouchent sur une amélioration significative au niveau régional et suprarégional pour plusieurs axes déjà bien avancées ou nouveaux :

- axe 1 : inventaire et développement de l'outil lithothèque : prospection des gîtes à silex dans le Lyonnais, exploitation du quartz dans les Alpes, origine des silex de Corse ;
- axe 2 : actualisation de la caractérisation des principaux type marqueurs : nouvelle méthode de caractérisation des silex fondée sur leur interaction avec l'environnement, mise en ligne de bibliographies thématiques comme support à la caractérisation ;
- axe 3 : développer les qualités d'un SIG des formations à silex : contrôle méthodologique de la numérisation de contours des formations à silex à l'aide d'un SIG.

- axe 4 : évaluations lithologiques menées sur les mobiliers archéologiques de sites actuellement en cours de fouilles : Le Rond-du-Barry (Polignac, Haute-Loire) et le Cuze-de-Neussargues (Sainte-Anastasie, Cantal) respectivement en partenariat avec l'opération de fouille programmée dirigé par A. Lafarge et V. Delvigne et l'APP dirigé par M. Langlais ;
- axe 5 : Valorisation et diffusion des résultats : organisation d'une école thématique CNRS « Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silicrètes fondée sur leurs interactions avec l'environnement » ; enseignement dans le cadre du Master PPA de l'Université de Nice Sophia Antipolis.

Ces différents axes, à la fois patrimoniaux, recherche - développement et formation témoignent du dynamisme de l'activité et mettent l'accent sur la nécessité de maintenir cette synergie. Les atouts de ce projet fédérateur reposent sur une équipe interdisciplinaire et un outil dynamique de communication et d'intégration des données à l'échelle suprarégionale. Ce PCR n'est plus le seul moteur pour avancer vers une structure nationale consacrée à l'inventaire et la diagnose des géoressources. Il est désormais étroitement lié aux autres programmes en place (en Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes, en PACA et en Centre Val-de-Loire) tant par les acteurs qui le constitue que par les questionnements qu'il soulève. Chaque rapport présente désormais un état des recherches régional, mais également comme pré requis celui des démarches analytiques en cours et des principaux résultats obtenus dans les autres régions. Cette synergie permet d'entrevoir la possibilité de construire un projet de recherche collectif harmonisé à l'échelle nationale fondé sur un maillage de PCR régionaux indépendants et interconnectés.

La portée heuristique de cette démarche est incontestable et la caractérisation des géomatières participe, grâce à cette structure interrégionale, à une approche holiste des sociétés préhistoriques dans une double optique paléolithique et paléoécologique qui fait la spécificité de «l'école française».

Paul Fernandes et Vincent Delvigne  
Le 15/02/2017

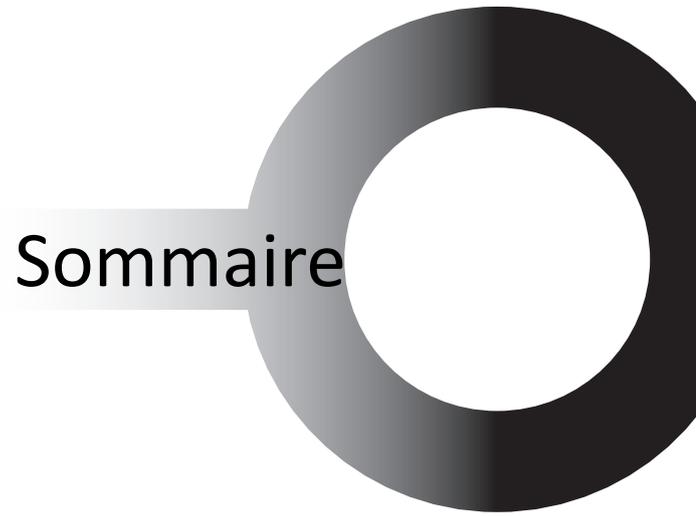
### **Avertissement**

Les rapports de fouille constituent des documents administratifs communicables au public dès leur remise au Service régional de l'archéologie, suivant les prescriptions de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 modifiée, relative à l'amélioration des relations entre l'administration et le public. Aux termes de la circulaire du 26 mars 1993, ils pourront être consultés ; les agents des Services régionaux de l'archéologie rappelleront à tout demandeur les droits de propriété littéraire et artistique possédés par les auteurs et les contraintes qui en résultent pour tout consultant. Les prises de notes et les photocopies sont utilisées pour un usage exclusivement privé et non destiné à une utilisation collective (article L122-5 du code de la propriété intellectuelle). Toute reproduction du texte accompagnée ou non de photographies, cartes ou schémas, n'est possible que dans le cadre du droit de courte utilisation, avec les références exactes et complètes de l'auteur et de l'ouvrage. Par ailleurs, l'exercice du droit à la communication exclut, pour ses bénéficiaires ou pour les tiers, la possibilité de reproduire, de diffuser ou d'utiliser à des fins commerciales les documents communiqués (Loi n° 78-753 du 17 juillet 1978, art. 10).

Le non respect de ces règles constitue un délit de contrefaçon puni par l'article 425 du code pénal.

**Fernandes et al. 2016** : Fernandes F., Binder D., Bressy-Léandri C., Caverne J.-B., Chesnaux L., Cousseran-Néré S., Defive E., Delvigne V., Gaillot S., Gibaud A., Konik S., Lafarge A., Langlais M., Liabeuf R., Le Bourdonnec F.-X., Liagre, J., Moncel M.-H., Morala A., Moreau L., Piboule M., Pinçon G., Platel J.-P., Raynal J.-P., Rostan P., Rué M., Tallet P., Thirault E., Thiry M., Tuffery C., Turq A., Wragg-Sykes B. (2016) - *Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes*. Rapport d'opération, Paléotime, Villard-de-Lans, 204p.

*PAO : A. Lafarge*



# Sommaire

Notice au Bulletin scientifique régional 2016 .....	3
Sommaire .....	7
Documentation administrative.....	11
Remerciements .....	17
1. Présentation de l'opération .....	21
1.1 État de l'art .....	21
1.2 Historique .....	21
2. Bilan d'activité .....	25
2.1 Axe 1 : inventaire et développement de l'outil lithothèque .....	26
2.2 Axe 2 : actualisation de la caractérisation des principaux marqueurs.....	44
2.3 Axe 3 : développement d'un SIG des formations à silex.....	61
2.4 Axe 4 : évaluations lithologiques et tracéologiques menées sur les mobiliers archéologiques de sites actuellement en cours de fouille.....	62
2.5 Axe 5 : valorisation et diffusion des résultats.....	80
3. Nouvelles des autres PCR «Réseau de lithothèques» .....	183
Conclusions et perspectives .....	189
Bibliographie .....	193
Table des illustrations.....	197
Table des matières.....	199



# Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes





# Documentation administrative

## FICHE SIGNALÉTIQUE

### L'identité du lieu d'intervention

Région : Auvergne - Rhône-Alpes  
Départements : Ain, Ardèche, Drôme, Isère, Loire, Rhône, Savoie, Haute-Savoie

### Nature de l'opération

Le projet : Projet Collectif de Recherche « Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes »

Programme de rattachement : 12, le Néolithique : habitats, sépultures, productions, échanges

Arrêté d'autorisation : 2016/651

Code d'opération: 22 11841

Responsable d'opération : Paul Fernandes

Dates de l'intervention : 01/06/2016 au 30/12/2016

Chronologie : Préhistoire

Lieux de dépôts : locaux de la société Paléotime, 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard 38250 Villard-de- Lans, pour la lithothèque de Dolomieu et celle de Paléotime. Capra Valence qui conserve des silex de l'Ardèche et de la Drôme. Le Musée d'Ornac qui possède des silex de l'Ardèche et du Gard. Neuchâtel qui conserve les collections d'échantillons provenant des Alpes françaises. Laussone (Haute-Loire) où sont stockés des échantillons auvergnats mais aussi de la Loire de l'Ardèche, de la Drôme et du Gard. Lyon et Bron où sont stockés des échantillons de la zone autour de Lyon dans le bureau de Jérémie Liagre.

## FICHE GÉNÉRIQUE

### Responsables scientifiques

Les travaux sont coordonnés par Paul Fernandes, collaborateur bénévole de l'Université de Bordeaux 1 Sciences et Technologies, UMR 5199 PACEA, Alain Turq, André Morala, Musée National de Préhistoire des Eyzies et Michel Piboule, Professeur retraité de Pétrologie-Géochimie, Institut Dolomieu et Maison des Géosciences, Université Joseph Fourier, Grenoble, Didier Binder, CEPAM - UMR 7264, Nice, Jean-Paul Raynal, PACEA - UMR 5199, Bordeaux et Jean-Pierre Bracco, LAMPEA - UMR 5594, Aix-en-Provence, Jean-Pierre Platel retraité BRGM, Antonin Tomasso CEPAM, Vincent Delvigne PACEA, Céline Léandri SRA Corse.

### FINANCEMENT

Le financement de cette campagne a été assuré par le Ministère de la Culture et de la Communication dans le cadre des Opérations Programmées 2015, les Conseils Généraux de l'Ain, l'Isère, la Savoie et la société Paléotime.

Financeurs	Fonctionnement
État, sous direction de l'archéologie	5000 €
CG Ain	5000 €
CG Savoie	1000 €
CG Isère	1000 €
Autre : Paléotime	5500 €
<b>TOTAL</b>	<b>17500</b>

### La gestion financière est assurée par les associations suivantes :

- l'AVDPA (Association pour la Valorisation et la Diffusion de la Préhistoire Alpine, siège social : 13 allée des Cottages 38240 Meylan ;

- ALPARA (Association de liaison pour le patrimoine et l'archéologie en Rhône-Alpes et en Auvergne, 25 rue Roger Radisson, 69005 Lyon) ;
- l'ESPAHS (Etude et Sauvegarde du Patrimoine Archéologique de la Haute-Savoie, siège social : 19 bis, rue Bienheureux Pierre-Favre, 74230 Thônes) ;
- ADRAS (Association Départementale pour la Recherche Archéologique en Savoie, siège social : chez Mr Gilbert Pion, 895 route de la Batie, 73230 St-Alban-Leysse).

#### ÉQUIPE D'INTERVENTION SUR LE TERRAIN

SÉBASTIEN BERNARD-GUELLE, société Paléotime : 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard 38250 Villard-de-Lans ;

GUILLAUME BOCCACCIO, animateur du patrimoine, Conservation des musées du Gard : 10 rue Saint-Jacques, 30130 Pont-Saint-Esprit ;

VINCENT DELVIGNE, post- doctorant Service de Préhistoire de l'Université de Liège et UMR 5199 PACEA : Bât. B18, av. des Facultés, 33405 Talence ;

STÉPHANE GAILLOT, Service Archéologique de la Ville de Lyon : 10 rue Neyret 69001 Lyon ;

AUDREY LAFARGE, UMR 5140 : Saint-Charles, rue du Professeur Henri Serre, 34090 Montpellier ;

HAROLD LETHROSNE, INRAP : 525 avenue de la pomme de pin 45590 Saint-Cyr-en-Val ;

JÉRÉMIE LIAGRE, Service archéologique de la Ville de Lyon : 10 rue Neyret 69001 Lyon ;

MICHEL PIBOULE, sans rattachement ;

ANTONIN TOMASSO, post-doctorant Service de Préhistoire de l'Université de Liège et CEPAM - UMR 7264 : campus Saint-Jean-d'Angély, 24 av. des Diables Bleus 06357, Nice Cedex 4 ;

SYLVIE COUSSERAN-NÉRÉ, INRAP : 11 rue d'Annonay, 69675 Bron

ERIC THIRAULT, société Paléotime : 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard 38250 Villard-de-Lans ;

PAUL FERNANDES, société Paléotime : 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard 38250 Villard-de-Lans.

#### ÉQUIPE D'INTERVENTION EN LABORATOIRE

PATRICK SCHMIDT, MNHN : Dpt. de Abteilung für Ältere Urgeschichte und Quartärökologie, Institut für Ur und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Eberhard-Karls Universität Tübingen, Hohentübingen, Burgsteige 11, D-72070 Tübingen;

FRANÇOIS FRÖHLICH, Professeur MNHN : Dpt. de Préhistoire UMR 7194, Centre de spectroscopie infra- rouge, 57 rue Cuvier 75231 Paris Cedex 05 ;

FRANÇOIS-XAVIER LE BOURDONNEC et STEPHAN DUBERNET, Université Bordeaux Montaigne IRAMAT : UMR 5060, Domaine Universitaire, Esplanade des Antilles 33607 Pessac ;

MÉDARD THIRY, École des Mines de Paris : 35 Rue St Honoré 77300 Fontainebleau ;

CHRISTOPHE TUFFÉRY, INRAP : 7 rue de Madrid 75008 Paris ;

PASCAL TALLET, société Paléotime : 6173 rue Jean Séra- phin Achard Picard 38250 Villard-de-Lans.

#### CONSULTANTS ARCHÉOLOGUES

MARIE-HÉLÈNE MONCEL, CNRS, Musée National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine, Paris, UMR 5198 ;

JEAN-PAUL RAYNAL, Directeur de recherche au CNRS : Université Bordeaux 1, sciences et technologies, UMR 5199 PACEA, Bât. B18, av. des Facultés, 33405 Talence ;

ALAIN TURQ, Musée national de Préhistoire : 1 rue du Musée 24620 Les Eyzies-de-Tayac et Université de Bordeaux 1 : UMR 5199 PACEA ;

ANDRÉ MORALA, Musée national de Préhistoire : 1 rue du Musée 24620 Les Eyzies-de-Tayac et Université de Bordeaux 1 : UMR 5199 PACEA ;

PASCAL FOUCHER, DRAC Midi-Pyrénées : Hôtel des Chevaliers de Saint-Jean 32 rue d'Albade BP 811 31080 Toulouse cedex 6 ;

FRÉDÉRIC BAZILE, Université de Montpellier 3 : UMR 5140 « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », 3 route de Mende, 34199, Montpellier ;

PIERRE-JEAN TEXIER, Université Bordeaux 1 : UMR 5199 PACEA Bât. B18, av. des Facultés, 33405 Talence ;

CHRISTIAN NORMAND, DRAC Aquitaine Service Régional de l'Archéologie 54 rue Magendie 33074 Bordeaux cedex UMR 5608 Toulouse le Mirail ;

PIERRE-YVES DEMARS Université Bordeaux 1 : UMR 5199 PACEA Bât. B18, av. des Facultés, 33405 Talence ;

RÉGIS PICAVET, société Paléotime : 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard 38250 Villard-de-Lans ;

CÉLINE BRESSY-LÉANDRI, Service régional de l'archéologie DRAC de Corse Villa San Lazaro 1, chemin de la Pietrina CS 100003, 20704 Ajaccio Cedex 9.

### **ADRESSES MAIL DES MEMBRES ET ACTEURS DU PROJET EN 2016**

a.delagnes@pacea.u-bordeaux1.fr  
delage.chris@laposte.net  
a.queffelec@pacea.u-bordeaux1.fr  
affolterjs@bluewin.ch  
alain.beeching@univ-lyon2.fr  
alain.turq@culture.gouv.fr  
andre.morala@culture.gouv.fr  
anne.hauzeur@Paléotime.fr  
anne.lebot-helly@culture.gouv.fr  
anne.pariante@mairie-lyon.fr  
antonin.tomasso@cepam.cnrs.fr  
barmelosu@yahoo.it  
bergerguilbert@neuf.fr  
bernard.gely@culture.gouv.fr  
camilledaujeard@hotmail.fr  
caroline.riche@inrap.fr  
christian.verjux@culture.gouv.fr  
christophe.Tuffery@inrap.fr  
celine.leandri@culture.gouv.fr  
cpjnormand@wanadoo.fr  
ctavormina@hotmail.com  
david.lefevre@univ-montp3.fr  
didier.binder@cepam.cnrs.fr  
eric.thirault@paleotime.fr  
fredericbazile2@gmail.com  
frederik.letterle@culture.gouv.fr  
frohlich@mnhn.fr  
g.boccace@lycos.com  
gourguen.davtian@cepam.cnrs.fr  
harald.floss@uni-tuebingen.de  
harold.lethrosne@inrap.fr  
jacques.brochier@univ-provence.fr  
jacques.tixier@orange.fr  
jeremie.liagre@mairie-lyon.fr  
jean-baptiste.caverne@paleotime.fr  
jean-michel.geneste@culture.gouv.fr  
jean-pierre.bracco@univ-amu.fr  
jerome.primault@culture.gouv.fr  
jg.bordes@pacea.u-bordeaux1.fr  
jp.chadelle@dordogne.fr

jpraynal@wanadoo.fr  
laurence.bourguignon@inrap.fr  
laurent.SERVANT@cloridepower.com  
ludomevel@yahoo.fr  
lwilson@unbsj.ca  
madolores.garciaanton@urv.cat  
malletnicole@neuf.fr  
mangado@ub.edu  
mar.rey.sole@hotmail.com  
marcaulanier@orange.fr  
medard.thiry@mines-paristech.fr  
michel.errera@africamuseum.be  
miquele.86@hotmail.com  
minet.theo@gmail.com  
moncel@mnhn.fr  
pascal.foucher@culture.gouv.fr  
pascal.tallet@Paléotime.fr  
patrick.schmidt@uni-tuebingen.de  
pbintz@wanadoo.fr  
philippe.dessaint@mairie-lyon.fr  
piboulemichel@gmail.com  
platel.expert@orange.fr  
prfmillet@orange.fr  
py.demars@pacea.u-bordeaux1.fr  
regis.picavet@Paléotime.fr  
reault@mmsh.univ-aix.fr  
rene.liabeuf@culture.gouv.fr  
sebastien.bernard-guelle@paleotime.fr  
solene.caux@gmail.com  
sophie.gregoire@cerptautavel.com  
sotoquesadamaria@gmail.com  
stephane.gaillot@mairie-lyon.fr  
sylvie.saintot@inrap.fr  
terradas@imf.csic.es  
thaubry@sapo.pt  
tperrin@free.fr  
vincent.delvigne@hotmail.fr  
audreylafarge0@gmail.com  
emmanuelle.defive@orange.fr  
rwragsykes@gmail.com





PRÉFET DE LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Direction régionale  
des affaires culturelles

Lyon, le 6 juin 2016

Pôle *Architecture et patrimoines*  
Service régional de l'archéologie

Le Préfet de la région Auvergne - Rhône-Alpes  
à

Affaire suivie par : Laure DEVILLARD

☎ : 04 72 00 44 66

✉ : [laure.devillard@culture.gouv.fr](mailto:laure.devillard@culture.gouv.fr)

Monsieur Paul FERNANDES

28, place des Martyrs

38250 VILLARD-DE-LANS

**Commission interrégionale de la recherche archéologique**

Objet : **opérations programmées pluriannuelles**  
Réseaux de lithothèques en Rhône-Alpes  
**(2016/651, code Patriarche 2211841)**

Réf : 2016/3896/FL/LD

Monsieur,

Vous êtes titulaire d'une autorisation de projet collectif de recherche pluriannuel (2014-2016) concernant le les Réseaux de lithothèques en Rhône-Alpes

J'ai l'honneur de vous faire connaître qu'après avis de la commission interrégionale de la recherche archéologique Centre-Est (CIRA) en date des 17, 18 et 19 février 2016, je suis favorable à la poursuite de ce projet.

Je vous transmets l'extrait du procès-verbal concernant votre dossier.

En ce qui concerne les crédits une somme de **5.000€** de fonctionnement vous a été réservée. Cette somme vient d'être notifiée au gestionnaire de la subvention : L'AVDPA

Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée.

Pour le Directeur régional des affaires culturelles par intérim  
et par délégation

le Conservateur régional de l'archéologie  
Frédéric LETTERLÉ



# Remerciements

J'adresse mes remerciements au Service Régional de l'Archéologie d'Auvergne - Rhône-Alpes (Ministère de la Culture et de la Communication) pour le soutien constant accordé au projet depuis sa création en 2006. Je tiens à adresser toute ma reconnaissance aux Conseils généraux de l'Ain, de l'Isère et de la Savoie pour les subventions qu'ils ont attribué au fonctionnement et ce malgré leurs difficultés actuelles. J'exprime toute ma gratitude à tous les membres du PCR qui œuvrent à l'élaboration d'un outil de travail méthodologique d'inventaire et de cartographique à l'échelle du sud de la France. Je remercie l'ensemble des intervenants archéologues, géologues, minéralogistes et géographes qui ont fait bénéficier, une fois de plus, à ce PCR leurs compétences respectives. Ce programme a tiré avantage du support logistique des laboratoires CEPAM - UMR 7264 Nice, PACEA - UMR 5199 Bordeaux 1, LAMPEA - UMR 6636 au sein de la Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme à Aix-en-Provence ; IRAMAT CRP2A Maison de l'Archéologie Domaine Universitaire Esplanade des Antilles 33607 Pessac Cedex.

Ce rapport est la suite logique du travail collectif initié par Pierre Bintz dès les années soixante dix. Il présente un état de l'art des objectifs du PCR : réaliser un inventaire du domaine minéral exploitable à l'échelle suprarégionale (l'ensemble du sud de la France). En 2016, à la suite des résultats obtenus par l'investissement bénévole, de nos membres, nous avons encore enrichi l'inventaire des formations à silex du sud-est de la France et porté une partie importante de nos efforts sur l'initiation et la mise à jour des connaissances en matière de caractérisation de la provenance des silex. Je tiens à exprimer toute ma gratitude à Didier Binder, Jean-Paul Raynal, Pierre Bintz, Vincent Delvigne, Christophe Tuffery,

Jérémie Liagre, Jean-Pierre Platel, Eric Thirault, Sylvie Coussran-Neret, Alain Turq, André Morala, Frédéric Bazile, Catherine Grünwald, Jehanne Affolter, Céline Bressy-Leandri, Caroline Riche, Raphaële Guibert, Sébastien Bernard-Guelle, Stéphane Gaillot, Philippe Dessaint, Régis Picavet, Michel Piboule, Alain Beeching, Antonin Tomasso, Jacques-Léopold Brochier, Marie-Hélène Moncel, Pascal Tallet, Jean-Baptiste Caverne et René Liabeuf, qui par leurs travaux ou leurs participations ont facilité la réalisation des rapports depuis 2015. Les données ainsi obtenues doivent autant à cette approche collective et harmonisée qu'aux soutiens des diverses institutions déjà citées. Les soutiens de Vincent Berjot (DGP), de Benoit Kaplan, Bernard Randoïn et Geneviève Pinçon (Sous-Direction de l'Archéologie), de Philippe Legendre, Xavier Delestre, Henri Marchesi, Franck Leandri, Nathalie Fourment, Thierry Bonin, Thierry Bismuth, Michel Vaginay, Christian Verjux, Frédérik Letterle (conservateurs régionaux de l'archéologie), Jean-Pierre Bracco (UMR 7269), de Bruno Maureille (directeur de PACEA - UMR 5199), la coopération de la Région Rhône-Alpes, les crédits et le support logistique accordés par la société Paléotime ont été décisifs dans la concrétisation d'un tel projet. Les résultats obtenus doivent beaucoup aux conseils prodigués par Christophe Tufféry, Davtian Gourguen, Marie-Hélène Moncel, Jean-Paul Raynal et Michel Piboule. Il a aussi fallu toute l'attention et l'ingéniosité d'Audrey Lafarge, de Pascal Tallet et Jean-Baptiste Caverne pour trouver des solutions à tous les problèmes techniques et informatiques. Enfin je remercie vivement les équipes de l'ADRAS, l'AVDPA, l'ALPARA et l'ESPAHS qui ont assuré la gestion des crédits. Ma gratitude va en particulier à Michel Chevrier, Henry Barthelemy, Pierre Bintz et Gilbert Pion.

Paul Fernandes





Rapport d'opération :  
Réseau de lithothèques en  
Auvergne - Rhône-Alpes



# 1. Présentation de l'opération

## **1.1 ÉTAT DE L'ART**

La caractérisation précise des ressources fixes – et notamment des roches siliceuses qui forment l'essentiel des équipements préhistoriques parvenus jusqu'à nous – revêt un intérêt particulier en ce qu'elle permet de dessiner des espaces parcourus et, couplée à la technologie lithique, d'identifier des modes de transport des artefacts. Ces réalités renseignent sur les formes sociales et les régimes de mobilité des groupes humains, permettant de matérialiser des processus d'interaction qui mettent parfois en jeu des entités culturelles perçues comme distinctes. Ce travail, qui s'inscrit dans le cadre d'un programme triennal (2015-2017), fait écho aux conclusions des réunions qui se sont tenues les 14 avril et 16 septembre 2014 au Ministère de la Culture et de la Communication, en présence des deux instituts du CNRS concernés (InEE et InSHS). Plus récemment, ces deux instituts, la Sous-direction de l'Archéologie, la direction scientifique et technique de l'INRAP et la société Paléotime se sont concertés pour contribuer à une meilleure coordination nationale des recherches sur les géomatériaux et structurer la communauté des chercheurs impliqués dans ces problématiques. Le PCR «Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes» s'inscrit dans cette perspective de recherche sur les modes d'exploitation des ressources minérales et sur la territorialité des groupes humains préhistoriques à l'échelle nationale. Cette perspective constitue un des principaux enjeux des études actuelles concernant les sociétés paléolithiques et néolithiques.

Ce PCR n'est plus le seul moteur qui va permettre d'évoluer vers une structure nationale consacrée à l'inventaire et la diagnose des géoressources. Il est étroitement lié aux autres programmes désormais en place (en Nouvelle Aquitaine, en PACA et en Centre Val-de-Loire) tant par les acteurs qui le constitue que par les questionnements qu'il soulève. La portée heuristique de cette démarche

initiée par ces membres et désormais élargie par ceux des autres projets collectifs de recherche « Réseaux de lithothèques en Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes et Centre val-de-Loire » est incontestable et la caractérisation des géomatériaux participe, grâce à cette structure interrégionale à une approche holiste des sociétés préhistoriques dans une double optique paléolithologique et paléoécologique qui fait la spécificité de « l'école française ».

## **1.2 HISTORIQUE**

Depuis 2000, nous poursuivons un travail qui doit permettre d'accroître nos connaissances sur le positionnement et la nature des silex en utilisant leur capacité à enregistrer les processus pédologiques et climatiques. Les rares travaux traitant de l'évolution postgénétique des silex aboutissent au constat suivant : la variété des stades de transformation n'est pas aléatoire. Chaque type d'environnement impose une série de traits communs. 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 et sont considérées comme le maillon d'une chaîne évolutive (Fernandes, 2006, 2012 ; Thiry *et al.* 2014).

C'est pour cette raison que fut créé, sur la base d'une cooptation libre, «le Groupe silex», afin d'œuvrer sur la question dans le Massif central. Cette équipe, constituée de cristallographes, minéralogistes, pétrographes, géologues et préhistoriens a entrepris une démarche expérimentale dans le but d'élaborer un outil de diagnose utilisant d'anciens paramètres revisités et de nouveaux éléments ayant trait aux propriétés d'enregistrement des modifications climatiques et paléoenvironnementales des silex.

A partir de 2003, dans le cadre de l'étude des séries lithiques de sites du Paléolithique moyen vellave et ardéchois (p. ex. Baume-Vallée, Sainte-Anne I, Payre) progressivement étendue à des séries numériquement secondaires mais d'un intérêt paléogéographique humain évident (Rond-de-Saint-Arcons, Rond-du-Barry, Rochelima, abri des Pêcheurs, abri du Maras...), le groupe a développé la volonté de refonder la pétroarchéologie sur des bases plus solides (Fernandes, 2006 ; Fernandes et Raynal, 2006, 2007 ; Fernandes *et al.*, 2006, 2007, 2008 ; Moncel, 2008). Initiée dans le sud de l'Auvergne, la prospection thématique intitulée « le potentiel minéral au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central » (coordonnée par J.-P. Raynal) déborde depuis 2006 les limites administratives régionales. Elle intègre dès lors une partie des régions Occitanie (prospection thématique « Espace minéral au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central. Volet Lozère » (coordonnée par P. Fernandes) et anciennement Rhône-Alpes.

La même année (2006), le groupe s'associe au PCR « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes » (coordonné par C. Bressy puis P. Fernandes à partir de 2009) dans les départements du Gard, de l'Ardèche, de la Drôme, de l'Isère et de la Loire, afin de lever des incertitudes géologiques et archéologiques que seule permet l'approche interrégionale. Cette union déterminante, fut la première étape, le terrain d'essai, de la démarche nationale engagée à l'heure actuelle en permettant notamment d'améliorer les connaissances sur les formations à silex, de refonder les méthodes de caractérisation, d'harmoniser les systèmes de bases de données et d'optimiser les dispositifs d'accès à la documentation. Concrètement, ce travail s'exprime dès 2009 par l'amélioration du mode de géoréférencement des gîtes, non plus sous la forme d'affleurements ponctuels, mais sous celle de polygones représentant l'ensemble de la formation contenant des silicifications. Cette démarche, qui a fusionné des données accumulées durant une dizaine d'années par différents chercheurs permet aujourd'hui de visualiser la dispersion théorique de chaque type de silex dans les gîtes secondaires.

En 2010, pour des raisons propres à l'étude de certaines séries archéologiques, le projet a progressivement débordé le cadre régional de départ sur plusieurs anciennes régions périphériques (Auvergne, Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Aquitaine, Centre). Outre l'optimisation de différentes lithothèques avec cette méthode d'analyse renouvelée et leur mise en réseau progressive dans la cadre d'un SIG suprarégional, notre démarche a abouti à la constitution d'un atlas des microfaciès

comprenant aujourd'hui plus de 500 types et d'une base de données géoréférencées des formations à silex du sud de la France comprenant plus de 3800 polygones. Cette base harmonisée et cet atlas, fruit d'une collaboration intense entre acteurs impliqués dans la problématique de caractérisation des provenances des silex, sont nécessaires au développement d'études interrégionales sur la circulation des silex à longue distance. Ils regroupent les résultats de leurs prospections systématiques ou ciblées dans cinq régions : Nouvelle Aquitaine, Provence - Alpes - Côte d'Azur, Auvergne-Rhône-Alpes, Île-de-France et Centre-Val de Loire. Cet inventaire intègre en outre le dépouillement d'un grand nombre de documents : 1) les principaux articles et thèses traitant des formations à silex du sud de la France ; 2) plus de 1250 fiches issues de la base de données du sous-sol BSS du BRGM permettant de visualiser des logs ou des documents scannés et 3) 529 cartes géologiques à 1/50 000 et leurs notices.

A partir de 2012, les membres du « Groupe silex » ont fait le choix de renforcer les collaborations (géologues, archéologues, prospecteurs) en favorisant les occasions de rencontre entre membres des autres projets en place dans diverses régions. La réunion de travail organisée par D. Binder lors d'une séance internationale de la *Société préhistorique de France* à Nice en mars 2013 fait partie de cette démarche. À la suite de celle-ci, une série de réunions de travail a été organisée au Musée national de Préhistoire (les Eyzies-de-Tayac, Dordogne) afin de présenter le bilan et les perspectives du projet de création d'un outil commun de cartographie et de caractérisation des silex aquitains aux acteurs de la recherche en pétroarchéologie dans le sud-ouest de la France. Actuellement, ce projet dispose d'une carte numérique, d'une base de données des formations à silex et d'un catalogue des principaux types de silex pour la Dordogne. Ce dernier est constitué de notices descriptives intégrant les différentes caractéristiques permettant la discrimination des types (minéralogie, pétrographie, micropaléontologie et micromorphologie des surfaces).

Tous ces efforts ont permis d'établir un inventaire des silex présents en Auvergne-Rhône-Alpes et d'améliorer le protocole de caractérisation au fil des problèmes rencontrés. Avec les travaux de thèse de P. Fernandes (2012) et de V. Delvigne (2016) de nouvelles démarches sont initiées. L'altération des silex est utilisée pour dépasser la simple gîtologie de la formation géologique d'origine et ainsi aboutir à une gîtologie des formations superficielles. Le silex est dès lors inscrit dans un itinéraire propre qui permet

de mieux appréhender les lieux précis et les modalités de prélèvement par les hommes. À l'heure actuelle, nous considérerons que la phase d'inventaire des ressources sur le terrain doit désormais être ralentie pour privilégier l'étude des matériaux géologiques et archéologique déjà disponibles.

En parallèle, nous avons décidé à partir de 2013 de structurer le projet à l'échelle nationale (puisque nous travaillons sur une grande partie du sud de la France) tout en poursuivant les objectifs des années précédentes : élaboration des atlas régionaux ; amélioration du géoréférencement des formations à silex dans le sud de la France ; diffusion à tous les acteurs intéressés des bases de données et cartes existantes.

Ce souhait d'une ouverture de la démarche à d'autres domaines et d'harmonisation des méthodes d'études prenant place dans un cadre plus formel à commencer à prendre forme au cours de l'année 2014. Il s'exprime notamment au travers de la tenue de deux réunions à la Sous-direction de l'Archéologie (voir rapport 2014) ayant conclu à la possibilité de créer divers PCR dans les régions intéressées sous l'appellation générique « Réseau de lithothèques » en se fondant sur le retour d'expérience du PCR déjà en place depuis une dizaine d'année en Rhône-Alpes. Dans cette optique et suite à des réunions avec les partis concernés, l'équipe a proposé la création de plusieurs PCR en s'appuyant sur des référents *ad hoc* dans chaque région (Auvergne, Centre et Aquitaine).

Cette même année, le PCR « Réseau de lithothèque en Rhône-Alpes » a encadré un diplôme d'ingénieur du CNAM en collaboration avec l'ESGT du Mans (Dalphinnet, 2014). Ce travail a permis de visualiser, dans la zone du Mont Ventoux, les potentiels parcours que peuvent prendre les silex lors de leur transport dans les différents cours d'eau.

Depuis 2014, le projet fédère le MCC (la Sous-direction de l'Archéologie, le CNP, les SRA : Rhône-Alpes, Auvergne) plusieurs laboratoires du CNRS (CEPAM, PACEA, LAMPEA, MINES - PARIS Tech, GEOLAB), des universités (Nice, Bordeaux I, Bordeaux-Montaigne et Aix-Marseille), plusieurs programmes collectifs de recherches (« Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes », « Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central » et « ETICALP : Evolutions, transferts, inter-culturalités dans l'arc liguro-provençal. Matières premières, productions et usages, du Paléolithique supérieur à l'âge du Bronze ancien »), la société Paléotime et l'INRAP.

En 2015, le projet d'un maillage de PCR lithothèques a obtenu un avis favorable à la constitution d'un PCR Réseau de lithothèque en Auvergne jusqu'au 31 décembre 2017 dirigé par P. Fernandes avec V. Delvigne comme référent. À ce jour les missions du PCR sont soutenues financièrement par l'État au travers des collectivités dans deux régions (Rhône-Alpes et Auvergne). La même année une convention a été signée entre le laboratoire bordelais IRAMAT-CRP2A et la société Paléotime, sur l'ensemble des champs de recherche communs aux deux parties et plus précisément sur l'axe de recherche « de la source à l'objet ».

La même année le PCR a participé à d'autres opérations : Participation à la demande de PCR « Constitution d'une "pigmentotheque" (sous la direction de H. Salomon), au projet Traceterre - Tracing Neanderthal Territories (sous la direction de Rebecca WraggSykes) - Participation au Projet Datation grottes ornées (la Grotte aux Points sur la commune d'Aiguèze) (sous la direction de Julien Monney) – ainsi qu'au projet collectif de recherche : espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central (sous la direction de Jean-Paul Raynal et Marie-Hélène Moncel).

Le projet de constituer un maillage de PCR « Réseau de Lithothèques » pour chaque région dirigé par un représentant reconnu localement et coordonné par un groupement de recherche national nous semble la solution idoine. Fin 2015, l'intensification des collaborations interdisciplinaires a conduit à la création de deux nouveaux PCR en région Nouvelle Aquitaine et en région Centre-Val de Loire ainsi qu'à la promotion de rencontres scientifiques autour de questions novatrices et extrêmement stimulantes qui ont suscité une large adhésion au sein de la communauté des préhistoriens (voir Ecole thématique du CNRS de Nice). En Nouvelle Aquitaine le PCR est coordonné par André Morala avec Paul Fernandes, Alain Turq et Vincent Delvigne comme référents (tous, membres du PCR « Réseau de lithothèques en Auvergne Rhône-Alpes ») et la seconde en région Centre-Val de Loire coordonnée par Vincent Delvigne avec Raphaël Angevin, Paul Fernandes et Harold Lethrosne comme référents.

(P. Fernandes et V. Delvigne)



## 2. Bilan d'activité

À l'heure de l'extension administrative régionale, la question de l'élargissement du cadre géographique de la zone d'étude couverte par les PCR lithothèques est posée, puisqu'elle implique nécessairement la prise en compte de nouveaux espaces et le rapprochement de nouveaux acteurs. Cette modification territoriale qui change les contours de la zone d'étude a déjà été intégrée par anticipation et des actions dirigées dans ce sens avaient été entreprises dès 2009. Pour Auvergne-Rhône-Alpes, des démarches ont été engagées concernant l'élargissement de nos référentiels à d'autres secteurs aux limites de la nouvelle région (en PACA, en Centre-Val de Loire, en Occitanie et même en Corse). Parallèlement, des évaluations lithologiques ont été menées sur les mobiliers archéologiques de sites actuellement en cours de fouilles. Ces démarches s'associent pleinement au domaine d'étude des matières premières, puisqu'au-delà de tout aspect paléolithographique elles constituent un moyen de contrôle fiable des éléments entrant dans la composition des assemblages. Elles permettent, par leur représentation, d'apporter et d'accroître le degré de définition spatiale des aires de provenance et donc de répartition des différents groupes lithologiques en se libérant du carcan des limites administratives.

Hormis ce fonctionnement fédérateur avant l'heure, le pilier central de ce PCR est à la fois méthodologique et patrimonial. La volonté de faire évoluer nos capacités de diagnostics et la pertinence des lithothèques reste le moteur du projet. L'utilisation d'un protocole intégrant les transformations post-génétiques doit permettre de décrypter les mécanismes propres aux formations superficielles. Il s'agit d'intégrer à la chaîne analytique les nouvelles considérations concernant l'évolution des silex *s.l.* au cours de leur histoire. Ces aspects doivent être pris en compte dès le prélèvement des objets géologiques et archéologiques. Les techniques d'analyse doivent également être conditionnées par une approche renouvelée de l'objet en laboratoire mais aussi sur le terrain. C'est la précision de l'analyse, la clarté du vocabulaire utilisé et le repositionnement spatial qui feront la valeur et l'intérêt des résultats.

Le projet « Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes » est étroitement associé aux autres programmes déjà en place (Nouvelle Aquitaine, PACA et Centre-Val-de-Loire) tant par les acteurs qui le constitue que par les problématiques qu'il soulève. Celles-ci se répartissent en cinq axes, déclinés en autant de missions.

## **2.1 AXE 1 : INVENTAIRE ET DÉVELOPPEMENT DE L'OUTIL LITHOTHÈQUE**

### *2.1.1 Prospections des gîtes à silex en position secondaire dans le Lyonnais (J. Liagre, S. Gaillot et la participation de I. Sanchez prospectrice et C. Ménager stagiaire de Master 2 Lyon III)*

Afin d'appréhender avec plus d'exhaustivité le potentiel en silex local du territoire lyonnais, une prospection systématique des gîtes secondaires a débuté cette année.

#### 2.1.1.1 Des silex importés en contexte maraicher : une étude de cas méthodologique

Suite à la découverte de nombreux rognons de silex récoltés par une promeneuse observatrice aux abords de champs cultivés dans la zone de Caluire, à l'extrême nord de la Ville de Lyon, nous avons lancé des prospections systématiques sur ce plateau afin de déterminer un possible gisement de matière siliceuse de très bonne, voire d'excellente qualité (figure 1).

Géologiquement, ce plateau se situe sur une terrasse fluvio-glaciaire morainique rissienne (ou würmienne selon d'autres auteurs) constituant le sol de la colline de la Croix-rousse/Caluire.

S'agit de plusieurs sites archéologiques ou alors d'un gîte secondaire de silex inédit ? S'il s'agit de silex provenant d'une moraine glaciaire (figure 2), comment les matériaux siliceux peuvent ils se trouver sous la forme d'amas très localisés en

quantité non négligeables ? Et comment peuvent-ils présenter cet excellent état de conservation, sans fractures internes, ni cortex roulés-émoussés ?

Finalement, la réponse à toutes ces questions soulevées par les prospecteurs a été résolue en interrogeant un agriculteur propriétaire de l'un des champs : depuis les années 1950, la culture des endives est apparue sur ces terres lyonnaises beaucoup trop azotées pour ce légume. Les chicons ou endives se cultivent dans des milieux fortement calcaires que l'on trouve plutôt dans le nord ou « hauts » de France. Les maraichers ont donc volontairement mis en place un système d'importation de petits plants d'endives (racines + terre calcaire + cailloux divers dont des silex) depuis des sites connus de maraichage de Fressin (69140) dans le Pas-de-Calais et Ailly-le-Haut-Clocher (80690) dans le département de la Somme.

Durant des années, ce type d'amendement intensif mécanisé a entraîné une importation accidentelle de rognons de silex dans les champs consacré à cette culture. Les informations de provenance des plants d'endives sont récentes, l'ancien propriétaire des champs faisait venir de la terre d'à peu près la même région, selon les dires du propriétaire actuel. Ces sites d'imports sont en effet localisés dans une région très riche en calcaire, en silex crayeux et également en



**Figure 1 : rognons de silex homogène bleu-gris de toutes dimensions, avec un cortex peu altéré**

sites préhistoriques (ce qui explique la présence sporadique d'artefact et de blocs testés parmi les nodules de silex récoltés). Par la suite, les agriculteurs ont nettoyé leurs terres artificielles importées des cailloux gênants à la culture, en les mettant de côté soit sous forme d'amas, soit pour reboucher les trous sur les

chemins pour le passage des tracteurs, soit encore stockés dans des zones-amas de déchets avec le fumier, celui-ci étant fréquemment réutilisé ensuite en épandage sur d'autres champs. Ceci explique cela, la dispersion de quelques rognons isolés en prospections et la découverte des tas de silex à certains endroits bien circonscrits (figure 3).

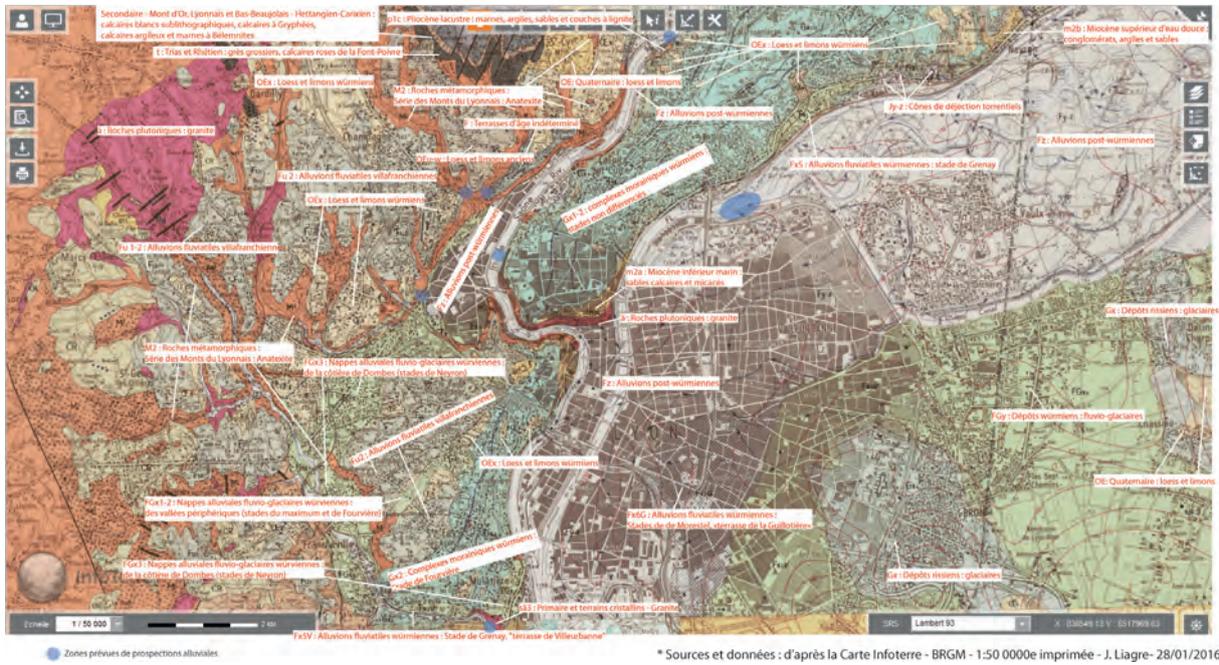


Figure 2 : carte géologique Infoterre du pourtour lyonnais



**Prospections de silex dans la moraine (Riss-Würm?) à Caluire-et-Cuire du 17/02/2016, du 09/03/2016 et du 16/03/2016**

- 1 : lieu-dit «Les Mercières » / champs Nord-Ouest / zone très riche et bien circonscrite (non labourée mais perturbée avec beaucoup de blocs)
- 2 : lieu-dit «Les Mercières » / chemin Nord sud-est faisant un coude (non mentionné)
- 3 : lieu-dit «Les Mercières » / champs Nord-Est labouré
- 4 : lieu-dit «Les Bruyères», chemin Pierre Drevet / champs Sud labouré, en lisère de route
- 5 : lieu-dit «Terre des Lièvres», angle chemin Petit et Chemin des Bruyères / champs Sud-Ouest, zone bien circonscrite labourée (avec des sillons profonds) et plus épars dans la partie Est du champs
- 6 : lieu-dit «Terre des Lièvres», le long du Chemin des Bruyères / champs labourés à l'Est (avec quelques sillons profonds)
- 7 : lieu-dit «Les Mercières » / champs Sud-Ouest labouré
- 8 : lieu-dit «Le Colombier», rue des Mercières et chemin des Noirettes / Grands champs le long de la rue Mercière, épars à l'Ouest et Est, plus dense dans un champs annexe situé à l'extrême Est vers D48E

Figure 3 : carte des prospections pédestres sur le plateau de Caluire

La conclusion à tirer de ces résultats est donc de se méfier des données brutes issues de prospections pédestres, notamment en milieu agricole ou maraîcher, et de vérifier systématiquement les données issues des niveaux superficiels par les locaux, car eux seuls connaissent mieux que quiconque l'histoire récente de leur terres.

### 2.1.1.2 Les gîtes secondaires alluvionnaires principaux du Lyonnais

L'indication prévisionnelles des zones de prospection avait d'ores-et-déjà été réalisée en 2015 (cf. rapport PCR de 2015- fig. 1), avec les données actuelles de potentialité de plages de galets encore existantes dans cette zone extrêmement urbanisée ou en cours d'urbanisation (canalisation, canaux, remodelage des quais, constructions au bord des cours d'eau etc..).

Les prospections de 2016 se sont donc concentrées sur les deux principales alluvions du territoire lyonnais, celles qui définissent la ville même en tant que carrefour et confluence : à l'est le fleuve Rhône, dont la source est située dans les Alpes suisses, et à l'ouest la rivière Saône provenant du massif des Vosges (figure 4).

De très nombreux affluents se jettent dans ces deux cours d'eau principaux, traversant au préalable divers massifs calcaires, ils peuvent avoir drainé

ainsi des silex provenant d'une ou de plusieurs formations, constituant sans aucun doute une réserve de silex assez variée et accessible, et constituant ainsi une part non négligeable des ressources pour les hommes préhistoriques.

Les prélèvements d'échantillons de galets se sont déroulés respectivement fin mars 2016 pour le Rhône et mi-août 2016 pour la Saône. Au total, ce sont 393 galets qui ont été collectés dans le Rhône et 507 dans la Saône.

Nous avons ensuite cassé tous les galets et les avons répartis en deux catégories :

- silex et calcaires siliceux.
- calcaires micritiques « lithographiques ». Il s'agit de différents calcaires (grisâtres, noirâtres ou blanchâtres) dont la texture extrêmement fine pourrait être propice à la taille. Il ne s'agit en revanche pas de silex au sens strict du terme. On reconnaît dans les calcaires micritiques du Rhône un calcaire blanc crème qui évoque le calcaire Portlandien du Bugéy ou « Choin de Fay », qui affleure dans la haute vallée du Rhône.

#### Le Rhône :

La prospection dans le Rhône a été facile car, dans le secteur de la Feyssine, soit à  $\pm 5$  km en amont de la presqu'île, le fleuve présente encore des rives

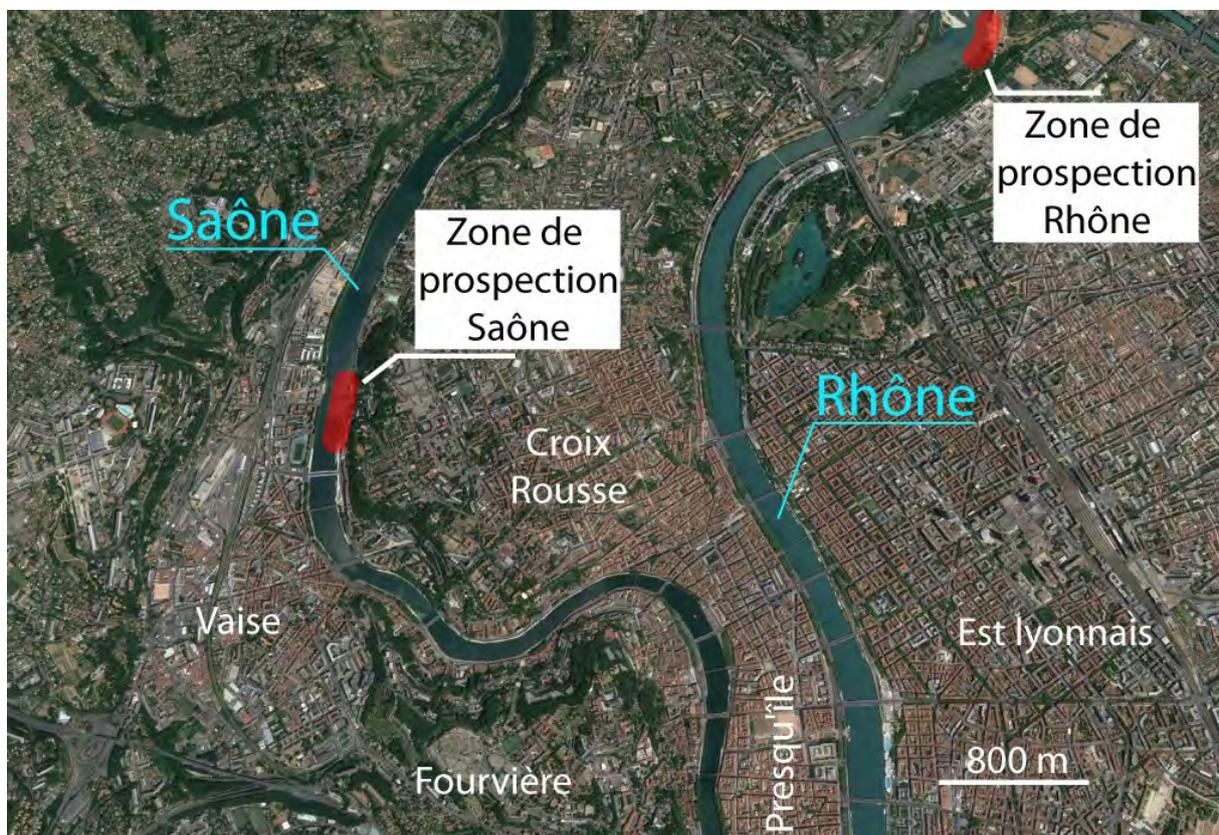


Figure 4 : localisation des deux secteurs prospectés

« naturelles » largement recouvertes de galets. Les galets ont donc été collectés « hors eau ».

La méthode d'analyse employée a été de prélever 100 galets sur un mètre carré (figure 5), dans 4 points espacés de la plage rhodanienne actuelle du parc de la Feyssine (Villeurbanne), et de fracturer chacun de ces galets afin d'échantillonner et réaliser une étude pétrographique complète (figure 6).

Parmi les galets du Rhône actuel, le pourcentage des silex est de l'ordre de 1,5 % et les calcaires micritiques de 6,6% en moyenne.

Les pourcentages de silex sont faibles mais pas négligeables. L'expérience de la prospection sur les berges à galets du Rhône nous a montré que, à trois prospecteurs, de nombreux silex ont pu être décelés en peu de temps (environ ½ heure).

Une récolte qualitative a aussi été réalisée parallèlement à l'étude systématique, ne récoltant que, exclusivement et de manière systématique, les silex sur toute la longueur de la plage de galets et ce, pendant un laps de temps court de moins d'une heure. 28 silex (25 galets et 3 petits éclats) ont été ainsi récoltés dans le Rhône, présentant tous un faciès de galets avec peu ou pas de cortex

dû à la pression mécanique de l'eau. Ces blocs émoussés et arrondis possèdent diverses formes et dimensions pouvant varier entre 25x21x15 cm pour le plus petit jusqu'à des galets de 85x68x48 cm pour le plus grand, mais en majorité des galets de petites dimensions possédant du coup très peu d'angles permettant l'ouverture à la taille.

D'un point de vue de l'aptitude à la taille (en les testant) : les silex peuvent être de très bonne qualité, peu fracturé en interne, même si la plupart portent des diaclases fréquentes, mais quand c'est le cas, les dimensions réduites ne permettent clairement pas le débitage de grandes lames ou grands éclats, tout au plus des chaînes opératoires courtes de lamelles, ce qui réduit la potentialité de ce gisement en utilisation « occasionnelle » pour certaines industries et dans le cas seulement de certaines cultures préhistoriques.

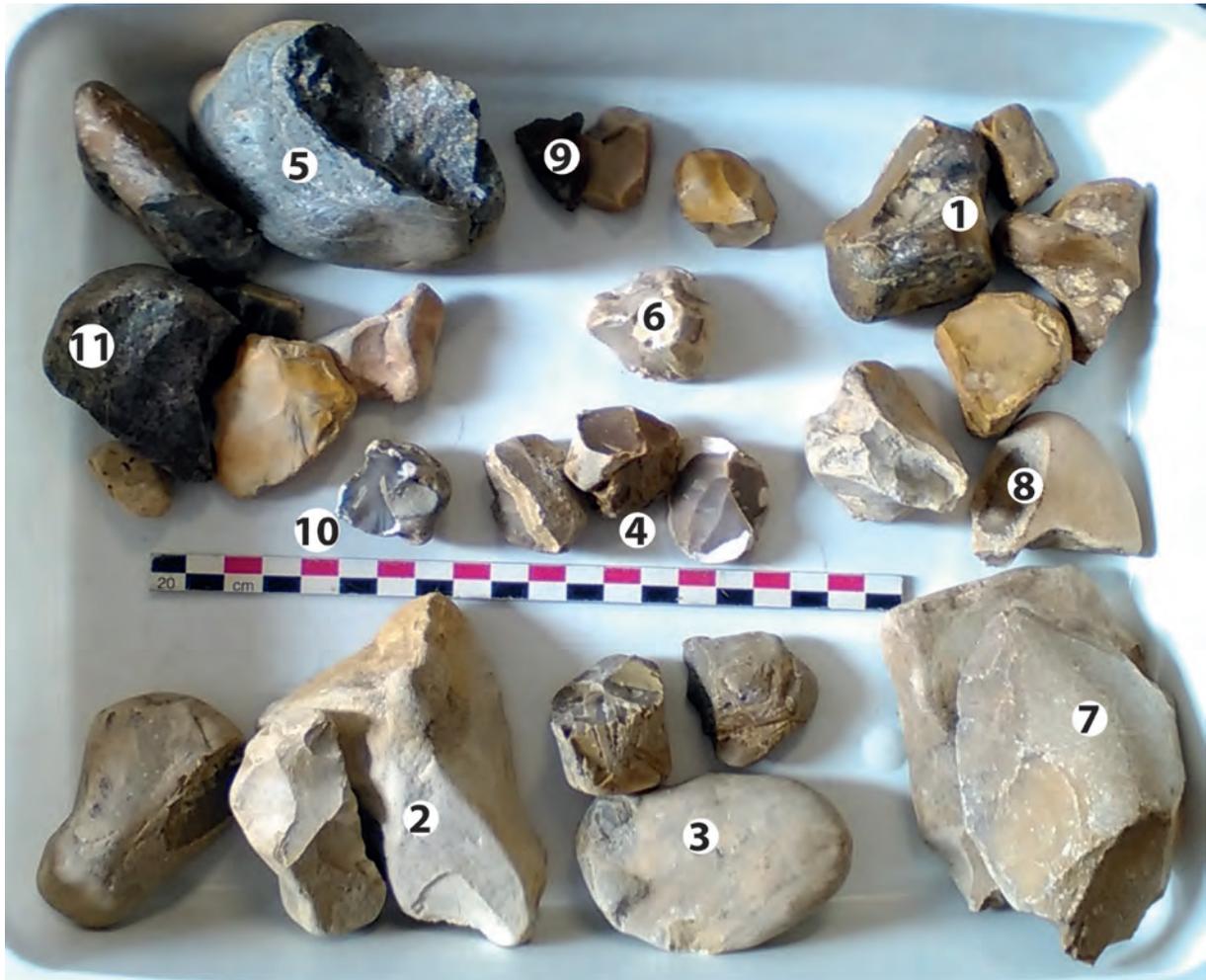
En conclusion, la qualité intrinsèque des matières premières est bonne, la distance à parcourir peut être faible, l'accessibilité est facile, la quantité peut être assez grande dans l'optique d'une recherche de ce matériau en particularité, mais l'approvisionnement en silex taillable (rapport qualité/dimension/rendement), par rapport aux gîtes primaires, reste, elle, relativement médiocre.



Figure 5 : étude systématique quantitative des silex (1 m x 1 m : 100 galets) sur 4 points

Rhône (Feyssine)			
Echantillon	n	Silex et calcaires siliceux	Calcaires micritiques
RE1	98	0	6
RE2	98	2	8
RE3	98	3	6
RE4	99	1	6
TOTAL	393	6	26
%		1,5	6,6

Figure 6 : analyse pétrographique du Rhône



*Figure 7 : variété des galets de silex provenant du Rhône*

**ANALYSE MACROSCOPIQUE PRÉLIMINAIRE :**

1) Nodules arrondis anguleux irréguliers entre 5x5 cm et 2,5x2 cm, texture mudstone-wackestone, lisse homogène compacte, coloration brun-jaune, avec quelques inclusions de calcédoines et éléments lamellaires observés. 4 exemplaires.



2) Blocs/éclats irréguliers entre 8,4x6,3 cm et 4x2,7 cm, texture packstone-grainstone, opaque, coloration beige-blanc, éléments organiques sphéroïdaux et lamellaires visibles. 4 exemplaires.

3) Nodules arrondis irréguliers entre 6,5x4,5 cm et 3,3x4,5 cm, texture mudstone, lisse, coloration grise, rien d'observable à l'œil nu. 3 exemplaires.



4) Petits galets roulés de 3,3x2,5 cm en moyenne, texture wackestone, lisse, coloration beige rosée, quelques sphéroïdes et micro-organismes visibles. 3 exemplaires.

5) Galets moyens et éclats irréguliers entre 8,4x6,4 cm et 5,8x4,5 cm, texture grainstone ?, cristalline peu silicifiée opaque, coloration gris-noire, avec de gros grains de quartz. 3 exemplaires.



6) Petits nodules arrondis irréguliers très émoussés, entre 4,7x3,5 cm et 2,5x1,5 cm, texture packstone, opaque, coloration beige-grisée, éléments organiques sphéroïdaux et lamellaires visibles. 3 exemplaires.



7) Gros blocs émoussés irréguliers, de 8,9x6,5 cm environ, texture grainstone, opaque homogène type chaille, coloration beige à jaune, ferreigneuse et oolithes visibles. 2 exemplaires.



8) Galet moyen ou fragment de galet, entre 5,8x4,5 cm et 4,5x3,8 cm, texture packstone, opaque homogène, coloration beige-marron, micro-organismes peu visibles, sphéroïdes. 2 exemplaires.

9) Petit galet et fragment, de 2,8x2,4 cm en moyenne, texture wackestone, opaque, coloration beige-jaune clair, éléments organiques et microsphéroïdes visibles. 2 exemplaires.



10) Petit galet roulé de 2,7x2,3 cm, texture mudstone, lisse, coloration gris-beige, rien d'observable à l'œil nu. 1 exemplaire.



11) Divers et indéterminable : 1 fragment d'éclat de silex brûlé et 1 fragment de galet de calcédoine rouge-bordeaux avec de nombreuses microfractures internes.



**Figure 8 : Caractéristiques principales des matières premières siliceuses rhodaniennes (analyse macroscopique préliminaire)**

La Saône :

La collecte des galets dans la Saône n'a pas été aisée. Nous avons dû attendre l'étiage estival (basses eaux) pour accéder, sur de faibles fonds (environ 50 cm d'eau), à des zones de galets, nécessairement moins faciles à prospecter que dans le Rhône (figure 9). La zone prospectable la plus proche de la presqu'île se situe en rive gauche de la rivière, en face de la plaine de Vaise, secteur qui concentre les sites préhistoriques les plus anciens de la ville (figure 4).

On ajoute que les rives de Saône sont bien plus aménagées que celles du Rhône (digues, enrochements, remblais pierreux omniprésents). Au cours de nos prospections nous avons dû éliminer tous les éléments anthropiques («galets» de tuile, de brique ou de béton «roulés»). Malgré cela quand nous avons cassé les galets collectés certains éléments anthropiques étaient encore présents.

Les hauts fonds à galets de la Saône contiennent de l'ordre de 1% de silex et calcaires siliceux, et environ 6,5 % de calcaires micritiques à grains très fins (figure 10).

D'un point de vue qualitatif, les galets de silex sensu-strictu (pas les calcaires micritiques) disponibles en ce point précis de la Saône actuelle, présentent une composition extrêmement diaclasée. Ils possèdent trop de fractures et de micro-fractures internes pour pouvoir être aptes à la taille (figure 11). L'analyse pétrographique préliminaire macroscopique de ces galets est aussi rendue impossible<sup>1</sup>.

---

1 Une analyse au microscope pourra être effectuée, mais il faudra aussi sans doute réaliser une autre prospection dans la Saône pour pouvoir étudier un lot caractéristique et plus conséquent de silex un peu moins « broyés »... si l'accessibilité à des plages de galets de la rivière Saône est rendue encore possible dans le Lyonnais, à travers l'aménagement historique des berges et l'ultra-urbanisation.



**Figure 9 : berge de la Saône en face de Vaise (rive gauche). Fond « à galets » de Saône (Notez les gros fragments de roches issus de remblais pierreux en berges)**

Saône (en face de Vaise)			
Echantillon	n	Silex et calcaires siliceux	Calcaires micritiques
SE1	44	0	3
SE2	48	1	4
SE3	52	0	3
SE4	47	1	4
SE5	48	1	3
SE6	54	0	5
SE7	120	1	7
SE8	94	1	4
TOTAL	507	5	33
%		1,0	6,5

**Figure 10 : analyse pétrographique de la Saône**



**Figure 11 : variété des galets de silex provenant de la Saône**

*2.1.2 L'exploitation préhistorique du quartz hyalin dans les Alpes françaises. Caractérisation et provenance- bilan 2016 (E. Thirault et S. Cousseran-Néré, avec la collaboration de Pierre Rostan)*

2.1.2.1 Introduction

Dans les Alpes, de nombreux sites préhistoriques attestent de la présence de cristaux de quartz hyalins, couramment utilisés, du moins depuis l'Azilien et ce jusqu'à la fin du Néolithique.

Ils ont été débités pour servir de supports d'outils et parfois, notamment à la fin du Néolithique, comme objets de parure.

De ce fait, ces artefacts sont souvent, en raison de leur dureté, les derniers témoins de l'activité d'un groupe humain.

Ils sont donc une source précieuse de renseignements culturels et socio-économiques sur les circuits d'échange potentiel intra et extra régionaux.

Cependant, l'étude de ces outils en quartz ne peut être complète sans une identification précise du lieu d'acquisition de ce matériau.

Ainsi, depuis le début des années 2000, la recherche des sources exploitées pour l'acquisition des cristaux de quartz hyalins a permis de renouveler entièrement la question des approvisionnements, puisqu'il apparaît que :

- les gîtes les plus favorables, selon les critères de choix préhistoriques, sont à rechercher dans les massifs cristallins (figure 12),
- des exploitations sont avérées en grand nombre en Oisans (figure 13),
- des indices très forts sont reconnus dans les autres massifs cristallins,
- et les plus anciennes exploitations datées à ce jour en Oisans remontent au Néolithique, du VI<sup>e</sup> au III<sup>e</sup> millénaires avant J.-C., avec un usage généralisé du feu pour l'agrandissement des cavités géodiques.

La première partie sera axée sur la méthodologie de départ employée pour discriminer les différentes sources d'approvisionnement potentiel puis en seconde partie, nous présenterons les résultats des recherches actuelles, en particulier les nouvelles prospections qui vont être engagées dans le cadre de ce PCR.

Cet ensemble de données serviront de base à la réflexion sur l'histoire des techniques, l'économie et l'organisation des sociétés concernées, pour la mise en place d'un référentiel sur les gîtes primaires dans les Alpes.

2.1.2.2 Contexte

Dans les massifs alpins, le quartz se rencontre dans de nombreux contextes géologiques (roches éruptives, métamorphiques ou sédimentaires) mais les cristaux automorphes les plus développés sont dans les formations filoniennes recoupant la roche encaissante.

Ces filons sont nombreux dans les Alpes et dès qu'il existe une cavité qui se forme dans ceux ci, les géodes, le quartz a alors la place de cristalliser et de former ainsi de beaux cristaux limpides, de taille et de qualité suffisantes pour pouvoir être exploité par l'homme.

Selon les conditions de cristallisation, l'habitus des cristaux varie. Il devient donc caractéristique de son lieu de formation et donc dans une certaine mesure de son secteur géographique.

Cependant, la discrimination par ce biais est plus difficile pour des artefacts taillés.

Ainsi, pour répondre au problème complexe de la provenance du quartz, nous avons tenté d'utiliser il y a une quinzaine d'années dans le cadre de mon sujet de thèse (Cousseran 2001), comme critère de discrimination, l'analyse des inclusions fluides contenues dans tous les spécimens hyalins, et qui sont les témoins de fluides présents au moment de leurs différentes étapes de cristallisation.

Ces caractères physico-chimiques, variant d'un gisement à l'autre, peuvent être de bons marqueurs et d'éventuels révélateurs des lieux de formation du gisement source.

En effet, les quartz cristallisent dans un milieu où existent des fluides variés (eau, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, sels dissous...) à des pressions et températures variables.

Une partie de ces fluides est emprisonnée dans les défauts ou microfractures qui se produisent lors de la croissance du cristal : ce sont les IF. Ceux sont donc des cavités intracristallines renfermant à T<sub>p</sub> ambiante un ou plusieurs fluides (liquide, gaz et même parfois solides comme les sels).

2.1.2.3 Méthodologie

Pour un travail de mise au point exploratoire en archéologie, nous avons sélectionné, parmi le panel de méthodes utilisées en géologie sur le travail des IF, deux types d'analyses permettant d'avoir accès de manière simple au chimisme du fluide :

L'analyse microthermométrique, qui se décompose en deux types d'étude, avec un chauffage au dessus de la température ambiante afin de

mesurer la température d'homogénéisation de la phase vapeur au profit de la phase liquide (permet de retrouver la  $T_p$  de formation des quartz) et une étude à basse température (la cryométrie avec le gel et le dégel de l'inclusion) afin de mesurer les températures de changement de phase dans l'inclusion à basse température (température de fusion),

La spectrométrie Raman, qui permet d'analyser les différents types de gaz de la phase volatile de l'inclusion.

Toutefois, il faut noter que la méthode est destructive puisque l'observation des IF est faite sur lame épaisses de 150 à 300 microns.

Les analyses ont porté pour l'instant sur un échantillonnage de 88 lames provenant de 12 sites répartis sur l'ensemble de l'arc alpin allant de l'Épipaléolithique au Néolithique et présentant des contextes d'habitat varié (grotte, abri sous roche ou abri de plein air).

Le même type d'analyse a été fait sur 54 quartz naturels prélevés dans des gîtes primaires, sélectionnés soit par leur proximité aux sites archéologiques, soit par leur existence dans la bibliographie comme exploitation cristallière

Les informations obtenues par l'association de la microthermométrie et de la spectrométrie raman ont permis de distinguer trois types d'inclusions fluides que l'on retrouve à la fois dans les artefacts archéologiques et dans les quartz naturels.

Ainsi les quartz d'origine sédimentaire seraient caractérisés par les inclusions fluides monophasés, dont le gaz dominant serait du  $CH_4$  ou de  $N_2$  tandis que les quartz d'origine cristalline contiendraient deux types d'IF :

les IF biphasées à  $H_2O+NaCl$  avec une température d'homogénéisation moyenne autour de  $200^\circ C$  proviendraient de gîtes de quartz situés dans les massifs cristallins externes et seraient plutôt présentes dans les séries lithiques des Alpes du Nord alors que les IF triphasées ( $H_2O+CO_2$ ) avec une température d'homogénéisation moyenne de  $280^\circ C$  proviendraient des massifs cristallins internes et seraient identifiées dans le micro-outillage des sites des Alpes du Sud.

De plus, en ce qui concerne les IF biphasées, la spectrométrie Raman a permis d'affiner les données en analysant trois types de gaz dominants : les IF biphasées à  $CO_2$ , à  $N_2$  et à  $CO_2+N_2$ .

Grâce à l'identification de ces trois sous familles, nous avons pu localiser, avec une bonne probabilité, de quelle partie des Massifs Cristallins Externes proviennent les outils en quartz contenant l'une de ces trois catégories dans sa phase volatile.

En croisant les données obtenues, nous avons pu établir un premier référentiel de données sur les gîtes primaires dans les Alpes occidentales et attribuer une zone de provenance pour le micro-outillage en quartz des sites traités.

Sur la carte (figure 14) sont restitués les trajets hypothétiques de la circulation du quartz dans les Alpes occidentales. A ce niveau d'investigation, les quartz du massif de l'Oisans semblent être les plus exploités.

Toutefois cette première approche de l'étude de provenance des quartz archéologiques se confronte aux limites de ces deux méthodes d'analyse puisqu'en effet nous n'avons pu localiser que des secteurs d'approvisionnement.

Malgré tout, ce premier référentiel de données sur les gîtes primaires dans les Alpes occidentales sert de base à de nouvelles recherches en cours, qui visent aujourd'hui à discriminer dans ces zones, le filon précis où les cristaux ont été récoltés.

Ainsi l'année dernière (2016), avec Eric Thirault, nous avons repris les inventaires dressés lors de ma thèse sur les gîtes primaires afin de répertorier les zones à prospector en 2017. Une fois, cette première étape mise en place, nous pourrions amorcer de nouvelles analyses non destructives (cathodoluminescence, thermoluminescence et RPE) dont la complémentarité peut concourir à améliorer la précision de données de la phase exploratoire.

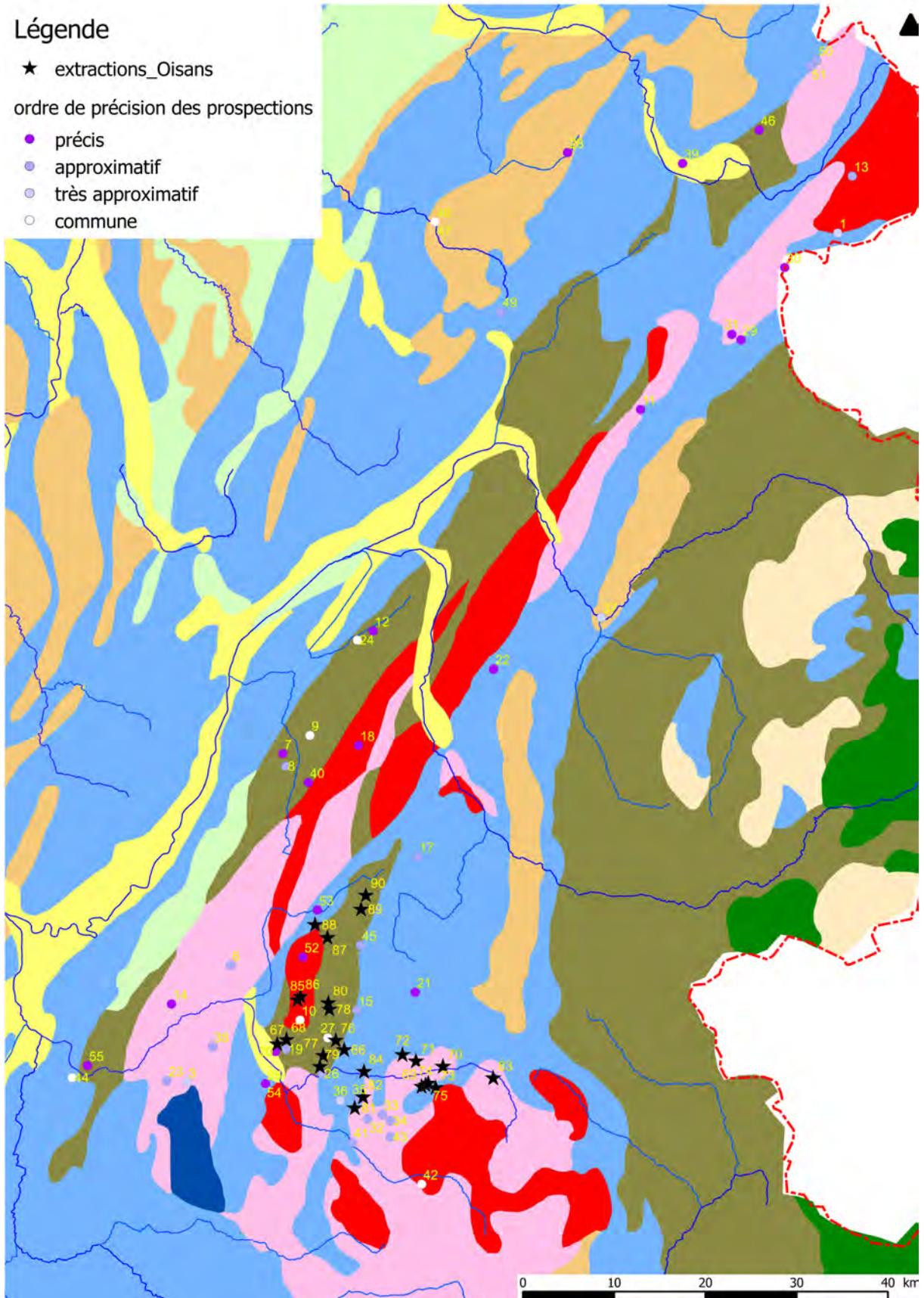
LE QUARTZ HYALIN – PROJET DE TRAVAIL POUR 2017  
ERIC THIRAUT ET SYLVIE COUSSERAN-NÉRÉ (AVEC LA COLLABORATION ESPÉRÉE DE PIERRE ROSTAN)

En 2017, nous proposons de travailler sur plusieurs axes, pour certains déjà projetés en 2016 mais reportés cette année :

- dépouillement de la bibliographie minéralogique, dans le but de répertorier les découvertes effectives de cavités à cristaux taillables : revues de minéralogistes amateurs, revues scientifiques ;
- enquêtes orales : cet aspect, pour passionnant qu'il soit, est ardu, les gîtes à cristaux étant considérée un peu comme les « coins à champignons »... Mais la réalisation d'enquêtes orales permettrait aussi de sensibiliser les collecteurs de cristaux à la nécessaire protection des sites anciens ;
- prospection de terrain : en 2017, nous proposons de concentrer nos efforts sur des

points dont le potentiel archéologique est fort, et de nous limiter aux départements de l'Isère et de la Savoie. La liste des secteurs donnée ici est indicative :

- en Oisans : autour du Ribot (Ribot supérieur), commune de Huez-en-Oisans, du plan du Lac à Saint-Christophe en Oisans (avec abri sous roche porté sur la carte près de « Le Puy »),
  - communes de La Garde et Auris, avec cristallières à basse altitude et indices de site archéologique,
  - massif du Taillefer,
  - Belledonne sud (Chamrousse, lacs Robert, col de l'Infernet), à proximité de sites mésolithiques,
  - Grand Châtelard en Maurienne, Belledonne nord (Allevard etc.) : Pinsot / chalet du Bout, La Chapelle du Bard / Grande Cristallière,
  - Col de la Madeleine, entre Maurienne et Tarentaise,
  - Beaufortain.
- relevés de galeries et topographie sur la mine du Ribot à Huez (Isère) : cette exploitation, riche de 8 galeries au moins, datée des VIe au IIIe millénaires BC, subit depuis 5 ans des dégradations constantes, en particulier une exploitation clandestine à l'explosif. La pose d'un grillage par la commune, sur la galerie n° 1, en 2016, puis le « curage » de la paroi cet automne préalable à la pose de grillages de protection dans le virage routier, nous incitent fortement à topographier au moins la galerie n°1 dont l'intégrité est entamée et dont le devenir est incertain. Cette opération est en cours de définition avec le Service Régional de l'Archéologie (SRA Auvergne-Rhône-Alpes, resp. François Dumoulin), le Service du Patrimoine du Conseil Départemental de l'Isère (resp. Annick Clavier) et le Service des routes du même CD38 (resp. M. Picca).
  - sur le plateau d'Emparis à La Grave, un projet de prospections et sondages est en cours d'élaboration sous la direction d'Alexandre Angelin (Doctorant UMR TRACES, Toulouse) et de Jocelyn Robbe, dans le but de documenter d'éventuelles occupations préhistoriques à haute altitude (2200-2500 m), dont le lien avec les exploitations de quartz hyalin serait à définir. Cette opération sera l'occasion de préciser les points d'extraction actuellement connus dans ce secteur à cheval sur les



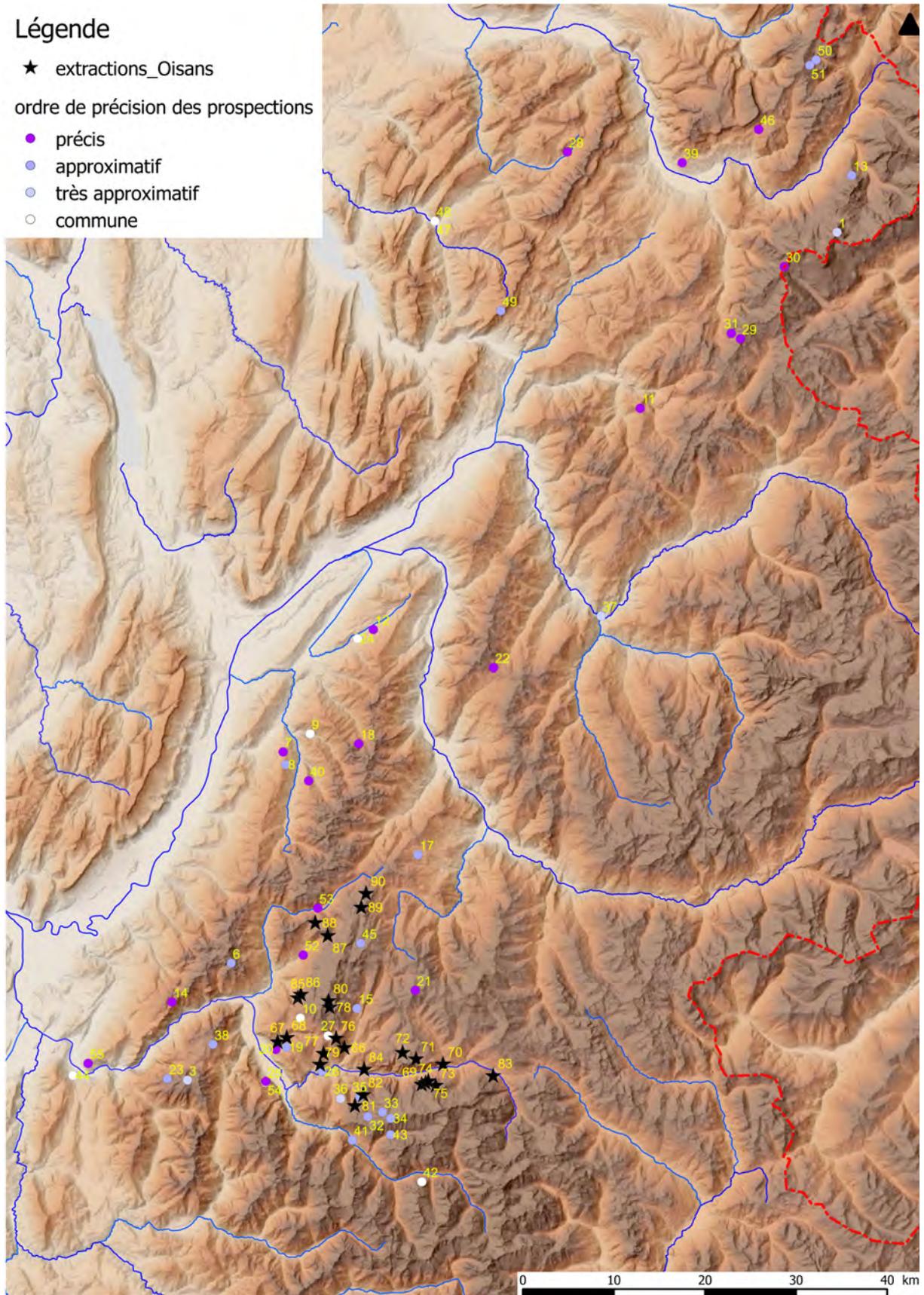
**Figure 12 : localisation des gîtes à quartz hyalins sur le fond géologique simplifié. Les gîtes sont concentrés dans les massifs cristallins externes (aplats kakis, roses et rouges)**

### Légende

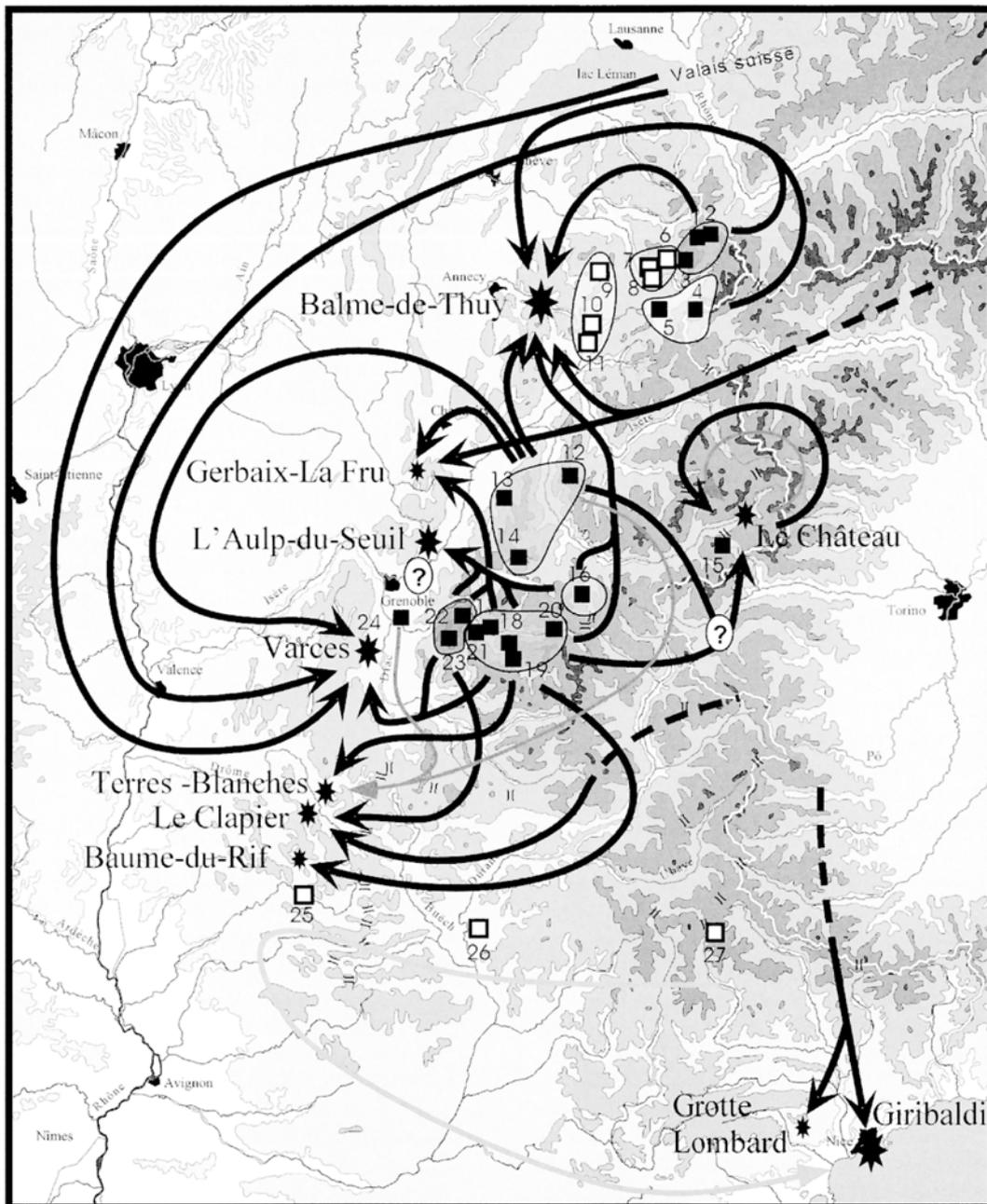
★ extractions\_Oisans

ordre de précision des prospections

- précis
- approximatif
- très approximatif
- commune



**Figure 13 : localisation des gîtes à quartz hyalin sur le fond topographique. La majorité des gîtes se concentrent dans l'Oisans**



Sites archéologiques \* 0 à 50 artefacts \* 50 à 100 artefacts \* 100 à 150 artefacts \* 400 à 500 artefacts

Balme de Thuy (1) : 6A Mésolithique ; 7A Épipaléolithique ; Gerbaix (2) : Épipaléolithique ; la Fru (2) : Azilien ; Aulp-du-Seuil (3) : Mésolithique moyen ; le Château (4) : Néolithique récent et final ; Varcès (5) : Néolithique moyen ; Terres Blanches (6) : Mésolithique ; le Clapier (7) : Mésolithique ancien ; baume du Rif (8) : Cardial ; grotte Lombard (9) : Néolithique ancien ; Giribaldi (10) : Néolithique moyen.

Gîtes primaires ■ Gîtes de quartz en terrain cristallin □ Gîtes de quartz en terrain sédimentaire

1 : Mont Buet ; 2 : Aiguilles Rouges ; 3 : Pomenaz ; 4 : Mont-Blanc ; 5 : Contamines-Montjoie ; 6 : Châteaux de Cran ; 7 : Querriaz ; 8 : la Zetaz ; 9 : Des Troncs ; 10 : mont Charvin ; 11 : Aiguille du Mont ; 12 : col de la Madeleine ; 13 : Allevard ; 14 : col du Glandon ; 15 : Mont-Cenis ; 16 : Valloire ; 17 : Auris en Oisans ; 18 : Les Deux Alpes ; 19 : Plan du Lac ; 20 : La Grave ; 21 : la Gardette ; 22 : mines d'Oulles ; 23 : crête de Brouffier ; 24 : Saint-Pierre de Mésage ; 25 : Rémuzat ; 26 : Sigoyer ; 27 : col d'Allos.

Provenance potentielle des artefacts de quartz



Figure 14 : représentation des circulations hypothétiques des quartz d'après les résultats obtenus par les analyses inclusions fluides dans les Alpes occidentales

départements des Hautes-Alpes et de l'Isère.

**2.1.3 L'origine des silex des assemblages lithiques de Corse**  
(C. Bressy-Léandri)

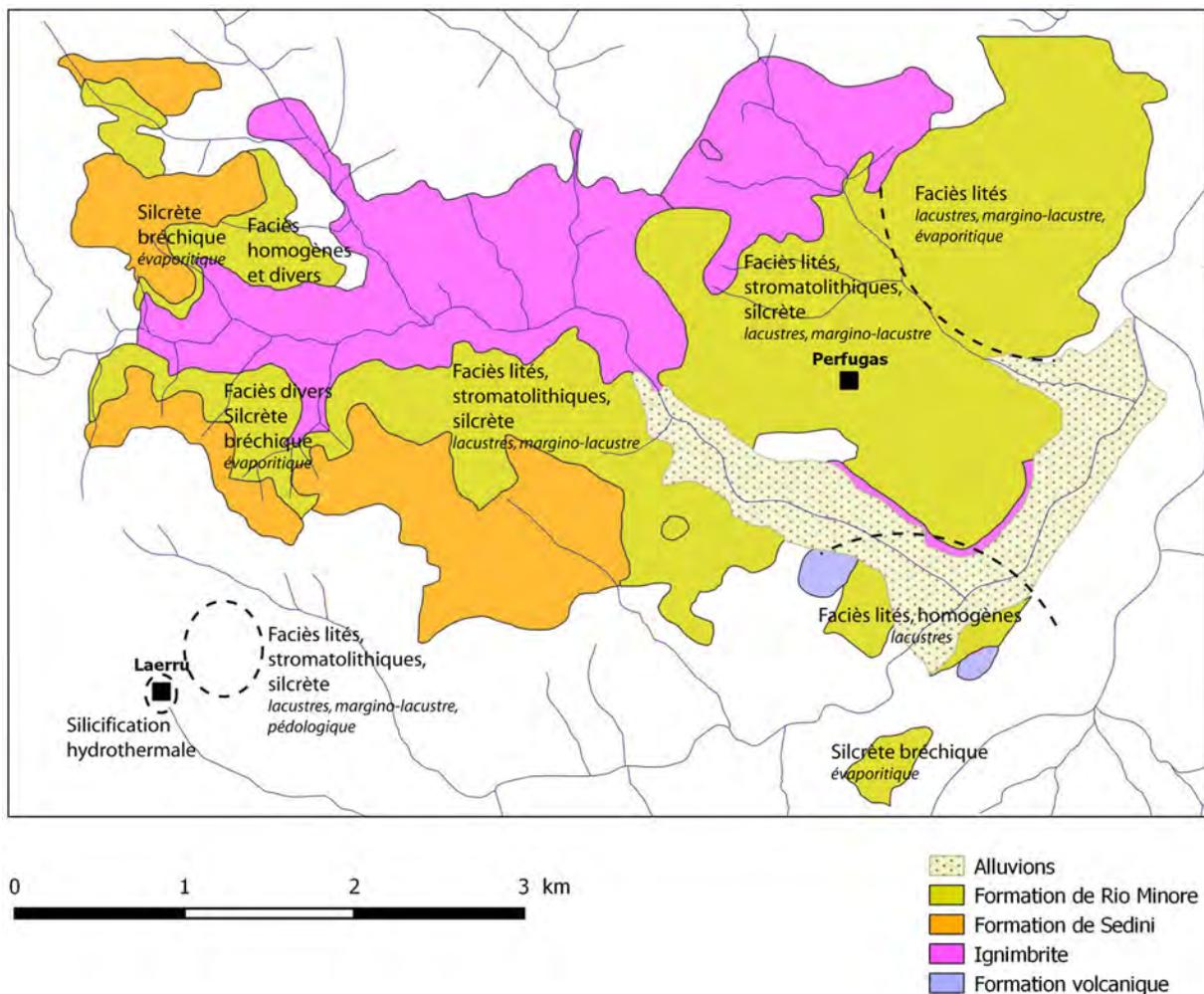
Les travaux initiés par Paul Fernandes dans le cadre du PCR Rhône-Alpes et les renouvellements méthodologiques qu'il a apporté, permettent de relancer l'étude des aires d'affleurement en silex sous un angle nouveau, plus systématique de nature à répondre plus efficacement et objectivement aux questionnements archéologiques sur les approvisionnements et les provenances de matières premières. Une zone d'application est constituée par la Sardaigne, en relation avec les approvisionnements en silex des sites corses.

L'origine des silex des assemblages lithiques de Corse fait l'objet de recherches depuis une quinzaine d'années. La portée des résultats dépend essentiellement de la connaissance des ressources en silex de Sardaigne dont les matières

premières ont été largement privilégiées.

L'opération vise à améliorer la connaissance des ressources en silex des aires d'approvisionnement potentielles des sites préhistoriques corses. Cette année encore, la Sardaigne a été privilégiée à travers deux secteurs, le bassin de Perfugas et le massif de Montiferru.

Le bassin de Perfugas (Anglona) constitue une aire d'affleurement exceptionnelle par les quantités et la qualité des silicifications rencontrées (figure 15). Il a été fréquenté durant toute la Préhistoire. Nous avons entrepris une prospection systématique du bassin afin de dessiner les contours précis des formations à silex et d'étudier la répartition des faciès au sein du bassin. Nous avons échantillonné 36 nouveaux points, principalement en position primaire, sub-primaire et, plus marginalement, secondaire. Il s'agit à terme de cerner la distribution latérale et stratigraphique des faciès de Perfugas et de mettre en évidence des aires d'exploitation privilégiées. Une cartographie a été réalisée. Elle ne couvre pas encore toute l'étendue



**Figure 15 : formations du bassin de Perfugas et proposition préliminaire de distribution des faciès au sein de la formation de Rio Minore**

des zones d'affleurement au sein du bassin qui se prolonge au-delà de Laerru à l'ouest et de Bulzi au nord. Les prospections projetées l'an prochain permettront de terminer le travail.

La caractérisation des échantillons prélevés en 2015 et 2016, basé sur l'observation par des moyens non destructifs de 36 paramètres pétrographiques, a porté sur 13 échantillons. Chaque faciès fait l'objet d'une documentation photographique à différentes échelles. Ainsi, une classification préliminaire permet de regrouper les 13 microfaciès définis en trois catégories : lacustres, lacustres marginaux, et pédologiques.

Le second secteur investi cette année est le massif de Montiferru. Les prospections réalisées par l'Université de Cagliari et en 2006 par mes soins ont permis de montrer tout l'intérêt de cette zone d'affleurement exploitée localement

durant la Préhistoire. Les silex se rencontrent en position secondaire dans les formations quaternaires. Une première approche de terrain et cartographique permet de dresser un état des connaissances, notamment du point de vue de la cartographie. L'étude des faciès et de la gîtologie sera approfondie l'an prochain.

L'ensemble des échantillons prélevés ont alimenté une lithothèque mise en place l'an passé au SRA de Corse. Notre démarche s'inscrit dans un dialogue permanent entre les sources potentielles et le questionnement archéologique qui guide les prospections sur le terrain, à la recherche des faciès dont la provenance demeure indéterminée. Cette année une application a consisté en l'étude du site de Basi (Serra-di-Ferro).

La réalisation de lames-minces sur 10 échantillons est en cours pour préciser les natures minéralogiques et les processus de formation des silicifications.

## **2.2 AXE 2 : ACTUALISATION DE LA CARACTÉRISATION DES PRINCIPAUX MARQUEURS**

### *2.2.1 Nouvelle méthode de caractérisation des silex fondée sur leur interaction avec l'environnement*

*(P. Fernandes, M. Thiry, F.-X. Le Bourdonnec, M. Piboule, V. Delvigne, A. Turq, A. Morala, P. Tallet, J.-P. Raynal)*

La pétroarchéologie a récemment bénéficié d'importantes avancées méthodologiques fondées sur les interactions entre le matériau siliceux et son environnement. Notre volonté est 1) de fournir les moyens d'affiner la détermination des origines stratigraphiques et gîtologiques, 2) de permettre d'impliquer les séries lithiques dans l'étude taphonomique du site autant que dans l'approche d'une chronologie relative, 3) de faciliter l'étude technologique et 4) de participer à la présélection des objets pour l'étude tracéologique par une analyse diacritique des états de surface.

Dans ce but nous souhaitons contribuer à l'étude des processus mécaniques et physico-chimiques responsables de l'altération des silex. Nous tentons d'élaborer une approche multi-technique et multi-échelle consacrée à l'analyse des propriétés structurales des silex. Différentes techniques sont utilisées : la microscopie, la microscopie électronique à balayage environnemental équipée en microanalyse, la diffraction des rayons X (DRX), la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF), la spectroscopie Raman et l'ablation laser couplée à un ICP. La corrélation entre les résultats obtenus devrait permettre d'avancer dans la compréhension des mécanismes à l'origine de la transformation des silex naturels et archéologiques. Il s'agit de constituer un protocole de quantification de l'état d'avancement de la dégradation des différentes phases présentes. Cette démarche va donner naissance à une nouvelle base de données ouvrant sur de futures perspectives de recherche sur les comportements des hommes préhistoriques. Chacune de ces contributions livre des résultats intéressants directement les archéologues, dans le domaine de l'origine des matériaux, des comportements techno-économiques, de l'intégrité du site et de son positionnement chronologique. Ces données participent déjà à l'interdisciplinarité des approches nécessaire à l'archéologie moderne. Au travers d'un exemple nous avons souhaité montrer tout le potentiel de ce nouvel outil qui ouvre de nouvelles perspectives de recherche dans le domaine de l'analyse de l'intégrité du site et de son positionnement chronologique.

Sur le site moustérien du Chêne Vert (Dirac, Charente), nous avons observé des patines sur 411 échantillons, dont 40 géofacts et 371 pièces archéologiques provenant de l'unité stratigraphique 3 (définition M. Rué). En outre, 225 échantillons portent les traces de golfes de corrosion. L'observation de la répartition de la patine et de la corrosion révèle des indices qui permettent de distinguer quatre familles qui renseignent sur les processus à l'origine de la mise en place de l'unité archéologique.

Nous avons noté que 120 objets portent une patine plus soutenue sur la face exposée. Les golfes de corrosion, associés à cette patine blanche forte, sont circonscrits à la face exposée pour 93 objets. Le lustré est plus intense sur la face reposante pour 111 objets. Ces figures d'altérations sont présentes sur les surfaces prédépositionnelles et, de façon moins intense, sur les négatifs associés à la taille. Par contre, elles sont absentes de toutes les surfaces plus tardives. En outre, on observe les trois processus de gélifraction produits par le gel de l'eau porale. Le phénomène de désagrégation le plus courant est contrôlé par la gélirruption suivie de la gélidisjonction (Letavernier et Ouzouf, 1987). L'observation de ces stigmates bien typés et de leur transformation a permis de déterminer les mécanismes à l'origine de la désagrégation des silex et d'élaborer une chronologie relative. Les différences de patine et d'altération entre la face exposée et la face reposante sont liées aux phases de lessivage alors que la dichotomie entre les lustrés est, elle, associée aux types de déplacements dans le sol et aux accumulations de silice néogène. Il en résulte que les phases de lessivage ont fortement marqué la face exposée des silex au-dessus de l'unité stratigraphique 5 (et plus particulièrement ici pour l'US 3).

Ainsi, il semblerait que le mobilier archéologique a subi plusieurs phases froides (on observe plusieurs générations de cupules) séparées par des stades tempérés, au cours desquels les réactions d'hydrolyse attaquent les surfaces issues de la cryosuccion. Certains échantillons autorisent une lecture plus précise de la succession des phénomènes. On observe alors trois générations de cupules séparées par des phases de lessivage. Au cours de ces phases, les réactions d'hydrolyse altèrent les surfaces issues des deux premières générations et jamais celle de la troisième génération. Certaines phases de cryosuccion sont plus anciennes que l'occupation humaine et d'autres plus tardives. Mais un grand nombre de ces cupules paraissent sub-contemporaines de l'occupation. L'association de stigmates de cette génération intermédiaire est très proche de celle que nous avons observée sur les négatifs

des enlèvements. L'activité humaine se placerait donc entre la seconde et la troisième phase de cryosuccion.

En conclusion, à Dirac, les objets n'ont pas été retournés depuis la formation de la couche archéologique. Les silex restent alors à plat dans le sens de la pente et subissent les processus lourds liés aux lessivages et aux écarts de température. La prise en compte de nouveaux paramètres chronologiquement callés offre une clé utile pour participer à la détermination des processus à l'origine de la mise en place de l'unité archéologique. Ce modèle permet, dans un grand nombre de cas, d'exploiter l'ensemble des caractères faciologiques et minéralogiques qui témoignent de son histoire post-dépositionnelle. L'état d'altération, souvent considéré comme un obstacle à la caractérisation devient un facteur indispensable d'une part à la reconnaissance des gîtes exploités, et d'autre part à la lecture des processus à l'origine de la mise en place de l'unité archéologique.

## 2.2.2 Bibliographies thématiques comme support à la caractérisation (P. Fernandes, V. Delvigne)

### 2.2.2.1 La gélifraction

ADOLPHE, P. (1964) - Le gel de la craie. *Bulletin d'informations des géologues du Bassin de Paris*, 1, 115-118.

AGUIRRE-PUENTE, J. (1979) - Contribution à l'étude du mécanisme physique du gel des roches. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 13p.

ANDREN, A. (2006) - *Degradation of Rock and Shotcrete due to Ice Pressure and Frost Shattering. A Review*. Luleå : Luleå University of Technology (Ed.), 66 p.

ALEKSEEVA, V.A. (2005) - Micromorphology of quartz grain surface as indicator of glacial sedimentation conditions: Evidence from the Protva River Basin. *Lithology and Mineral Resources*, 40(5), 420-428.

AUBRY, M.D., LAUTRIDOU, J.P. (1974) - Relations entre propriétés physiques, gélivité et caractères microstructuraux dans divers types de roches : craies, calcaires crayeux, calcaires sublithographiques et silex. *Bulletin du Centre de géomorphologie du CNRS*, 18, 7-16.

AYDIN, A., BASU, A. (2006) - Technical note the use of Brazilian test as a quantitative measure of rock weathering. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 39(1), 77-85.

AZIMI, C., DESVARREUX, P. (1977) - *Calcul de chutes de blocs et vérification sur modèle réduit*. Rapport de l'Association pour le Développement des Recherches sur les Glissements de Terrain.

BEAUCHAMP, J. 2004. *Cours sur « L'altération des roches »*. Amiens : Université de Picardie (Ed.), 16p.

BELLANGER, M., HOMAND, F., REMY, J.M. (1993) - Water behaviour in limestones as a function of pores structure : application to frost resistance of some Lorraine limestones. *Engineering Geology*, 36, 99-108.

BENOIST, J.P., GUILLEMET, G., LAUTRIDOU, J.P., OZOUF, J.C., PAMCZA, A. (1974) - Propagation du froid dans un bloc de calcaire. *Bulletin du centre de géomorphologie du CNRS*, 19, 35-40.  
BERTOUILLE, H. (1972a) - Théories physiques appliquées à quelques phénomènes de cryergie. *Bulletin du Centre de géomorphologie du CNRS*, 13-15, 131-155.

BERTHOUILLE, H. (1972b) - Étude mathématique de phénomènes de thermoclastie et de cryoclastie. *Bulletin du Centre de géomorphologie du CNRS*, 12, 40.

BERTOUILLE, H. (1979) - Gélifraction des roches humides. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 11 p.

BIROT, J. (1968) - Chapitre IV- Cryoclastie. In : P. Birot, S. Henin, Y. Guillien, J. Delvert (Dir.) Contribution à l'étude de la désagrégation des roches. Paris : Centre de documentation universitaire (Ed.), pp. 23-33.

BLACHERE J.R. (1979) - Le gel de l'eau dans les matériaux poreux. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 9p.

- BLACHERE J.R. (1979) - Les essais cycliques de gel-dégel et les théories de la gélivité. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 6p.
- BONIFAY E. (1955) - Le rôle du gel dans la fissuration des galets de roche calcaire. *Comptes rendus de l'académie des sciences*, 40, 896-898.
- BORDES, F. (1950) - Du poli particulier de certains silex taillés. *L'Anthropologie*, 54, 161-163.
- BOST, M., POUYA, A., MARTINEAU, F. (2006) - Effets mécaniques du gel sur l'évolution d'une fissure dans un bloc de calcaire. *Actes des journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur* (27-29 juin 2006, Lyon). Paris : Comité français de mécanique des roches (Ed.), pp. 153-160.
- BOST, M., GUEDON-DUBIED, J.S. (2007) - Natural and artificial micro-cracking in limestone: a model of response to freezing-thawing. In: P. Sola, J. Estaire, C. Olalla (Dir.), *Preservation of Natural Stone and Rock Weathering, reports of the 11th Congress of ISRM* (14th July 2007, Madrid). London : Taylor et Francis group (Ed.), pp. 17-23.
- BOUSQUIE, P. (1979) - *Texture et porosité de roches calcaires. Relations avec la perméabilité, l'ascension capillaire, la gélivité, la conductivité thermique*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 191p.
- BOYE, M. (1952) - Gélivation et cryoturbation dans le massif du Mont Perdu (Pyrénées Centrales). *Pirineos*, 8, 5-29.
- BROCHU, M. (1969) - Indice de gélivation de la roche en place et des formations meubles. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 373-374, 469-477.
- BROCHU, M. (1979) - l'action du vent dans les processus de gélifraction. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.).
- BRUNET R. (1956) - Deux processus d'érosion en haute montagne pyrénéenne. *Revue de géographie dynamique*, 9-10, 143-147.
- BRYAN K. (1946) - Cryopedology. The study of frozen ground and intensive frost action with suggestions on nomenclature. *American Journal of Science*, 244 (9), 622-642.
- BURROUS, CM. (1977) - *Experimental up-freezing of objects: effects of object geometry*. Washington Quaternary Research Center, Unpublished Master thesis.
- BUTTERWORTH, B. (1964) - The frost resistance of bricks and tiles: a review. *Journal of Britain Ceramic Society*, 1 (2), 203-223.
- CAHEN, D., MOEYERSONS, J. (1977) - Subsurface movements of stone artifacts and their implications for the prehistory of Central Africa. *Nature*, 266, 812X15.
- CAICEDO-HORMAZA, B. (1991) - *Contribution à l'étude de la migration de l'eau dans les sols pendant le gel et le dégel*. Thèse de doctorat, École Centrale de Paris, 108p.
- CAO, P., LI, J-T., YUAN, H.P. (2006) - Testing study of subcritical crack growth rate and fracture toughness in different rocks. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 16, 709-713.
- CASPAR, J.P., MASSON, B., VALLIN, L. (2003) - Poli de bois ou poli de glace au Paléolithique inférieur et moyen ? Problèmes de convergence taphonomique et fonctionnelle. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 100 (3), 453-462.
- CASPAR, J.P., MASSON, B., VALLIN, L. (2009) - Taphonomie des ensembles lithiques du paléolithique moyen en contexte lœssique. *Les nouvelles de l'archéologie* 188, 21-26
- CHARRE J.P., LAUTRIDOU J.P. (1975) - Expériences de cryoclastie sur des grès et roches vertes. *Bulletin de Géographie Alpine*, 43 (2), 253-261.
- CHAU, K.T., SHAO, J.F. (2006) - Subcritical crack growth of edge and center cracks in façade rock panels subject to periodic surface temperature variations. *International Journal of Solids and Structures*, 43, 807-827.
- CHEN, T.C., MORI, N., SUZUKI, T., SHOJI, H., GOTO, T. (2000) - Experimental study on crack development of rock specimens by freezing and thawing cycles. *Soils and Foundations*, 40 (2), 41-48.
- CHIGIRA, M. (1999) Introduction - Special issue: Interdisciplinary studies of rock weathering. *Engineering Geology*, 55, 1-2

- COUDÉ-GAUSSIN, G., LAUTRIDOU J.P. (1987) - SEM characterization of microfeatures on frost shattered quartz grains. In : M. Pecs, H.M., French (dir.), *Loess and periglacial phenomena*. Budapest : Akadémiai Kiado (Ed.), pp. 253-261.
- COUSSY O., FEN-CHONG T. (2005) - Crystallization, pore relaxation and micro-cryosuction in cohesive porous materials. *Comptes Rendus Mécanique*, 333, 507-512.
- COUTARD, J.P. (1985) - La crête de Vars (Hautes-Alpes). Exploitation de données thermiques. Période du 20.08.1983 au 16.06.1984. Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen, n° 30, 85-98.
- COUTARD, J.P. (2002) - Périglaciaire et expérimentation. *Environnements périglaciaires*, 9, 3-11
- COUTARD, J.P., FRANCOU, B. (1989) - Rock temperature measurements in two alpine environments: implications for frost shattering. *Arctic and Alpine Research*, 21 (4), 399-416.
- COUTARD, J.P., JOURNAUX A. (1976) - Les expériences de thermoclastie. *Centre de Géomorphologie CNRS*, 21 (3), 29-32.
- COUTARD, J.P., LAUTRIDOU J.P. (1977) - Effets du gel sur diverses roches de Normandie (grès, granites, silex). *Bulletin de la Société linnéenne de Normandie*, 105, 79-82.
- COUTARD, J.P., OZOUF, J.C. (2002) - Bibliographie : action du gel sur les roches et les sols. Expériences menées au Centre de Géomorphologie à Caen. *Environnements périglaciaires*, 9, 12-17.
- COUTARD, J.P., OZOUF J.C. (2008) - Nouvelle approche de l'altération des galets de silex dans les dépôts marins Pléistocènes : contribution à l'étude des plates-formes marines du val de Saire (Normandie, France). *Quaternaria*, 19 (4), 335-344.
- COUTARD, J.P., HELLUIN, M., LAUTRIDOU, J.P., PELLERIN, J. (1970) - Gélifraction expérimentale des calcaires de la Campagne de Caen, comparaison avec quelques dépôts périglaciaires de cette région. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 6, 7-44.
- COUTARD, J.P., GABERT, P., OZOUF, J. C. (1988) - Étude du processus de cryoptation en divers sites de la Haute-Ubaye (Alpes du Sud). *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 34, 9-28
- COUTARD, J.P., LAUTRIDOU, J.P., OZOUF, J.-C. (2000) - La contribution des expériences en laboratoire aux recherches sur le périglaciaire: histoire, acquis et perspectives. *Biuletyn Peryglacjalny*, 39, 7-40.
- DJABALLAH MASMOUDI, N. (1998) - *Modélisation et expérimentation de la perméabilité et des mécanismes de transfert dans les milieux poreux au cours du gel*. Thèse en de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 205p.
- DYLIK, J., KLATAT, T. (1952) - Recherches microscopiques sur la désintégration périglaciaire. *Bulletin de la Société de Sciences et de Lettres de Lodz*, 3, 12-16.
- EL GHARBAOUI, A. (1981) - *La terre et l'homme dans la péninsule tingitane*. Thèse d'Etat, Université de Paris, 439p.
- FERNANDES, P. (2012) - *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 623p.
- FOLK, R.L. (1975). Glacial deposits identified by chattermark tracks in detrital grains. *Geology*, 3, 475-479.
- FUKUDA, A. (1979) - Some observations about rock weathering by frost upon the wall-carvings. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.).
- GABERT, P., LAUTRIDOU, J.P. (1970) - Comportement au gel de quelques calcaires de la région d'Aix-en Provence. *Bulletin du Centre de géomorphologie du CNRS*, 6, 63-72.
- GABERT, P., LAUTRIDOU, J.-P. (1987) - Mesures de mouvements superficiels et des températures dans les Alpes du Sud. In : A. Godard, A. Rapp (dir.), *Processus et mesure de l'érosion*. Paris : CNRS (Ed.), pp. 455-476.
- GÉRARD, R. (1969) - Détermination de la résistance au gel des matériaux de construction par la porosimétrie à mercure. *Revue du centre scientifique et technique de la construction*, 1, 6-15.
- GODARD, A. (1965) - *Recherches de géomorphologie en Ecosse du Nord-Ouest*. Paris : les Belles Lettres (Ed.), 702 p.

- GODARD, J., HOUEL-GANGLOF, F.R. (1965) - Essais de gélifraction artificielle pratiquée sur des calcaires et des grès lorrains. *Revue de géographie de l'Est*, 5 (2), 125-139.
- GUILLIEN, Y. (1698) - Chapitre VI- Morphologie des calcaires gélivés. In : P. Birot, S. Henin, Y. Guillien, J. Delvert (Dir.) Contribution à l'étude de la désagrégation des roches. Paris : Centre de documentation universitaire (Ed.), 45-48.
- GUILLIEN, Y., LAUTRIDOU, J.-P. (1970) - Recherches de gélifraction expérimentale. I - Calcaires des Charentes. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 5, 1-53.
- GUILLIEN, Y., LAUTRIDOU, J.P. (1974) - Conclusions des recherches de gélifraction expérimentale sur les calcaires des Charentes. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 19, 25-33.
- HARRIS, C., GALLOP, M., COUTARD, J.P. (1993) - Physical modelling of gelifluction and frost creep: some results of a large scale laboratory experiment. *Earth Surface and Landforms*, 18, 383-398.
- HARRIS, C., REA, B.R., DAVIES, M. (2000) - Geotechnical centrifuge modelling of gelifluction processes : validation of new approach to periglacial slope studies. *Annals of Glaciology*, 31, 263-268.
- HAZEBROUCK, R., DUTHOIT, B. (1979) - Particularités du comportement mécanique des craies: rôle de l'eau - rupture sous contrainte hydrostatique. *Revue française de géotechnique*, 8, 45-40.
- HAWARD, F.N. (1912) - The chipping of flint by natural agencies. *Proceeding of the Prehistoric Society of east Anglia*, 1 (4), 185-193.
- HENRY, J.-P. (1978) - *Mécanique linéaire de la rupture appliquée à l'étude de la fissuration et de la fracture de roches calcaires*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques de Lille, 182p.
- HETU, B., VAN STEIJN, H., BERTRAN, P. (1995) - Le rôle des coulées de pierre sèche dans la genèse d'un certain type d'éboulis stratifiés. *Permafrost and Periglacial Processes*, 6, 173-194.
- HILLEL, D. (1974) - *L'eau et le sol. Principes et processus physiques*. Louvain : Vander Publication (Ed.), 288 p.
- HUDEC, P.P. (1979) - Correlation of rock weathering parameters. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 16p.
- HUGUES, T.M. (1872) - On the fractures of flint and chert. *Report of the British association*, 189 - 189.
- JOHNSON, D.L., HANSON, K.L. (1974) - The effects of frost heaving on objects in soils. *Plains Anthropologists*, 19, 81-88.
- JOHNSON, D.L., MUHS, D.R., BARHART, M.L. (1977) - The effects of frost heaving on objects in soils II. *Plains Anthropologists*, 22, 133-147.
- JOURNAUX, A., COUTARD, J.P. (1974) - Expérience de thermoclastie sur des roches siliceuses. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 18, 7-20.
- JOURNAUX, A., LAUTRIDOU, J.P. (1976) - Les études de cryoclastie au Centre de Géomorphologie du CNRS à Caen. *Geografski Glasnik*, 38, 129-139.
- KATE, J.M., GOKHALE, C.S. (2006) - simple method to estimate complete pore size distribution of rocks. *Engineering Geology*, 84, 48-69.
- LE RIBAUT, L. (1971) - Présence d'une pellicule de silice amorphe à la surface de cristaux de quartz des formations sableuses. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 272, 1933-1936.
- LE RIBAUT, L. (1977) - *L'exoscopie des quartz*. Paris : Masson (Ed.), 150 p.
- LAUTRIDOU, J.P. (1970) - Gélivité de la craie de Tancarville : le head de l'estuaire de la Seine. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 6, 45-62.
- LAUTRIDOU, J.P. (1971) - Conclusions générales des recherches de gélifraction expérimentale du Centre de Géomorphologie. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 10, 63-84.
- LAUTRIDOU, J.P. (1972) - Bilan des recherches de gélifraction expérimentale effectuées au Centre de Géomorphologie. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 13-15, 63-73.
- LAUTRIDOU, J.P. (1974) - Les thèmes de recherche au laboratoire de cryoclastie *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 19, 41 -42.

- LAUTRIDOU, J.P. (1976) - Dix ans de recherches au Centre de Géomorphologie. Les expériences de cryoclastie. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 21, 21-28.
- LAUTRIDOU, J.P. (1977a) - Intérêt des expériences de cryoclastie sur les craies, les calcaires lithographiques et les silex de l'estuaire de la Seine. *Bulletin de la Société géologique de Normandie*, 64 (4), 97-102
- LAUTRIDOU, J.P. (1977b) - Recherches de gélifraction expérimentale sur des faciès variés de l'Avranchin, du Sud-Coutançais et du Mortainais. *Bulletin de la Société linnéenne de Normandie*, 105, 57-68.
- LAUTRIDOU, J.P. (1978a) - La cryoclastie, bibliographie commentée. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 23, 47-56.
- LAUTRIDOU, J.P. (1978b) - Principaux résultats des expériences de gélifraction expérimentale effectuées au Centre de Géomorphologie. *Inter-Nord*, 15, 5-13.
- LAUTRIDOU, J.P. (1979a) - Les recherches de gélifraction expérimentale du Centre de Géomorphologie du CNRS.
- LAUTRIDOU, J.P. (1979) - Les recherches de gélifraction expérimentale au Centre de Géomorphologie du CNRS. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 3 p.
- LAUTRIDOU, J.P. (1979b) - Origine et signification paléoclimatique du matériel des heads (Ecalgrain, Herquemoulin). Les leçons d'une expérience de gélifraction. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 24, 157-163.
- LAUTRIDOU, J.P. (1982) - La fraction fine des débris de gélifraction expérimentale. *Biuletyn Peryglacjalny*, 29, 77-85.
- LAUTRIDOU, J.P. (1984) - Les expérimentations dans le domaine de la cryoclastie : fabrication expérimentale de gélifractions. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 27, 15-18.
- LAUTRIDOU, J.P. (1985) - *Le cycle périglaciaire pléistocène en Europe du nord-ouest et plus particulièrement en Normandie*. Thèse de Doctorat, Université de Caen, 908 p.
- LAUTRIDOU, J.P., LENEUF, N. (1974) - Micro structure et gélivité des calcaires lithographiques. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 19, 17-23.
- LAUTRIDOU, J.P., MCGREEVY, J.P. (1980) - Nouvelles références bibliographiques sur la cryoclastie. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 25, 97-102.
- LAUTRIDOU, J.P., OUZOUF, J.C. (1978) - Relations entre la gélivité et les propriétés physiques (porosité, ascension capillaire) des roches calcaires. In : Altération et Protection des monuments en pierre, actes du colloque international (5-9 juin 1978, Paris). Paris : UNESCO (Ed.), 15p.
- LAUTRIDOU, J.P., OUZOUF, J.C. (1982) - Experimental frost shattering : 15 years of research at the Centre de Géomorphologie du CNRS. *Progress in Physical Geography*, 6, 215-232
- LAUTRIDOU, J.P., RAGOT, J.P. (1977) - *Essais de gel sur des échantillons*. Centre de Géomorphologie de Caen, laboratoire de cryoclastie, rapport n°6, 14p.
- LAUTRIDOU, J.P., MAZO, L., OUZOUF, J.C. et BENOIST, J.P. (1979) - Étude des mécanismes du gel dans la pierre de Caen. In : J. Aiguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 9p.
- LAUTRIDOU, J.P., LETAVERNIER, G., LINDE, K., ETLICHER, B., OUZOUF, J.C., (1986a) - Porosity and frost susceptibility of flints and chalk : laboratory experiments, comparison of «glacial» and «periglacial» surface texture of flint material sand field investigations. In : G. de G. Sieveking et M.H. Newcomer (Dir.), *The human use of flint and chert*. Proceedings of the fourth international flint symposium (Brighton, 10-15 avril 1983). Cambridge : Cambridge University Press (Ed.), pp. 269-282.
- LAUTRIDOU, J.-P., LETAVERNIER, G., OUZOUF, J.-C. (1986b) - Porosité et gélivité des silex et des craies : l'apport de l'expérimentation, In : *Comptes rendus du Xème colloque interrégional sur le Néolithique*, (Caen, 30 septembre – 2 octobre 1983). Rennes : Revue archéologique de l'ouest (Ed.), pp. 271-277.
- LAUTRIDOU, J.-P., DELEHAYE, Y., ETLICHER, B. (1990) – Expériences de gélifraction de silex. In : M.R. Séronie Vivien, M. Lenoir (Dir.), *le silex de sa genèse à l'outil*, Actes du 5ème flint Symposium (Talence, 17 septembre-2 octobre 1987). Paris : CNRS (Ed.), pp. 161-166.

- LETAVERNIER, G. (1980) - *Processus de destruction des roches calcaire par le gel et fraction grossière*. Maîtrise de Géographie, Université de Caen, 106p.
- LETAVERNIER, G. (1984) - *La gélivité des roches calcaires. Relations avec la morphologie du milieu poreux*. Caen, Centre de Géomorphologie du CNRS (Ed.), 181 p.
- LETAVERNIER, G., OZOUF, J.C. (1987a) - Résultats de recherches récentes sur la gélifraction des calcaires. *Inter-Nord*, 18, 53-63.
- LETAVERNIER, G., OZOUF, J.C. (1987b) - La gélifraction des roches et des parois calcaires. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 31, 139-145.
- LEVI SALA, I. (1986) - Use Wear and Post-Depositional Surface Modification : A word of caution. *Journal of Archaeological Science*, 13, 229-244.
- LITVAN, G.G. (1969) - Freezing of Water in hydrated Cement Paste. In : *Durabilité des bétons*, Actes du colloque international (1969, Prague). Prague : Ecole polytechnique (Ed.), pp. 153-160.
- LITVAN, G.G. (1972) - Phase transition of adsorbates, Mechanism of front action in hardened cement paste. *Journal of American Ceramic Society*, 55 (1), 38-42.
- LITVAN, G.G. (1978) - Freeze-thaw durability of porous building materials, in Durability of building materials and Components. *ASTM Special Technical Publication*, 691, 455-463.
- MACKIE, S.J. (1869) - The natural fractures of flint. *Geological and Natural Historical repertory*, 3, 205-218.
- MAINGUET-MICHEL, M., LAUTRIDOU, J.P., PELLERIN, J. (1971) - Action du gel sur les grès. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 9, 9-24.
- MAKHLOUFI, N., COSTARD, F., AGUIRRE PUENTE, J., COSTARD, J., POSADO-CANO, R., GUILLEMET, G. (1999) - Laboratory simulation of thermal erosion. *Polar Record*, 35, 67-72.
- MAMILLAN, M. (1979) - Méthodes d'essais au gel des pierres. In : J. Aguirre-Puente et J. Malaurie (Dir.), *Les problèmes posés par la gélifraction. Recherches fondamentales et appliquées*, Actes du VIème congrès international de la Fondation française d'étude nordique (Avril 1975, Le Havre). Paris : Fondation française d'études nordiques (Ed.), 12 p.
- MASSEPORT, J. (1959) - Premiers résultats d'expériences de laboratoires sur les roches. *Revue de géographie alpine*, 47 (4), 531-537.
- MASSON, A. (1981) - *Pétraarchéologie des roches siliceuses, intérêt en Préhistoire*. Thèse de doctorat, Université de Lyon, 101 p.
- MATSUOKA, N. (2001). Microgelivation versus macrogelivation towards bridging the gap between laboratory and field frost weathering. *Permafrost and Periglacial Processes*, 12, 299 - 313.
- McGREEVY, J.P. (1982). *Some field and laboratory investigations of rock weathering with particular reference to frost shattering and salt weathering*. PhD Thesis, Queen's University of Belfast, 486 p.
- MEUNIER, S. (1902) - Sur quelques formes remarquables prises par des silex sous l'effet de l'éclatement spontané par la gelée. *Comptes rendus du Congrès des sociétés savantes de Paris et des départements. Section des sciences*, 198-210.
- MURTON, J.B., COUTARD, J.P., LAUTRIDOU, J.P., OZOUF, J.C., ROBINSON, D.A., WILLIAMS, R.B.G., GUILLEMET, G., SIMMONS, P. (2000) - Experimental design for a pilot study on bedrock weathering near the permafrost table. *Earth and Surface Process Landforms*, 25, 1281-1294.
- MURTON, J.B., PETERSON, R., OZOUF, J.C. (2006) - Bedrock fracture by ice segregation in cold regions. *Science*, 314, 1127-1129.
- OZOUF, J.-C. (1983). *Comparaison de gélifractions naturels de grès charentaises et de gélifractions fabriqués*. Caen : Centre de Géomorphologie du CNRS (Ed.), 195 p.
- OZOUF, J.C. (1987) - Étude expérimentale sur la gélifraction des calcaires et silex. Signification climatique. In : J.C. Miskovsky (Dir.), *Géologie de la préhistoire, méthodes, techniques, applications*. Paris : GEOPRE (Ed.), pp. 403-412.
- OZOUF, J.C. (2002) - Étude expérimentale sur la gélifraction des calcaires et silex. Signification climatique. In : J.C. Miskovsky (Dir.), *Géologie de la préhistoire*. Paris : GEOPRE (Ed.) et Perpignan : Presses Universitaires de Perpignan (Ed.), pp. 503-509.
- OZOUF, J.C., LETAVERNIER, G. (1984) - Les expérimentations dans le domaine de la cryoclastie : utilisation de l'analyse des données dans les expérimentations cryoclastiques. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, 27, 19-38.

- PANCZA, A. (1979) - *Contribution à l'étude des formations périglaciaires dans le Jura*. Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, 196 p.
- PLISSON, H., MAUGER, M. (1988) - Chemical and mechanical alteration of microwear polishes: an experimental approach. In : G. de G. Sieveking et M.H. Newcomer (Dir.), *The human use of flint and chert*. Proceedings of the fourth international flint symposium (Brighton, 10-15 avril 1983). Cambridge : Cambridge University Press (Ed.), pp. 3-16.
- Potts, A.S. (1970) - Frost action in rocks : some experimental data. *Transaction in British Geography*, 49, 109-124.
- PRICK, A. (1999) - *Étude de la cryoclastie et de l'haloclastie par méthode dilatométrique*. Bruxelles : Académie Royale de Belgique (Ed.), 311 p.
- SIEVEKING, G. de G., GLAYTON, C.J. (1986) - Frost shatter and the structure of frozen flint. In : G. de G. Sieveking et M.B. Hart (Dir.), *The scientific study of flint and chert*, Proceedings of the fourth international flint symposium (Brighton, 10-15 avril 1983). Cambridge : Cambridge University Press (Ed.), pp. 283 – 290.
- STAPERT, D. (1975) - Pseudo-artefakten. *Staringia*, 3, 57-62.
- STAPERT, D. (1976) - Some natural surface modifications on flint in the Nethe, Netherlands. *Palaeohistoria*, 18, 7-42.
- TALOBRE, J. (1967) - *La mécanique des roches et ses applications*. Paris : Dunod (Ed.), 442p.
- TEXIER, J.P. (2000) - A propos des processus de formation des sites préhistoriques. *Paléo*, 12, 379-386.
- TEXIER, J.P., BERTRAN, P., COUTARD, J.P., FRANCOU, B., GABERT, P., GUADELLI, J.L., OZOUF, J.C., PLISSON, H., RAYNAL, J.P., VIVENT, D. (1998) - TRANSIT, an experimental archaeological program in periglacial environment: Problem, methodology, first results. *Geoarchaeology*, 13 (5), 433-473.
- THOMACHOT, C. (2002) - *Modifications des propriétés pétrophysiques de grès soumis au gel ou recouverts « d'encroûtements noirs vernissés »*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg, 263p.
- TRICART, J. (1956) - Etude expérimentale du problème de la gélivation. *Biuletyn Peryglacjalny*, 4, 285-318.
- TRICART, J., CAILLEUX, A. (1962) - *Le modelé glaciaire et nival. Traité de Géomorphologie*. Paris : Sedes (Ed.), 508 p.
- TRICART, J., CAILLEUX, A. (1967) - *Le modelé des régions périglaciaires. Traité de Géomorphologie*, Paris : Sedes (Ed.), 512 p.
- TROLL, C. (1944) - Strukturböden, solifluktion and Frostklimat der Erde. *Geologische Rundschau*, 34, 545-694.
- VALLIN, L., MASSON, B., CASPAR, J.P. (2001) - Taphonomy at Hermies, France: a Mousterian knapping site in a loessic context. *Journal of Field Archaeology*, 28 (3-4), 419-436.
- VALLIN, L., MASSON, B. (2013) - Le gisement moustérien de Corbehem « le Château d'eau » campagne de sondages. In : L. Vallin (Dir.), *Projet collectif de recherche - Traces de froid - caractérisation des processus d'altération des sites paléolithiques du Nord de la France sous climat Périglaciaire*. Rapport d'activité, DRAC Nord-Pas-de-Calais, 54 p.
- VALLIN, L., CASPAR, J.P., GUILLEMET, G., MASSON, B., OUZOUF, J.C. (2013) - Altérations des artefacts préhistoriques en silex par les processus périglaciaires : présentation des expériences conduites au Centre de Géomorphologie du CNRS de Caen. *Quaternaire*, 24, 259-266.
- VAN VLIET-LANOE, B. (1987a) - Dynamique périglaciaire actuelle et passée : apport de l'étude micromorphologique et de l'expérimentation. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, 24 (3), 113-132.
- VAN VLIET-LANOE, B. (1987b) - Cryoreptation, gélifluxion et coulées boueuses : dynamique continue en relation avec le drainage et la stabilité de l'aggrégation cryogénique. In : M. Pesci, H.M. French (Dir.), *Loess and Periglacial Phenomena*. Budapest : Akadémiai Kiadó (Ed.), pp. 203-226.
- VAN VLIET-LANOE, B., COUTARD, J.P., PISSART, A. (1984). Structures caused by freezing and thawing in various loamy sediments: a comparison of active, fossil and experimental data. *Earth Surface Processes and Landforms*, 9, 553-565.
- VIGNARD, E., VACHER, G. (1964) - Altérations des silex préhistoriques de Nemours sous l'influence des climats qui se sont succédés du Périgordien Gravettien au tardenoisien locaux. *Bulletin de la Société préhistorique française, Études et travaux*, 61 (1), 45-55.

### 2.2.2.2 Quartz et quartzites

ALIMEN, H. (1953) - Pétrographie des nappes alluviales de la Bigorre. Essai de corrélation et de chronologie. *Bulletin de la Société géologique de France*, 6 (3), 377-391.

ALIMEN, H. (1964) - *Le Quaternaire des Pyrénées de la Bigorre*. Paris : Imprimerie nationale (Ed.), 394 p.

BEAUNE, S.A. de (1989) - Exemple ethnographique de l'usage pluri-fonctionnel d'un galet de quartz. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 86 (2), 61-63.

BEAUNE, S.A. de (2000) - *Pour une archéologie du geste – Broyer, moudre, piler. Des premiers chasseurs aux premiers agriculteurs*. Paris : CNRS (Ed.), 235 p.

BOUDEULLE, M., CHERMETTE, A., DAVID, L., FUMEY, P., LATREILLE, G., MICHEL, P., MOURER, R., NICIER, P., POMARAIS, P. (1979) - *Quartz - silice : minéralogie, gemmologie, industrie*. Lyon : Préhistoire et des Amis du musée de Lyon (Ed.), 144 p

BOULE, M. (1894) - Le plateau de Lannemezan et les alluvions anciennes des hautes vallées de la Garonne et de la Neste. *Bulletin du Service de la carte géologique de France*, 43,447-469.

BRACCO, J.P., MOREL, P. (1998) - Outillage en quartz et boucherie au Paléolithique supérieur : quelques observations expérimentales. In : J.P. Brugal, L. Meignen, M. Patou -Mathis M. (Dir.), *Économie préhistorique : les comportements de subsistance au Paléolithique*, Actes des XVIII<sup>e</sup> Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes. Sophia-Antipolis : ADPCA (Ed.), pp. 387-395.

BREUIL, H. (1905) - Quartz taillé de forme amygdaloïde recueilli près de Limoges (Haute-Vienne). In : *Congrès préhistorique de France*, (1905, Périgueux), Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp. 219-221.

BREUIL, H. (1937) - Terrasses et quartzites taillés de la haute vallée de la Garonne. *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 34 (2), 1-27.

BRUXELLES, L., BERTHET, A.-L., CHALARD, P., COLONGE, D., DELFOUR, G., JARRY, M., LELOUVIER, L.-A., ARNOUX, T., ONEZIME, O. (2003) - Le Paléolithique ancien et moyen en Midi toulousain : nouvelles données et perspectives de l'archéologie préventive. *Paléo*, 15, 7-28.

BRUXELLES, L., BERTHET, A.-L., CHALARD, P., COLONGE, D., DELFOUR, G., JARRY, M., LELOUVIER, L.-A., ARNOUX, T., ONEZIME, O. (2005) - Le site de Labadie à Mondonville (Haute-Garonne, France) : nouvelles données géomorphologiques et archéologiques sur le Paléolithique inférieur dans le Midi toulousain. In : N. Molines, M.H. Moncel, J.L. Monnier (Dir.), *Les Premiers peuplements en Europe*, Actes du colloque : Données récentes sur les modalités de peuplement en Europe au Paléolithique inférieur et moyen (22-25 septembre 2003, Renne). Oxford : Archaeopress (Ed.) pp. 149-158 (BAR International Series S136)

BRUXELLES, L., JARRY, M., BEVILACQUA, R. (2008) - Un nouveau jalon pour l'approche contextuelle du Paléolithique moyen en Midi toulousain : Bel-Soleil à Cornebarrieu (Haute-Garonne, France). In : J. Jaubert, J.G. Bordes, I. Ortega (Dir.), *Les Sociétés du Paléolithique dans le Grand-Sud-Ouest de la France : nouveaux gisements, nouveaux résultats, nouvelles méthodes*, Actes de la journées SPF, (24-25 novembre 2006, Talence). Paris : Société préhistorique française (Ed), pp. 174-188 (mémoires 67).

CAPDEVILLE, J.P., CHALARD, P., JARRY, M., MILLET, D., O'YL, W. (1997) - Le gisement acheuléen d'En Jacca – La Sauvegarde à Colomiers (Haute-Garonne) : nouvelles données. *Paléo*, 9, 69-99.

CAPDEVILLE, J.P. (1998) - *Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), d'Aire sur- l'Adour (979)*. Orléans: BRGM (Ed.), 52 p.

CAPDEVILLE, J.P., CHALARD, P., COLONGE, D., JARRY, M. (1999) - La station acheuléenne du Lotissement du Château à Fonsorbes (Haute-Garonne). *Bulletin Préhistoire du Sud-Ouest*, 6 (2), 105-124.

CAVALIN, F. (2010) - *Les Lanne (Aquitaine, Landes, Hastings)*. Rapport final d'opération de diagnostic archéologique. DRAC Aquitaine. 142 p.

CHAUCHAT, C., THIBAUT, C. (1968) - La station de plein air du Basté à Saint-Pierre d'Irube (Basses-Pyrénées). Géologie – Étude archéologique préliminaire. *Bulletin de la Société préhistorique française. Etudes et travaux*, 65 (1), 295-318.

CHEVRIER, D. (1986) - GaFf-1 : un atelier de taille du quartz en Jamésie orientale. *Recherches amérindiennes au Québec*, 16 (2-3), 57-72.

COLLINA-GIRARD, J. (1986) - Grille descriptive et évolution typologique des industries archaïques : le modèle catalan. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 83 (11-12), 383-403.

- COLLINA-GIRARD, J., TURQ, A. (1991) - Le Paléolithique moyen sur galets de la station des Planes, commune de Montayral (Lot-et-Garonne). *Paléo*, 3, 49-74.
- COLONGE, D. (1997) - *Le Paléolithique inférieur de la moyenne vallée de l'Arros (Hautes-Pyrénées)*. Mémoire de maîtrise, Université de Toulouse II-Le Mirail, 140 p.
- COLONGE D. (2001) - *L'Acheuléen du Plateau de Lannemezan (Hautes-Pyrénées) à travers les exemples de sites des Canaux d'Irrigation des Coteaux de Gascogne*. Mémoire de DEA, Université de Toulouse II-Le Mirail, 110 p.
- COLONGE D. (2005) - Économie des matières premières lithiques sur un site acheuléen du piémont pyrénéen : Lanne-Darré à Uglas (Hautes-Pyrénées) In : J. Jaubert et M. Barbaza (Dir.), *Territoires, déplacements, mobilités, échanges durant la Préhistoire. Terres et Hommes du Sud*. Actes des 126<sup>ème</sup> congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques (Toulouse, 2001). Paris : CTHS (Ed.), pp. 33-48.
- COLONGE, D., MOURRE, V. (2009) - Quartzite et quartzites, aspects pétrographiques, économiques et technologiques des matériaux majoritaires du Paléolithique ancien et moyen du Sud-Ouest de la France ». In : S. Grimaldi, S. Cura (Dir.), *Technological analysis on quartzite exploitation - Analyse technologique de l'exploitation du quartzite*, session WS15, XVI<sup>e</sup> Congrès de l'UISPP (septembre 2006, Lisbonne). Oxford : Archaeopress (Ed.), pp. 3-12 (BAR International Series 1998).
- COLONGE, D., TEXIER, J.P. (2005) - Le gisement Acheuléen de Lanne-Darré (Uglas, Hautes-Pyrénées) et perspectives régionales dans le Sud-ouest de l'Europe. In : N. Molines, M.H. Moncel, J.L. Monnier (Dir.), *Les Premiers peuplements en Europe*, Actes du colloque : Données récentes sur les modalités de peuplement en Europe au Paléolithique inférieur et moyen (22-25 septembre 2003, Renne). Oxford : Archaeopress (Ed.) pp. 203-214 (BAR International Series S136).
- COLONGE, D., DELFOUR, G., FONDEVILLE, C., JARRY, M., ARNOUX, T., BERTHET, A.L. (2002) - *Raspide 2 (Blagnac, Haute-Garonne)*. Rapport final d'opération de diagnostic archéologique. DRAC Aquitaine. 83 p.
- COULONGES, L., LANSAC, A. (1954) - La grotte de La Pronquière, commune de Saint-Georges (Lot-et-Garonne). *Bulletin de la Société d'études et de recherches préhistoriques des Eyzies*, 4, 25-32.
- COURTIN, J. (1965) - Labrets préhistoriques en quartz au Borkou, Nord-Tchad. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 4, 148-151.
- DANIEL, R., DESMAISONS, H. (1938) - Les industries moustériennes en calcaire siliceux, quartz et silex des grottes d'Arcy-sur-Cure, de Saint-Moré et de Merry (Yonne). Études géologiques et préhistoriques. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 35 (5), 216-227.
- FARIZY C., DAVID F., JAUBERT J. (dir.) (1994), Hommes et bisons du Paléolithique moyen à Muraan (Haute-Garonne). Paris : CNRS (Ed.), 267 p. (30<sup>ème</sup> supplément à Gallia Préhistoire).
- FITTE, P. (1968) - Contribution à l'étude du Préhistorique en Limousin - Industries en quartz du Paléolithique ancien et moyen. *Bulletin de la Société archéologique et historique du Limousin*, 95, 9-20.
- FOURNIER, R-A. (1973) - *Les outils sur galets du site mindélien de Terra-Amata (Nice, Alpes-Maritimes)*. Thèse de doctorat, Université de Provence, 240 P.
- HUET, B. (2006) - *De l'influence des matières premières lithiques sur les comportements techno-économiques au Paléolithique moyen : l'exemple du Massif armoricain (France)*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 523 p.
- ICOLE, M. (1967) - Limons rouges quaternaires sur le Lannemezan. Leur évolution pédologique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 265, 789-791.
- ICOLE, M. (1968). Données nouvelles sur la formation du Lannemezan. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 267, 687-689.
- ICOLE, M. (1969) - Âge et nature de la formation dite de Lannemezan. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 40 (2), 157-170.
- ICOLE, M. (1973) - *Géochimie des altérations dans les nappes d'alluvions du piémont pyrénéen*. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 200 p.
- ICOLE, M. (1980). L'altération au sein des alluvions quaternaires du piémont occidental nord-pyrénéen : éléments de corrélations. In : J. Chaline (Dir.), *Problèmes de stratigraphie quaternaire en France et dans les pays limitrophes*. Actes de la table-ronde de Dijon. Paris : Association française pour l'étude du quaternaire (Ed.), pp. 312-313.

- JARRY, M. (2010) - *Les groupes humains du Pléistocène moyen et supérieur en Midi toulousain : contextes, ressources et comportements entre Massif Central et Pyrénées*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 470 p.
- JARRY, M., COLONGE, D., LELOUVIER, L.-A., MOURRE, V. (2007a) - *Les Bosses (Lamagdelaine, Lot, France) : un gisement paléolithique moyen antérieur à l'avant dernier Interglaciaire sur la moyenne terrasse du Lot*. Paris : Société préhistorique française (Ed.), 159 p.
- JARRY, M., BRUXELLES, L., ONEZIME, O., PINSARD, A. (2007b) - *Larroudé à Lias (Gers)*. Rapport final d'opération de diagnostic archéologique. DRAC Aquitaine. 33 p.
- JARRY, M., LELOUVIER, L.-A., ARNOUX, T., BERTHET, A.-L., BRUXELLES, L., CHALARD, P. (2008a) - *Acheuléen et Moustérien en Midi toulousain : le gisement stratifié de Bichou à Montaignut-sur-Save (Haute-Garonne, France)*. Rapport final d'opération. DRAC Aquitaine. 206 p.
- JAUBERT, J. (1995) - Schémas opératoires et outillages peu élaborés : le cas du Paléolithique inférieur et moyen de Coudoulous I (Lot). *Cahier noir*, 7, 85-100.
- JAUBERT, J. (1997) - L'utilisation du quartz au Paléolithique inférieur et moyen. *Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes*, 6, 239-258.
- JAUBERT, J., LORBLANCHET, M., LAVILLE, H., SLOTT-MOLLER, R., TURQ, A., BRUGAL, J.P. (1990) - *Les chasseurs d'Aurochs de la Borde, une site du Paléolithique moyen (Livernon, Lot)*. Paris : Documents d'archéologie française (Ed.), 157 p.
- JAUBERT, J., MOURRE, V. (1996) - Coudoulous, Le Rescoundudou, Mauran : diversité des matières premières et variabilité des schémas de production d'éclats. In : A. Bietti, S. Grimaldi (Dir.), *Reduction processes («chaînes opératoires») for the European Mousterian*, Proceedings of the International Round Table. Rome : Quaternaria Nova (Ed.), pp. 313-341.
- KNUTSSON, K. (1988a) - *Patterns of tool use - Scanning electron microscopy of experimental quartz tools*. Uppsala : Societas Archaeologica Upsaliensis (Ed.), 114 p.
- KNUTSSON, K. (1988b) - *Making and using stone tools - The analysis of the lithic assemblages from Middle Neolithic sites with flint in Västerbotten, northern Sweden*. Uppsala : Societas Archaeologica Upsaliensis (Ed.), 200 p.
- LAPLACE, G. (1962) - Découverte d'un gisement acheuléen dans les limons du Plateau de Lannemezan. In : Actes du quatrième congrès International d'études pyrénéennes (11-16 septembre 1971, Pau-Lourde). Pau : Union Internationale d'Études Pyrénéennes (Ed.), pp. 27-27.
- LELOUVIER, L.A., BRUXELLES, L., JARRY, M., MOURRE, V., ONEZIME, O., CHALARD, P., MAGNIN, F. (2005) - *La Rominguière (Cornebarrieu, Haute-Garonne)*. Rapport final d'opération. DRAC Aquitaine. 70 p.
- MEROC, L., BREUIL, H. (1955) - Quartzites taillés sur la moraine de Seilhan dans la haute vallée de la Garonne. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 90, 252-256.
- MILLET, D., JAUBERT, J., DUCLOS, G., CAPDEVILLE, J.P., PONS, J.C., JARRY, M., LACOMBE, S., MILLET, F. (1999) - Une exploitation paléolithique du grès en Bas Armagnac : Cazalège (Castelnau-d'Auzan, Gers). *Paléo*, 11, 43-70.
- MOLONEY, N. (1988) - Experimental biface manufacture using non-flint lithic materials. In : R.J. Mac Rae, N. Moloney (Dir.), *Non-Flint Stone Tools and the Palaeolithic Occupation of Britain*. Oxford : Archaeopress, pp. 49-64 (BAR British Series 189).
- MONNIER, J.L. (1980) - *Le Paléolithique de la Bretagne dans son cadre géologique*. Rennes, Université de Rennes (Ed.), 607 p.
- MOURRE, V. (1994) - *Les industries en quartz au Paléolithique moyen. Approche technologique de séries du Sud-Ouest de la France*. Mémoire de maîtrise, Université de Paris X-Nanterre, 71 p.
- MOURRE, V. (1996) - Les industries en quartz au Paléolithique - Terminologie, méthodologie et technologie. *Paléo*, 8, 205-223.
- MOURRE, V. (1997) - Industries en quartz : précisions terminologiques dans les domaines de la pétrographie et de la technologie. *Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes*, 6, 201-210.
- MOURRE, V., COLONGE, D. (2007) - Et si l'Acheuléen méridional n'était pas là où on l'attendait ? In : J. Evin (Dir.), *Un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire, Actes du XXVIème Congrès Préhistorique de France* (Avignon 21-25 septembre 2004). Paris, Société Préhistorique Française (Ed.), pp. 63-78.

- NORMAND, C. (2002) - Les ressources en matières premières siliceuses dans la basse vallée de l'Adour et de ses affluents. Quelques données sur leur utilisation au Paléolithique supérieur. In : N. Cazals (Dir.), *Comportements techniques et économiques des sociétés du Paléolithique supérieur dans le contexte pyrénéen*. Rapport de PCR. DRAC Midi-Pyrénées.
- PATIN, J. (1966) - *Erosion et sédimentation sur le piémont des Pyrénées centrales du Tortonien moyen au Quaternaire ancien*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 315 p.
- NOVIKOV, V.P., RADILLOVSKY, V.V. (1990) - Quartz anisotropy in stone-age artifacts of the Hissar. In : M.R. Séronie Vivien et M. Lenoir (Dir.), *le silex de sa genèse à l'outil*. Actes du 5ème flint Symposium (Talence, 17 septembre-2 octobre 1987). Paris : CNRS (Ed.), pp. 593-598 (Cahier du Quaternaire 17).
- PANT, R.K. (1979) - Étude des traces d'utilisation des outils lithiques. *Dossiers de l'Archéologie*, 36, 86-89.
- RICHARD, G. (1962) - Silex et «roches dures». *Bulletin de la Société préhistorique française*, 59 (1-2), 23-24.
- RIO CARRA, M. (1991) - *L'industrie sur quartz de Nolhac-Biard, un gisement du Très ancien Paléolithique. Résultats préliminaires*. Mémoire de DEA, Université de Aix-Marseille I et II.
- ROUZAUD, F., SOULIER, M., BRUGAL, J.P., JAUBERT, J. (1990) - L'igle des Rameaux (Saint-Antonin-Noble-Val, Tarn-et-Garonne). Un nouveau gisement du Pléistocène moyen. Premiers résultats. *Paléo*, 2, 89-106.
- SACCO-SONADOR A. (2008) - *Matières premières et variabilité des industries lithiques dans l'Acheuléen du Sud-Ouest de la France : ébauche d'atlas techno-économique*. Mémoire de master 2, Université de Toulouse II-Le Mirail, 67 p.
- SERVELLE, C., SERVELLE, G. (1981) - L'industrie acheuléenne de la doline P1 du Prône, Saint-Gauzens, (Tarn) - Étude préliminaire. In : Congrès préhistorique de France. Compte Rendu de la 21ème session, Quercy (3-9 septembre 1979, Montauban-Cahors). Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp. 287-307.
- SIMONNET, R. (1981) - Carte des gîtes à silex des Pré-Pyrénées In : Congrès préhistorique de France. Compte Rendu de la 21ème session, Quercy (3-9 septembre 1979, Montauban-Cahors). Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp. 308-323.
- SIMONNET, R. (1999) - De la géologie à la préhistoire : le silex des Pré Pyrénées – résultats et réflexions sur les perspectives et les limites de l'étude des matières premières lithiques. *Paléo*, 11, 71-88.
- SIMONNET, R. (2002) - Le silex dans le bassin sous-pyrénéen de la Garonne. Compléments. *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 57, 113-170.
- TAMAIN, G. (1965) - Préhistoire et pétrographie : réponse à un collègue. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 62 (4), 156-158.
- TAVOSO, A. (1972) - Les industries de la moyenne terrasse du Tarn à Téco. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 70 (4), 103-107.
- TAVOSO, A. (1976) - Les civilisations du Paléolithique moyen dans le Bassin du Tarn. In : H. de Lumley (Dir.), *La Préhistoire française*. Paris : CNRS (Ed.), pp. 1041-1047.
- TAVOSO, A. (1986) - *Le Paléolithique inférieur et moyen du Haut-Languedoc. Gisements des terrasses alluviales du Tarn, du Dadou, de l'Agout, du Sor et du Fresquel*. Nice : Laboratoire de Paléontologie Humaine et de Préhistoire (Ed), 494 p. (Études Quaternaires 5)
- TAILLEFER, F. (1951) - *Le piémont des Pyrénées françaises*. Toulouse, Privât (Ed.), 383 p.
- TURQ, A., BRENET, M., COLONGE, D., JARRY, M., LELOUVIER, L.-A., O'FARELL, M., JAUBERT, J. (2010) - The first human occupations in southwestern France: a revised summary twenty years after the Abbeville/Saint Riquier colloquium. *Quaternary international*, 223-224, 383-398.
- VILLA, P. (1981) - Matières premières et provinces culturelles dans l'Acheuléen Français. *Quaternaria*, 23, 19-35.
- VILLA P. (1983) - *Terra Amata and the Middle Pleistocene archaeological record of southern France*. Berkeley : University of California Press (Ed.), 304 p. (University of California Publications in Anthropology 13).

### 2.2.2.3 Silcrètes

AUBRY, T. (1991) – *L'exploitation des ressources en matières premières lithiques dans les gisements solutréens et badegouliens du bassin versant de la Creuse (France)*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux-1, 327 p.

- BAVOUZET, F., LORENZ, C. (1980) - Le bassin éocène de Lys-saint-George. *Bulletin des géologues du Bassin de Paris*, 18 (4), 25-35.
- BAYLE des HERMENS, R. (1966) Le gisement moustérien de Madriat (Puy-de-Dôme). In : *Compte rendu de la 18ème session du Congrès préhistorique de France* (Ajaccio, 4-14 avril 1966). Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp. 100-108.
- BAYLE des HERMENS R., CHOMETTE, D. (1990) - *Sites d'occupations préhistoriques dans la commune de Mazet-Saint-Voy (Haute-Loire)*. Mazet-Saint-Voy : Tarmeye (Ed.), 15 p.
- BOSTYN, F. (2003) - De la lame à la hache : contextes géologiques et socio-économiques des productions en silex tertiaire bartonien du Bassin parisien au néolithique. In : F. Surmely (Dir.), *Les matières premières lithiques en Préhistoire*. Actes de la table ronde internationale (Aurillac, Juin 2002). Cressensac : Association de préhistoire du Sud-Ouest (Ed.), pp. 63-70 (Supplément au bulletin de Préhistoire du Sud-Ouest).
- BOUT, P. (1953) - La grotte de Cottier, près Retournac (Haute-Loire). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 50 (7-8), 437-443.
- BOULE, M. (1887) - Sur le bassin tertiaire du Malzieu (Lozère). *Bulletin de la Société géologique de France*, 341-341.
- BOULE, M. (1892) - *Description géologique du Velay*. Thèse de doctorat, Université de Paris, 261 p.
- BRESSY, C., GREGOIRE, S., BAZILE, F. (2010) - *Silex et Territoires préhistoriques. Avancées des recherches dans le Midi de la France*. Actes de la Table Ronde de Lattes (juin 2008, Lattes). Edition numérique, 179 p. (Les cahiers de Geopré 1).
- BROUSSE, A. (2012) - La quincite et l'opale associée des calcaires lacustres de la région du Quincy, Berry (Cher). *Saga Information*, 316, 8-14.
- BRUN, P. (1936) - Note sur quelques grottes magdaléniennes de la haute vallée de l'Allier. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 33 (9), 521-525.
- CÉLÉRIER G. (1990) Les dalles silico-ferrugineuses du Bassin de la Dronne : origine, caractérisation et utilisation préhistorique. In : M.R. Séronie Vivien et M. Lenoir (Dir.), *le silex de sa genèse à l'outil*. Actes du 5ème flint Symposium (Talence, 17 septembre-2 octobre 1987). Paris : CNRS (Ed.), pp. 111-117 (Cahier du Quaternaire 17).
- CREMILLIEUX, A. (1972). L'abri Baume-Loire n°1, commune de Solignac-sur-Loire (Haute-Loire) In : H. Delporte (Dir.), *XIXème session du Congrès préhistorique de France*, Comptes rendus (Auvergne, 06-14 juillet 1969). Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp. 172-176.
- DABARD, M.P. (2012) - Roches sédimentaires siliceuses du Massif Armoricaire répartition géographique, minéralogique et économie au cours de la Préhistoire. In : G. Marchand et G. Querré (Dir.), *Roches et sociétés de la Préhistoire : entre massifs cristallins et bassin sédimentaires*. Rennes : Presses Universitaires de France (Ed.), pp. 123-137.
- DEBOUT, G., VALENTIN, B., LEESCH, D., BODU, P., DUMARÇAY, G., SCHOCH, W., THIEBAULT S. (2014) - Pincevent et la chronologie du Magdalénien septentrional. Nouveaux éléments au débat. In : Julien, M. et Karlin, C. (dir.), *Un automne à Pincevent. Le campement magdalénien du niveau IV20*. Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp. 49-59.
- DELPORTE, H. (1972) - Le Proto-Magdalénien du Blot commune de Cerzat (Haute-Loire). Etude préliminaire. In : Delporte, H. (dir.), *Compte rendu de la XIXème session du congrès préhistorique de France* (Auvergne, 06-14 juillet 1969). Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp.190-199.
- DELPORTE, H., VIRMONT, J. (1983) - Les débuts du Paléolithique supérieur en Auvergne et en Bourbonnais et la séquence périgordienne. In : *Les inédits de la Préhistoire auvergnate*. Clermont ferrand : Musée Bargoin (Ed.), pp. 129-141.
- DESCHAMPS, M. (1973) - *Étude géologique du Sidérolithique du Nord-est du centre du Massif central et des terrains qui lui sont associés*. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 1270 p.
- DESCHAMPS, M. (1976) - Évolution géochimique et lithodépendante dans les faciès continentaux aux sidérolithiques du massif central. *Revue Scientifique du Bourbonnais*, 49-54.
- DESCHAMPS, M. (1977) - Décalcification, quartzification, désilicification par altération des calcaires coniaciens et santoniens (Montflanquin), Lot-et-Garonne. In : *102e Congrès des Sociétés Savantes* (1977, Limoges), 260-260.
- DELVIGNE, V. (2016) - *Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central : des déterminismes et des choix*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 1297 p.

- DIGAN, M. (1993) - *Approche techno-économique du matériel lithique magdalénien de la Goutte-Roffat (Loire)*. Mémoire de DEA, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne.
- DUFAU, F., LABORDE, A., BOUT, P. (1960-1961). La station magdalénienne de Blavozy (Haute-Loire). *Bulletin historique, scientifique, littéraire, artistique et agricole illustré publié par la Société scientifique et agricole de la Haute-Loire*, 34, 27-34.
- DUFRESNE, N. (1998) - *Les silex de la Comté d'Auvergne : pétrographie et approche archéologique*. Mémoire de maîtrise, Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand.
- DUFRESNE, N. (1999) - *La discrimination des silex tertiaires auvergnats : étude géologique et application archéologique (Magdalénien)*. Mémoire de DESS, Université de Bourgogne (Dijon).
- DURAND, M., MEYER, R. (1982) - Silicification (silcrètes) et évaporites dans la zone limite violette du trias inférieur Lorrain. *Bulletin de l'UIP Strasbourg*, 35 (12), 17-40.
- ESTÈVE, N. (1942) - Étude des accidents siliceux des calcaires tertiaires de la Limagne. *Revue des sciences naturelles d'Auvergne*, 8 (1), 30-56.
- FÉBLOT-AUGUSTINS J. (1997) - *La circulation des matières premières au Paléolithique. Synthèse des données. Perspectives comportementales. La circulation des matières premières au Paléolithique*. Liège : Eraul (Ed.), 2 volumes, 275 p. et 247 p.
- FERNANDES, P. (2012) - *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 623 p.
- FERNANDES, P., RAYNAL, J.P., MONCEL, M.H. (2008) - Middle Palaeolithic raw material gathering territories and human mobility in the southern Massif central, France: first results from a petro-archaeological study on flint. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2357-2370.
- FERNANDES P., TALLET P., LEANDRI C., TUFFERY C., DAVTIAN G., CAVERNE J.B., BINDER D., TURQ A., MORALA A., LIAGRE J., GAILLOT S., DESSAINT P., RAYNAL J.P., CHALARD P., TOMASSO A. ET PLATEL J.P. (2013) - *Réseau de Lithothèques en Rhône-Alpes*. Rapport final d'opération. DRAC Rhône-Alpes, 188 p.
- FERNANDES P., RAYNAL J.P., TALLET P., TUFFERY C., PIBOULE M., SERONIE-VIVIEN M., SERONIE-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., LEANDRY-BRESSY C. (2013) - Une carte et une base de données pour les formations à silex du sud de la France : un outil pour la pétroarchéologie. *Paléo*, 24, 219-228.
- FRERICHMANN, U. (1977) - *Le volcanisme dans les environs de Saint-Pierre-Eynac (Haute-Loire). Étude géologique et pétrographique*. Mémoire de DESS, Université de Clermont-Ferrand, 75 p.
- FREYDET, P. (1965) - *Sédimentation microcycloithématique avec croûtes zonaires à algues dans calcaires de Beauce*. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7, 309-313.
- FOUÉRÉ, P. (1994) - *Les industries en silex entre Néolithique moyen et Campaniforme dans le Nord du bassin Aquitain. Approche méthodologique, implications culturelles de l'économie des matières premières et du débitage*. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1, 551 p.
- GÈZE, B., CAVAILLE, A. (1977) - Aquitaine orientale. Guides géologiques régionaux. Paris : Masson (Ed.), 184 p.
- GIREAUD, J. (1902) - Études géologiques sur la Limagne (Auvergne). *Bulletin de la carte géologique de la France*, 87 (13), 1-410 p.
- GOURDON-PLATEL, N. (1977) - Hypothèse sur la formation des dalles silico-ferrugineuses de la bordure nord-aquitaine. *Revue de géomorphologie dynamique*, 26, 60-62.
- GRÉGOIRE, S. (2000) - *Origine des matières premières des industries lithiques du Paléolithique pyrénéen et méditerranéen. Contribution à la connaissance des aires de circulations humaines*. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, 246 p.
- GRÉGOIRE, S., BAZILE, F., BOCCACCIO, G., DENIAUX, B., GIRESSÉ, P., NECTOUX, D., POIS, V., SAOS, T., TERRADAS, X. (2005) - *Matières premières siliceuses en Languedoc-Roussillon*. Projet Collectif de Recherches. DRAC Languedoc-Roussillon.
- GRÉGOIRE, S., BAZILE, F., BOCCACCIO, G., DENIAUX, B., GIRESSÉ, P., LEBEGUE, F., POIS, V., SAOS, T., TERRADAS, X. (2006) - *Matières premières siliceuses en Languedoc-Roussillon*. Projet Collectif de Recherches. DRAC Languedoc-Roussillon.

- GREGOIRE, S., BAZILE, F., BOCCACCIO, G., LEBEGUE, F., POIS, V., SAOS, T., TERRADAS, X. (2007) - *Matières premières siliceuses en Languedoc-Roussillon*. Projet Collectif de Recherches. DRAC Languedoc-Roussillon.
- GREGOIRE, S., BAZILE, F., BOCCACCIO, G., BRESSY, C., LEBEGUE, F., MENRAS, C., POIS, V., REMICOURT, R., SAOS, T., TERRADAS, X., VARIA, S. (2008) - *Matières premières siliceuses en Languedoc-Roussillon*. Projet Collectif de Recherches. DRAC Languedoc-Roussillon.
- GREGOIRE, S., BAZILE, F., BOCCACCIO, G., BRESSY, C., LEBEGUE, F., MENRAS, C., POIS, V., SAOS, T., TERRADAS, X. (2009) - *Matières premières siliceuses en Languedoc-Roussillon*. Projet Collectif de Recherches. DRAC Languedoc-Roussillon.
- GUYODO, J.N. (2003) - Acquisition et circulation des matières premières au Néolithique dans l'ouest de la France. In : F. Surmely (Dir.), *Les matières premières lithiques en Préhistoire*. Actes de la table ronde internationale (Aurillac, Juin 2002). Cressensac : Association de préhistoire du Sud-Ouest (Ed.), pp. 185-197 (Supplément au bulletin de Préhistoire du Sud-Ouest).
- IRRIBARIA, R. (1991) - Premiers repérages d'une minière d'extraction d'opale-silexite (silex tertiaire) en Loir-et-Cher, commune de Sèvres et de Mer. In : J. Pelegrin, A. Richard (Dir.), *Les mines de silex au Néolithique en Europe : avancées récentes*, Actes de la table ronde de Vesoul (Vesoul, 18-19 octobre 1991). Paris : CTHS, pp.83-88.
- IRRIBARIA, R. (1992) - *La diffusion de l'opale dans les pays de Loire moyenne : état de la question en 1992*. Mémoire de DEA, université de Paris I Panthéon-Sorbonne.
- LARICK, R.R. (1983) Périgord cherts : an analytical frame for investigating the movement of Paleolithic hunter-gatherers and their resources. In : G. de G. Sieveking et M.B. Hart (Dir.), *The scientific study of flint and chert*, Proceedings of the fourth international flint symposium (Brighton, 10-15 avril 1983). Cambridge : Cambridge University Press (Ed.), pp. 111-120.
- MASSON, A. (1981). *Pétoarchéologie des roches siliceuses, intérêt en Préhistoire*. Thèse de doctorat, Université de Lyon, 91 p.
- MAUGER, M. (1985) - *Les matériaux siliceux utilisés au Paléolithique supérieur en Île-de-France*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon - La Sorbonne, 406 p.
- MORANGE, A., HERRITIER, F., VILLEMEN, J. (1971) - Contribution de l'exploration pétrolière à la connaissance structurale et sédimentaire de la Limagne dans le massif central. In : E. Wegmann (Dir.), *Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif central français*, Comptes rendus du symposium en l'honneur du professeur J. Jung (Clermont-Ferrand, 1971). Clermont-Ferrand : Plein air service (Ed.), pp. 309-330.
- MOULINES N. Querre, G. , Monnier, J.L. , Dabard, M.P. , Estouele-choux, J., Brault, N. , Rouxel, T. , Sangleboeuf, J.C. (2003) - Caractérisation géologique pétrographique et propriétés mécaniques des Grès lustrés et autres quartzarenites dans le massif Armoricaïn au Paléolithique inférieur et moyen. In : F. Surmely (Dir.), *Les matières premières lithiques en Préhistoire*. Actes de la table ronde internationale (Aurillac, Juin 2002). Cressensac : Association de préhistoire du Sud-Ouest (Ed.), pp. 217-225 (Supplément au bulletin de Préhistoire du Sud-Ouest).
- NAHON, D. (1976) - *Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal occidental et en Mauritanie systèmes évolutifs*. Strasbourg : Université de Strasbourg (Ed.), 232 p. (Mémoire Sciences géologiques 44).
- NGOS, S. (1984) - *Contribution à l'étude de la partie inférieure du Stéphanien de la région de Saint-Etienne faciès silicifiés et paléovolcanisme*. Mémoire de DEA, Université de Nancy, 60 p.
- PHILIBERT, D. (1986) - *Du Paléolithique au Néolithique en Auvergne, Velay et Limousin. Essai d'histoire critique de la notion de Mésolithique*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 621 p.
- PARRON, C. Nahon, D., Fritz, B., Paquet, H., Millot, G. (1976) - *Désilicification et quartzification par altération des grès albiens du Gard*. *Bulletin de Sciences géologiques*, 29 (4), 273-284.
- PELLETIER, H. (1977) - Étude des opales de Mirefleurs. *Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne*, 43, 49-52.
- PERPERE, M. (1984) - Un atelier de débitage Moustérien près de Madriat (Puy-de-Dôme). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 81 (7), 207-211.
- PRIMAULT, J. (2003) - *Exploitation et diffusion des silex de la région du Grand-Pressigny au Paléolithique*. Thèse de doctorat, Université Paris X - Nanterre, 362 p.

- PROST, A. (1961) - Nouvelles données sur les marno-calcaire de brie et sur l'origine de la meulièrement de cette formation. *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 253, 553-559.
- RAYNAL, J.P., MONCEL, M.H., FERNANDES, P., SANTAGATA, C., GUADELLI, J.L., FERNANDES, P., FIORE, I., PATOU-MATHIS, M. (2007) - Espace minéral et espace de subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif Central français : les sites de Sainte-Anne I (Haute-Loire) et de Payre (Ardèche). In : M.H. Moncel, A.M. Moigne, M. Arzarello, C. Peretto (Dir.), *Aires d'approvisionnement au Paléolithique en Europe*, Actes du Workshop 23 du XVème Congrès UISPP (Septembre 2006, Lisbonne). Oxford : Archaeopress (Ed.), pp. 141-159 (BAR International series 1725).
- RINGEADE, M. (1978) - *Contribution à la biostratigraphie des faciès continentaux d'Aquitaine (Éocène supérieur à Miocène inférieur) par l'étude des micromammifères et des charophytes*. Thèse de 3ème cycle, Université de Bordeaux 3, 318 p.
- SIMONNET, R. (1981) - Carte des gîtes à silex des Pré-Pyrénées In : Congrès préhistorique de France. Compte Rendu de la 21ème session, Quercy (3-9 septembre 1979, Montauban-Cahors). Paris : Société préhistorique de France (Ed.), pp. 308-323.
- SIMONUCCI, C. (2000) - *Caractérisation des silex lacustres oligocènes du bassin d'Apt-Forcalquier*. Mémoire de DEA, Université de Bourgogne, 120 p.
- SLIMAK, L., BRESSY, C., GUENDON, J.-L., MONTROYA, C., OLLIVIER, V., RENAULT, S., GILABERT, C., BOURNE, S. (2005) - *Caractérisation des formations siliceuses oligocènes de Haute-Provence, vallée du Largue : communes de Reillanne, Forcalquier, Saint-Michel de l'Observatoire, Alpes de Haute-Provence*. Rapport de prospection inventaire. DRAC Provence-Alpes-Côte d'Azur, 47 p.
- SONNEVILLE-BORDES, D. de (1962) - L'industrie magdalénienne de l'abri sous roche de Blavozy. *L'Anthropologie*, 67, 368-369.
- SURMELY, F. (1998) - *Le peuplement de la moyenne montagne auvergnate, des origines à la fin du Mésolithique*. Thèse de Doctorat d'État, université de Bordeaux 1, 444 p.
- SURMELY, F., BARRIER, P., BRACCO, J.P., CHARLY, N., LIABEU, R. (1998) - Caractérisation des silex par l'analyse des microfaciès et application au peuplement préhistorique de l'Auvergne (France). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, vol 326, 595-601.
- SURMELY, F., PASTY, J.F., ALIX, P., DUFRESNE, N., LIABEU, R., MURAT, R. (2002) - Le gisement magdalénien de Pont-Longues (les-Martres-de-Veyres, Puy-de-Dôme). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99 (1), 13-38.
- TAPSOBA, P. (1967) - *Paléosols ferrugineux du Lembron (Puy de Dôme)*. Étude pétrographique et géochimique. Thèse de doctorat, Université Clermont II, 130 p.
- THIRAU, E., AUDIBERT, C., BAILLY, V., BLOUET, E., CATTIN, F., CAVERNE, J.-B., CHARBOUILLOT, S., COURBOIN, E., DELHON, C., DEPARNAY, X., DOUSSE, M., DUFOURNET, A., DURAND, F., FERNANDES, P., LATOUR, C., LÉCONTE, C., MORIN, J., NICOLLE, B., PARISOT, N., PICAVET, R., PROSEKOVA, L., REMICOURT, M., RIVAT, F., ROUX, L., RUÉ, M., SENEPART, I., SCHWARTZ, D., TACUSSEL, P., TALLET, P., VITAL, J., VANNIEUWENHUYSE, D., VYSLOUZILOVA, B. (2014) - Le Petit-Beaulieu, Clermont-Ferrand -Auvergne, Puy-de-Dôme (63). Rapport final d'opération. DRAC Auvergne, 2806 p.
- TURQ, A. (2000) - *Paléolithique inférieur et moyen entre Dordogne et Lot*. Les Eyzies-de-Tayac : Musée national de Préhistoire (Ed.), 456 p. (Paléo, supplément 2)
- TURQ, A. (2003) - *De la matière première lithique brute à la mise à jour de l'objet archéologique : propositions pour une meilleure exploitation du potentiel informatif du matériel lithique illustrées par quelques exemples du Paléolithique aquitain*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Perpignan, 165 p.
- VIGNEAUX, M. (1975) - Aquitaine occidentale. Guides géologiques régionaux. Paris : Masson (Ed.), 223 p.
- VIRMONT, F., VIRMONT, J. (1973) - La grotte de Cottier à Retournac (Haute-Loire). Etude préliminaire. *Revue archéologique du Centre de la France*, 12 (1-2), 51-62.
- VIRMONT, J. (1972). La grotte de Cottier à Retournac (Haute-Loire). Note préliminaire. In : Delporte, H. (dir.), *Compte rendu de la XIXème session du congrès préhistorique de France* (Auvergne, 06-14 juillet 1969). Paris : Société préhistorique de France (Ed.), 355-357.
- VIRMONT, J., GUERIN, Y., DAUGAS, J.-P., LABORDE, A., QUINQUETON, A. (1972). Tavein et les gisements des environs de Chanteuges. *Revue archéologique du Centre de la France*, 11 (3-4), 222-247.

WATTINNE, A., VENNIN, E., DE WEVER, P. (2003) - Évolution d'un environnement carbonaté lacustre à stromatolithes par l'approche paléo-écologique (carrière de Montaigu-le-Blin, bassin des Limagnes, Allier, France). *Bulletin de la Société géologique de France*, 174 (3), 243-260.

WERTH, F. (1991) - *L'Opale résinite de Saint-Pierre-Eynac, son contexte géologique et sa paléoéconomie*. Mémoire de DEA, Université Aix-Marseille I et II, 51 p.

WERTH, F. (1992). Définition des caractères physico-chimique d'une roche siliceuse, l'opale résinite de Saint-Pierre-Eynac (Haute Loire, France). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 89 (2), 34-36.

WRAGG-SYKES, R., CHOMETTE, D., DEFIVE, E., DELVIGNE, V., LAFARGE, A., FERNANDES, P., LIABEU, R., PIBOULE, M., RAYNAL, J.P. (2014) - *Volume 2 : sondages sur le gîte-atelier de Saint-Pierre-Eynac (Haute-Loire) et son environnement géologique*. Rapport de PCR. DRAC Auvergne, 52p.

## **2.3 AXE 3 : DÉVELOPPEMENT D'UN SIG DES FORMATIONS À SILEX**

*2.3.1 Résumé : « Vrais trous » et « fausses erreurs » : le contrôle de la numérisation de contours des formations à silex en Dordogne à l'aide d'un SIG*

*(C. Tuffery, D. Talec, J.-B. Caverne, P. Tallet, G. Pinçon, S. Konik, J.-P. Platel, A. Turq, A. Morala, P. Fernandes)*

Dans le cadre des Projets Collectifs de Recherches « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes et Réseau de lithothèques en Auvergne », un partenariat avec le Centre National de Préhistoire à Périgueux a permis de réaliser la numérisation au 1/10 000 de toutes les formations à silex de Dordogne. Ce travail, réalisé avec les logiciels ArcGIS et QGIS en utilisant les cartes géologiques au 1/50 000 numérisées et géoréférencées, disponibles dans le service web Infoterre du BRGM, a permis d'aboutir à la production d'une base de données unique sur le sujet des géoressources.

Une fois numérisées et caractérisées de façon homogène, ces formations servent à visualiser les géoressources actuelles et donc d'émettre des hypothèses sur les stratégies d'approvisionnement et de déplacement des populations préhistoriques.

Les données sur les formations à silex ont été transférées sur une plateforme et l'application en-ligne ArcGISOnline (AGOL) d'ESRI<sup>1</sup> qui permet de partager des données géoréférencées de façon sécurisée vers tout public ou seulement des groupes d'utilisateurs. Lors du transfert des données, il s'est avéré que les celles-ci ont subi ponctuellement des déformations due à la généralisation des polygones. Cette fonctionnalité par défaut de l'application AGOL, s'est traduite par la réduction du nombre de vertex dans les polygones les plus grands, ainsi que par l'introduction de fausses erreurs de numérisation.

<sup>1</sup> [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)

Lorsque ce problème a été identifié, les données mises en ligne ont alors fait l'objet d'un contrôle de la qualité des contours des polygones à l'aide de l'extension « Vérificateur de topologie » de QGIS<sup>2</sup> afin de distinguer de « Vrais trous » et de « fausses erreurs ». Le contrôle a ainsi permis d'identifier les « fausses erreurs » de numérisation liées à la généralisation d'AGOL (apparition de nouveaux polygones artificiels entre des contours de formation initialement numérisés en jointure). Ce contrôle a permis de confirmer, pour une partie des polygones des formations, que les polygones intérieurs numérisés initialement l'avaient été à juste titre : il s'agissait donc comme de « vrais trous » au sens où le logiciel QGIS identifie ce type d'entités dans la géométrie des polygones. Il s'agit d'endroits où, sur les cartes géologiques, les formations n'existaient plus sur le terrain lors de l'établissement des cartes géologiques.

Cette étape de contrôle de la qualité de la numérisation et du devenir des fichiers après leur transfert sur la plateforme AGOL, s'est révélée indispensable. Il s'agit d'une garantie de la qualité des données pour les partenaires du projet. Si ce contrôle n'avait pas été fait, des erreurs d'interprétation auraient pu être commises, notamment lors de l'utilisation de fonctionnalités d'analyse spatiale sur ces données, où la qualité de la géométrie est essentielle.

Cette communication vise donc à souligner l'importance des étapes du contrôle de la qualité des données géoréférencées, non seulement lors de leur numérisation initiale mais aussi tout au long de leurs traitements et de leurs transferts vers divers plateformes de diffusion et de partage.

<sup>2</sup> [http://docs.qgis.org/2.0/fr/docs/user\\_manual/plugins/plugins\\_topology\\_checker.html](http://docs.qgis.org/2.0/fr/docs/user_manual/plugins/plugins_topology_checker.html). Cette extension, utilisée pour ce projet dans la version 2.8 de QGIS, s'installe dans le menu Vecteur > Vérificateur de topologie. Cette extension a été récemment complétée dans la version 2.12 par l'extension « Vérificateur de géométrie » (Menu Vecteur > Outils de géométrie > Vérifier les géométries) qui enrichit grandement les possibilités de vérification. <http://www.qgis.org/fr/site/forusers/visualchangelog212/index.html?highlight=v%C3%A9rificateur#feature-geometry-checker-and-geometry-snapper-plugins>

## **2.4 AXE 4 : ÉVALUATIONS LITHOLOGIQUES ET TRACÉOLOGIQUES MENÉES SUR LES MOBILIERS ARCHÉOLOGIQUES DE SITES ACTUELLEMENT EN COURS DE FOUILLE**

### *2.4.1 Sur la mobilité néandertalienne au début du Paléolithique moyen*

*(M.-H. Moncel, P. Fernandes, J.-P. Raynal)*

Les travaux concernent depuis des années le matériel en silex des sites de Payre, l'Abri des Pêcheurs, l'Abri du Maras et les Barasses II. Récemment l'étude a concerné plus en détail la séquence de Payre et en particulier les niveaux Fb et Fa qui ont été comparés au niveau Gb.

#### 2.4.1.1 Niveau Gb

Le matériel lithique analysé du niveau Gb comprend 578 pièces, dont 88% de silex. Il a été identifié 17 lieux de collecte différents, la majorité étant issue des colluvions ou des secteurs à proximité des formations primaires (figure 16).

Les types les plus nombreux sont:

- le type F14 à spicules : ce faciès du Barrémien supérieur a été récolté sous forme de fragments de rognons ou de fragments de bancs en priorité sur le plateau de Cruas, sur la rive droite du Rhône, à proximité du site. Quelques éléments ont été ramassés dans des colluvions et des alluvions ;
- le type F34: ce silex du Bédoulien et/ou Barrémien supérieur a été récolté en fragments de rognons à la surface du plateau de Cruas, où il est actuellement le type le mieux représenté, et sous forme de galets du réseau hydrographique sur le plateau de Cruas proche du site ;
- le type F14 bis: ce silex provient du Barrémo-Bédoulien sans distinction. Il a été récolté en divers points, en rive droite, le plus souvent sous forme de fragments de rognons ;
- type F33: ce faciès du Barrémien supérieur a été récolté sous forme de galets ou de fragments de rognons dans le réseau hydrographique, au pied du plateau de Bayne ou sur le plateau au sud du Teil à environ 30 km.

Les plus rares sont:

- le type F120: Tithonique, récolté sous forme de fragments diaclasés à proximité du site ;
- le types F122, F124, F127: Cénozoïque, récolté en position sub-primaire. F124 et F127 ont été récoltés dans le bassin d'Issirac à moins de 60 km au sud du site. L'origine du F122 est inconnue ;
- type F121: Crétacé supérieur, d'origine alpine, récolté dans les formations alluviales ;
- type F126: silex marin d'origine inconnue.

Parmi les 180 pièces encore indéterminées, un très grand nombre d'artefacts, en particulier les très petits éclats et un des rognons entamés, sont à rattacher aux silicifications du Barrémo-Bédoulien, donc des mêmes secteurs.

L'essentiel du matériel observé provient donc du plateau de Cruas, au sud du site, en rive droite de la vallée du Rhône. Le silex est récolté essentiellement en surface ou dans le réseau hydrographique, sur des gîtes situés entre 5 et 15 km du gisement. La vallée du Rhône, toute proche, est fréquentée beaucoup plus modestement d'après les seules matières premières. Très peu de galets de silex d'origine alpine ont été utilisés.

Les résultats indiquent que les hommes ont circulé en priorité sur les plateaux bordant la rive droite du Rhône, selon un axe nord-sud, jusqu'à 60 km environ, aux limites du Gard. La majorité du silex provient donc de secteurs locaux ou semi locaux (20 km). Les hommes sont allés ramasser leur silex dans plusieurs types de formations superficielles (colluvions, alluvions et formations remaniées liées au conglomérat oligocène). Cette circulation est tournée vers le Sud, le site étant à la limite septentrionale de l'Ardèche calcaire. Le Sud offre en effet le plus grand nombre de gîtes à silex de qualité variée, expliquant logiquement ce flux d'approvisionnement.

La diversité des lieux d'approvisionnement doit être observée sous deux angles:

1) ces hommes ont récupéré du silex lors d'autres activités de subsistance. Ceci pourrait expliquer la relative mauvaise qualité de certains rognons ou galets qui ont été ramassés d'une manière opportuniste selon des critères de forme (surfaces des blocs formant des plans de frappe naturels) ou d'aspect (fragments de rognons roulés ou non roulés).

2) ces hommes ont volontairement fréquenté des zones différentes pour s'approvisionner en silex qui présentaient le même aspect macroscopique. Si cette hypothèse est juste, il faudrait envisager une faible disponibilité en silex, ce qui n'est pas le cas, même si le couvert végétal pouvait faire disparaître certains gîtes. Il est donc probable que les divers lieux de collecte constatés ont été fréquentés lors d'autres activités.

Types génétiques	Stratigraphie	Environnement	Texture	Allochems	Localité type	Position stratigraphique			Effectif	
						secondaire	gîtologique	Néocortex		
F120	Tithonique	marin	mudstone	Calpionelles	Payre		F120.2 F120.3	colluvial, alluvial	local à même le site	8
F14	Bérrémien	marin	wackestone	spicules	Plateau de Cruas	Oligocène à	F14.1 F14.2 F14.3	alluvial, colluvial	local	245
F34	Barrémien supérieur		mudstone	pelloïdes, spicules		Pléistocène	F34.1 F34.2 F34.3	sub-primaire	<10km	96
F33	eur		wackestone	spicules	Saint-Thomé, Bayne, Cruas		F33.1 F33.2 F33.3		régional <30km	36
F124				Gastéropodes, Charophytes			F124.2	colluvial	régional <60 km	5
F127	Eocène supérieur	lacustre	mudstone		Bassin d'Issirac		F127.2	colluvial	régional <60 km	2
			wackestone	Gastéropodes		Pléistocène	F124a.5	?	?	2
F121	?	?	mudstone	Geodes de Quartz	?		F122.1	Sub-primaire	?	1
F122	Crétacé supérieur	marin	wackestone	spicules, végétaux	?		F121.3	alluvial	?	2
F126	?	marin	wackestone	végétaux	?		F126.3	alluvial	?	1
Indet										180
Total										578

Figure 16 : types de silex de niveau Gb de Payre

Selon les types de silex, les chaînes opératoires sont complètes ou partielles.

Les silex les plus fréquents (types F14, F34, F14bis, F33), du local à 30 km : les différentes étapes de la chaîne opératoire de débitage sont en grande partie représentées avec une production abondante de produits de petite dimension (20-40 mm). La présence de plages de cortex liées aux colluvions et aux formations fluviatiles indique un prélèvement dans des dépôts variés, mais essentiellement concentré sur le plateau méridional de Cruas et ses abords. Seul le F33, localisé à 30 km du site, est arrivé sous forme d'éclats dont le plus grand de la série.

Les silex les plus rares (types F120 à F127): les chaînes opératoires de débitage sont partielles. Ces silex ne sont présents que sous la forme de quelques pièces, éclats corticaux ou non corticaux. La plupart mesurent entre 20 et 60 mm. Ce sont très rarement des outils (un racloir, une pointe, un denticulé) et ils ne diffèrent pas des éclats débités sur le site. L'observation de cortex fluviatile et de cortex de colluvions indique la récupération de ces silex dans tous types de milieux, soit en bordure du Rhône au pied du site (F120), soit vers le Sud sur la rive droite. Deux de ces matériaux (F124, F127), aux aspects minéralogiques et micropaléontologiques très proches des silex lacustres du bassin d'Issirac, auraient été collectés tout au plus à 60 km du site, dans ce synclinal qui sera lui aussi exploité par les occupants de l'Abri des Pêcheurs.

Les trois types de silex les plus fréquents ne paraissent pas avoir connu le même type de gestion.

Le type F14 (Barrémien) est le plus abondant, récolté sur le plateau (colluvions). Les éclats bruts et retouchés sont de dimensions variées. Ils ont été obtenus principalement à partir de petits fragments de rognons. Seuls quelques grands éclats avec une retouche envahissante (semi-Quina ?) sont présents. La retouche est marginale, non transformante. Le seul petit biface est sur ce type de silex local.

Il en est de même pour le type 34 récolté sur le versant du plateau de Cruas (colluvions, dépôts remaniés du conglomérat). La chaîne opératoire a pu être mise en oeuvre intégralement dans le site (production et consommation des produits).

Le type F33 provient de la zone la plus éloignée (environ 30 km). Pourtant, il est représenté par quelques produits bruts et retouchés de grande taille. Les outils façonnés sont sur ces éclats les plus grands. Le biface le plus grand de la série

est également façonné dans ce type de silex, de même que deux rognons entamés de relative bonne qualité. Cette matière première a pu servir à produire surtout de grands éclats destinés à devenir des outils et des nucléus pour débiter de plus petits éclats dans le site. Les grands éclats, les grands outils, les nucléus et le biface auraient été alors importés. Le modèle qui interdit le transport sur de moyenne distance de blocs plus conséquents est donc remis en question par la présence de ces rognons.

#### 2.4.1.2 Niveau Fb

Il a été possible de caractériser 198 objets en silex pour le niveau Fb qui ont été comparés aux mêmes échantillons géologiques régionaux. Ceci représente la presque totalité du corpus mesurant plus de 15 mm. A cela a été ajouté un échantillon de très petits éclats.

La majorité des silex proviennent d'alluvions, il est donc impossible de déterminer avec précision la distance excepté le périmètre maximal en amont (figure 17). Seuls 10% des silex proviennent des colluvions.

- Type F14 à spicules : la série contient 104 objets de ce type dont neuf issus de la base du fossé d'effondrement de Rochemaure. Ils présentent de fortes similitudes avec les silex barrémobédouliens (faciès hémipélagiques) présents en rive droite du Rhône, du nord de Cruas à Viviers. Leurs néocortex indiquent un mode de collecte bipolaire dans le réseau hydrographique récent et les formations alluviales fossiles. Ces deux groupes, plus ou moins évolués selon leurs encaissements secondaires, sont présents dans le niveau Gb de Payre, à l'abri des Pêcheurs, celui du Maras, à Balazuc et sur le site de plein-air de Saint-Bauzile (Andance, Ardèche).

- Type F32 : la série contient trois objets de ce type. Sa matrice opaque et microcristalline présente certaines similitudes avec les silex issus des calcaires entre Rochemaure et le Teil. Leur néocortex indique un mode de collecte dans le réseau hydrographique récent. Ce type a été intégré dans les études précédentes au F14. Il n'a donc pas été décrit au cours des diagnostics du niveau Gb de Payre et des séries du Maras, des pêcheurs, de Balazuc et de Saint-Bauzile.

Le périmètre régional (30-60 km) est illustré par les types F35 et F33 :

- type F35 : la série étudiée contient cinq objets de ce type. Ils présentent de grandes similitudes avec les silex sinémuriens de la zone autour de la Chapelle-sous-Aubenas. Cependant leurs néocortex indiquent un mode de collecte dans le réseau hydrographique

groupes	silex à crinoïdes	silex à spicules	silex à Glomospira	silex opaque	silex à rhomboédres	silex à bryozoaires	silex à pseudoolithes	silex à gasstropodes	silicrète
types	F35	F14	F121	F32	F33	F215	F165	F124	F122b
nature	silex marin	silex marin	silex marin	silex marin	silex marin	silex marin	silex palustre	silex lacustre	silicification continentale
type d'encaissant	calcaires micritiques	calcaires n4as à spicules	calcaires à silex	calcaires à silex	calcaires à silex	calcaires à bryozoaires	calcrètes à Strophostoma et Planorbis	calcaires crayeux	indéterminée
origine géographique	Aubenas	zone de Cruas à Larnas	zone de Viviers, Rocherenard	Rochemaure-Le Teil	Saint-Thomé, Bois de Vallonge	Rochechinard	Laval Saint-Roman, Ellieux	Bassin Issirac	indéterminée
origine stratigraphique	Sinémurien	Barrémo-Bédoulien	Barrémo-Bédoulien	Barrémo-Bédoulien	Barrémo-Bédoulien	Turonien sup à Coniacien	Lutetien	Ludien	Tertiaire
lieux de collecte potentiels	rive droite du Rhône à Partir d'Aubenas	rive droite du Rhône à partir du nord de Cruas	rive droite Rhône à partie de Rochemaure, présent à Saint-Marcel d'Ardèche	rive droite Rhône à partie de Rochemaure, présent à Saint-Marcel d'Ardèche	rive droite Rhône à partir de Viviers	rive gauche du Rhône?	rive droite du Rhône à partir de Saint Montan	indéterminé	indéterminée
nombre d'objets niveau Fb	5 objets	104 objets dont 9 issus de Rochemaure	4 objets	3 objets	1 objet	4 objets	2 objets	1 objet	1 objet
présence dans le niveau Gb	non	oui	oui	indéterminée	oui	non	non	oui	oui

Figure 17 : types de silex du niveau Fb de Payre

récent. Ce groupe est présent à la grotte des Barasses II à Balazuc et à l'abri des Pêcheurs.

- type F33 : la série ne contient qu'un seul objet de ce type. Il présente de fortes similitudes texturales et chromatiques avec les silex issus des calcaires du secteur du Bois de Vallonge (Saint-Thomé). Son néocortex indique un mode de collecte dans le réseau hydrographique récent. Il est présent dans le niveau Gb de Payre.
- type F121 (périmètre régional) : la série contient quatre objets de ce type. Sa texture à Glomospira (à patine noire) présente de fortes similitudes avec les silex issus des calcaires bédouliens de Rocherenard au nord-est de Viviers. Leurs néocortex indiquent un mode de collecte dans le réseau hydrographique récent. Ce type est présent dans le niveau Gb de Payre.

On peut observer d'autres types rares dans un périmètre de 60 km :

- type F165 : la série contient deux objets de ce type. Il présente de fortes similitudes texturales avec les silicifications continentales à palustres issus des calcrètes de type Laval-Saint-Roman. Leurs néocortex indiquent un mode de collecte dans le réseau hydrographique récent ;
- type F124 : la série ne contient qu'un seul objet de ce type. Il présente des similitudes avec certains microfaciès provenant des calcaires ludiens du bassin d'Issirac. Il porte un néocortex indiquant une collecte à proximité du gîte primaire. Ce type est présent dans le niveau Gb de Payre.

Finalement, un type reste inconnu F122b. Il présente certaines similitudes des silicifications des calcaires ludiens du bassin d'Issirac. L'absence de néocortex n'a pas permis de déterminer le type de formation dans laquelle les modules dont sont issus cet objet a été collecté. Ce type n'a été retrouvé que dans la série du niveau Gb de Payre.

- type F215 : la série contient 4 objets de ce type. Il présente de fortes similitudes micropaléontologiques (présence de grands débris de bryozoaires caractéristiques du Coniacien) avec les silex des calcaires turoniens supérieur à coniaciens du secteur de Rochechinard (Drôme) en rive gauche de l'Isère. Avec le F216 issus des calcaires turoniens plus méridionaux il représente un groupe de silex assurément issu des formations du Crétacé supérieur caractéristiques de la rive gauche du Rhône. Leurs néocortex

indiquent un mode de collecte dans le réseau hydrographique récent. Ce paramètre nous empêche de confirmer un mode d'exploitation impliquant un franchissement du Rhône.

En conclusion, la majorité des pièces proviennent d'un périmètre local ou semi-local. Très peu de pièces sont apportées de secteurs situés entre 30 et 60 km. Les indices lithologiques et l'aspect des états de surface indiquent un domaine d'exploitation quasi circonscrit au réseau hydrographique en rive droite du Rhône, vers l'est et le sud, excepté la présence de silex provenant de formations du Crétacé supérieur connues en rive gauche du Rhône (5 pièces). Il se dégage donc une singularité diachronique dans les approvisionnements. Ce type de comportement est très différent de la diversité des sources utilisées par les occupants du niveau Gb sous-jacent.

Trois groupes de pièces peuvent être départagés :

- pour les silex locaux (F14 et F32), toutes les étapes de la chaîne opératoire sont représentées, associant éclats corticaux, non corticaux, mais également petits éclats de moins de 15 mm et micro-éclats (retouches ?), et les rares nucléus. Les types de produits sont issus de la méthode de débitage la plus fréquente, à savoir un débitage unifacial de type discoïde principalement sur éclat. Le peu d'outils de la série sont essentiellement sur des silex locaux (raclours, pointes, denticulés) dont le type F120, strictement local.
- en ce qui concerne les types les plus éloignés, provenant de sources situées vers l'est et le sud dans la sphère régionale, le nombre de pièces est plus réduit. Ce sont uniquement des éclats et des fragments d'éclats, dont de petits modules. La plupart des éclats sont non corticaux et laissés bruts.

#### 2.4.1.3 Deux stratégies d'approvisionnement à Payre

Les niveaux Gb et Fb montrent des modalités d'approvisionnement différentes, même si la grande majorité des types de silex sont identiques attestant de la fréquentation des mêmes gîtes situés dans un périmètre local à semi-local (figures 18 et 19).

Les territoires fréquentés sont pour les deux niveaux localisés à l'est et au sud de la cavité, sur des plateaux de basse altitude bordant entre autres la vallée du Rhône ou le long des réseaux hydrographiques. Le Rhône est très peu fréquenté bien que des silex alpins de bonne qualité soient disponibles en petite quantité.

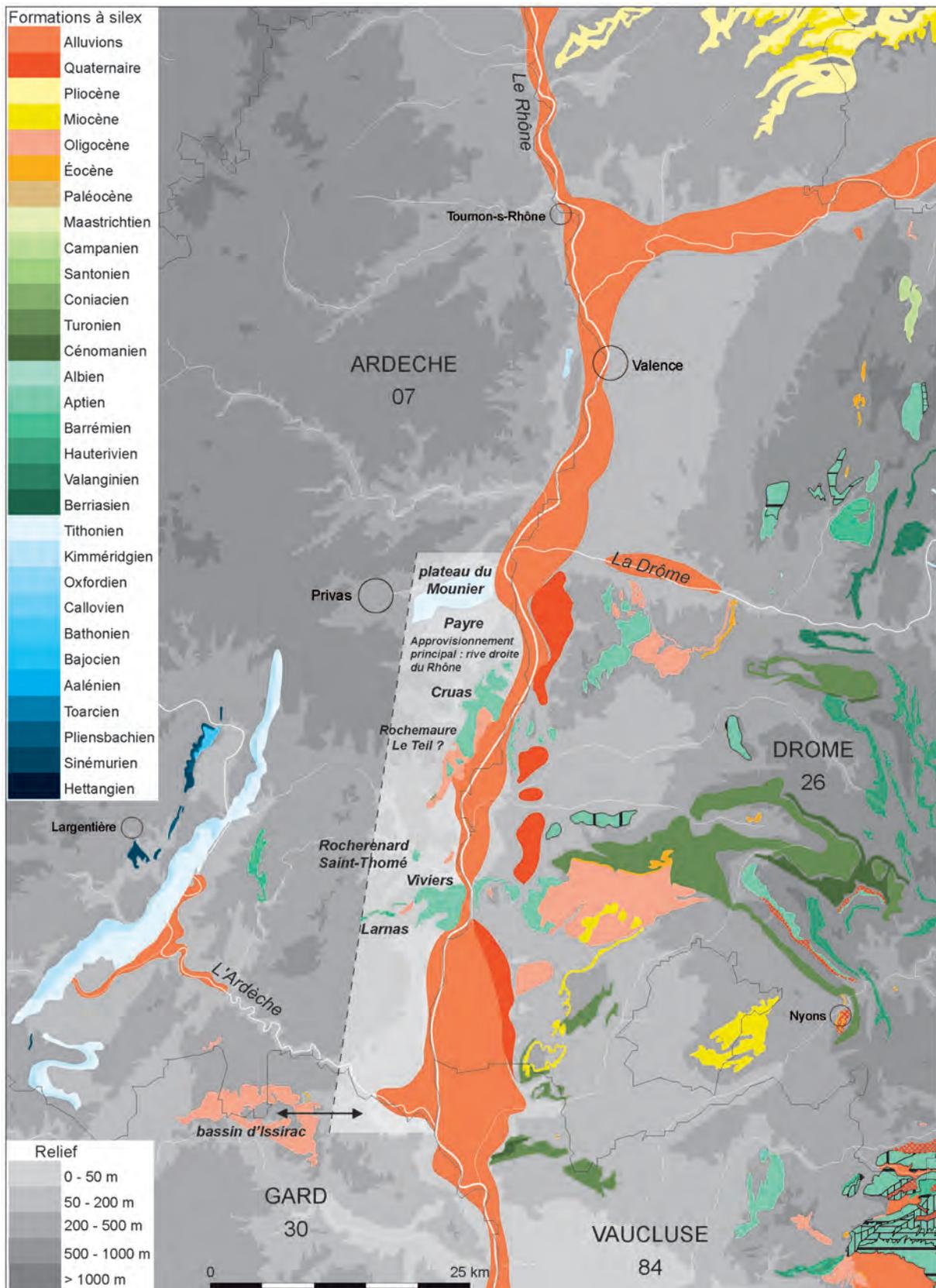


Figure 18 : litho-espace du niveau Gb de Payre

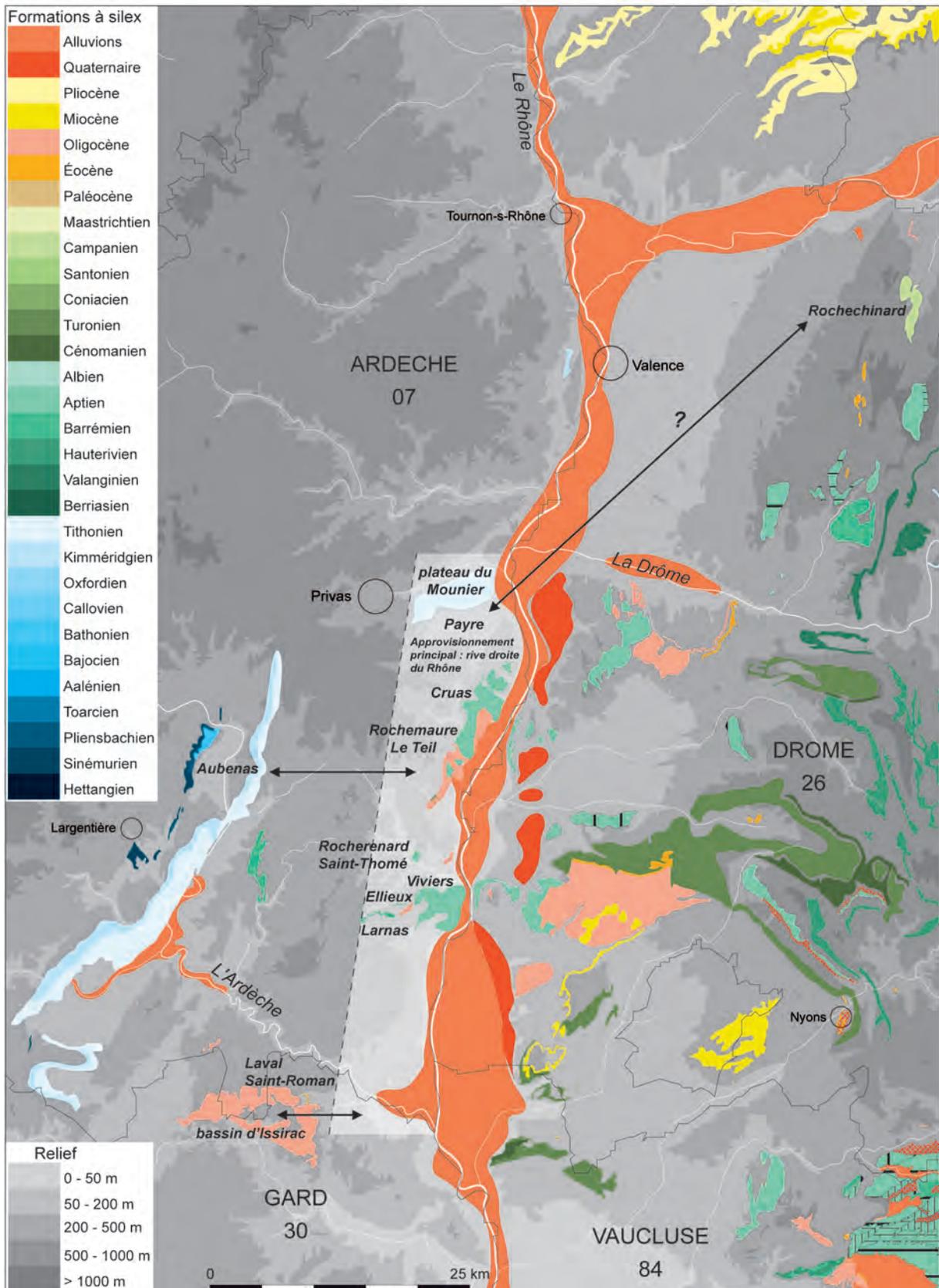


Figure 18 : litho-espace du niveau Fb de Payre

La différence entre les deux phases d'occupation la plus marquante est : (1) pour le niveau Gb, les Néandertaliens sont allés en majorité collecter dans des colluvions, alors que (2) pour le niveau Fb, ce sont surtout dans les alluvions que la collecte a eu lieu.

Le niveau Fb est le seul niveau à livrer un type de silex pouvant provenir de la rive gauche, donc attestant peut-être d'une traversée du Rhône. Cette traversée reste cependant à confirmer.

Pour décrire les axes de circulation et expliquer ce mode différentiel de prélèvement et un réseau sans doute complexe de mobilité, plusieurs hypothèses peuvent être avancées :

1) Lors de l'occupation du niveau Gb, le silex dans les alluvions était plus rare que lors du niveau Fb, comme actuellement. Cependant les conditions environnementales étant identiques entre les deux occupations, elles ne seraient donc pas responsables apparemment de cette différence de disponibilité dans les types de silex.

2) Le silex dans les alluvions offre des possibilités techniques qui intéressent davantage les tailleurs du niveau Fb, car modifiés par le transport. Rien ne le suggère au vu de l'analyse technologique. Le mode de débitage sur silex est moins diversifié dans le niveau Fb (débitage unifacial discoïde sur éclat) que dans le niveau Gb (débitage unifacial, bifacial, multifacial avec différentes modalités) mais présente des modalités de débitage assez proches. Les autres types de matériaux sont gérés à l'identique. Des indices de chaînes opératoires complètes sur les silex locaux et semi-locaux sont présents pour les deux niveaux. Ce n'est pas la quantité de pièces qui suggère des occupations de plus courte durée pour le niveau Fb, ni le nombre de pièces au m<sup>2</sup>. Pour le niveau Gb, les valeurs sont de 11 pièces/m<sup>2</sup> et 23/m<sup>3</sup>. Pour le niveau Fb, si l'on tient compte de toute la série y compris les nombreux petits et micro éclats, les valeurs sont de 40 pièces /m<sup>2</sup> et 203/m<sup>3</sup>, sinon 8/m<sup>2</sup> et 43/m<sup>3</sup>. De grands éclats en silex déjà débités sont apportés pour le débitage dans les deux niveaux, d'une zone locale à semi-locale. Le niveau Gb se démarque toutefois par un très grand éclat provenant de 30 km et façonné en outil bifacial partiel. Cependant, comme pour le niveau Gb, notons que dans le niveau Fa, dans la même unité, quatre grands éclats Levallois et une très grande pointe Levallois retouchée (12 cm de long) ont été introduits dans le site en provenance du périmètre semi-local et de 60 km pour la pointe.

3) Le type d'approvisionnement est plus directement lié au type d'occupation et à sa durée. Le niveau Gb enregistre des occupations de plus longue durée que le niveau Fb. Les Néandertaliens, occupant brièvement la cavité lors du niveau Fb, ramasseraient en priorité dans les vallées les matériaux, là où ils circulent, alors que ceux qui séjournent plus longtemps circuleraient davantage sur les plateaux et récupéreraient des silex lors d'autres activités. L'analyse isotopique des espèces animales ayant fréquenté la cavité et d'une dent néandertalienne (Ecker et *al.*, 2013) atteste que les occupants de l'unité G vont dans la vallée du Rhône plus fréquemment que ceux de l'unité F, davantage tournés vers l'exploitation du plateau situé au dessus du site. La fréquentation de la vallée du Rhône pour des raisons cynégétiques n'implique pas par ailleurs un approvisionnement conjoint en silex lors de l'unité G, même si le silex est peu abondant.

4) Il s'agit d'habitudes différentes, donc culturelles, quelque soit la durée et le type d'occupation. Les analyses tracéologiques et résidus sur silex n'indiquent pourtant pas de différences dans les activités qui se sont déroulées dans le site, comme de différences dans les tool kits .

Que l'occupation soit de courte ou de plus longue durée, on constate :

- un approvisionnement majoritairement dans le périmètre local ou semi-local ;
- les silex plus lointains sont présents en même fréquence et avec les mêmes types dans les deux occupations mais leur diversité augmente pour l'occupation la plus courte ;
- l'outillage est plus fréquent lors de l'occupation courte mais sur toujours des silex locaux. Les silex lointains restent bruts quelque soit la durée de l'occupation ;
- lors de l'occupation la plus courte, le nombre de petits produits est plus élevé, les nucléus rares et sur petits éclats. La ramification de la chaîne opératoire paraît plus marquée, et une partie des petits éclats et des éclats pour le débitage peuvent avoir été apportés en plus grand nombre que dans l'occupation la plus longue ;
- une utilisation des autres types de roches mais en moins grande quantité (par exemple nombre de galets entiers) dans l'occupation la plus courte (niveau Fb).

Les modes d'approvisionnement des deux niveaux de Payre ne correspondent pas aux modèles proposés. La diversité des types exotiques est plus élevée pour les occupations courtes, mais pas la fréquence de ces types dans l'assemblage.

La sphère locale est systématiquement privilégiée et exploitée quelque soit la durée d'occupation. Seules les zones de collecte sont de nature différente (alluvions ou colluvions) indiquant une fréquentation des plateaux ou des réseaux hydrographiques. Les outils ont des retouches marginales peu transformantes et jamais sur les pièces considérées comme les plus mobiles (les plus lointaines). Rappelons que les activités de subsistance sont identiques entre les occupations.

Un second exemple est fourni par l'Abri des Pêcheurs, plus éloigné, situé dans la vallée du Chassezac, affluent de l'Ardèche, à l'écart de la vallée du Rhône.

La présence humaine, datée pour le Paléolithique moyen entre la fin du MIS 5 et le MIS 4, est attestée par plusieurs occupations successives avec majoritairement des éclats (surtout bruts) en silex et en quartz, et des nucléus en quartz (discoïdes unifaciaux et bifaciaux), associés à des galets entiers en roches métamorphiques (Moncel et Lhomme 2007 ; Moncel et al., 2008b ; Fernandes et al., 2010). Parmi les assemblages, le silex ne figure que sous la forme d'éclats et trois nucléus dans des assemblages où domine largement le quartz (entre 60 et 95% des séries). L'occupation animale est marquée par la présence d'ibex morts naturellement au fond de la cavité, et de restes de carnivores, dont des loups (Moncel et al., 2008b). L'action des carnivores est observée ponctuellement sur les restes de bouquetins, alors qu'aucune trace anthropique n'y est visible. Des traces anthropiques sont observées en revanche sur quelques ossements des autres herbivores présents en petit nombre. L'Abri des Pêcheurs aurait enregistré des occupations brèves et récurrentes de groupes humains (bivouacs) qui occupaient le fossé comme refuge, alors que les grands froids s'installent dans la région.

Le type d'approvisionnement (figure 20) observé diffère de ce qui est observé dans le niveau Fb de Payre, celui pourtant dont la durée d'occupation est de même nature, avec une plus grande diversité de types de silex collectés dans des alluvions et des colluvions, et un périmètre plus vaste et dans plusieurs directions, donnant l'image dans ce cas d'un *tool kit* circulant de site en site.

27 types géologiques de silex (pour 21 types génétiques) ont été identifiés. Ils correspondent à autant de lieux de collecte.

La diversité des types est constante tout au long de la séquence, avec pour chaque phase au moins 5 à 6 types différents. Ils proviennent majoritairement de secteurs proches ou régionaux (25-30 km).

Une large majorité des silex arrive sous forme de produits de débitage bruts (n = 116 éclats, plus de 60%). Environ 16% des éclats sont retouchés.

Plus le type de silex est fréquent, plus il a été introduit sous forme de modules variés. Les très petits (attestant d'une retouche dans le site) et les petits éclats sont en silex de secteurs plutôt éloignés, comme les pièces retouchées. Aucun indice d'un traitement plus intense des pièces en fonction de l'origine et de la distance ne peut cependant être déduit de la série. Enfin, les trois nucléus mesurent de 23 à 41 mm, et sont plus petits que certains éclats. Tous arrivent de secteurs éloignés et n'ont pas été débités sur place.

Si on compare ces occupations de courte durée (Payre Fb, Saint-Bauzile, Abri des Pêcheurs), avec les niveaux 4.1 et 4.2 de l'Abri du Maras, localisé plus au sud, en bordure de l'Ardèche, avec des séries massivement de type Levallois, le type d'approvisionnement est encore de nature différente. Les occupations sont décrites dans cet abri comme saisonnières. Le périmètre d'approvisionnement est de 30 km avec un prélèvement à la fois au nord et au sud du site, sur les plateaux avec importation de lames, pointes et grands éclats déjà débités et un débitage Levallois complémentaire qui s'est déroulé dans l'abri sur des nucléus sur éclat (Moncel et al., 2014). Une anticipation des besoins est donc attestée, sur un territoire alliant les plateaux du nord et du sud, nécessitant la traversée de l'Ardèche. A ce jour, 17 types de silex sont présents. La diagnose des types dont l'origine est confirmée, indique un domaine d'exploitation restreint le long de la rive droite du Rhône, du bassin d'Issirac au sud, à Rochemaure au nord : formations barrémo-bédouliennes au nord, conglomérats en rive droite du Rhône, calcaires lacustres au sud, formations lutéliennes au sud, alluvions du Rhône de la confluence avec la Drôme à la confluence avec l'Ardèche, alluvions des rivières locales.

Nos données pétrographiques et technologiques régionales indiquent que les modes d'approvisionnement diffèrent, parfois en relation avec la durée et le type d'occupation, mais en aucun cas avec la technologie. Le périmètre local et semi-local est systématiquement utilisé, même si le quartz prédomine. Les pièces lointaines, supposées les plus mobiles, ne sont pas plus retouchées. Dans une zone riche en silex, comme dans le sud-ouest de la France, le réseau local est celui qui fournit le plus de pièces mobiles. A Payre, dans le niveau Gb, un des bifaces, le très petit, est sur le type local le plus fréquent et le plus grand sur un silex semi-local, lui aussi récolté en majorité. Les autres matières premières sont parfois introduites déjà débitées sous forme de petits éclats, de grands éclats ou de grandes pièces façonnées (Moncel et al., 2008) indiquant une circulation des matières proches du site.

Origine stratigraphique	Kimméridgien		Carixien	Lutétien	Lutétien	Ludien	Ludien	Ludien	Ludien-Sannoisien	Barremien	Bédoulien	Ludien	Jurassique	Cénozoïque	Indéterminé									
	local	local	25 km	25 km	25 km	25 km	25 km	25 km	25 km	30 km	30 km	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
Distances	168	35	165	172	167	171	166	179	14	34	169	170	170	273	173	174	174	175	176	177	178	181	?	
Type n°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
F11 to F14	1	1																					1	
F15-16	1																							
F17-F18	1										1													
F19	3				1	2	2					1												
F20 à F23	1			1	3						1	1									1			
F24 à F26	1				2			1			2	1										1		
Secteur 4 base de la séquence	7	3	2	2	2	2	1			1	9	4						1					1	
Indéterminé	12	2	16	2	9	12	1	1	8	26	1	1	4	1	1	1	1	2	4	2	2	1	1	
Total	27	5	19	3	17	16	4	2	10	41	9	9	6	2	2	2	2	1	2	5	3	1	1	3

Figure 20 : types de silex présents à l'Abri des pêcheurs (Paléolithique moyen, MIS 4) (d'après Moncel et Lhomme, 2007)

L'identification des sources d'approvisionnement en silex montre donc que les occupants des sites ont collecté parfois les silex des mêmes formations au même stade d'évolution, mais dans des lieux différents.

La distance à la matière première et le type d'occupation permettent d'observer deux types de gestion du silex:

- Payre Gb et Fb et Saint-Bauzile: les hommes prélèvent en quantité du silex de qualité variée sur les gîtes les plus proches du site. Le territoire d'approvisionnement est subordonné aux nombreux gîtes qui sont fréquentés lors d'autres activités de subsistance. Leur localisation pourrait expliquer en partie le choix du lieu d'occupation. Le silex est débité en grande partie sur place. Payre Fb pourrait témoigner d'une traversée du Rhône, jamais démontrée incontestablement jusqu'à présent.

- Abri des Pêcheurs: le silex provient de nombreux secteurs, qui correspondent à un domaine d'exploitation plus vaste. La plupart sont situés vers l'est et en bordure de la vallée du Rhône. Certaines provenances restent encore inconnues car absentes de la zone prospectée. Mais comme à Payre Gb, aucun des faciès déterminés ne provient de l'autre rive du Rhône. Les hommes ont transporté des éclats de silex, qui ont été débités ailleurs. Le silex local est également utilisé, mais sans être débité dans le site même. La localisation des gîtes est indépendante du choix du lieu d'habitat. Le territoire est vaste, mais dans l'état actuel des recherches, circonscrit sur la rive droite du Rhône. Il pourrait indiquer une circulation de groupes humains qui occupent ponctuellement la cavité.

#### 2.4.2 Résumé : caractérisation des silex du Rond-du-Barry. Campagne 2016.

(V. Delvigne, A. Lafarge, P. Fernandes et M. Piboule)

La présente étude concerne les 448 pièces lithiques (silex *s.l.*, basalte, calcaire, granite, quartz) retrouvées lors de la campagne de fouille 2016. Elles proviennent de 25 zones distinctes (n = 428 pièces) et du nettoyage général de la cavité (n = 20 pièces). Seules 31 pièces ont été cotées en place, les 417 autres provenant des opérations de tamisage systématique des remblais des fouilles Bayle des Hermens.

Outre quelques basaltes (n = 18 ; dont certains sont des géofacts), quartz (n = 5), granite (n = 4) et calcaire (n = 3), tous d'origine locale (< 10 km du site) provenant soit de la brèche basanitique soit des alluvions de la Borne et de la Loire, nous avons

reconnus 35 types de silex *sensu lato*. L'origine de 31 pièces demeure en suspens. La grande majorité des types de silex *s.l.* retrouvée lors de la campagne 2016 s'intègre dans la diversité lithologique déjà connue au Rond-du-Barry et mise en évidence lors de l'étude de la couche F, puisque 26 types sur 35 y ont déjà été décrits par le passé (figure 21).

Pour le domaine local, il s'agit de la diversité de silex dit « silex de la Borne » (F0003.1, n = 65 ; F0003.2, n = 36 ; F0003.3, n = 4) récoltés dans différents types de gîtes : subprimaire, colluvial, alluvial et alluvial ancien. Ils représentent en poids la majorité de l'assemblage. En effectif, ils sont présents en aussi grande quantité que les silex lointains de type F0038.1 (*cf. infra*). Nous retrouvons également différents types de silcrètes locaux et notamment le type F0009 – silcrète de Saint-Pierre-Eynac (n = 4) collectée à proximité de son gîte primaire, le type F0004 – silcrète de la Collange (n = 8) collectée dans différents gîtes des colluvions et des alluvions anciennes dans le Bassin du Puy. À cet égard, notons la présence du type D1418 – silcrète du Monteil (n = 4), uniquement connue à l'heure actuelle dans les alluvions anciennes du Bassin du Puy, tout comme le type F0036.1 – silex lacustre du Monteil (n = 3). Le type F0021 – silex aalénien à bajocien des Causses lozériens (n = 12), n'est ici connu que par sa variété grise évoluée, également disponible dans les épandages détritiques du cœur du Bassin du Puy.

Concernant les silex semi-locaux (entre 10 km et 100 km), nous avons reconnu la diversité classiquement mise en évidence dans les sites du Velay. À l'exception du type F0036.2 – silcrète d'Araules (n = 1), les origines des silex *s.l.* pointent vers l'est et le nord-est et plus particulièrement la haute vallée de l'Allier – *cf.* le gîte secondaire multiple de Naussac en Lozère (F0140.1, n = 3 ; F0140.2, n = 1) –, ainsi que les Limagnes et le Lembron : D0069 – silcrète de Baumont (n = 18), D0303 – silex lacustre de Grosmenier/La Sauvetat (n = 3) et F0007.2 – silcrète de Madriat (n = 2). À cette diversité, s'intègrent deux autres types témoignant du franchissement des interfluvies Loire/Allier et Allier/Truyère : les types F0044 – silcrète d'Arlanc (n = 31) et F0005 – silcrète de Saint-Léger-du-Malzieu (n = 5).

Pour les silex lointains (> 100 km), les grandes directions déjà mises en évidence (Delvigne, 2016) sont confirmées. Elles nous orientent vers le sud du Bassin parisien et ses marges comme l'illustrent les types classiques de l'Hettangien de l'Indre et du Cher (D0102.1, n = 1), du Turonien supérieur de Touraine (D0018.1, n = 3) et du Turonien inférieur du Berry (F0038.1, n = 107 et F0038.5, n = 3). Ces

Type	Domaine	Origine stratigraphique primaire	Origine géographique	Eff	%Eff	Poids	%Pond
D0005	Inconnue	Inconnue	Inconnue	1	0,2	0,7	0,04
D0010	Inconnue	Inconnue	Inconnue	1	0,2	0,3	0,02
D0056	Inconnue	Oligocène ?	Inconnue	1	0,2	0,1	0,01
D0057	Inconnue	Inconnue	Inconnue	1	0,2	0,9	0,05
D0071	Inconnue	Éo-Oligocène ?	Inconnue	1	0,2	1,9	0,11
D1455	Inconnue	Oligocène	Inconnue	1	0,2	0,2	0,01
D1418	Local	Éo-Oligocène	Le Monteil (43)	3	0,7	4,9	0,28
F0003.1	Local	Oligocène	vallée de la Borne (43)	65	14,5	181,9	10,26
F0003.2	Local	Oligocène	Les Chazeaux, Borne (43)	36	8,0	68,5	3,86
F0003.3	Local	Oligocène	Saint-Vidal (43)	4	0,9	5,7	0,32
F0004	Local	Miocène	La Collange, Lantriac (43)	8	1,8	49,0	2,76
F0009	Local	Éo-Oligocène ?	Saint-Pierre-Eynac (43)	4	0,9	25,7	1,45
F0021	Local	Aalénien	Bassin du Puy (43)	12	2,7	12,8	0,72
F0036.1	Local	Miocène ?	Le Monteil (43)	1	0,2	1,3	0,07
D0018.1	Lointain	Turonien supérieur	Grand-Pressigny (37)	3	0,7	1,0	0,06
D0102.1	Lointain	Hettangien	Saint-Jeanvrin (18)	1	0,2	2,3	0,13
D0202	Lointain	Aalénien-Bajocien	moyenne vallée de la Loire	1	0,2	0,4	0,02
D1207.1	Lointain	Oligocène	Bassin d'Aurillac (15)	11	2,5	0,7	0,04
D1207.3	Lointain	Oligocène	Bassin d'Aurillac (15)	3	0,7	0,1	0,01
D1207.4	Lointain	Oligocène	Bassin d'Aurillac (15)	3	0,7	3,2	0,18
D1225	Lointain	Coniacien	Dordogne (24)	1	0,2	1,6	0,09
F0014.1	Lointain	Bédoulien	Rochemaure-Cruas (07)	45	10,0	106,0	5,97
F0038.1	Lointain	Turonien inférieur	Meuses-Valençay (41-36)	107	23,9	88,4	4,98
F0038.5	Lointain	Turonien inférieur	vallée du Nahon (36)	3	0,7	0,8	0,05
F0038.6	Lointain	Turonien inférieur	basse vallée du Cher (41)	2	0,4	0,7	0,04
F0039	Lointain	Bathonien	Monts du Lyonnais (69)	3	0,7	0,9	0,05
D1434	Lointain ?	Éo-Oligocène	vallée du Cher (18) ?	1	0,2	0,6	0,03
D0069	Semi-local	Éo-Oligocène	Chaniat, Beaumont (43)	18	4,0	50,3	2,84
D0303	Semi-local	Oligocène	La Sauvetat (63)	3	0,7	0,2	0,01
F0005	Semi-local	Oligocène	Saint-Léger-du-Maizieu (48)	5	1,1	20,5	1,16
F0007.2	Semi-local	Éo-Oligocène	Madriat (63)	2	0,4	2,6	0,15
F0036.2	Semi-local	Miocène ?	Araules (43)	1	0,2	0,1	0,01
F0044	Semi-local	Éo-Oligocène	Arlanc (63)	31	6,9	46,5	2,62
F0140.1	Semi-local	Bajocien	Naussac (48)	3	0,7	0,5	0,03
F0140.2	Semi-local	Tithonique ?	Naussac (48)	1	0,2	1,9	0,11
Indéterminée	non renseigné	non renseigné	non renseigné	31	6,9	16,1	0,91
<b>Autres roches</b>							
Basalte	Local	non renseigné	non renseigné	18	4,0	792,2	44,67
Calcaire	Local	non renseigné	non renseigné	3	0,7	6,2	0,35
Granite	Local	non renseigné	non renseigné	4	0,9	177,3	10,00
Quartz	Local	non renseigné	non renseigné	5	1,1	98,6	5,56
<b>Total</b>				<b>448</b>	<b>100</b>	<b>1773,6</b>	<b>100,00</b>

Figure 21 : Rond-du-Barry, campagne 2016 – Fréquence et poids des types de silex s.l. toutes zones confondues

deux derniers types forment, en termes d'effectif, la grande majorité de l'assemblage étudié, mais, sont largement dominés en termes de poids. Ce constat s'explique par la petite taille des pièces en Turonien inférieur du Berry qui correspondent pour la plupart à de petites esquilles. Notons par ailleurs que les silex de type F0038.1 – silex de la région de Meusnes/Valençay attestent de leur récolte dans différents types de gîtes, des altérites aux alluvions anciennes.

Si le type F0039 – silex des Monts du Lyonnais (n = 3) témoigne également d'une origine septentrionale, mais vers l'espace bourguignon, les types F0014.1 – silex de Rochemaure/Cruas (n = 44) et D1207 – silex du Bassin d'Aurillac (D1207.3, n = 3 ; D1207.4, n = 3) attestent d'une ouverture du Massif dans toutes les directions. Notons que l'ensemble des pièces porteuses de cortex (n = 6) du type F0014.1 indique une origine gîtologique dans les conglomérats oligocènes de Rochemaure/Cruas, ce que l'état d'évolution des autres pièces de ce type pourrait corroborer.

Nous avons reconnu quatre types d'origine inconnue. Le premier, D0056 (n = 1), correspond à un silex à stratifications entrecroisées associées à une microfaune typique d'environnement lacustre à palustre (ostracodes et hydrobies). Le second, D0057 (n = 1), est une argile fine litée et probablement silicifiée tardivement par des fluides hydrothermaux. Le troisième, D0010 (n = 1), est un silex marin prélevé en gîte secondaire (alluvions anciennes) à rares fins spicules monaxones fragmentés et grandes radioles entières d'échinidés. Enfin, le quatrième, D0005 (n = 1), est une pelmicrite silicifiée dans laquelle quelques pellets présentent de fins encroûtements algaires (*algal coated grains*).

Six types, lointains ou d'origine inconnue, n'étaient pas connus au Rond-du-Barry (couche F, tous secteurs confondus), mais avaient été décrits dans d'autres sites régionaux (Delvigne, op. cit.), notamment dans le petit site Magdalénien supérieur de Sainte-Anne II, situé à une centaine de mètres de la grotte du Rond-du-Barry. Pour deux d'entre eux, D1207.1 – silex lacustre d'Aurillac (n = 11) et F0038.6 – silex de la basse vallée du Cher (n = 2), ils viennent s'intégrer à la diversité déjà mise en évidence dans le reste de la série lithique (cf. variété de F0038 et variété de D1207). Pareillement, les types D1434 – silex à *vadoids* probablement de la vallée du Cher et D0202 – silex jurassique évolué probablement des sables du Bourbonnais, pointent vers des espaces déjà identifiés par les autres matériaux (Berry et moyenne vallée de la Loire). Le type D1225 – silex coniacien blond de Dordogne (n = 1) avait été reconnu en Auvergne dans les niveaux gravettiens récents du Blot. Sa présence au Rond-

du-Barry n'est toutefois pas étonnante dans la mesure où nous avons caractérisé des silex noirs du Coniacien de Dordogne (cf. D0023) dans le secteur 5 de la couche F (réputé magdalénien ; Lafarge 2014) et dans le Magdalénien supérieur de Sainte Anne II. Le type D1455, caractérisé comme un silex lacustre noir à quartz détritiques et ostracodes fragmentés, demeure d'origine inconnue. Rappelons que nous avons reconnu un faciès similaire dans la vallée de l'Authre (nord du bassin d'Aurillac, Cantal), mais, de part son unicité, sa petite taille et son caractère ubiquiste, cette pièce pourrait tout aussi bien se rattacher aux silicifications d'autres bassins sédimentaires cénozoïques.

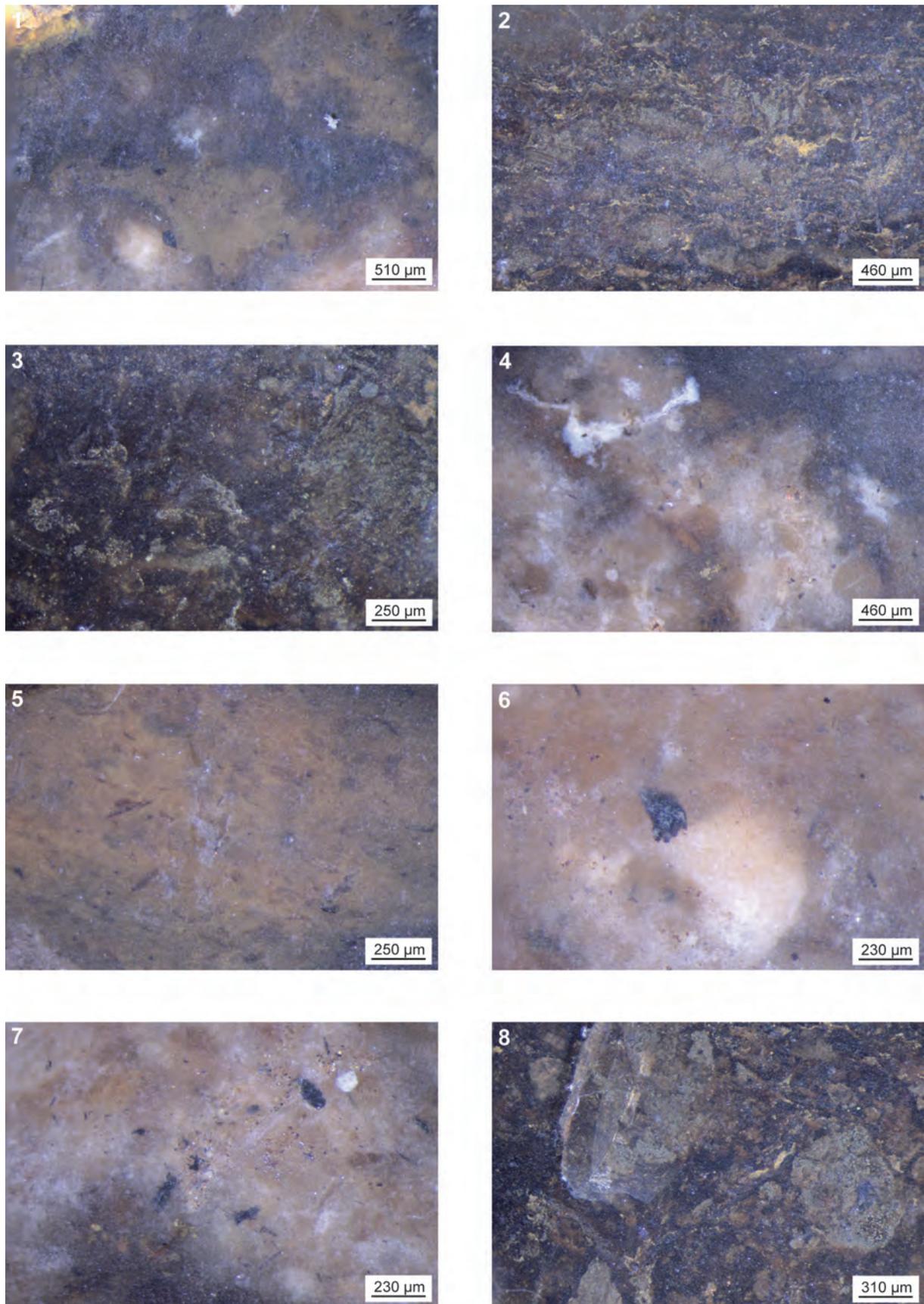
Enfin Parmi les 35 types de silex *s.l.*, nous avons mis en évidence un type encore inédit. Nous l'avons dénommé D0071 (figure 22) selon la nomenclature en vigueur (Fernandes et Raynal, 2006).

#### 2.4.3 Résumé : caractérisation pétrographique des silex du Cuze de Neussargues (Sainte-Anastasie, Cantal) (V. Delvigne, A. Gibaud, P. Fernandes, M. Langlais)

Cette étude, qui s'appuie en partie sur le travail de mémoire de Master II de A. Gibaud (2016), porte sur 954 objets dont 61 proviennent des fouilles Rozoy et 893 (699 objets côtés et 194 refus de tamis) des fouilles Delpuech et Fernandes. Ils correspondent à l'ensemble de la collection du Cuze de Neussargue, hors fouilles Pierron et Derville dont les produits sont conservés au musée d'Aurillac.

Outre quelques fragments de quartz, de calcaire siliceux et de micaschiste, nous avons reconnu 28 types de silex *s.l.* dont quatorze avaient déjà été définis lors de précédentes études (figure 23). L'origine de 28 pièces demeure en suspens en raison 1) de leur trop petite taille et de l'absence d'élément diagnostique ou 2) d'une chauffe ayant par trop modifiée le microfaciès (nous avons dénombré 56 pièces chauffées, tout niveaux confondus). Pour le cas 1), leurs origines sont dites indéterminées, pour les cas 2) leurs origines sont dites indéterminables.

Hors silex lointains (cf. *infra*), et tout niveaux confondus, l'origine des silex *s.l.* nous oriente vers trois espaces géographiques représentés en proportions distinctes (figure 24). L'espace le mieux documenté concerne l'ouest du Cantal et plus particulièrement le **Bassin d'Aurillac** dans son acception la plus large. Il est représenté par les groupes 1.1 - silex gris et brun à characées du



**Figure 22 : Rond-du-Barry, campagne 2016 – 1 à 8 : Type D0071, vue mésoscopique**

Bassin d'Aurillac (D1207), 1.3 – silex à nombreux pellets et grands fragments de characées de la vallée de l'Authre et 1.7 – silex lacustre noir à gris à nombreux petits fragments de characées et valves d'ostracodes de Lescure (commune de Thiézac). Le groupe 1.9 contient des silex enrichis en opale et correspond très vraisemblablement à une variation de faciès du type le plus classique du Bassin d'Aurillac (cf. groupe 1.1). Avec une proportion de 66,3 % de l'effectif global (n = 632) et 62,7 % du poids (706,3 g), l'espace ouest cantalien est de loin le mieux représenté au sein de la série. Cette observation, ici faite sur la totalité du matériel se vérifie pour tous les niveaux.

Le second espace reconnu, que l'on retrouve en plus ou moins grande proportion en fonction des niveaux considérés, mais qui représente 10,9 % de l'effectif global et 4,8 % du poids (respectivement n = 104 et 54,1 g) est la **Grande Limagne d'Auvergne**. Il est mis en évidence par quatre groupes aujourd'hui bien identifiés : 1.12 – silex noir rubané à stromatolithes de Laps (F0012.1), 1.10 – silex blanc rubanés à stromatolithes de Laps (F0012.2), 3.8 – silex à cyanobactéries d'Égliseneuve-près-Billom (D0609) et dans une moindre mesure car illustrant plus particulièrement la fréquentation de la vallée de la Dore, 3.9 – silcrète oligocène verte d'Arlanc (F0044). Trois autres groupes sont probablement à rapprocher de cet espace :

- le groupe 1.8, qui correspond à un silex *s.l.* à rhomboédres et qui n'est pas sans nous rappeler le type D1222 ;
- le groupe 3.3, riche en petits *boxworks* rhomboédriques (dolomie ?) qui pourrait correspondre aux dalles de silcrètes affleurant dans les dolomies coiffant les formations oligocènes de la Comté (cf. Pignols) ;
- et le groupe 3.10 qui pourrait s'apparenter à une variation latérale de faciès des formations à cyanobactéries homométriques que nous connaissons au nord de Pignols ou à Chauriat.

Le troisième espace, le plus proche du site, correspond à la **vallée de la Truyère**. Les alluvions actives ou fossiles de cette rivière contiennent une grande variété de silcrètes pédogénétiques provenant du démantèlement des gîtes de Saint-Léger-du-Malzieu (p. ex. Anglards de Saint-Flour). Or nous avons retrouvé une grande variété de ces matériaux, que ce soit le type F0005.1 - classique à *typhas* (gîtes de la Chazette et des Peyrouse, groupe 3.2) ou le type F0005.2 – silcrète gris de Saint-Léger-du-Malzieu (gîte de la Bastide; groupe 3.1). D'autres types se rapprochent de cette grande famille ; les silcrètes dans un même gîte sont très variées et peuvent présenter différents faciès affleurant parfois sur une superficie très restreinte. Ainsi, outre les groupes 3.1 et 3.2 que nous connaissons en place, les groupes 3.4,

3.5, 3.6, 3.7, 3.12 appartiennent selon toute vraisemblance à la diversité des silcrètes de Saint-Léger-du-Malzieu. La multiplication des groupes, malgré leur origine similaire, se justifie dans la mesure où ces faciès ne peuvent coexister au sein d'un même bloc.

La Truyère contient également de nombreux galets de silex provenant des formations aaléniennes à bajociennes des causses de Lozère. Deux groupes différents ont été reconnus :

- le groupe 4.1, qui correspond à un silex de plateforme externe peu profonde et assez agitée contenant de nombreux spicules, des foraminifères textularidés et une importante fraction détritique (F0021.1) ;
- et le groupe 4.4, très riche en oolithes hétérométriques.

Cet espace comptabilise 9,6% de l'effectif (n = 92) et 17,5% du poids global de la série (197,2 g).

Enfin, nous avons reconnus différents types lointains qui, pour la plupart, possèdent une origine connue. Ils proviennent ici encore de trois espaces distincts : le sud-est de la France, le sud ouest de la France et le sud du Bassin parisien.

Concernant le **sud-est de la France**, deux groupes (2.1 et 2.2) ont été reconnus dans les niveaux superficiels (couche D1 des fouilles Rozoy ainsi que les couches B/C et D des fouilles Delpuech/Fernandes). Il s'agit de deux éclats en Barrémobédoulien de la région de Rochemaure/Cruas en Ardèche (F0014.1 ; Delvigne et al. 2016a) et d'un fragment de lame en Bédoulien du Vaucluse (groupe 2.1). Dans les niveaux plus profonds, nous n'avons reconnu aucun silex provenant de domaines orientaux (*i.e.* Velay ou vallée du Rhône).

Pour le **sud-ouest de la France**, il s'agit également de deux groupes représentés en proportion inégale. Ainsi, les silex noirs du Campanien du Périgord (groupe 2.6) ne sont connus que par six objets alors que ceux du groupe 2.5 présentent un ensemble cohérent de 51 objets. Bien que d'origine inconnue, ce type - riche en petits foraminifères benthiques (*Lenticulina*, *Dentalina*, *Bolivina* et *Nodosaria*), en algues de différents types (dasycladacées, codiacées), en bryozoaires cheilostomes et cyclostomes ainsi qu'en fins spicules de spongiaires – nous évoque plus sûrement un gîte du sud-ouest de la France (Bassin aquitain *s.l.*) que de n'importe quelle autre province géologique de notre connaissance. Sur la base des prospections réalisées par S. Caux dans le cadre de sa thèse et dont les échantillons sont conservés à l'Université de Bordeaux, un faciès s'en rapprochant a été reconnu par l'un d'entre nous (VD) à Saint-Génis-d'Hiersac en Charentes, mais cette hypothèse reste à confirmer.

Groupes	Distance	Origine stratigraphique primaire	Origine géographique	Eff	%Eff	Poids	%Pond
3.01	entre 20 et 40 km	Oligocène	Saint-Léger-du-Malzieu (48)	32	3,4	101,4	9,0
3.02	entre 20 et 40 km	Oligocène	Saint-Léger-du-Malzieu (48)	12	1,3	12,0	1,1
3.04	entre 20 et 40 km	Oligocène ?	Saint-Léger-du-Malzieu (48) ?	1	0,1	5,2	0,5
3.05	entre 20 et 40 km	Oligocène ?	Saint-Léger-du-Malzieu (48) ?	7	0,7	8,6	0,8
3.06	entre 20 et 40 km	Oligocène ?	Saint-Léger-du-Malzieu (48) ?	1	0,1	0,6	0,1
3.07	entre 20 et 40 km	Oligocène ?	Saint-Léger-du-Malzieu (48) ?	1	0,1	5,1	0,5
3.12	entre 20 et 40 km	Oligocène ?	Saint-Léger-du-Malzieu (48) ?	2	0,2	0,6	0,1
4.01	entre 20 et 40 km	Aalénien	vallée de la Truyère (48-15)	35	3,7	52,0	4,6
4.04	entre 20 et 40 km	Aalénien	vallée de la Truyère (48-15)	1	0,1	11,7	1,0
1.07	30 km	Oligocène	Thiézac, Lescure (15)	2	0,2	3,0	0,3
1.01	50 km	Oligocène	Bassin d'Aurillac (15)	386	40,5	438,6	38,9
1.03	50 km	Oligocène	vallée de l'Authre (15)	236	24,7	248,1	22,0
1.09	50 km ?	Oligocène	Bassin d'Aurillac (15) ?	8	0,8	16,6	1,5
1.10	60 km	Oligocène ?	Laps (63) ?	8	0,8	4,9	0,4
1.12	60 km	Oligocène	Laps (63)	10	1,0	10,1	0,9
3.09	60 km	Oligocène	Arlanc (63)	41	4,3	20,3	1,8
3.08	70 km	Miocène	Église-neuve-près-Billom (63)	1	0,1	0,2	0,0
1.08	> 60 km	Oligocène ?	Grande Limagne (63) ?	14	1,5	4,2	0,4
3.03	> 60 km	Éo-oligocène	Grande Limagne (63) ?	29	3,0	13,6	1,2
3.10	> 60 km	Oligocène	Grande Limagne (63) ?	1	0,1	0,8	0,1
2.02	> 150 km	Bédoulien	Rochemaure/Cruas (07)	2	0,2	6,6	0,6
2.06	> 150 km	Campanien	Périgord (24)	6	0,6	23,8	2,1
2.01	> 200 km	Bédoulien	Vaucluse (84)	1	0,1	9,3	0,8
2.05	> 200 km	Santonien ?	Bassin d'Aquitaine s.l.	51	5,3	33,5	3,0
2.07	> 250 km	Turonien inférieur	Meusnes/Valençay (41-36)	11	1,2	30,1	2,7
1.06	Inconnue	Éo-oligocène	Inconnue	5	0,5	1,6	0,1
1.11	Inconnue	Oligocène ?	Cantal (15) ?	5	0,5	1,8	0,2
3.11	Inconnue	Éo-oligocène ?	Inconnue	5	0,5	1,4	0,1
Indéterminé	Non renseignée	Non renseignée	Non renseignée	28	2,9	22,7	2,0
Autres roches							
Calcaire siliceux	Non renseignée	Non renseignée	Non renseignée	9	0,9	22,2	2,0
Micaschiste	Non renseignée	Non renseignée	Non renseignée	1	0,1	0,7	0,1
Quartz	Non renseignée	Non renseignée	Non renseignée	2	0,2	14,6	1,3
Total				954	100	1125,9	100

Figure 23 : Le Cuze de Neussargues, général – fréquence et poids des différents types de matériaux.

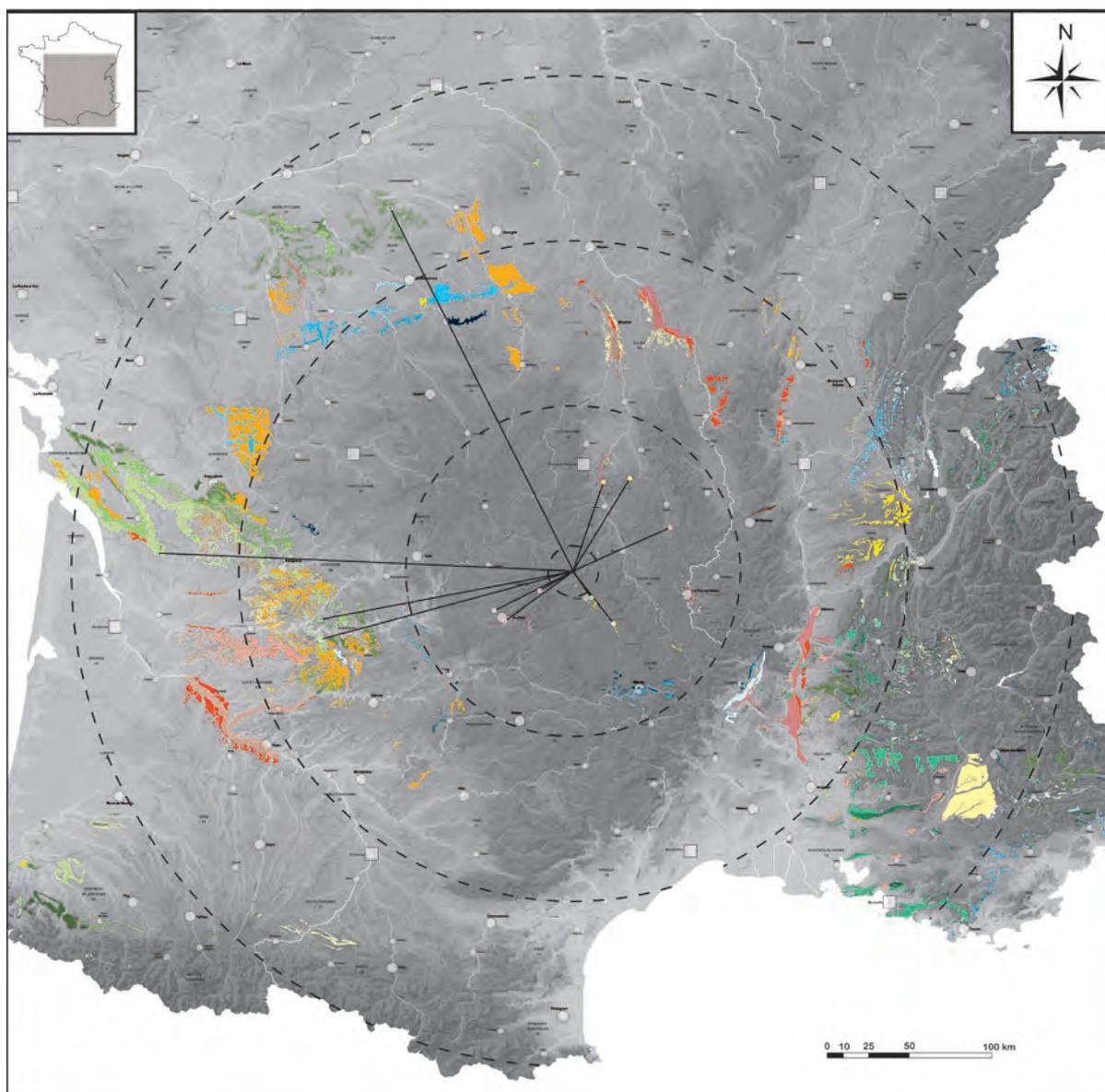


Figure 24 : Le Cuze de Neussargues, fouilles Delpuech/Fernandes - niv. F – représentation du litho-espace.

Enfin, le **sud du Bassin parisien** est représenté par quelques pièces ( $n = 11$ ) en silex dits « blonds » du Turonien inférieur de la région de Meusnes-Valençay (F0038.1 ; Delvigne et al. 2016b).

Trois types demeurent d'origine inconnue ( $n = 15$ ), c'est à dire qu'ils ne présentent pas de microfaciès connus ou à rapprocher d'un gîte échantillonné ou consulté en lithothèque. Le groupe 1.6 contient des silex blond à brun d'origine lacustre présentant une thanatocénose d'ostracodes. Notons que nous avons récemment retrouvé ce type dans le site moustérien de Baume Vallée (Solignac, Haute-Loire). Le groupe 1.11 se caractérise par des silex brun-jaune à structure pseudo-litée qui contiennent de nombreux petits éléments détritiques à identifier. En dernier lieu, le groupe 3.11 est une silcrète grise azoïque présentant

des plages détritiques moins bien silicifiée. Nous avons initialement intégré ces silex parmi ceux du groupe 2.7 (Gibaud 2016).

Si l'étude et le tri par matériau de l'ensemble des collections Rozoy et Delpuech/Fernandes sont maintenant effectués, il est désormais nécessaire de documenter selon le même protocole les collections Pierron et Derville conservées au musée d'Aurillac.

Pareillement, la description pétrographique fine des différents types reste à réaliser ainsi que le croisement des données pétrographiques avec celle de la technologie lithique (ML et AG). Seule cette étape permettra maintenant de mieux comprendre l'économie des populations de chasseurs-cueilleurs de la moyenne montagne cantalienne au crépuscule du Pléistocène.

**2.4.4 Taphonomie et tracéologie, vers la mise en place d'un nouvel outil méthodologique (L. Chesnaux)**

La tracéologie repose sur l'observation des traces visibles à la surface d'un artefact. Elle vise à identifier l'origine de leur formation (taphonomique et/ou intentionnelle) afin d'expliquer les modes de fabrication et d'utilisation de l'outillage préhistorique. Toute modification de l'état physique d'un artefact, qu'elle soit visible à l'œil nu, à la loupe binoculaire (traces macroscopiques) ou encore au microscope (traces microscopiques), peut s'interpréter comme étant liée à un geste technique ou fonctionnel ou encore à un ou plusieurs évènements taphonomiques. Ainsi, comme abordé dans de nombreux travaux de P. Fernandes et M. Piboule, la structure du silex enregistre un grand nombre de processus pré- et post-dépositionnels auxquels il est soumis au cours de son enfouissement. Ces derniers peuvent masquer ou modifier les traces d'origine technique et/ou fonctionnelle. La prise en compte systématique de l'évolution post-dépositionnelle des surfaces nous permettrait ainsi de discriminer clairement les traces taphonomiques des traces anthropiques.

Dans ce cadre, nous développons une nouvelle méthodologie interdisciplinaire mettant en commun et croisant les informations issues de l'analyse taphonomique des sites (Mathieu Rué),

de la gîtologie des matières premières (Paul Fernandes), de l'évolution de leurs états de surface (Paul Fernandes et moi-même) et de l'analyse fonctionnelle du matériel lithique (moi-même). Celle-ci nous permet de reconstituer l'ensemble de l'histoire de l'assemblage depuis la formation des matériaux jusqu'à leur découverte, en passant bien sûr par leur transformation par les hommes (figure 25).

La mise en place de la méthode est en cours grâce à l'analyse de diverses séries issues de fouilles menées par Paléotime et la réalisation du projet Quartzite, « Taphonomie des sites pléistocènes du piémont pyrénéo-garonnais : analyse comparative des états de surface de l'industrie en quartzite de Latrote (Saint-Gein), Bénazit (Cazères-sur-l'Adour) et Bidau (Garlin) » (responsables : P. Fernandes et M. Rué).

Plusieurs expérimentations vont également être menées dans les mois à venir afin de tester l'effet de la bioturbation sur les surfaces de divers silex, en lien avec les assemblages étudiés. Ces référentiels compléteront les référentiels taphonomiques produits par d'autres tracéologues, E. Claud et J.P. Caspar dans le cadre d'étude concernant les milieux périglaciaires.

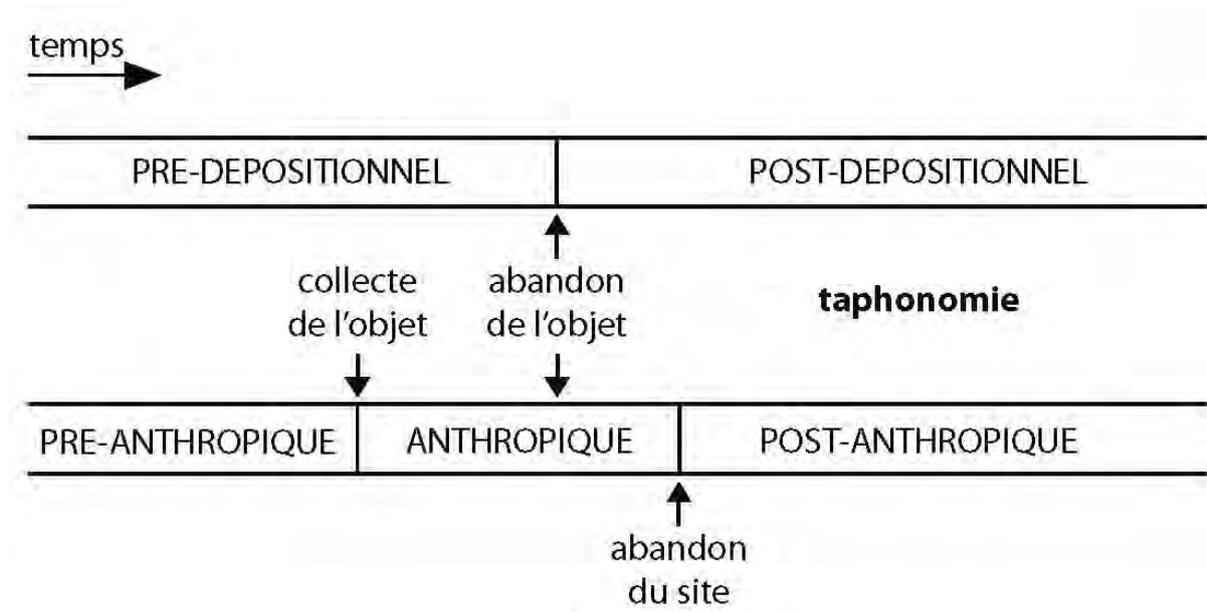


Figure 25 : frise d'évolution d'un objet lithique depuis la formation de la matière première jusqu'à sa découverte. DAO : M. Rué, d'après L. Chesnaux, P. Fernandes, M. Rué (inédit)

## **2.5 AXE 5 : VALORISATION ET DIFFUSION DES RÉSULTATS**

### *2.5.1 École thématique « Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silcrètes fondée sur leurs interactions avec l'environnement »*

L'école thématique CNRS organisée à Nice, du 21 au 25 novembre « Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silcrètes fondée sur leurs interactions avec l'environnement » est l'évènement marquant de l'année 2016. Cette école a contribué à l'initiation et la mise à jour des connaissances en matière de caractérisation des silex. L'objectif de faire connaître les avancées conceptuelles et les méthodes de caractérisations les plus récentes a été atteint. L'ambition fédératrice était une composante fondamentale du projet et semble avoir été atteint, dans la mesure où il a vocation à articuler de nombreuses initiatives, anciennes ou récentes, diversement connectées les unes aux autres jusqu'à présent, et émanant de différentes UMR et services régionaux de l'Archéologie (prospections thématiques, PCR, ANR, programmation des équipes de recherche, thèses de doctorat...).

Pour plus de détail, se reporter à l'adresse :

[http://www.cepam.cnrs.fr/ecoles\\_thematiques/silex](http://www.cepam.cnrs.fr/ecoles_thematiques/silex)

#### 2.5.1.1 Programme

LUNDI 21/11 :

Fin de matinée : accueil des participants (MSHS – SJA3)

14h00-15h45 : Présentation de l'école (P. Fernandes – D. Binder) et tour de table

16h00-18h00 : Module 1 (J.P. Raynal – D. Binder) : Archéologie : silex et culture, silex et territoires

MARDI 22/11 :

9h00-12h00 : Module 2 (C. Tuffery) : Géomatique : cartographie dynamique des formations à silex

13h00-16h00 : Module 3 (J.P. Platel) : Paléoenvironnements : interactions silex et environnements de formation

16h00-19h00 : Module 4 (P. Schmidt) : Minéralogie et cristallographie : identification des minéraux et compréhension de la structure des silex à l'échelle nanométrique

MERCREDI 23/11 :

9h00-12h00 : Module 5 (M. Thiry) : Morphoscopie et exoscopie : détermination de l'histoire sédimentaire et mesure de l'évolution pré- et post-dépositionnelle des surfaces

13h00-16h00 : Module 6 (C. Bressy-Leandri, M. Piboule) : Géochimie et autres méthodes de caractérisation : analyses critiques des protocoles et des techniques, bilan des travaux récents et prospective

16h00-19h00 : Module 7 (P. Fernandes) : Pétrographie et pétrologie : identification des clastes et mesure de l'évolution pré- et post-dépositionnelle des microfaciès

JEUDI 24/11

9h00-12h00 /13h00-20h00 : Ateliers du Module 7

VENDREDI 25/11 :

9h00-12h00 : Ateliers du Module 7 (P. Fernandes, V. Delvigne, A. Tomasso) articulé avec des présentations d'études de cas par les stagiaires (présentations formelles de 10 mn par stagiaire)

14h00-16h00 : Évaluation de l'école thématique (M. Clatot).

Les supports .ppt des différentes interventions sont présentées en annexe 1 du volume 2.

#### 2.5.1.2 Le compte-rendu

Placé sous les auspices du CNRS (InEE et InSHS) et du Ministère de la Culture et de la communication (SDA), avec le soutien très appuyé d'acteurs publics (Inrap) et privés (Sarl Paléotime) de l'archéologie préventive, l'école thématique SILEX « Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silcrètes fondée sur leurs interactions avec l'environnement » s'est tenue à Nice, au centre de conférences et hôtel Le Saint-Paul, du lundi 21 au vendredi 25 novembre 2016.

L'organisation et la logistique de cette formation ont été assurées par l'UMR « Culture, Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge », Université Côte d'Azur, CNRS.

L'école a accueilli 30 participants rattachés au CNRS (n=9 : P. Allard, S. Dubernet, M. Gabriele, L. Khalidi, V. Léa, L. Manolakakis, L. Mevel, E. Nicoud, S. Renault), à l'Inrap (n=7 : F. Bostyn, F. Brunet, S. Cousseran-Nere, S. Coutard, M.F. Creusillet, H. Lethrosne, E. Martial), à divers universités françaises ou étrangères (n=5 : J.G. Bordes, M. Guiavarc'h, F.X. Le Bourdonnec, M. M'Hamdi, L. Moreau), au MCC (n=2 : G. Querré, C. Verjux), aux Mines ParisTech (S. Séguret), mais aussi 6 doctorants ou néo-docteurs (S. Caux, L. Chesnaux, J.P. Collin, G. Constans, M.C. Dawson, T. Minet). Les participants provenaient d'institution implantées dans les inter-régions Centre-Nord-Île de France (n=12), PACA-Rhône-Alpes-Auvergne (n=6), Aquitaine-Midi-Pyrénées (n=8), Grand-Ouest (n=2) ou de l'étranger (Cambridge – UK, Kasserine – Tunisie). A l'exception du Grand-Est, une large partie des UMR de Préhistoire agissant sur le territoire métropolitain était représentée :

ArScAn, PréTech et Trajectoires (Nanterre), CEPAM (Nice), CREAHAH (Rennes), IRAMAT et PACEA (Bordeaux), LAMPEA (Aix), TRACES (Toulouse).

Au cours de la première demi-journée, après une introduction générale soulignant les enjeux et perspectives des développements méthodologiques les plus récents (P. Fernandes), deux exposés introductifs ont illustré les apports de la techno-économie à l'étude des sociétés paléolithiques (J.-P. Raynal) et néolithiques (D. Binder). Les deux journées suivantes ont été entièrement dédiées aux enseignements théoriques assurés par des spécialistes du domaine : principes de cartographie dynamique des formations à silex (C. Tuffery), processus et environnements de formation des silex (J.-P. Platel), minéralogie et cristallographie du silex (P. Schmidt), caractérisation des processus d'évolution pré- et post-dépositionnelle des silex et silicrètes (M. Thiry), méthodes géochimiques (C. Bressy-Leandri et M. Piboule), pour conclure avec l'exposé de la méthode intégrée et multiscalaire d'analyse pétroarchéologique que cette école entendait promouvoir (P. Fernandes). Les trois dernières demi-journées ont été dédiées à l'explicitation de la méthode en prenant appui sur des études de cas (P. Fernandes assisté de V. Delvigne et A. Tomasso), et sur une discussion portant à la fois sur l'évaluation de la formation et sur les perspectives de recherches collaboratives.

Les retours concernant l'organisation et les contenus de l'école ont été globalement très positifs. Les principales critiques ont porté sur la part insuffisante des travaux pratiques, qui auraient par ailleurs gagné à être organisés par petits groupes. Les discussions quotidiennes, grandement facilitées par le déroulement intégral de la formation sur le site de résidence commun aux stagiaires et aux intervenants, ainsi que la table ronde organisée en fin de session, ont permis de dégager les points forts et les perspectives d'action qui suivent :

- Il est nécessaire de promouvoir les méthodes présentées au cours de la semaine, de s'accorder sur les différentes formes d'usage des outils présentés lors de l'école et d'approfondir les connaissances acquises par des stages de perfectionnement. Ces derniers pourraient être organisés de façon pertinente en (inter)région.
- Il est nécessaire de consolider et de structurer le réseau informel existant, a minima au plan national, mieux au plan européen. L'appui du réseau CAIRN pourra être sollicité dans cette perspective.

- Le groupe de pilotage du « projet SILEX », actuellement constitué de quelques individus a vocation à être élargi. Plusieurs participants ont déclaré leur intérêt dans ce sens. Une réunion serait nécessaire en 2017 pour formaliser ce point.
- Les supports de cours présentés lors de l'école seront accessibles via l'intranet du site web. L'intérêt de rassembler les matériaux pour constituer un manuel est très largement partagé.
- Au-delà, le site web actuel de l'École thématique, hébergé au CEPAM, pourra servir de base à la création d'une plateforme collaborative. Les perspectives de développement ouvertes par les BigData et les humanités numériques pour le porter à connaissance et la sauvegarde des données sont clairement identifiées (intervention très fructueuse de S. Renault sur ce point).

#### 2.5.2 Enseignement dans le cadre du Master PPA de l'Université de Nice Sophia Antipolis.

L'un des membres du PCR (PF) fait partie des intervenants du master PPA-8 Géomatériaux (Université de Nice Sophia Antipolis). Les divers géomatériaux susceptibles d'être utilisés par les hominidés sont décrits tant du point de vue de leur composition, de leur origine (roches sédimentaires, roches magmatiques, roches métamorphiques, ou minerais) que de leur intérêt économique et/ou social (rhéologie, dureté, caractère ornemental, valeur). Les méthodes d'analyses qualitatives et quantitatives des géomatériaux pour identifier l'origine et la source des outils lithiques et objets en céramique sont présentées : analyse pétrologique (microscope polarisant), analyses des éléments majeurs (ICP-AES), analyses semi-quantitatives (microscope électronique à balayage environnemental), analyses des éléments traces (ICP-MS), analyse de la composition minéralogique (diffraction X, Raman).

Pour le silex *s.l.*, l'accent sera mis sur :

- la sémantique, la genèse et les caractéristiques minéralogiques, pétrographiques et micropaléontologiques ;
- la description des méthodes utilisées en pétroarchéologie : protocoles, outils, grilles d'observations, traitement d'image ;

- la notion de chaîne évolutive et le décryptage de la chronologie des processus d'altération : protocole, outils, grille d'observation, traitement d'image...

Le supports .ppt est présenté en annexe 1 (cf. module 7) du volume 2.

### 2.5.3 Participations à colloques

#### CONGRES PREHISTORIQUE DE FRANCE / SESSION 2 : PALETHNOLOGIE DU PALÉOLITHIQUE SUPÉRIEUR ANCIEN : OÙ EN SOMMES NOUS ? - 1 JUIN 2016 AMIENS 30/05 AU 04/06 - 2016

ESSAI DE PALETHNOLOGIE DES PREMIERS HOMO SAPIENS DANS LE SUD-OUEST FRANÇAIS : LA STATION AURIGNACIENNE DE BRIGNOL À VILLENEUVE-SUR-LOT (LOT-ET-GARONNE)

R. Picavet, L. Anderson, L. Chesnaux, J.-B. Caverne, P. Fernandes, A. Morala, E. Kawalec, M. Rué, P. Tallet

À l'Est de Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne), sur une terrasse en rive droite du Lot, au lieu-dit « Brignol » et préalablement à la construction d'un centre hospitalier, une surface de fouille de 400 m<sup>2</sup> a été prescrite, suite à un diagnostic positif ayant révélé des vestiges du Paléolithique supérieur. Quatre-vingt-dix-neuf microsondages-tests d'un quart de mètre carré répartis sur l'ensemble de la surface nous ont permis de circonscrire une zone de concentration de 70 m<sup>2</sup>. La fouille manuelle de cette surface a livré des vestiges exclusivement lithiques, les restes organiques n'étant pas conservés. L'occupation est donc seulement matérialisée par des silex, des galets de quartz, de quartzites et de calcaires gréseux, tous importés intentionnellement sur les lieux.

Les observations d'ordre taphonomique, reposant sur l'étude des fabriques, les états de surfaces et les possibles polarités, la conservation des stigmates macroscopiques d'usage ainsi que la présence de vestiges infracentimétriques, permettent d'avancer que tout le mobilier, quelle que soit la taille des pièces, a pu subir des déplacements latéraux d'amplitude très modérée. Deux dates OSL placent l'occupation dans une fourchette de 37 à 33 ka BP, ce qui est cohérent avec son attribution culturelle à un Aurignacien récent à « grattoirs » Caminade.

L'étude fonctionnelle du matériel lithique taillé nous oriente vers des activités domestiques correspondant aux premières étapes de la chaîne opératoire du traitement des carcasses, notamment la boucherie, la décarnisation et la

désarticulation ainsi que le grattage de peaux plutôt fraîches. En effet, les « grattoirs » Caminade (petits éclats lamellaires à troncature inverse), éléments diagnostiques de cet assemblage lithique, semblent avoir été utilisés montés en série comme tranchants de couteaux et non pas comme armatures latérales de projectiles. L'industrie en roches autres que le silex a pu jouer un rôle complémentaire à ces tâches de traitement de carcasses, une partie des galets de quartz ayant été chauffée et vraisemblablement utilisée pour la cuisson, et une autre partie ayant été taillée.

L'identification des matières premières siliceuses montre une circulation du groupe selon un axe sud-nord entre Villeneuve-sur-Lot et Bergerac. Le site se trouve aux limites méridionales du domaine minéral exploité d'environ 50 kilomètres de diamètre. Les occupants du site possèdent une bonne connaissance de la variabilité lithologique régionale, et on observe une gestion différenciée entre matières premières locales et régionales.

La répartition spatiale du mobilier et les nombreux remontages lithiques effectués sur tous les types de matériaux (taux de remontage total de 35,9% ; taux de remontage des silex de 44,6% ; taux de remontage des quartz chauffés/taillés de 21,6%) indiquent des zones de concentration pouvant correspondre à des aires d'activités bien délimitées dans l'espace.

Toutes les observations convergent pour affirmer que la station de Brignol correspondrait à une occupation de courte durée ayant une fonction spécialisée. Cet « instantané » est l'une de rares occupations de plein air bien conservées connues pour l'Aurignacien, et malgré quelques légers biais taphonomiques, il nous fournit une occasion remarquable d'aborder la sociologie des premiers hommes modernes en France à travers une véritable analyse palethnologique.

MOTS CLEFS : silex ; Aurignacien récent ; boucherie ; grattoirs Caminade ; tranchants de couteaux ; circulation du groupe selon un axe sud-nord ; aires d'activités

#### JOURNÉE RÉGIONALE DE L'ARCHÉOLOGIE CLERMONT-FERRAND - 10 JUIN 2016

GÉORESSOURCES ET EXPRESSIONS TECHNO-CULTURELLES DANS LE SUD DU MASSIF CENTRAL AU PALÉOLITHIQUE SUPÉRIEUR : DES DÉTERMINISMES ET DES CHOIX

V. Delvigne

La pétroarchéologie du silex s'attache à définir les origines des silex retrouvés dans les sites archéologiques. Au vu des avancées

méthodologiques récentes (définition toujours plus précise des faciès, vision dynamique du parcours du silex dans son environnement - chaîne évolutive -, mise en place d'une cartographie précise des domaines minéraux siliceux) il est aujourd'hui possible de préciser non seulement le lieu de formation du silex (gîte primaire) mais également son lieu de collecte (gîte primaire ou secondaire).

L'étude exhaustive des silex de collections archéologiques du sud du Massif central à plusieurs moments-clés du Paléolithique supérieur (Gravettien récent et final : Le Blot et Le Rond-de-Saint-Arcons ; Badegoulien : Le Rond-du-Barry et La Roche-à-Tavernat ; et Magdalénien supérieur : Sainte-Anne II) a permis la mise en évidence d'une diversité insoupçonnée de matériaux représentatifs d'un vaste litho-espace (espace géographique comprenant l'ensemble des matériaux considérés). En s'appuyant sur l'exemple du Badegoulien, nous proposons un modèle de représentation de l'origine et de l'acquisition des matières premières retrouvées sur un site archéologique, non plus sous une forme sito-centrée (en étoile), mais sous la forme d'un réseau de lieux, plus en accord avec les données issues des observations ethnographiques et géographiques. La représentation des différents types de matériaux au sein des industries lithiques, ainsi que leurs modes d'introduction sur le site, permettent de distinguer les choix opérés par les hommes et les contraintes naturelles subies, autorisant dès lors l'inscription sémantique du litho-espace dans un essai de reconstruction du paléo-espace social.

MOTS CLÉS : préhistoire ; géologie ; silex ; pétroarchéologie ; industrie lithique ; Massif central ; Auvergne ; Haute-Loire ; Ardèche ; Berry ; Touraine ; gravettien ; badegoulien ; magdalénien ; chaîne évolutive des silicifications ; paléogéographie ; territoire ; peuplement ; Le Blot ; Le Rond-du-Barry ; La Roche-à-Tavernat ; Sainte-Anne II.

22ND ANNUAL MEETING OF THE EAA  
/ TH 05-01  
SESSION INVESTIGATING GEOCHEMICAL  
AND PETROGRAPHIC METHODS FOR FLINT  
IDENTIFICATION IN ARCHAEOLOGY  
VILNIUS 31/08 AU 04/09 - 2016

RENEWED PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL  
STUDIES OF FLINT FROM SECONDARY DEPOSITS:  
IMPLICATIONS FOR THE STUDY OF EARLY UPPER  
PALAEOLITHIC RAW MATERIAL PROVISIONING AND  
LAND-USE IN THE MONS BASIN, WESTERN BELGIUM

L. Moreau, P. Fernandes, M. Brandl, P. Filzmoser, E. Goemaere, I. Jadin, A. Hauzeur, J. Day, S. A. Gibson

Sourcing and reliable characterization of lithic resources holds the key to deriving meaningful inferences and formulating testable hypotheses regarding the interaction of past hominins with their environment. Given that Palaeolithic artifacts were buried in sediment deposits over a long time period, even those artifacts that seem macroscopically "fresh" might have been altered by sedimentological and weathering phenomena. However, the issue of rock surface alteration by mechanical, chemical (*i.e.* patination, dehydration or any other kind of well-known post-depositional weathering) and/or thermal effects on silicites and their possible influence on geochemical results has rarely been addressed explicitly. Preliminary results suggest that Laser Ablation - Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) is not subject to serious analytical limitations or distortions of results and their interpretation as a result of weathering effects and matrix alteration (Moreau et al., 2016). However, detailed experiments on the effects of patination and surface alteration of flint on geochemical results have yet to be carried out. With the objective to verify the unbiased character of the LA-ICP-MS analytical technique, this paper represents a step in this direction. We present first results of a series of test measurements on 70 Gravettian flint artifacts from Maisières-Canal in the Mons Basin, Western Belgium. Given the role of secondary flint deposits in Palaeolithic raw material economies, the variability of the archaeological raw material will be discussed in the light of the petrographical and geochemical variability observed in geological samples from secondary deposits of the Mons Basin. Whereas chemical composition of scar surfaces derived from knapping are relevant for *post-depositional* processes, alteration characteristics of *pre-depositional* flint surfaces contribute to assessing toolstone source areas. The methodological advances resulting from this study will be applicable to any period and context in the prehistory of Europe and further afield.

SIST 2016 : SÉRIES INTEROPÉRABLES ET  
SYSTÈMES DE TRAITEMENT  
PLATEFORME DE DONNÉES TECHNIQUES -  
29 SEPTEMBRE 2016  
MONTPELLIER 29 AU 30/09 - 2016

L'USAGE D'OUTILS, DE DONNÉES ET DE WEBSERVICES  
INTEROPÉRABLES POUR LA CARTOGRAPHIE DES  
FORMATIONS À SILEX EN FRANCE : L'EXPÉRIENCE DU  
PCR « RÉSEAU DE LITHOTHÈQUES »

C. Tuffery, D. Talec, J.-B. Caverne, P. Tallet, G. Pinçon, S. Konik, J.-P. Platel, A. Turq, A. Morala, P. Fernandes

Dans le cadre des Projets Collectifs de Recherches « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes et Réseau de lithothèques en Auvergne », une méthodologie de numérisation et de géoréférencement des formations à silex a été mise au point. Plusieurs secteurs géographiques où se trouve ce type de formations, ont été numérisés d'une façon cohérente entre les diverses régions concernées, en partie grâce à un partenariat avec le Centre National de Préhistoire et le Musée National de la Préhistoire.

Ce travail consiste à numériser avec les logiciels ArcGIS et QGIS à une échelle d'affichage du 1/10 000 toutes les formations à silex en utilisant les cartes géologiques au 1/50 000 disponibles dans le service web WMS Infoterre du BRGM. Les données numérisées, sous forme de polygones au format shapefile, constituent le socle d'une base de données unique sur les formations à silex. Celle-ci permet de visualiser ces géoressources, d'effectuer des analyses par comparaison avec d'autres données. Dans un second temps, elle permettra d'émettre des hypothèses sur les stratégies d'approvisionnement et de déplacement des populations préhistoriques.

Les données, une fois contrôlées, et les métadonnées (norme Inspire), une fois renseignées, ont été importées sur la plateforme de cartographie en-ligne ArcGISOnline (AGOL) d'ESRI qui permet de partager des données géoréférencées de façon sécurisée et de procéder à divers types de traitement et d'analyse sur ces données. Diverses représentations cartographiques sont possibles sur les données géométriques et sur les données attributaires, en veillant à respecter les règles de sémiologie cartographique. AGOL permet ensuite de développer une interface web de consultation et de diffusion des données. Ces données peuvent se partager de façon sécurisée grâce à une gestion fine des droits des divers groupes d'utilisateurs.

Les données diffusées sous forme d'un WMS, peuvent être croisées avec d'autres webservices du même type. Elles peuvent aussi être utilisées dans d'autres applications web, logiciels de SIG bureautique, voire téléchargées.

Des jeux de ces données peuvent être extraits pour être utilisés sur le terrain sur des tablettes numériques afin de contrôler leur qualité ou mettre à jour certaines d'entre elles. Les différentes versions peuvent être conservées, et comparées si besoin. Enfin leur diffusion s'appuiera sur des actions de formation puisque une école thématique aura lieu en novembre 2016 grâce au soutien du MCC, du CNRS et de l'Inrap.

MOTS-CLÉS : Base de données, SIG, webservices, normes, numérisation, contrôle de qualité, diffusion, partage, silex, géologie, géoressources, archéologie, préhistoire

7TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IUSPP COMMISSION ON FLINT MINING IN PRE- AND PROTOHISTORIC TIMES  
MINING AND QUARRYING. GEOLOGICAL CHARACTERISATION, KNAPPING PROCESSES AND DISTRIBUTION NETWORKS DURING PRE- AND PROTOHISTORIC TIMES - 2016

FLINT STUDIES REVISITED: THE "CHAÎNE ÉVOLUTIVE" CONCEPT.

P. Fernandes, V. Delvigne, A. Turq, S. Dubernet, A. Morala, M. Thiry, F.-X. Le Bourdonnec, C. Bressy-Leandri, P. Schmidt, P. Tallet, A. Taylor, L. Moreau, M. Piboule, J.-P. Raynal

Studies on the origin of lithic raw materials have become increasingly important since the 1980's. Sourcing studies play a key role in appreciating territory exploitation and group mobility, two major issues of the Archaeology of prehistoric hunter-gatherer societies.

Most approaches use only part of the potential information contained within archaeological lithic material. The improvement in our understanding of the nature of flint and its formation processes has allowed our interdisciplinary research-group to refine the methods used for its characterization. A major aspect of this new approach is the "chaîne évolutive" concept. Our work opens up new research directions like the surface analysis of flint artefacts which complements taphonomic studies of archaeological sites in terms of assemblage integrity and site formation processes.

We present preliminary results of ongoing petrographic and geochemical analyses of Paleolithic flint artefacts and geological samples. Our approach aims to establish the geological history of flint prior to its collection by humans and to characterize the successive events which affected lithic artefacts after they were discarded. The multi-technical and multi-scale approach presented in this paper appears to be particularly applicable in reconstructing the mineral territory exploited in the prehistoric past.

KEYWORDS : Flint, petro-archaeology, characterization, evolutionary chain of silicification, raw material provenance.

GEO-RESOURCES AND TECHNO-CULTURAL EXPRESSIONS IN THE SOUTH OF THE FRENCH MASSIF CENTRAL DURING THE UPPER PALAEO-LITHIC: DETERMINISM AND CHOICES.

V. Delvigne, P. Fernandes, P. Bindon, J.-P. Bracco, L. Klaric, A. Lafarge, M. Langlais, M. Piboule, J.-P. Raynal

The petro-archaeology of flint defines the origin of the siliceous raw material found in archaeological sites. Recent methodological advances like more precise facies definition, determining the provisioning path for flint in studied sites, the "evolutionary chain concept" and precise mapping of siliceous mineral domains, enable us to identify not only the location where any particular flint formed (primary outcrop), but also from where it was collected (primary or secondary outcrop).

Exhaustive studies of Upper Palaeolithic flint collections from sites in the South of the French Massif Central (Recent and Final Gravettian: Le Blot and Le Rond-de-Saint-Arcons; Badegoulian: Le Rond-du-Barry and La Roche-à-Tavernat; and Upper Magdalenian: Sainte-Anne II) reveal an unexpected diversity of raw materials indicative of huge mineral territories being exploited. Accordingly, we have developed a new figurative model for the origins of lithic raw material discovered in these archaeological sites, not as a site-centred radiant form, but more akin to an interrelated network of places, which is congruent with the ethnographic and geographic data. The different types of flint in the lithic industries correlated with their position within the "evolutionary chain" allows speculation on the choices made by prehistoric hunter-gatherers within the natural constraints they faced. This in turn enables the addition of the mineral space into reconstructions of the palaeo-social-space.

**KEYWORDS :** Prehistory; geology; flint; petro-archaeology; lithic industry; French Massif Central; Auvergne; Haute-Loire; Ardèche; Berry; Touraine; Gravettian; Badegoulian; Magdalenian; evolutionary chain of silicification; paleo-geography; territory; settlement.

**TABLE RONDE «L'HOMME DANS LES ALPES, DE LA PIERRE AU MÉTAL»**

**SESSION 1 : ENVIRONNEMENT ET EXPLOITATION DES RESSOURCES NATURELLES - 13 OCTOBRE 2016**

**VILLARD DE LANS 13 AU 15/10 - 2016**

LES SILEX DE VASSIEUX ET D'AMBEL, ÉTAT DE L'ART

P. Fernandes, C. Bressy-Léandri

L'étude pétroarchéologique des silex de Vassieux conservés dans la lithothèque de l'Institut Dolomieu a repris en janvier 2012. Elle s'inscrit dans un travail, à l'échelle régionale, initié par P. Bintz dès les années 1970, puis poursuivi par C Grünwal (Grünwald et Affolter 1995), Ch. Stouvenot (1996), C. Riche (1998) et C. Bressy (2002). La gestion de cette lithothèque, au travers de deux PCR, n'a pas cessé depuis (P. Bintz, C. Bressy-Léandri, P. Fernandes). Elle comprend les échantillons collectés par J. Affolter, F. André, C. Bernard, P. Bintz, C. Bressy-Léandri, C. Grünwald, F. Martineau<sup>(†)</sup>, G. Monin, A. Morin et R. Picavet ainsi qu'une partie des séries étudiées par Ch. Stouvenot, C. Riche, M. Piboule et P. Fernandes. La base de données «lithogîte» a été mise en place dans un souci de pérenniser ces informations. Une série de descriptions précises se trouve dans la thèse de C Riche (1998). Elle livre des renseignements sur la texture, les éléments figurés et la minéralogie de 32 microfaciès du sud Vercors. Un premier modèle de fiche harmonisée fut élaboré à partir de 1999, dans le cadre du programme CIRCALP, coordonné par A. Beeching. Une plate-forme extranet est mise en place depuis 2007 : «Petraarch », et couvre l'ensemble de la région Rhône-Alpes. Ce fichier, élargi à d'autres domaines minéraux, comprend à l'heure actuelle 395 fiches, décrivant les silicifications des massifs des Bornes, des Bauges, de la Chartreuse et du Vercors, du Diois, de la Vallée du Buëch et du Dévoluy.

Des avancées méthodologiques récentes dans la caractérisation des sources d'approvisionnement et le fait que l'inventaire de cette lithothèque n'ait pas été suffisamment illustré ont conduit à poursuivre cette démarche déjà bien engagée. En effet, par l'adjonction d'une observation à plus fort grossissement, les diagnoses relatives aux microfaciès ont débouché sur des interprétations généralement plus poussées. Nous présenterons dans cette communication qu'une partie de l'atlas, celle qui concerne les faciès présents sur le plateau de Vassieux.

En 1998, Riche distingue quatre groupes pour le plateau de Vassieux. Leurs caractères macroscopiques sont suffisamment différents pour permettre leur distinction. La reprise de l'étude des microfaciès depuis 2012 a confirmé et précisé ce classement, en discriminant 7 groupes. Chacun d'eux présente un microfaciès caractéristique. Leur contenu micropaléontologique a été déterminé, pour la première fois, par A. Arnaud-Vanneau. Il est constitué des mêmes éléments. On observe des spicules, des *Incertae sedis* et des foraminifères benthiques en relative abondance. On note la présence régulière d'échinides, d'entroques et de débris ligneux en moins grand

nombre. En fait les différences de microfaciès sont liées à l'abondance, la nature et la forme des éléments figurés (organique ou minéral), à leur état d'altération et parfois à leur orientation.

À ce stade de la démarche, nous ne possédons pas encore un panorama suffisamment étoffé pour évaluer la variabilité gîtologique des silex du sud du Vercors. La recherche des marqueurs de source n'est pas encore aboutie et le travail entrepris sur les états de surface est en cours. La récupération de lames minces déjà fabriquées et la confection de nouvelles lames à partir d'échantillons dont la filiation est déjà pressentie (collectés des formations primaires aux superficielles les plus distales) permettra de finaliser ce programme. La caractérisation par la codification d'un plus grand nombre de critères discriminants, sous formes de fiches illustrées, devrait durer encore deux années, sachant que plusieurs retours sur le terrain seront nécessaires.

*JOURNÉE D'ÉTUDE DU LABEX DYNAMITE, GROUPE DE TRAVAIL «CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIÉTÉS DU PASSÉ» CARACTÉRISATION ET SPATIALISATION DES RESSOURCES SILICEUSES EN PRÉHISTOIRE : LES SILEX DU BASSIN PARISIEN ET LES OBSIDIENNES DU PROCHE ORIENT NANTERRE 17 NOVEMBRE 2016*

GÉORESSOURCES ET EXPRESSIONS TECHNO-CULTURELLES DANS LE SUD DU MASSIF CENTRAL AU PALÉOLITHIQUE SUPÉRIEUR : DES DÉTERMINISMES ET DES CHOIX

V. Delvigne

La pétroarchéologie du silex s'attache à définir les origines des silex retrouvés dans les sites archéologiques. Au vu des avancées méthodologiques récentes (définition toujours plus précise des faciès, vision dynamique du parcours du silex dans son environnement - chaîne évolutive -, mise en place d'une cartographie précise des domaines minéraux siliceux) il est aujourd'hui possible de préciser non seulement le lieu de formation du silex (gîte primaire) mais également son lieu de collecte (gîte primaire ou secondaire).

L'étude exhaustive des silex de collections archéologiques du sud du Massif central à plusieurs moments-clés du Paléolithique supérieur (Gravettien récent et final : Le Blot et Le Rond-de-Saint-Arcons ; Badegoulien : Le Rond-du-Barry et La Roche-à-Tavernat ; et Magdalénien supérieur : Sainte-Anne II) a permis la mise en évidence d'une diversité insoupçonnée de

matériaux représentatifs d'un vaste litho-espace (espace géographique comprenant l'ensemble des matériaux considérés). En s'appuyant sur l'exemple du Badegoulien, nous proposons un modèle de représentation de l'origine et de l'acquisition des matières premières retrouvées sur un site archéologique, non plus sous une forme sito-centrée (en étoile), mais sous la forme d'un réseau de lieux, plus en accord avec les données issues des observations ethnographiques et géographiques. La représentation des différents types de matériaux au sein des industries lithiques, ainsi que leurs modes d'introduction sur le site, permettent de distinguer les choix opérés par les hommes et les contraintes naturelles subies, autorisant dès lors l'inscription sémantique du litho-espace dans un essai de reconstruction du paléo-espace social.

MOTS CLÉS : préhistoire ; géologie ; silex ; pétroarchéologie ; industrie lithique ; Massif central ; Auvergne ; Haute-Loire ; Ardèche ; Berry ; Touraine ; gravettien ; badegoulien ; magdalénien ; chaîne évolutive des silicifications ; paléogéographie ; territoire ; peuplement ; Le Blot ; Le Rond-du-Barry ; La Roche-à-Tavernat ; Sainte-Anne II.

*COLLOQUE INTER-RÉGIONAL. PRÉHISTOIRE DE LA FRANCE CENTRALE, ACTUALITÉS DE LA RECHERCHE. MONTLUÇON 19 NOVEMBRE 2016*

PRINCIPALES MATIÈRES PREMIÈRES LITHIQUES DISPONIBLES AU PALÉOLITHIQUE ENTRE BASSIN PARISIEN ET L'Auvergne : PARTIE 1-ALLIER, CHER ET INDRE. GRANDES VARIÉTÉS DES MATÉRIAUX ET LEURS TRANSITS AU PALÉOLITHIQUE MOYEN.

M. Piboule, V. Delvigne, P. Fernandes, A. Lafarge, J.-P. Raynal

À la marge nord du Massif central le département de l'Allier et ses bordures immédiates offrent une grande diversité de matières premières siliceuses utilisées par les hommes préhistoriques. Les origines de ces matériaux sont très variées. Leurs caractères pétrographiques permettent d'établir une typologie utile pour la reconnaissance des sources géologiques des silex *s.l.* utilisés sur les sites préhistoriques. Les principaux gîtes de matières premières siliceuses de cette région sont examinés ici

Les silex *s.l.* les plus anciens appartiennent au Permien (Autunien inférieur) avec le gîte-atelier de Meillers installé sur des sinters (matériau d'origine hydrothermale-geysérite) et ceux à silex

palustre du secteur de Gros Bois (Bois Perdu, Gipy, ..). L'ensemble de ces matériaux a fait l'objet d'une exploitation systématique au paléolithique moyen.

Les silicifications de l'Hettangien du sud du Berry («Jaspes» du Chaumois) correspondent pétrographiquement à des jaspéroïdes. L'origine hydrothermale de basse température généralement admise pour leur formation. Les sites d'exploitation sont nombreux et étalés sur une vingtaine de kilomètres entre La Châtre et Le Chatelet. Ces produits - bien typés - ont été utilisés à toutes les époques et sont présents dans la majorité des sites préhistoriques de l'ouest du Massif central où ils sont généralement associés à des silex turoniens. Ils sont identiques à ceux du Lias de la bordure limousine du Massif central (Bassin de Brive, Confolentais, ...) ; cette identité pétrographique pose le problème de la fiabilité des déterminations d'origine géographique de ce matériau pour l'ensemble du Massif central.

Les silex du jurassique moyen de la région de Saint-Amand-Montrond (secteur de Lignièrès, Bruère-Allichamps, Forêt de Meillant, ..) trouvent leur origine dans les formations carbonatées de plateforme (silex bioclastiques ou oolithiques). Les gisements offrent des modules de grande taille qui ont permis la confection de bifaces au Paléolithique inférieur et moyen. Ces productions ont diffusé dans toute la région (Vallée du Cher, Montluçon, Meillers, Saint-Bonnet-de-Four, ..).

Les silicifications cénozoïques - dominées par des silcrètes phréatiques - sont inféodées aux bassins de la vallée du Cher (bassins de Domérat-Montluçon et de Saulzais-le-Potier) et aux nombreux placages résiduels distribués sur le trias et le socle (Les Varennes-Vicq-Exempt, Serres-Néret, Le Bouchat et Les Mats à l'est de Montluçon, ...). Parfois les silex restent les seuls et derniers témoins de l'extension initiale des formations tertiaires (Les Maisons Rouges, Prémilhat, Domérat, Nérès-Bains, ... par exemple). Les origines génétiques de ces matériaux sont dans le détail très variées (lacustres, palustres, pédologiques, ...). La fréquence et l'ubiquité des silcrètes à l'échelle régionale ne permettent pas de déterminer leurs axes de circulation.

Les alluvions quaternaires de l'Allier et de la Loire et la formation des «sables à chailles» du Bourbonnais sont très riches en galets de silex issus du démantèlement récent des formations jurassiques de la bordure orientale du bassin de Roanne. Ces matériaux ont été très largement utilisés au Paléolithique ancien et moyen dans cette zone productrice mais également exportés plus à l'ouest du Bourbonnais (Gipy, Saint-Bonnet-de-Fours, Chamblet, ..).

En raison de la longue fréquentation de la majorité des gîtes de matières premières siliceuses et des abandons consécutifs d'artefacts

en matériaux allochtones ces gîtes apportent des renseignements précieux sur les transits de matériaux à l'échelle régionale. Une première esquisse de ces transits et des interconnexions entre sites producteurs est proposée pour le Paléolithique moyen.

MOTS CLEFS : silex, sinter, silcrètes, jaspéroïde, Permien, Hettangien, Jurassique, Cénozoïque, Paléolithique moyen.

PRINCIPALES MATIÈRES PREMIÈRES LITHIQUES DISPONIBLES AU PALÉOLITHIQUE ENTRE LE BASSIN PARISIEN ET L'Auvergne : PARTIE 2 - LOIR-ET-CHER, INDRE-ET-LOIRE. LE CAS DU TURONIEN INFÉRIEUR ET SUPÉRIEUR.

V. Delvigne, M. Piboule, P. Fernandes, A. Lafarge, J.-P. Raynal

Dans le sud du Bassin parisien, les silex du Turonien inférieur – dits silex blonds – et supérieur – dits silex du Grand-Pressigny – constituent des ressources de première importance au Paléolithique supérieur. Leur exploitation préhistorique est reconnue dans tout le Berry, la Touraine, le Poitou et l'Auvergne. Ils se retrouvent également en petite quantité dans les séries lithiques du Paléolithique supérieur du Bassin parisien, de la vallée du Rhône, de l'Aquitaine et des Charentes. Ces ressources, malgré leur importance, n'avaient jusqu'alors pas fait l'objet d'une description pétrographique détaillée et ont été parfois confondues avec des silicifications cénozoïques localisées dans l'est et le sud du Massif central. Nous présentons une synthèse de nos observations sur plus de 700 échantillons issus de 104 gîtes différents et sur plusieurs milliers d'artefacts lithiques, étayée par une revue bibliographique des publications, cartes géologiques et mémoires universitaires ayant trait au sujet. En conclusion, l'apport massif de silex du Turonien et notamment du Turonien inférieur comme élément structurant des assemblages lithiques du Paléolithique supérieur se cantonne pour l'essentiel dans un espace contraint au sud par le seuil du Poitou et les Combrailles creusoises et au nord et à l'est par la Loire. Leur circulation sur plusieurs centaines de kilomètres n'est plus un fait anecdotique et permet de retracer des relations entre provinces préhistoriques.

MOTS CLEFS : pétroarchéologie ; paléogéographie ; Turonien supérieur ; Turonien inférieur ; Paléolithique supérieur ; Touraine ; Berry ; Auvergne.

Les supports .ppt de ces présentations sont reportés en annexes 8 à 7 du volume 2.

## 2.5.4 Articles parus en 2016

V. DELVIGNE<sup>1</sup>, P. FERNANDES<sup>1-2</sup>, M. PIBOULE<sup>3</sup>, D. CHOMETTE<sup>4</sup>, E. DEFIVE<sup>5</sup>,  
A. LAFARGE<sup>6</sup>, R. LIABEUF<sup>7</sup>, M.-H. MONCEL<sup>8</sup>, R. WRAGG-SYKES<sup>1</sup>, J.-P. RAYNAL<sup>1-9</sup>

# Circulation du silex barrémo-bédoulien depuis le Paléolithique moyen de Vivarais en Velay par les monts du Mézenc

### Résumé

Depuis le Pléistocène supérieur, les silex des conglomérats oligocènes de Rochemaure-Cruas ont été utilisés par l'homme préhistorique dans l'espace régional Vivarais-Velay. La reconnaissance des silex barrémo-bédouliens de la rive droite du Rhône, dans les sites paléolithiques et mésolithiques, de la Haute Ardèche au pourtour du Mézenc et au cœur du Velay, éclaire d'un jour nouveau les modalités d'occupation de ces espaces naturels par les Néanderthaliens et leurs modernes successeurs.

**Mots-clés** : pétroarchéologie, mobilité, silex, Haute-Loire, Ardèche, Paléolithique, Mésolithique, synthèse.

Le développement, ces dix dernières années, d'une méthode innovante de caractérisation des silex, fondée sur le principe de « chaîne évolutive » (Fernandes et Raynal, 2006 ; Fernandes, 2012), permet non plus de remonter au seul gîte primaire (affleurement du silex dans son encaissant) mais à l'emplacement exact où l'homme a ramassé le matériau brut. La détermination de l'origine des silex retrouvés en contexte archéologique permet de comprendre les relations entretenues entre l'homme préhistorique et son milieu minéral.

### Introduction

La pétroarchéologie étudie l'origine et le traitement des matières premières dans les sites archéologiques. Si l'on en trouve les premiers essais dans les travaux de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, son développement commence réellement à partir des années 1930, en Europe centrale et orientale. En France, le mouvement s'organise à partir des années 1940/1950, d'abord autour des géologues du centre et du sud du Bassin parisien tels G. Deflandre et L. Valensi, puis des préhistoriens du Bassin aquitain. À la fin du siècle dernier, les recherches d'A. Masson (1981) en Auvergne, de P.-Y. Demars (1982) dans le bassin de Brive, de M. Mauger (1985) dans le centre du Bassin parisien et de T. Aubry (1991) dans le sud du Bassin parisien consacrent l'intérêt de la discipline, récemment renouvelée par P. Fernandes (2012).

Bien que longtemps considéré comme un espace dépourvu de matière première siliceuse utilisable par l'homme préhistorique, le sud du Massif central (Fig. 1) constitue un terrain propice aux études pétroarchéologiques car les affleurements y sont aujourd'hui bien identifiés et caractérisés. L'Auvergne du Paléolithique supérieur marque son originalité par la présence, non négligeable, de silex provenant de plus de 100 kilomètres des sites. Ce constat, initialement fait par F. Pomerol (1888) sur le gisement magdalénien de Blanzat (Puy-de-Dôme), mais seulement démontré un siècle plus tard par A. Masson (1981) pour différents sites de l'espace régional,

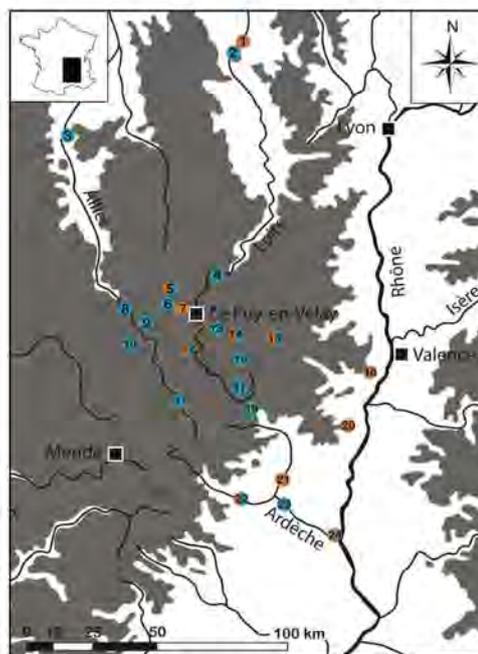


Fig. 1 - Carte des situations des sites appelés dans le texte. Les points oranges représentent les sites du Paléolithique moyen ; les points bleus, ceux du Paléolithique supérieur/Mésolithique. 1. Champ Grand (PM ; Saint-Jean-Saint-Maurice sur Loire, 42) ; 2. La Vigne Brun (PS ; Saint-Jean-Saint-Maurice sur Loire, 42) ; 3. Le Sire (PS ; Mirefleurs, 63) ; 4. Cotier (PS ; Relourac, 43) ; 5. Le Rond-du-Berry (PM, PS, Méso ; Polignac, 43) ; 6. Sainte-Anne II (PS ; Polignac, 43) ; 7. Sainte-Anne I (PM ; Polignac, 43) ; 8. Le Biol (PS ; Carzat, 43) ; 9. Complexe de Talevin (PS, Méso ; Chanteluges, 43) ; 10. La Roche-à-Tavernat (PS ; Chanteluges, 43) ; 11. Le Mas d'Almand (PS ; Naussac, 48) ; 12. Baume Vallée (PM, PS ; Solignac-sur-Loire, 43) ; 13. Abri Dufau (PS ; Blavoz, 43) ; 14. Rapavi (PM, PS, Méso ; Saint-Pierre-Eynac, 43) ; 15. Devesset (PM, PS ; Devesset, 07) ; 16. Longetraye (PS, Méso ; Freycenet-la-Cuche, 43) ; 17. Le col de Claron (Méso ; Cros-de-Géorand, 07) ; 18. La Baume Moulà Quercy (PM ; Soyons, 07) ; 19. La Baumasse (Méso ; Montpezat-sous-Bauzon, 07) ; 20. Payne (PM ; Rompon, 07) ; 21. Les Barasses II (PM ; Balazuc, 07) ; 22. Abri des Pêcheurs (PM, PS ; Berriac-et-Casteljaloux, 07) ; 23. Chauvet (PS ; Vallon-Pont-d'Arc, 07) ; 24. Abri du Maras (PM ; Saint-Martin-d'Ardèche, 07).

<sup>1</sup> UMR 5199 – PACEA, Université de Bordeaux, vincent.delvigne@hotmail.fr.

<sup>2</sup> UMR 5199 – PACEA, Université de Bordeaux, SARL Paléolime, 38350 Villard-de-Lans.

<sup>3</sup> 21 rue du Général Ferrié, 38100 Grenoble.

<sup>4</sup> 5 route de Charenzol, 07190 Saint-Sauveur-de-Montagut.

<sup>5</sup> UMR 6042 – GÉOLAB, Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal.

<sup>6</sup> UMR 5140 – Archéologie des sociétés méditerranéennes, Université de Montpellier.

<sup>7</sup> Ministère de la culture et de la communication, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, 63000 Clermont-Ferrand.

<sup>8</sup> Département de Préhistoire, Muséum national d'Histoire naturelle – CNRS Institut de Paléontologie humaine, 75013 Paris.

<sup>9</sup> Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig, Allemagne

Collectes préhistoriques	Histoire	Stades génétiques	Evolution	Mécanismes
↑↑↑↑	Dépôt archéologique	point - dépositionnel	Centripète	Dépôt et remaniement anthropiques : désagrégation, abrasion, trace de chocs, altération, patine secondaire
	Remaniement	Prédepositionnel		Remaniement et dépôt : désagrégation, abrasion, traces de chocs, altération, patine, néocortex
	Arrivée à l'affleurement	Initial		Dissolution, recristallisation
↑	Arrivée à l'affleurement	Lithification	Centrifuge	Crystallisation initiale, dont cortex. Diminution de la porosité (compaction)
↑	Sédimentaire	Sédimentation		



Fig. 2 - En haut : le concept de chaîne évolutive des silex (Fernandes, 2006) ; en bas : parcours schématisé des différents gîtes traversés par un silex.

fut pourtant loin d'être considéré comme acquis, enflammant la littérature scientifique de la fin du XX<sup>e</sup> siècle (Torti, 1983 ; Demars, 1985 ; parmi d'autres). Pour autant, si A. Masson (*op. cit.*) avait identifié, dans les séries du Paléolithique du Velay et plus largement d'Auvergne, des silex provenant du sud du Bassin parisien - une origine aujourd'hui confirmée par les études récentes (Delvigne, 2016) - les ressources locales (notamment celles des gîtes secondaires) ou provenant d'un espace méridional ont été sous-estimées, si ce n'est totalement ignorées.

Initié dans le sud de la région Auvergne au début des années 2000, le programme de prospection thématique intitulé « L'espace minéral au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central » (coordonné par J.-P. Raynal) avait pour but de pallier un *a priori* négatif sur la présence de silex exploitables en Velay (*op. cit.*). À partir de 2006, ce travail s'est vu conforté par son interaction avec le projet collectif de recherches (PCR) « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes » (coordonné par C. Bressy puis par P. Fernandes à partir de 2009) dans les départements du Gard, de l'Ardèche, de la Drôme, de l'Isère et de la Loire, afin de lever un certain nombre d'incertitudes géologiques et archéologiques que seule l'approche interrégionale permettait de dépasser. Il permit notamment d'améliorer les connaissances sur les formations à silex, de refonder les méthodes de caractérisation, d'harmoniser les systèmes de bases de données et d'optimiser les dispositifs d'accès à la documentation. Dans ce contexte scientifique dynamique et productif et au sein notamment du PCR

« Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central » (coordonné par J.-P. Raynal et M.-H. Moncel), la reprise de collections archéologiques par le biais d'une méthodologie adaptée et d'un échantillonnage structuré et rationnel des gîtes à silex a permis d'identifier des silex provenant du Barrémo-Bédoulien de la rive droite du Rhône.

### Méthodologie

Depuis une dizaine d'années, nous avons développé une méthode de caractérisation prenant en compte la « chaîne évolutive du silex » (Fig. 2), c'est à dire l'ensemble des transformations subies par le silex *s.l.* (*sensu lato*) depuis sa genèse jusqu'à sa découverte dans le site archéologique (Fernandes et Raynal, 2006 ; Fernandes, 2012).

Appliquée dans un premier temps à des assemblages du Paléolithique moyen, cette démarche a été étendue au Paléolithique supérieur du Velay. Dans le cadre d'une recherche de provenance, la seule notion de gîte primaire - le type génétique (Fernandes, *op. cit.*) - n'est qu'incomplètement pertinente et une vision globale de la chaîne évolutive est indispensable pour une meilleure appréciation des lieux de collecte (types gîtologiques) et des processus taphonomiques intra-sites.

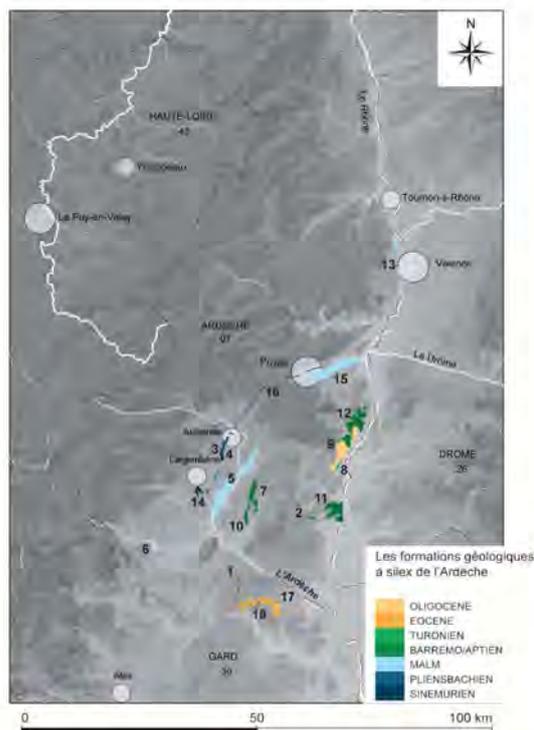
La diagnose des silex, tant du point de vue génétique (définition du type de silex primaire) que gîtologique (il existe plusieurs types gîtologiques pour un même type génétique, donc autant de lieux de collecte potentiels), nécessite la mise en place d'un protocole fondé sur l'analyse comparative des transformations minéralogiques, pétrographiques et micromorphologiques et sur l'analyse pétrographique classique, qui privilégie les associations de clastes et les microfaciès (références détaillées dans Fernandes, 2012 et Delvigne, 2016). Elle est complétée par une démarche semi-quantitative et dynamique qui intègre la totalité des critères discriminants (la biostratigraphie, la pétrographie, la morphométrie, la granulométrie, la minéralogie, la mesure de la microporosité et l'examen des surfaces).

La prise en compte des transformations minérales, texturales et des associations de stigmates sur les surfaces, inspirée par les travaux de L. Le Ribault (1977) et adaptée à la problématique des silex, participe à la reconnaissance des domaines minéraux exploités par les hommes préhistoriques ; sur les surfaces naturelles des silex, nous avons recensé une série de critères à l'échelle microscopique permettant de rapprocher une association d'altérations ou une transformation de la texture à un type de formation superficielle (Fernandes *et al.*, 2007 ; Fernandes, 2012).

### Les silex *sensu lato* du département de l'Ardèche et le silex barrémo-bédoulien de la rive droite du Rhône

#### Les silex *sensu lato*

Dans la partie médiane du couloir rhodanien, plusieurs études archéologiques et géologiques ont été consacrées aux silex des diverses formations mésozoïques et cénozoïques de l'Ardèche, de la Loire, de la Drôme et des départements voisins (Combiès, 1967 ; Beeching *et al.*, 1994 ; Slimak et Giraud 2007 ; parmi d'autres). Des prospections ciblées ont été effectuées, dès 1997, sur de nombreux gîtes de la Drôme dans le cadre du programme CIRCALP sous la direction d'A. Beeching et la création en 2006 par C. Bressy-Léandri du PCR « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes » a poursuivi cet effort. D'autres études se sont intéressées aux formations sédimentaires à matériaux siliceux, du point de vue strictement géologique ou paléontologique (depuis Fallot, 1885 jusqu'à Giot et Elmi, 1987 ; parmi d'autres).



Numéro	Etage	Commune(s)
1	LUDIEN	Vagnas, Labastide-de-Virac
2	BARREMIEN	Larnas
3	SINEMURIEN	Aubenas, Saint-Etienne de Fontbellon, Vinézac
4	PLIENSBACHIEN	Lachapelle-sous-Aubenas
5	TITHONIEN	Lussas, Lavilledieu, Saint-Germain, Vogüe, Lanas, Balazuc, Chauzon
6	KIMMERIDGIEN	Bois de Palolive
7	BARREMIEN	Roche-colombe, Lagorce
8	TURONIEN	La Tall
9	OLIGOCENE	Messe, Rochemaure, La Tall, Viviers
10	BARREMIEN	Lagorce
11	BARREMIEN	Viviers, Saint-Thomé-Bayne
12	BARREMIEN	Cruas, Messe, Rochemaure
13	KIMMERIDGIEN	Châteaubourg, Cornas, Guilhérard
14	SINEMURIEN	Montbréil, Laurac-en-Vivarois
15	TITHONIEN	Privas, Aissac, Chomérac, Saint-Symphorien-sous-Chomérac
16	PLIENSBACHIEN	Privas, Saint-Priest, Saint-Etienne-de-Boulogne, Verssac
17	LUTETIEN	Laval-Saint-Roman
18	LUDIEN	Barjac, Orgnac l'aven

Fig. 3 - Carte des formations à silex d'Ardèche (Fernandes 2012, modifiée).

L'ensemble de ces travaux, complétés régulièrement par des prospections, permet aujourd'hui de présenter un inventaire des variations lithologiques au sein des différentes formations à silex, silicrètes et silices hydrothermales du département de l'Ardèche. La synthèse des données acquises au fil de ces multiples travaux, toujours conduite dans le cadre du PCR « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes », illustre une région au paysage siliceux riche et contrasté (Fig. 3). Le nombre de gîtes primaires et secondaires actuellement recensés et documentés pour la région s'élève à un peu plus de 600.

Cette région rhodanienne, riche en ressources minérales variées, livre donc des silex d'origines marines, lacustres et continentales. Certains de ces silex possèdent des caractères spécifiques et font figure de silex « marqueurs ». Il s'agit en particulier du Barrémo-Bédoulien de Rochemaure-Cruas en position primaire et secondaire ; des silex turoniens (surtout présents en rive gauche) ; des deux séries lutétiennes de Laval-Saint-Roman et Ellieux ; des silex ludiens à Cyrènes, Characées et Striatella de la zone d'Orgnac et des silex stampiens de la rive gauche à Mélanies et Potamides.

### Les silex barrémo-bédouliens dans les séries archéologiques

Au sein des séries du Paléolithique supérieur du Velay nous n'avons retrouvé qu'un seul type, le Barrémo-Bédoulien des conglomérats oligocènes de la zone de Rochemaure-Cruas. Les silex affleurent sous la forme de rognons pluridécimétriques portant un cortex généralement centimétrique, grumeleux, blanc à beige, à porosité faible et à dominante siliceuse. La limite avec la zone silicifiée est nette et irrégulière. La zone silicifiée, de couleur brune à rouge est homogène. La matrice (orthochems) est principalement constituée de calcédonite crypto- à microcristalline.

Les éléments figurés (allochems), bien triés et répartis de façon homogène, se séparent en trois catégories (Fig. 4) : la composante détritique, représentée par de rares grains de quartz corrodés < 50 microns et de petits éléments subarrondis ; la composante chimique, illustrée par de fréquents petits (70 à 110 microns) pelloïdes et la composante biologique, formée par une fréquence variable de petits débris noirs allongés que nous assimilons à de la matière organique (fragments de tiges), par de fréquents spicules monoaxones peu fragmentés de Demosponges et par de rares foraminifères bisériés (*Textularia* ?). Outre ces éléments de diagnose, les silex barrémo-bédouliens de la rive droite du Rhône se caractérisent par l'abondance de petits rhomboédres de carbonate (dolomite) assez peu altérés. Dans les faciès les plus évolués, ces formes minérales sont dissoutes (boxworks) et colmatées par de la silice néogène.

Lors des études pétroarchéologiques précédentes, les silex barrémo-bédouliens ont en partie été confondus dans les séries vellaves du Paléolithique moyen avec des silex bajociens évolués de la région de Naussac (Fernandes et Raynal, 2007, Fernandes, 2012), ou assimilés à des silex du sud du Bassin parisien (type 10 et certains type 23 de A. Masson, 1981) dans les séries du Paléolithique supérieur (Fig. 5). Si leur distinction d'avec les silex turoniens du Berry ou de Touraine est assez aisée à la loupe binoculaire à grossissement moyen à fort (x 80 à x 200), puisque leurs contenus micropaléontologiques diffèrent grandement (Delvigne *et al.*, à paraître), elle reste plus difficile avec les silex bajociens.

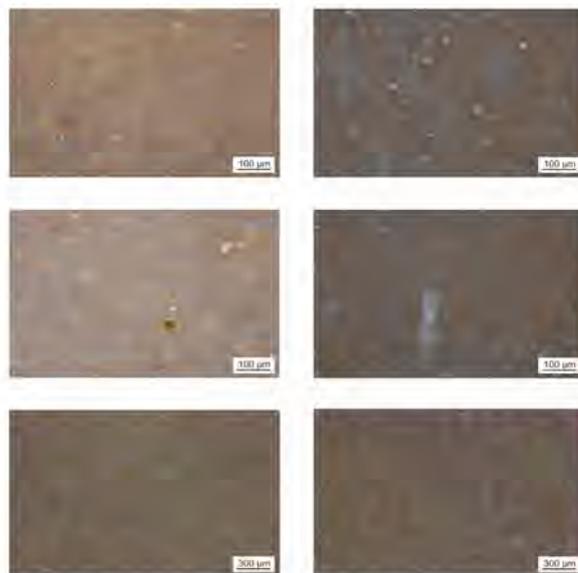


Fig. 4 - Exemples de microfaciès siliceux du Barrémo-Bédoulien de Rochemaure-Cruas.

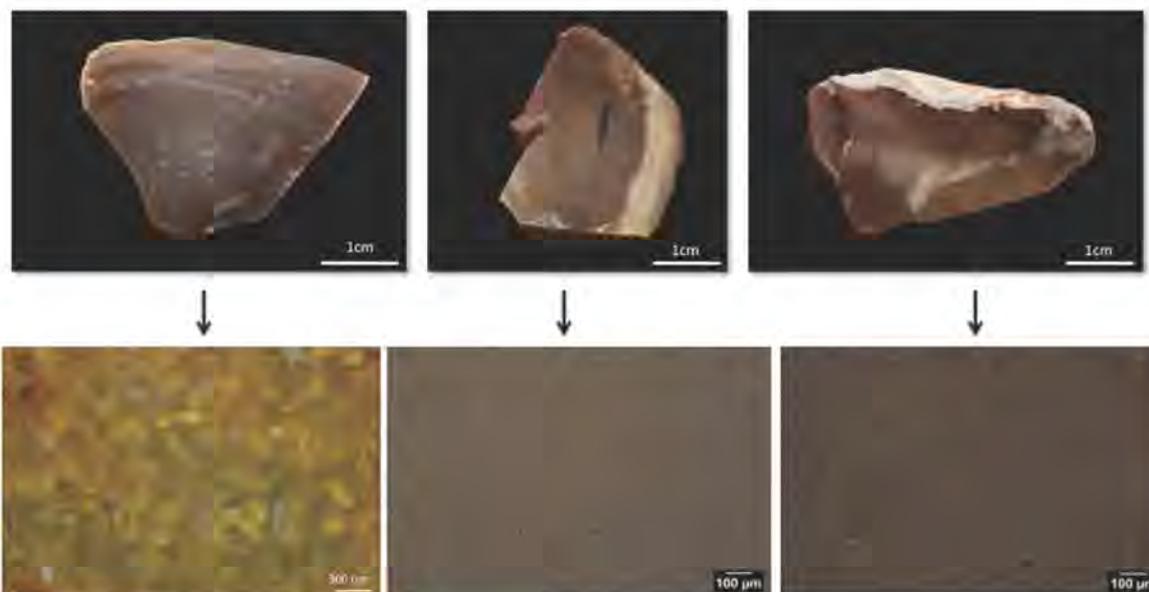


Fig. 5 - Exemple de convergence macroscopique de faciès.  
 À gauche : Turonien supérieur du Grand-Pressigny (Indre-et-Loire) ; au centre : Bajocien de Naussac (Lozère) ;  
 à droite : Bédoulien de Rocheaure (Ardèche).

## Discussion archéologique

La caractérisation pétrographique fine des silex barrémo-bédouliens a permis de les identifier dans différentes séries paléolithiques d'Ardèche et de Haute-Loire. Nous essaierons dans la suite de cet exposé de présenter les implications archéologiques de telles découvertes, en nous concentrant principalement sur les relations entre espaces de moyenne montagne vellave et bas plateaux ardéchois afin de discuter du rôle joué par le massif du Mézenc et la vallée du Rhône (Fig. 1) dans les modèles de peuplement et de mobilité préhistorique.

### Le Paléolithique moyen

En Ardèche, les sites de Payre (niveau Gb, Moncel dir., 2008), de l'abri des Pêcheurs (ensembles inférieur et moyen ; Fernandes *et al.*, 2008), de l'abri du Maras (couche 4 ; Fernandes *et al.*, *op. cit.*), des Barasses II (Daujeard dir., à paraître) ou de la baume Moula-Guercy (couches IV à VIII et XIV à XV ; Defleur, 2015) montrent que la circulation des groupes humains est principalement organisée selon un axe nord-sud en bordure de la vallée du Rhône (Payre, abri du Maras, baume Moula-Guercy) ou en direction de l'est, du nord-est et du sud-est (abri des Pêcheurs, les Barasses II), en empruntant en partie le réseau hydrographique. Les interfluvies sont plus largement exploités car riches en silex, alors que la vallée du Rhône paraît être peu considérée comme une réserve potentielle. Les matériaux collectés aux limites des litho-espaces ne s'accompagnent pas d'une plus grande intensité dans leur utilisation, à l'inverse de ce qui est observé dans d'autres régions (p. ex. du sud-ouest de la France), renouvelant notre conception de la gestion de l'espace, du statut de l'objet mobile et de la valeur « de rareté » chez les Néanderthaliens.

Les différents exemples évoqués *supra* montrent que le type d'approvisionnement en matières premières lithiques semble être lié à la nature de l'occupation, opposant une présence saisonnière, avec un approvisionnement principalement local, même si des pièces d'origines éloignées parviennent sur le site et une présence occasionnelle utilisant les matériaux

locaux, mais aussi une grande variété de silex déjà débités provenant d'une vaste zone géographique.

Comment expliquer la diversité des types de silex et des zones d'exploitation par rapport à la durée d'occupation du site ? L'âge des sites (dans la plage temporelle des stades isotopiques marins 6 à 3) et les conditions environnementales (tempérées pour Payre, froides pour l'abri des Pêcheurs, les Barasses II et l'abri du Maras) ne paraissent pas pouvoir expliquer totalement ces stratégies, même si des conditions végétales steppiques ont pu entraîner des types de subsistance de nature différente et possiblement conduire à une plus forte mobilité des groupes humains. À ce jour, il paraît plus réaliste d'envisager deux types d'occupation déterminant des stratégies d'approvisionnement distinctes. Alors que les conditions minérales ne sont pas identiques entre Payre et Sainte-Anne I (niveau J1 daté du stade isotopique marin 6) - site de moyenne montagne à quelques kilomètres au nord-ouest du cœur du Bassin du Puy -, l'approvisionnement en matières premières obéit aux mêmes règles lors d'occupations saisonnières et indique que les hommes s'adaptent au contexte minéral selon les besoins et les types d'occupation (Raynal dir., 2007). Il en est de même à Baume-vallée (Solignac-sur-Loire, Haute-Loire), où des occupations saisonnières datées du stade isotopique marin 4 offrent un même type de stratégies et d'occupation de l'espace qu'à Payre, Sainte-Anne I et dans une moindre mesure l'abri du Maras. Pour sa part, la brève occupation de la couche H du Rond-du-Barry (Polignac, Haute-Loire), datée du stade isotopique marin 3 (Raynal *et al.*, 2014), trouve un écho dans les bivouacs et haltes de chasse de l'espace ardéchois (abri des Pêcheurs, Barasses II), s'illustrant par une exploitation préférentielle des géomatériaux locaux autres que le silex (basalte, quartz, trachy-phonolite) et une grande variété de types de silex, apportés sur le site, déjà débités (supports bruts et outils).

Cette curieuse similitude dans les stratégies d'occupation et de gestion de l'espace de part et d'autre du massif du Mézenc est appuyée par la découverte de silex barrémo-bédouliens des formations de Rocheaure-Cruas dans différents sites

de l'espace vellave : trois débris dans le niveau J1 de Sainte-Anne I, quelques éclats et outils dont une pointe Levallois dans les niveaux supérieurs de Baume-Vallée (Fig. 6. 2) et un racloir dans la série lithique de la couche H du Rond-du-Barry (Fig. 6. 1).

À cet égard, la récente détermination pétrographique de la pointe de Devesset (Fig. 6. 3) - pointe Levallois isolée trouvée par J. Mandon sur la ligne de partage des eaux entre Loire et Rhône en amont de la vallée du Doux (affluent de rive droite du Rhône à Tournon-sur-Rhône) - vient attester d'un probable axe de circulation à travers les Monts du Mézenc, permettant de considérer les moyennes montagnes, non comme un espace répulsif, mais comme un fragment de territoire (dont le statut reste à définir : zone de chasse, zone de passage...). Plus largement, des silex du Barrémo-Bédoulien de la rive droite du Rhône ont été reconnus à plus de 160 km en ligne droite au nord des premiers affleurements, dans le gisement de Champ Grand (Saint-Jean-Saint-Maurice-sur-Loire, Loire), daté du stade isotopique marin 4 (Slimak et Giraud, 2007). La multiplication des indices de contact tout au long de la bordure orientale du Massif central interroge sur les relations entre les différents groupes néanderthaliens et sur le statut des espaces considérés dans le ou les territoires moustériens qui, au fur et à mesure des découvertes, s'éloignent de plus en plus des modèles préétablis.

### Le Paléolithique supérieur

Si quelques indices aurignaciens existent en Ardèche (Chauvet, Abri des Pêcheurs, Figuier ? Combiér, 1967 ; Gély, 2005) cette technoculture n'a pas été retrouvée en Auvergne, exception faite de la grotte des Fées à Châtelperron et de quelques indices isolés dans le département de l'Allier. Dans la zone d'étude, les rares déterminations de provenance en notre possession ne concernent que la grotte Chauvet dont l'industrie en silex, difficile à dater (Aurignacien ou Gravettien ?), atteste de la fréquentation de l'ensemble des gîtes barrémo-bédouliens de la rive droite du Rhône. On manque de données pétroarchéologiques pour les occupations d'Ardèche plus récentes du Gravettien, du Solutréen, du Badegoulien/Salpétrien et du Magdalénien (Joris, 2002 ; Boccaccio, 2006).

La séquence du Paléolithique supérieur vellave débute avec les occupations du Gravettien récent (niveaux 35 à 52) et final (niveaux 22 à 34) du Blot (Cerzat, Haute-Loire). Dans celles-ci, tous les silex s.l. proviennent de la vallée de la Truyère (Saint-Léger-du-Malzieu), de la Grande Limagne, du sud du Bassin parisien (Berry et Touraine) et *pro parte* du Bassin d'Aquitaine (Bergerac, Furnel). L'ensemble des éléments en notre possession (éléments de parure, matières premières, temps et extension de l'occupation, spectre et traitement de la faune, chaînes opératoires lithiques...) indique que le site du Blot serait un gisement spécialisé en lien avec l'acquisition massive de viande (de renne) qui se situerait en marge d'un espace de vie dont le centre se trouve environ 200 km plus au nord, dans le sud du Bassin parisien (Delvigne, 2016). Aucun lien avec l'Ardèche, la Provence ou le Languedoc ne semble se dessiner au travers des géomatériaux ou des procédés techniques.

Ce constat n'est pas étonnant dans la mesure où toutes les installations gravettiennes de l'Ardèche sont attribuées au stade ancien et moyen du Gravettien (Bazile, 2007). Notons d'ailleurs que des silex barrémo-bédouliens, issus des conglomérats oligocènes de Rochemaure-Cruas, ont été reconnus dans le Gravettien ancien de la Vigne-Brun (Saint-Jean-Saint-Maurice-sur-Loire, Loire) (Pesesse, 2013). Au contraire, sur le site du Sire (Mirefleurs, Puy-de-Dôme) également attribué aux premiers temps du Gravettien, il n'en

est pas fait mention et les observations inédites réalisées par trois d'entre nous (PF, VD, MP) viennent confirmer l'absence de silex provenant de la moyenne vallée du Rhône. Cet argument vient appuyer d'autres observations techno-économiques (Delvigne, 2016), qui tendent à montrer que de part et d'autre de l'événement d'Heinrich 3, - 25,47-27,39 ka (1000 années BP soit 31,3-32,7 ka (calibrées BP), il semble exister des différences dans l'étendue et la gestion de l'espace et une réorganisation des domaines parcourus.

En Velay, une lacune d'occupation de près de deux millénaires, correspondant au Solutréen, pourtant bien représenté en Ardèche et dans le sud du Bassin parisien, existe entre les derniers niveaux gravettiens du Blot (21,3 ka BP soit 26,0-25,2 ka cal. BP) et les premières occupations badegouliennes du Rond-du-Barry (19,6 ka BP soit 23,9-23,3 ka cal. BP). La présence conjointe de silex de Naussac et de la moyenne vallée du Rhône (Barrémo-Bédoulien de Rochemaure, Bédoulien du Diois et/ou de Rocherenard, commune de Viviers, collecté dans les terrasses du Rhône), soit en grande quantité [entre 10 % et 25 % de l'effectif total de silex au Rond-du-Barry à Pagnac, (Fig. 6.4, 6.5, 6.7)], soit à l'état de traces (La Roche-à-Tavernat à Chanteuges et Cottier à Retournac), dans tous les sites badegouliens vellaves que nous avons pu étudier, induit vraisemblablement l'existence d'un itinéraire privilégié vers la vallée du Rhône par la haute vallée de l'Allier, entérinant la proposition de F. Bazile qui considère la zone de Naussac comme une porte d'entrée vers le monde méditerranéen (Assénat *et al.*, 2009).

À ce titre, remarquons que dans les phases anciennes du Badegoulien (19,5 ka BP – 18,0 ka BP), les groupes languedociens (Salpétriens) et vellaves (Badegouliens) fréquentent les gîtes de la région de Rochemaure-Cruas mais ne partagent pas de traits techniques communs, alors que dans les périodes plus récentes (18,0 – 17,0 ka BP) certains processus techniques sont comparables (Lafarge, 2014) mais les litho-espaces exploités ne semblent pas se recouper.

La faible diversité de types provenant de la moyenne vallée du Rhône peut s'interpréter de deux manières : une réalité préhistorique se traduisant par la mise en place d'échanges (en moyenne vallée du Rhône ? aux environs de Naussac ?) ou d'expéditions logistiques ciblées en vue de l'acquisition de matières particulières, et une réalité de préhistorien, touchant aux limites de nos connaissances de la diversité lithologique régionale. En effet, si nous sommes aujourd'hui capables de bien identifier les silex mésozoïques et cénozoïques de l'Ardèche ou de la Drôme, il n'est pas impossible que des types d'origine inconnue correspondent à des silex plus méridionaux (bassins tertiaires de Salinelles ou de Collorgues, Costières du Gard...) pour lesquels le travail de terrain et de laboratoire est loin d'être achevé.

Suite au peuplement badegoulien, on observe en Auvergne une nouvelle lacune correspondant au Magdalénien inférieur ; un « blanc » archéologique retrouvé aussi bien en termes de datations (Raynal *et al.*, 2014) qu'en termes de vestiges. Le Magdalénien moyen qui lui succède, également longtemps considéré comme absent de l'espace auvergnat, a été récemment mis en évidence en Grande Limagne : Thône, Enval - sol de la Grange E4, Le Bay couche 2, Chabasse SN 4 (Angevin et Surmely, 2013), et dans deux sites de Haute-Loire : l'abri Dufau à Blavozy et le complexe de couches E (E1, E2, E3) du Rond-du-Barry à Pagnac (Lafarge, inédit). Dans ces deux derniers sites, le silex Barrémo-Bédoulien d'Ardèche est présent : à l'abri Dufau avec gros éclat témoin d'une récolte en position secondaire dans des colluvions proches du gîte primaire (Fig. 6.9) et au Rond-du-Barry, avec plusieurs objets montrant un apport de préforme et/ou de supports prédébités.

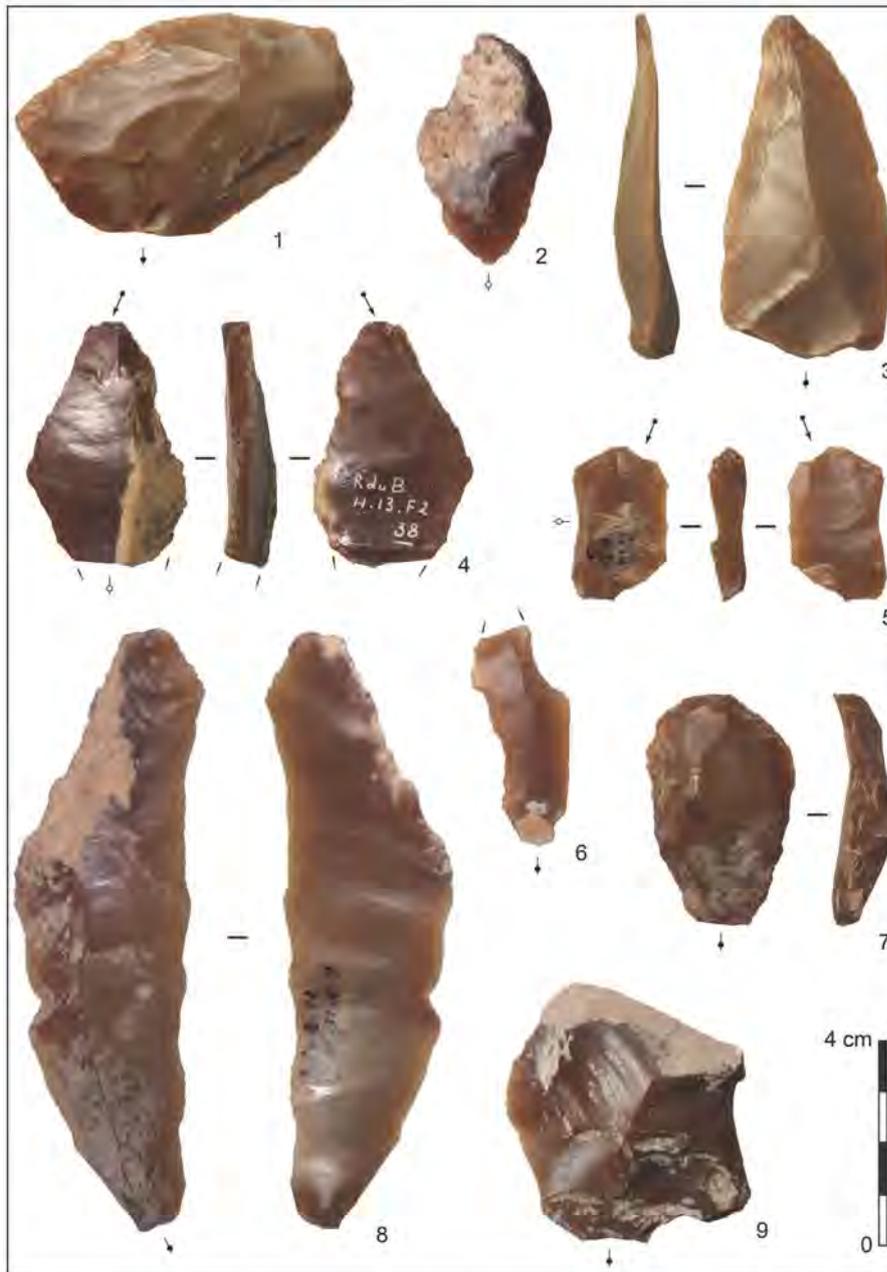


Fig. 6 - Barrême-Bédoulien de Rochemaure-Cruas, type F0014 - 1. Le Rond-du-Barry, couche H, racloir ; 2. Baume Vallée, couche 22 base, pointe moustérienne ; 3. Devesset, pointe moustérienne ; 4. Le Rond-du-Barry, couche F2, burin ; 5. Le Rond-du-Barry, couche F2, burin ; 6. Le col de Claron, lamelle Montbani ; 7. Le Rond-du-Barry, couche F2, grattoir ; 8. Le Rond-du-Barry, couche E, lame ; 9. Abri Dufau, éclat.

À titre d'anecdote, notons que les lames les plus longues du gisement ne sont pas confectionnées en silex du Turonien inférieur du Berry (Masson, 1981) mais en silex barrême-bédoulien de la rive droite du Rhône (Fig. 6.8). Pour les sites de Limagne, de nouvelles études pétrographiques précises s'imposent avant de conclure sur la présence ou l'absence de silex ardéchois.

Le Magdalénien supérieur et supérieur-final est bien mieux exprimé dans les hautes vallées de la Loire et de l'Allier (Daugas et Raynal, 2007). Très tôt suspectées mais jamais prouvées, les similitudes typo-technologiques entre gisements de la fin du Magdalénien du Velay et de l'Ardèche (niveaux supérieurs de la grotte d'Oullins, de Baou-de-la-

Selle, du Ranc Pointu, d'Ebbou, et du Figuier ; Combier, 1967 ; Joris, 2002), sont aujourd'hui précisées par l'existence de silex barrême-bédouliens de la moyenne vallée du Rhône dans les séries du Magdalénien vellave (Rond-du-Barry couche E et D ; Sainte-Anne II ; Baume-Vallée ; Tatevin I ; Tatevin II ; Tatevin Banaud).

Comme pour le Badegoulien, la voie de circulation privilégiée vers ce domaine semble passer par la haute vallée de l'Allier et le bassin de Langogne qui ouvrent sur les hauts cours du Chassezac et de l'Ardèche. Outre les silex en provenance des dépôts détritiques miocènes de Naussac retrouvés dans ces différentes séries archéologiques, un ensemble d'ateliers du Magdalénien supérieur final et/ou de l'Épipaléolithique a été reconnu au Mas d'Armand le long de la berge sud-est du lac actuel (Assénat *et al.*, 2009). Les critères techniques (*continuum* du débitage de petites lames et de lamelles, présence de petits grattoirs en bout de grandes lamelles, abondance relative des lamelles à dos...) rappellent en partie ceux des sites vellaves ; les matières premières autres que locales semblent provenir du Bédoulien s.l. et du Velay (F. Bazile, *com. pers.*), mais la caractérisation fine des matériaux de ces sites positionnés à un carrefour géographique reste à mener.

S'il est établi que les groupes magdaléniens du Velay et d'Ardèche exploitaient les affleurements de silex barrême-bédouliens de la région de Rochemaure, il reste à établir les hypothétiques convergences techniques, artistiques, ou symboliques entre ces deux domaines et donc, à identifier

d'éventuels flux de matières du nord vers le sud, par delà les hauteurs du Mézenc et du Vivarais et à rechercher, au sein des silex d'origine encore indéterminée, des matériaux issus du domaine méditerranéen s.l. (vallée du Rhône, Languedoc, Provence...).

#### L'Épipaléolithique et le Mésolithique

Les autres gisements attribués à la fin du Magdalénien régional présentent une industrie légèrement différente de celles évoquées précédemment, au caractère épipaléolithique plus marqué (tendance azilienne). Les âges disponibles semblent d'ailleurs légèrement plus récents, aux alentours de 12 - 11,5 ka BP, proches des occupations du Magdalénien

supérieur du centre du Bassin parisien. Toutefois, du fait de la mauvaise conservation de la faune, les datations sont encore peu nombreuses.

Le niveau 4 de Longtraye à Freycenet-la-Cuche (Haute-Loire) a fourni un âge conventionnel de 12720 +/- 680 BP (Ly 512) (Philibert, 1982). Celui-ci est toutefois discutable, sans doute légèrement trop ancien au vu des âges obtenus sur les gisements de la grotte Béraud (Surmely *et al.*, 2001) et de Sainte-Anne II (inédit). L'étude menée par A. Masson (1981) sur un échantillon de 435 pièces de ce gisement avait mis en évidence la grande part de silex lointains des types 10 (67 %) et 23 (3 %), alors identifiés comme des silex du Bassin parisien, le reste de la série étant composée de divers matériaux siliceux d'origine locale. Or, nous avons reconnu sur les autres sites du Velay que la plupart des silex des types 10 et 23 correspondent en fait aux silex barrémo-bédouliens de la vallée du Rhône ou bajociens de Naussac. Ainsi, si A. Masson (1981) et à sa suite D. Philibert (*op. cit.*) intégraient le niveau inférieur (couche 4) de Longtraye dans les schémas de circulation du Magdalénien auvergnat entre Velay et sud du Bassin parisien, il se détachait pourtant des gisements subcontemporains du val d'Allier dont la proportion en matériaux lointains est bien moindre.

Nous estimons pour notre part que les résultats d'A. Masson (1981) méritent d'être révisés et qu'il est fort probable que le site de Longtraye soit plus tourné vers la vallée du Rhône (et donc le monde méditerranéen) que vers le Bassin parisien. Rappelons d'ailleurs que F. Surmely *et al.* signalaient que les deux pièces du niveau 4 de Longtraye, analysées dans le cadre de leur étude, « ne trouvent aucune correspondance avec les gîtes géologiques analysés, même si les spectres d'éléments traces se rapprochent quelque peu de ceux du groupe 117 (silex du sud-est de la France) » (2008 : 129).

Il en va de même pour deux autres sites de l'espace régional - la Grotte Béraud à Saint-Privat-d'Allier en Haute-Loire et le Cuze de Neussargues à Sainte-Anastasie dans le Cantal et pour lesquels les données pétroarchéologiques sont lacunaires ou tout simplement absentes. -

Quelles sont les polarités dans les litho-espaces ? Où se situent les points de bascule ? Comment s'organise l'exploitation du domaine minéral ? Quelles solutions techniques ont été apportées lors des changements de faune et de végétation ? En d'autres termes, quelles sont les modifications/adaptations dans la gestion de l'espace et les modalités d'occupation du territoire à la charnière Paléolithique - Mésolithique ? Seul un examen pétroarchéologique approfondi des séries permettra de répondre à ces questions.

Suite à cet Épipaléolithique régional, la conquête des milieux d'altitude semble bien engagée par les groupes mésolithiques. Dans le Velay, les territoires paraissent se restreindre et les liens avec le Bassin parisien s'atténuent jusqu'à disparaître. Au contraire, les échanges avec l'espace méridional, déjà perçus aux périodes antérieures, se renforcent, comme le montre le développement des petits sites d'altitude autour du massif du Mézenc (Devesset, le Cros-de-Géorand) ou dans les vallées des façades altiligériennes et ardéchoises (La Baumasse à Montpezat-sous-Bauzon ; le Rond-du-Barry niveau C) qui contiennent des matériaux de la moyenne vallée du Rhône mais également des silex du Bassin du Puy ainsi que des silcrètes d'Arlanc et de Saint-Pierre-Eynac (Fig. 6, 6). Ce constat est appuyé par la découverte récente d'un petits nucléus à lamelles, probablement mésolithique, en silex sinémurien d'Aubenas collecté en position subprimaire, retrouvé sur le gîte atelier de Rapavi (Saint-Pierre-Eynac, Haute-Loire) soit à plus de 50 km par delà les Monts du

Mézenc au nord-ouest des premiers affleurements.

## Conclusion

La définition précise des caractéristiques pétrographiques des silex du Barrémo-Bédoulien de la rive droite du Rhône a permis de définir différents sous-types génétiques le long d'un axe nord-sud en fonction de leur contenu micropaléontologique, mais aussi de mieux appréhender les transformations minéralogiques aboutissant aux différents types géologiques. Aujourd'hui, la seule description macroscopique des silex, classiquement fondée sur la couleur (critère ô combien subjectif !) et la texture, ne peut plus être utilisée telle quelle dans les études de provenance des matériaux. Les silex barrémo-bédouliens d'Ardèche en sont un bon exemple puisqu'ils ont été confondus par le passé avec des silex lozériens du Bajocien en position secondaire ou plus encore avec des silex du Turonien du sud-ouest du Bassin parisien. Un écueil qu'une observation micrographique fine et méthodique de nombreux échantillons permet d'éviter aisément.

Cette approche fine des formations géologiques, maintenant développée depuis une dizaine d'années au sein des PCR « Réseau de lithothèques Rhône-Alpes » et « Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central », a permis d'identifier les silex du Barrémo-Bédoulien des conglomérats oligocènes de la région de Rochemaure-Cruas comme une géo-ressource primordiale de l'espace minéral paléolithique (notamment moyen) de l'Ardèche mais aussi de l'Auvergne.

Ils ont en effet été reconnus dans la quasi-totalité des sites vellaves depuis le début du Paléolithique moyen jusqu'au Mésolithique, exception faite du Paléolithique supérieur ancien (Aurignacien, Gravettien, Solutréen), une période assez mal représentée dans l'espace auvergnat. Si l'une des voies de traversée du massif semble se dessiner par la haute-vallée de l'Allier et le bassin de Langogne, d'où on rejoint facilement les hauts cours de l'Ardèche et du Chassezac, la découverte de la pointe de Devesset montre que d'autres chemins de traverse ont pu exister, par la vallée du Doux ou de l'Eyrieux par exemple.

Par l'analyse de l'origine des matières premières, on peut donc établir que dès les premières occupations du Paléolithique moyen, les interfluves sont franchis et que le Velay, intégré à de vastes réseaux de parcours, d'échanges et de transmissions, est situé à la croisée de différentes influences.

Mais un seul silex peut toutefois invalider un modèle de déplacements préétabli et seule l'étude exhaustive (mais fastidieuse) des séries lithiques est à même d'enrichir cette problématique. ■

## Remerciements

Ce travail a été financé par l'association Archéo-Logis/CDERAD, le Département de la Haute-Loire, la Communauté de Communes de la jeune Loire et du Mézenc, la commune de Laussonne, les Régions Aquitaine (projet Origines II), Auvergne et Rhône-Alpes, le Ministère de la culture et de la communication (PCR « Réseaux de lithothèques en Rhône-Alpes ») et PCR « Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central », bourse Patrimoine) et l'Université de Bordeaux.

Nous tenons également à remercier F. Letterlé, C. Schwab, E. Magne, J.-P. et C. Daugas, R. Séguy, J.-P. Bracco, E. Thomas et M.-S. Larguèze pour l'accès aux collections ; ainsi que M. Langlais, L. Klaric, C. Bressy, J. Virmont, M. Aulanier, F. Bazile, J.-M. Geneste, C. Ferrier et P. Bindon pour les discussions qui sont venues enrichir notre réflexion.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Nota bene** : Une grande partie des références faisant appel à la méthode utilisée, à la géologie de l'Ardèche ou aux sites archéologiques régionaux n'a pu être insérée dans ce texte. Cette bibliographie complémentaire est cependant disponible sur demande auprès du premier auteur.

- ANGEVIN, R. et SURMELY, F. (2013). Le Magdalénien moyen et la trajectoire historique des sociétés du XVI<sup>e</sup> millénaire av. J-C en France centrale. *Comptes Rendus Palevol*, 12 (1), 57-68.
- ASSÉNAT, P., TRINTIGNAC, A., FAGES, G., BAZILE, F., VACQUIER, J. (2009). Les industries lithiques aux abords du Mas d'Ammand. In : *Contribution à l'étude du peuplement du bassin de Naussac d'après les découvertes récentes du Mas d'Ammand, Lozère, des temps préhistoriques à nos jours*. Mende : Centre d'études et de recherches de la Lozère (Éd.), pp. 37-45 (Mémoire 5).
- AUBRY, T. (1991). *L'exploitation des ressources en matières premières lithiques dans les gisements solutréens et badegouliens du bassin versant de la Creuse (France)*. Thèse de doctorat. Université Bordeaux-1, 327 p.
- BAZILE, F. (2007). Le Gravettien de la France méditerranéenne. *Paléo*, 19, 89-104.
- BEECHING, A., BERGER, J.F., BROCHIER, J.L. (1994). Exploitation et utilisation des matières premières lithiques dans les bassins du Roubion et de Drôme : premiers constats. In : *Archéologie spatiale en Vallée du Rhône ; Espaces parcourus / Territoires exploités ; Le Groupe néolithique et son territoire : Rapport d'ATP « Grands projets en archéologie métropolitaine »*. Valence : Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence (Ed.), pp. 58-63.
- BOCCACCIO, G. (2006). Le gisement Salpêtrien de plein-air de Cadenet à Gaujac, Gard. *Rhodanie*, 99, 2-13.
- COMBIER, J. (1967). *Le Paléolithique de l'Ardèche dans son cadre bioclimatique*. Bordeaux : Publication de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux (Ed.), 392 p.
- DAUGAS, J.P. et RAYNAL, J.P. (2007). Territoire et occupation humaine au Magdalénien dans le bassin moyen de l'Allier (Auvergne, Massif central français). In : R. Desbrosse et A. Thévenin (Dir.), *Arts et cultures de la Préhistoire : hommages à Henri Delporte*. Paris, CTHS (Ed.), pp. 197-235.
- DEFLEUR, A. (2015). Les industries lithiques moustériennes de la Baume Moula-Guercy (Soyons, Ardèche). Fouilles 1993-1999. *L'Anthropologie*, 119, 170-253.
- DELVIGNE, V. (2016). *Géoresources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central: des déterminismes et des choix*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 1287 p.
- DEMARS, P.-Y. (1982). *L'utilisation du silex au Paléolithique supérieur : choix, approvisionnement, circulation : l'exemple du bassin de Brive*. Paris : CNRS (Ed.), 253 p. (Cahier du Quaternaire 5).
- DEMARS, P.-Y. (1985). Sur les problèmes de territoires (?) et de circulation des silex (?). *Bulletin de la société linnéenne de Lyon*, 54 (6), 113-114.
- FALLOT, J. E. (1885). *Etude géologique sur les étages moyens et supérieurs du terrain crétacé du Sud-Est de la France*. Paris : Masson (Ed.), 268 p.
- FERNANDES, P. (2012). *Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 623 p.
- FERNANDES, P. et RAYNAL, J.-P. (2006). Pétroarchéologie du silex : un retour aux sources. *Compte rendu Palevol*, 5, 829-837.
- FERNANDES, P. et RAYNAL, J.-P. (2007). Pétroarchéologie du silex. In Raynal, J.-P. (Dir.), *La grotte de Sainte Anne I. Le Paléolithique moyen de l'unité J1*. Lausanne : Archéo-Logis (Ed.), pp. 59-98 (Dossier de l'Archéo-logis n°3).
- FERNANDES, P., LE BOURDONNEC, F.-X., RAYNAL, J.-P., POUPEAU, G., PIBOULE, M., MONCEL, M.-H. (2007). Origins of prehistoric flints: The neocortex memory revealed by scanning electron microscopy. *Compte rendu Palevol*, 6, 557-568.
- FERNANDES, P., RAYNAL, J.-P., MONCEL, M.-H. (2008). Middle Palaeolithic raw material gathering territories and human mobility in the southern Massif Central, France: first results from a petro-archaeological study on flint. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2357-2370.
- GELY, B. (2005). La grotte Chauvet à Vallon-Pont-d'Arc (Ardèche). Le contexte régional paléolithique. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 102 (1), 17-33.
- GIOT, D. et ELMÉ, S. (1987). Subsidence et diagenèse de la bordure ardéchoise. In : *Programme géologie profonde de la France, troisième phase d'investigation 1985-1986*. Orléans : BRGM (Ed.), pp. 96-99.
- JORIS, C. (2002). Les industries magdaléniennes de l'Ardèche (France) dans le contexte du bassin méditerranéen. *L'Anthropologie*, 106, 99-134.
- LAFARGE, A. (2014). *Entre plaine et montagne : techniques et cultures du Badegoulien du Massif central de l'Allier au Velay*. Thèse de doctorat, Université Montpellier III - Paul Valéry, 685 p.
- LE RIBAUT, L. (1977). *L'exoscopie des quartz*. Paris : Masson (Ed.), 150 p.
- MASSON, A. (1981). *Pétroarchéologie des roches siliceuses, intérêt en Préhistoire*. Thèse de doctorat, Université de Lyon, 101 p.
- MAUGER, M. (1985). *Les matériaux siliceux utilisés au paléolithique supérieur en Ile-de-France*. Thèse de doctorat, Université Paris-1, 406 p.
- MONCEL, M.-H., (Dir.). (2008). *Le site de Payre, occupations humaines dans la vallée du Rhône à la fin du Pléistocène moyen et au début du Pléistocène supérieur*. Paris : Société préhistorique de France (Ed.), 336 p. (Mémoire de la Société préhistorique de France 46)
- PESESSE, D. (2013). *Les premières sociétés gravettiennes. Analyses comparées de systèmes techniques lithiques*. Paris : CTHS (Ed.), 285 p.
- PHILIBERT, D. (1982). Le gisement préhistorique de Longtraye (Haute-Loire). Etude de l'outillage. Planches. *Revue archéologique du Centre de la France*, 21 (2), 82-98.
- POMEROL, F. (1888). L'abri sous roche de Blanzat. In : *Association Française pour l'Avancement des Sciences, Comptes rendus de la 18<sup>ème</sup> Session* (Paris, 1888). Paris : Masson (Ed.), pp. 637-640.
- RAYNAL, J.-P., (Dir.). (2007). *La grotte de Sainte Anne I. Le Paléolithique moyen de l'unité J1*. Lausanne : Archéo-Logis (Ed.), 265 p. (Dossier de l'Archéo-logis 3).
- RAYNAL, J.-P., LAFARGE, A., REMY, D., DELVIGNE, V., GUADDELLI, J.-L., COSTAMAGNO, S., LE GALL, O., DAUJEARD, C., VIVENT, D., FERNANDES, P., LE CORRE-LE-BEUX, M., VERNET, G., BAZILE, F., LEFEVRE, D. (2014). Datations SMA et nouveaux regards sur l'archéo-séquence du Rond-du-Barry (Polignac, Haute-Loire). *Comptes Rendus Palevol*, 13, 623-636.
- SLIMAK, L. et GIRAUD, Y. (2007). Circulations sur plusieurs centaines de kilomètres durant le Paléolithique moyen. Contribution à la connaissance des sociétés néandertaliennes. *Comptes rendus Palevol*, 6, 359-368.
- SURMELY, F., VIRMONT, J., QUINQUETON, A. (2001). Le gisement épipaléolithique ancien de la grotte Béraud à Saint-Privat-d'Allier (Haute-Loire, France). Édition numérique.
- SURMELY, F., BOUDON, P., BRIOT, D., PIN, C. (2008). La diffusion des silex crétacés dans le centre du Massif central durant la Préhistoire (Paléolithique, Mésolithique, Néolithique). Contribution à l'étude de la circulation des matières premières sur de longues distances. *Paléo*, 20, 115-144.
- TORTI, C. (1983). Circulations paléolithiques : questions de longueur ... et de prudence. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 80 (2), 44-45.



Contents lists available at ScienceDirect

## Quaternary Science Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/quascirev](http://www.elsevier.com/locate/quascirev)

# Direct isotopic evidence for subsistence variability in Middle Pleistocene Neanderthals (Payre, southeastern France)

Hervé Bocherens<sup>a, b, \*</sup>, Marta Díaz-Zorita Bonilla<sup>a, c</sup>, Camille Daujeard<sup>d</sup>, Paul Fernandes<sup>e</sup>, Jean-Paul Raynal<sup>f, g</sup>, Marie-Hélène Moncel<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Department of Geosciences, Biogeology, Eberhardt Karls Universität Tübingen, Hölderlinstrasse 12, 72074, Tübingen, Germany

<sup>b</sup> Senckenberg Center for Human Evolution and Palaeoenvironment (HEP), Eberhardt Karls Universität Tübingen, Hölderlinstrasse 12, 72074, Tübingen, Germany

<sup>c</sup> Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Abteilung für Jüngere Urgeschichte und Frühgeschichte, Schloß Hohentübingen, 72070, Tübingen, Germany

<sup>d</sup> Department of Prehistory, UMR 7194 CNRS, National Museum of Natural History, Institut de Paléontologie Humaine, Paris, France

<sup>e</sup> Paleotime, 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard, 38250, Villard-de-Lans, France

<sup>f</sup> Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA-PPP, allée Geoffroy Saint-Hilaire, 33615, Pessac, France

<sup>g</sup> Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig, Germany

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 22 March 2016

Received in revised form

31 October 2016

Accepted 6 November 2016

#### Keywords:

Neanderthals

Isotope analysis

Subsistence

Ecosystem

Land-uses

Early middle Palaeolithic

### ABSTRACT

The site of Payre (SE France) is presented as a case study to decipher possible changes in subsistence and land-use strategies during the middle Pleistocene in Europe. This study applies carbon and oxygen isotopic data ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ) in dental tooth enamel from four distinct Middle Pleistocene Neanderthals coming from two phases of occupation. This allows us to test if these different Neanderthals were similar in their subsistence strategies and mobility during their childhood, and to compare them with terrestrial predators and to herbivores dwelling in different areas around the cave. The results show that Neanderthals were exploiting the environment differently over time in the absence of a significant environmental change. This change of environment exploitation coincides with different durations of occupation. The age of the individuals allows us to discuss the mobility of young Neanderthals and the topographies they lived on before arriving in the cave. The combination of results obtained from various approaches throws a new light on the investigation of Neanderthal ecosystem and land-use patterns during the Early Middle Palaeolithic in Southeastern France.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

## 1. Introduction

The causes of the extinction of Neanderthals and their eventual replacement by anatomically modern humans (AMH) in Europe are still hotly debated. One possible reason could be a difference in dietary flexibility between Neanderthals, considered to be restricted to the exploitation of terrestrial large herbivores, and AMH, considered to have a broader dietary spectrum including small game and aquatic resources (Richards et al., 2001; Stiner, 2001; Stiner and Munro, 2002). However, recent zooarchaeological studies and lithic tools micro-wear and residues analyses indicate that Neanderthals were exploiting their environment not

just for large herbivore meat, but also for rabbits, turtles, fish, mollusks and birds (e.g., Blasco and Peris, 2012, in press; Cortés-Sánchez et al., 2011; Hardy and Moncel, 2011; Hardy et al., 2013; Bocherens et al., 2014), and also included plants in their diet (e.g., Henry et al., 2011, 2014; Naito et al., 2016). It is unfortunately difficult to relate archaeological evidence from stone artefact and faunal analysis and the ancient human individuals themselves. Isotopic analyses performed on large mammals to reconstruct the land-use patterns of Neanderthals are often biased by possible palimpsests of faunal corpus in layers from cave contexts that frequently group several occupations. These palimpsests erase the evidence for possible different managements of the surroundings of the site. Isotopic analyses on Neanderthals offer the opportunity to determine indirectly the mobility and land-use pattern for each individual, through changes in the ecological context of consumed prey as reflected by their isotopic compositions. In this paper, by

\* Corresponding author. Department of Geosciences, Biogeology, Eberhardt Karls Universität Tübingen, Hölderlinstrasse 12, 72074, Tübingen, Germany.  
E-mail address: [herve.bocherens@uni-tuebingen.de](mailto:herve.bocherens@uni-tuebingen.de) (H. Bocherens).

comparing four young individuals coming from two phases of occupation at Payre related to the Early Middle Palaeolithic it is possible to determine the mobility and the environmental exploitation of each individual occupying the same site between different phases of occupations in regard to the duration of occupations and subsistence patterns.

The approach that provides evidence on subsistence strategies used by ancient hominins is the stable isotopic composition of their fossilized tissues. This approach is applied mainly on faunal remains and more rarely directly on human remains due to the scarcity of fossils and preservation. More specifically the use of carbon and nitrogen isotopic composition of ancient bone collagen has yielded invaluable information on the dietary choices of Neanderthals (e.g. Bocherens et al., 1991, 1999, 2005, 2013; Beauval et al., 2006; Richards et al., 2008; Bocherens, 2009, 2011, 2014; Wißing et al., 2016). However, due to the degradation of collagen through time, no Neanderthal specimen older than around 100,000 years ago could be analyzed using this approach (Bocherens et al., 1999; Bocherens, 2014). In older fossil material, it is possible to track diet using carbon isotopic composition in the carbonate fraction of bioapatite, more specifically in tooth enamel, which can remain unaltered for millions of years (e.g. Bocherens et al., 1996; Lee-Thorp and Sponheimer, 2003). In addition, oxygen isotopic composition measured on the same carbonate fraction provides information about sources of water and indirectly, on the humidity of the habitat in a given climatic context (e.g. Levin et al., 2006; Feranec et al., 2010; Ecker et al., 2013), although the relationship between environmental water and tissue isotopic ratios is complex and not fully understood yet (see recent review by Zanden et al., 2016), especially in the case of carnivores (Pietsch and Tütken, 2016). Although there is no universally accepted criterion for geochemical integrity of fossil bioapatite carbonate, several decades of experimental and field measurements on thousands of fossil teeth and bones have led to the general acceptance that enamel is in almost all cases robust towards diagenetic alteration while dentine and bone, being less well crystallized, are usually not (e.g. Koch et al., 1997; Lee-Thorp and Sponheimer, 2003; Bocherens et al., 2011a; 2011b). This isotopic approach has been successfully applied to hominins from tropical regions where C3 trees and C4 grass species coexist in savannas and woodlands (e.g. Ambrose and DeNiro, 1986; Bocherens et al., 1996; Lee-Thorp and Sponheimer, 2003). In such a context, a clear distinction was found between australopithecines relying on plants and animals from wooded landscapes and those using dietary resources from savannahs (e.g. Cerling et al., 2013; Sponheimer et al., 2013; Van der Merwe, 2013). In Middle latitude regions, C4 plants are absent or very rare, which means that all plants use the C3 photosynthetic pathway, but since some carbon isotopic variation occurs in relationship with environmental factors, carbon isotopic composition are still useful for palaeoenvironmental reconstructions (e.g. Drucker et al., 2008; Diefendorf et al., 2010; Kohn, 2010). So far only few studies have used this approach on faunal material from Middle Pleistocene European sites (e.g. Bocherens et al., 1994; García et al., 2009; Feranec et al., 2010; Pushkina et al., 2014; García et al., 2015). One of them included one Neanderthal tooth in addition to numerous herbivores and some carnivores in the site of Payre (Ecker et al., 2013), while another study included Middle Pleistocene hominin teeth from Sima de los Huesos in Spain (García et al., 2015). The study performed in Payre has shown that it was possible to find isotopic differences between herbivores dwelling in different areas around this prehistoric site located in southern France, namely between herbivores foraging in the Rhône valley such as horses, rhinoceros and giant deer, which exhibited relatively low oxygen and carbon isotopic composition, and herbivores foraging on the drier slopes and plateau such as red deer and thar, which exhibited

less negative oxygen and carbon isotopic composition.

The present paper aims to go one step further in the land-use reconstruction of early Neanderthals by increasing the number of specimens analyzed in order to evaluate the possible diversity of behaviors among individuals. The site of Payre yielded Neanderthal teeth from several individuals mainly at the bottom of the sequence and dispersed in the other successive layers (Condemi, 2008). Faunal and micro-faunal remains indicate almost similar environmental context for the archaeological sequence dated between the end of MIS 8 and the beginning of MIS 5, while teeth micro-wear traces indicate either short-term or long-term occupations (Desclaux et al., 2008; Patou-Mathis et al., 2008; Rivals et al., 2009). Therefore, analyzing four Neanderthal teeth enamel using the isotopic approach offers the great opportunity to test if these different Neanderthal individuals had similar subsistence strategies when they occupied the cave over time, and to compare them with those of terrestrial predators such as wolves, lions and hyenas present in the site. This approach also offers the opportunity to link the stable isotope data to lithic technology, raw material and zooarchaeological consideration and then contributes to discuss land-use patterns and food resources of the Neanderthals.

### 1.1. The site of Payre

Located in the Rhône Valley (Southeastern France), the Payre site was a small cave above the confluence of the Rhône and Payre Rivers at the crossroads of various biotopes (Moncel et al., 2002; Moncel, 2008; Daujeard and Moncel, 2010; Moncel and Daujeard, 2012) (Fig. 1). The 5 m thick stratigraphic sequence yielded 8 occupation layers corresponding to 4 phases. The basal layers G and F that are investigated here were dated from MIS 8–7, roughly 250,000 to 200,000 years before present (Grün et al., 2008; Valladas et al., 2008). Most of the age estimates obtained with the different dating methods are consistent with the stratigraphical succession of layers and range from 339 to 160 ka, i.e. from MIS9 to MIS6 for the whole sequence. The TIMS measurements performed on the stalagmitic floors H1 to H7 at the bottom of the sequence, located under layers G and F, showed that they crystallized mostly during MIS8 (H3 and H5 dated to around 290 ka) and during MIS7 (H1:  $229 \pm 2$  ka) (Valladas et al., 2008). Most of the TL dating on burnt flints indicated that the deposition of the archaeological layers G and F took place during the same time interval (G:  $247 \pm 29$  ka and F:  $251 \pm 25$  ka), at the end of MIS8 and the beginning of MIS7, even if one sample dated at around 339 ka could possibly relate to an earlier occupation (Valladas et al., 2008). These average TL ages are globally consistent with the combined ESR/uranium results obtained on bones from the same layers despite the inherent difficulties associated with the dating of such samples. Therefore both investigated layers F and G were deposited during the same time interval.

The spectrum of ungulates in layers F and G is mainly composed of red deer (*Cervus elaphus*), horse (*Equus mosbachensis*), bovines (*Bos primigenius* and *Bison priscus*) and rhinoceroses (*Dicerorhinus hemitoechus* and *D. kirchbergensis*). Members of the order Carnivora are especially numerous in level F. Among them, the essentially vegetarian cave bear (*Ursus spelaeus*) is predominantly associated with other Carnivora including some large predators such as wolf (*Canis lupus*), hyena (*Crocuta spelaea*) and cave lion (*Panthera (Leo) spelaea*) (Auguste, 2008; Daujeard, 2008; Patou-Mathis et al., 2008; Daujeard et al., 2011). This faunal list suggests a mildly cold climate and, more importantly, the co-occurrence of different biotopes, including forests, wooded prairie, steep rocky sides (Payre canyon), as well as open-steppe environments.

The microfaunal remains from layers F and G exhibit similar species composition and abundance, with a dominance of *Microtus*

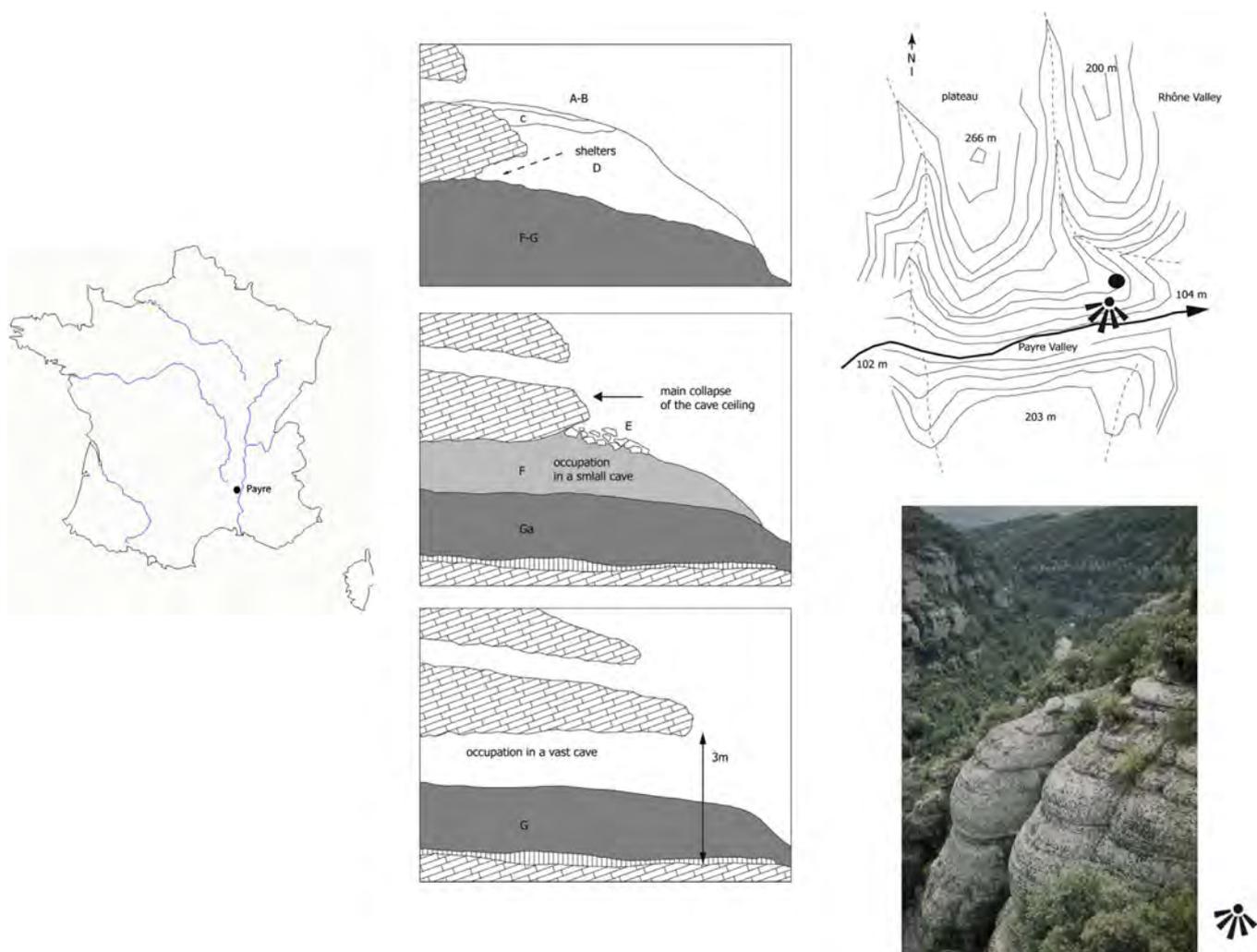


Fig. 1. Location map of the site of Payre and photo of the site.

*arvalis* (common vole), indicate steppic arid open landscapes during the deposition of layers G and F, but humid grassland were also present as indicated by the abundance of *Microtus agrestis* (field vole) (Desclaux et al., 2008). Despite minor discrepancies between the conclusions based on both types of mammal remains possibly due to migration of some small bones through the deposits (Moncel et al., 2015), both large and small mammals point to the occurrence of open-steppe environments and humid prairies in the surrounding of Payre site, possibly related to the karstic plateau and the humid valley.

Finally, palynological analyses yielded unfortunately limited evidence on the palaeoenvironmental conditions in Payre during depositions of layer F and G since very few quantity of pollen have been found in layer G, while layer F yielded a few pollens indicating a Mediterranean-type of open-forest environment (Kalai et al., 2001).

The type of human occupations was different in layers G and F. Carnivores inhabited the site largely during layer F, suggesting that hominid occupations alternated with carnivore denning (Daujeard, 2008; Daujeard et al., 2011). The study of the ungulate tooth microwear patterns attests of longer occupations for layer G than for layer F, as the cave was larger during the deposition of layer G due to reduced size and ceiling height during the deposition of layer F. This conclusion is in agreement with the smaller number of

lithic artefacts in layer F and with the taphonomical study of the faunal remains. Layer F was mostly a carnivore den with shorter-term human occupations (Moncel et al., 2008; Rivals et al., 2009; Daujeard et al., 2011). Layer G recorded longer-term occupations with a high anthropic impact on horse, deer and bovid skeletal remains, the three main hunted species (Patou-Mathis et al., 2008).

The anthropogenic activities left numerous sorts of evidence in Payre site. Ungulate bones were intensively cut-marked, broken, and some were burned. The use of fire is attested in each layer, but without clear hearth structure, except in layer G. The lithic residues and the use-wear analysis show evidence, among others, of fish processing in layers Fa and D as well as the use of avian resources (Hardy and Moncel, 2011). The lithic material is attributed to the Early Middle Paleolithic, with a discoidal and orthogonal core technology on flint and mainly scrapers and points (Baena et al. in press). Some heavy-duty tools, as well as bifaces and pebble tools, were made in situ or outside the site on local quartzite, limestone and basalt (Moncel et al., 2008). Flint has been collected within a main area of less than 25 km around the site and some flint flakes arrived from a southern area at 60 km suggesting human mobility on the plateaus bordering the Rhône Valley (Fernandes et al., 2008).

Neanderthal remains, including teeth, a mandible and a fragment of parietal, were discovered throughout the sequence, with most of them grouped in a small area in sub-layer Ga at the bottom

layer G (Moncel and Condemi, 1997, 2007; Condemi et al., 2010). A detailed anatomical investigation of the human material from Payre revealed that the hominin remains belong to children, sub-adults and adults, except for the mandible of an old individual, and one dental remain is a lacteal tooth (Condemi and Moncel, 2008). Some traces of Carnivores on the herbivores bones (less than 1% in the layer G and between 5 and 10% in the layer F) attest passages in the cave and consumption of some hominins residues or imported carcass pieces. The cave was a regular hibernation location for cave bears (especially layer F), and also an occasional den for large carnivores such as cave hyenas, wolves or foxes (Daujeard, 2008; Auguste, 2008).

## 2. Material and methods

The present study uses the data from layers F and G published by Ecker et al. (2013). A summary of the average isotopic data per species is given in Table 1, together with the new isotopic data for carnivores and Neanderthals. Additional tooth material from large carnivores, such as wolf, cave lion and cave hyena, as well as from three Neanderthals was sampled, pretreated and analyzed for carbon and oxygen isotopic composition using the same protocol as described in Ecker et al. (2013), making all the data from Payre material directly comparable. Altogether, the four Neanderthal teeth were sampled in the layers G and F (including the upper part of layer F, originally named layer E). They were selected according to the pristine external aspect of the teeth and their anatomical type allowing isotopic studies (Table 2). The samples for isotopic analysis were taken from the cervical part of the enamel close to the enamel-dentine junction on the labial side, where the enamel is thick enough and a part that forms later than the tip of the tooth crown enamel (Hillson, 1986).

The sampling of the tooth enamel was performed by drilling about 10 mg of enamel powder with a Dremel® borer. The collected powder was treated with 2.5% Sodium hypochlorite (NaOCl) for 24 h to remove organics. The NaOCl was then decanted and the enamel powder was washed with distilled water, and soaked in 0.1 M buffered acetic acid for another 24 h to remove any diagenetic carbonate. The acetic acid was then decanted and the powder was washed with distilled water and air dried at 45 °C for three days (treatment following Koch et al., 1997).

The carbon and oxygen isotopic ratios were measured with a Finnigan Mat 252 mass spectrometer with an attached Gasbench II (reaction with orthophosphoric acid at 70 °C) at the Geochemistry Laboratory, University of Tübingen. Precision for the samples was 0.1‰ for both carbon and oxygen, based on repeated measurements of internal standard and tooth enamel samples. Two internal lab standards and two international standards NBS 18 ( $\delta^{13}\text{C} = -5.00\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O} = -22.96\text{‰}$ , relative to VPDB) and NBS 19 ( $\delta^{13}\text{C} = 1.95\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O} = -2.20\text{‰}$ , relative to VPDB) were used for calibration. Isotopic results in this study are expressed in the standard  $\delta$  notation:  $X = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$  (‰), where X is the  $\delta^{13}\text{C}$  or  $\delta^{18}\text{O}$  value, and  $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  and  ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ , respectively. The  $\delta^{13}\text{C}$  values are reported relative to the V-PDB standard. The  $\delta^{18}\text{O}$  values, measured in V-PDB, were reported relative to the V-SMOW standard, following the formula  $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}} = 1.03086 \times \delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}} + 30.86$ .

The isotopic data for carnivores and Neanderthals from layers F and G of Payre are presented in Table 1 (detailed individual results in supplementary Table S1).

According to the anatomical study and to the depth from which they were excavated, the four sampled Neanderthal teeth correspond to two phases of human occupations and belong to different individuals (Condemi, 2008; Condemi and Moncel, 2008). An important factor in the interpretation of the isotopic data obtained for these teeth is the period of the lifetime recorded in the sampled enamel, which might be significantly different from one tooth to another. A histological analysis of the teeth would have been the most accurate approach but could not be applied here to avoid further damage to the specimens. Therefore the period of formation of these teeth has been estimated using the comparative analysis of tooth crown formation for Neanderthals (Granat and Heim, 2003; Smith et al., 2007, 2010). There is an ongoing debate whether Neanderthals had a faster period of maturation than anatomically modern humans (Stringer et al., 1990). For some authors Neanderthal anterior teeth growth was faster than for modern humans (Ramirez-Rozzi and Bermúdez de Castro, 2004; Smith et al., 2007, 2010; Guatelli-Steinberg, 2009). However, other authors showed that Neanderthal imbricational enamel formation times for the anterior tooth formation falls within the range of variation of the three modern human populations used for their comparative study (Guatelli-Steinberg et al., 2005, 2007). In the present work, we will

**Table 1**

List of isotopic values used in this study. The average values have been calculated using the individual isotopic data from the Table 1 in Ecker et al. (2013).

Species	Common name	n	$\delta^{13}\text{C}$ -av	sd	$\delta^{18}\text{O}$ -av	sd	Layer	$\delta^{13}\text{C}$ -prey	$\delta^{18}\text{O}$ -prey	Reference
<i>Bos/Bison</i>	large bovine	6	-12.15	1.41	22.72	1.17	F	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Bos/Bison</i>	large bovine	7	-11.64	1.31	24.04	1.39	G	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Hemitragus bonali</i>	thar	2	-11.65	0.07	27.45	2.47	F	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Hemitragus bonali</i>	thar	1	-11.0		24.8		G	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Capreolus capreolus</i>	roe deer	1	-12.7		22.9		F	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Cervus elaphus</i>	red deer	4	-11.03	0.68	23.20	0.26	F	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Cervus elaphus</i>	red deer	3	-11.87	1.50	27.20	2.18	G	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Megaloceros giganteus</i>	giant deer	2	-14.40	0.28	24.85	0.21	G	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Equus mosbachensis</i>	horse	5	-12.50	0.38	23.34	1.40	F	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Equus mosbachensis</i>	horse	6	-13.13	0.50	24.00	0.24	G	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Dicerorhinus</i> sp.	rhinoceros	2	-14.05	0.21	23.05	0.78	F	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Dicerorhinus</i> sp.	rhinoceros	1	-13.40		23.90		G	n.a.	n.a.	Ecker et al. (2013)
<i>Canis lupus</i>	wolf	1	-13.2		24.9		F	-11.9	25.9	this study
<i>Canis lupus</i>	wolf	1	-13.2		26.3		G	-11.9	27.3	Ecker et al. (2013)
<i>Canis lupus</i>	wolf	1	-13.6		24.6		G	-12.3	25.6	Ecker et al. (2013)
<i>Crocota spelaea</i>	hyena	1	-14.8		24.3		F	-13.5	25.3	this study
<i>Crocota spelaea</i>	hyena	1	-14.5		23.4		G	-13.2	24.4	this study
<i>Panthera spelaea</i>	lion	1	-14.6		22.7		F	-13.3	23.7	this study
<i>Homo neandertalensis</i>	neandertal	1	-13.1		24.4		F	-11.8	25.4	this study
<i>Homo neandertalensis</i>	neandertal	1	-13.3		22.7		F	-12.0	23.7	this study
<i>Homo neandertalensis</i>	neandertal	1	-14.6		22.2		G	-13.3	23.2	Ecker et al. (2013)
<i>Homo neandertalensis</i>	neandertal	1	-14.2		21.4		G	-12.9	22.4	this study

**Table 2**

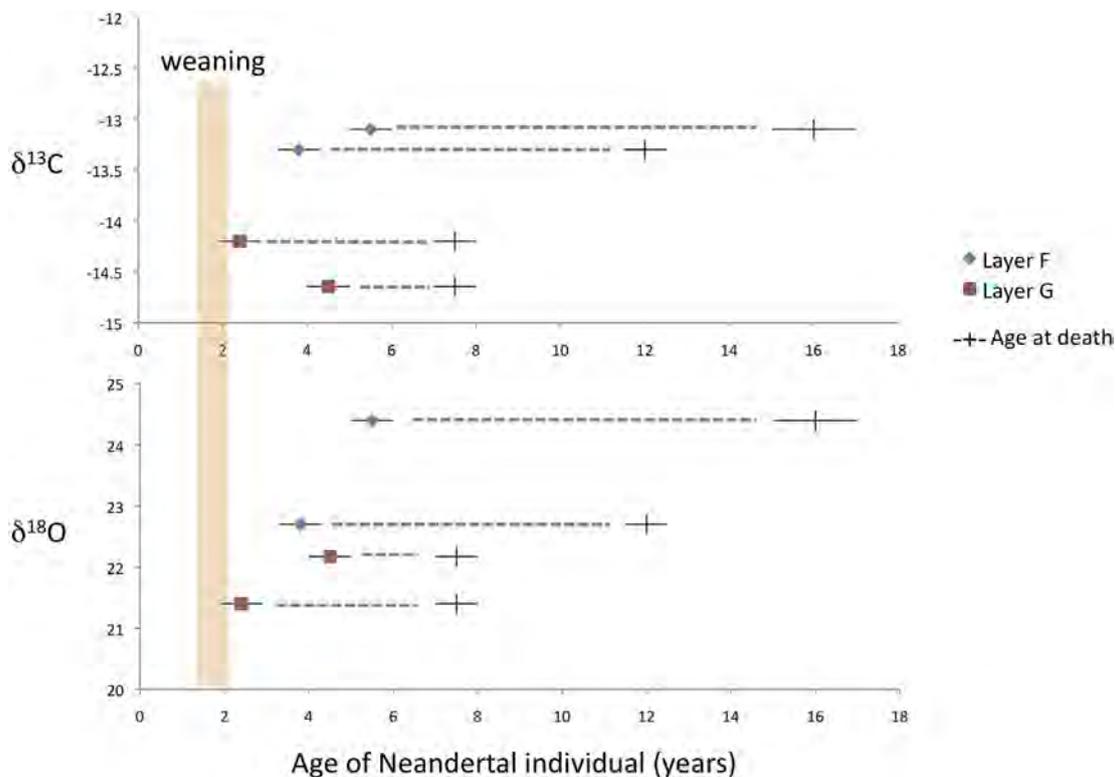
Sampled Neandertal teeth from Payre. Estimated time formation of cervical enamel was estimated from Smith et al. (2007) (\*) or from Granat and Heim (2003) (\*\*).

Tooth Number	Level	Tooth type	Estimated time formation of cervical enamel	Age at death (year)
O8 254	Ga (=G)	P1 lower R	4.5*	7–8
L7 482	Fa (=F)	C upper R	3.8*	~12
P8 250	Ga (=G)	I1 lower R	2.4*	7–8
N8 29	E (=upper part of F)	P2 lower L	5.5**	15–17

compare our sample with the closest evidence so far, which are the remains from Scladina cave (Smith et al., 2007). All of the teeth elements sampled in the present study correspond to an approximate age of formation of 1.9 years old until around 5 years old (see Condemi, 2008 for details) (Table 1; Fig. 2). Such ages, with an associated uncertainty of around 6 months, most probably correspond to a post-weaning period for the four individuals used for the isotopic measurements, since weaning age of Neanderthals was estimated between 1.2 years (Austin et al., 2013) and 2.8 years old (Stinespring et al., 2012; Martín-González et al., 2012). Only one tooth specimen, the lower first incisor from layer G, may have formed close to the end of the suckling time for this individual, but much of the formation time probably took place after the estimated age for weaning. This means that different isotopic results in these different teeth cannot be attributed to a shift from suckling to post-weaning diet, as this is known to have an impact on the carbon and oxygen isotopic composition of carbonate in tooth enamel (e.g. Wright and Schwarcz, 1998; Dupras and Tocheri, 2007). Therefore, the period of lifetime represented by the isotopic measurements corresponds to childhood between around 2.5 and 6 years old, with much overlapping between the different analyzed individuals, even if their age at death are quite different (Table 1; Fig. 2). The isotopic composition of the Neanderthals does not correspond to the time they spent in Payre site just before their death but rather to an

earlier period of their lifetime, which was more or less the same period of the lifetime for each individual, namely childhood. Therefore differences in the isotopic results most probably relate to differences in their ecological behavior when they were children, which is a reflection of that of the adults that would take care of them in the group they belonged to.

To compare the predator and herbivore isotopic values, we used a fractionation factor of  $-1.3\text{‰}$  for  $\delta^{13}\text{C}$  values, following Clementz et al. (2009) and Domingo et al. (2013). In the case of  $\delta^{18}\text{O}$  values, several studies have noticed that the  $\delta^{18}\text{O}$  values of predators are equal or lower than those of their prey (e.g. Ambrose, 1992; Pietsch and Tütken, 2016). Based on the published data, fractionation factors of  $-1.3\text{‰}$  and  $-1.0\text{‰}$  were used to compare directly  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of Payre predators and those of their potential prey (see supplementary information for detailed discussion). However, the fractionation value for  $\delta^{18}\text{O}$  between prey and predator is still preliminary since multiple factors such as temperature, aridity, diet, behavior, and physiology, impact on the  $\delta^{18}\text{O}$  of an animal (Zanden et al., 2016; Pietsch and Tütken, 2016). It will allow nevertheless a direct comparison of the isotopic values of prey species and predators from the same site. A similar protocol was used for Neanderthals (see supplementary information for detailed discussion), although they were certainly not purely predators (e.g. Bocherens, 2009; Hardy and Moncel, 2011; Henry et al., 2011; Naito



**Fig. 2.** Chronology of sampled tooth growth period within the life history of the Neandertal individuals.

et al., 2016). The carbon isotopic values will be used primarily since they are directly linked to diet, using cluster analysis (using JMP® 11.1.1. software and ward hierarchical analysis) to define ecological groups, while the oxygen isotopic values will be used as supplementary data to confirm the trends observed with  $\delta^{13}\text{C}$  values. This will allow us to evaluate if a change of subsistence strategy occurred among individuals from layers G and F in Payre, and if so in which direction.

### 3. Results

The newly analyzed tooth enamel samples exhibit similar chemical characteristics as those previously published by Ecker et al. (2013), with a carbonate content within the expected range for modern enamel, between 2 and 4% (Table S1). Therefore, there is no reason to suspect any deviation from the biogenic isotopic values (e.g. Crowley and Wheatley, 2014).

Although the analyzed teeth are not very numerous, the distribution of  $\delta^{13}\text{C}$  values among carnivores depends on the species they belong to, independently of the layer they come from. This is especially clear for wolf and hyena, wolves having less negative  $\delta^{13}\text{C}$  values (ranging from  $-13.6$  to  $-13.2\text{‰}$ ) and hyenas having more negative  $\delta^{13}\text{C}$  values (ranging from  $-14.8$  to  $-14.5\text{‰}$ ) (Fig. 3). When the  $\delta^{13}\text{C}$  values of the prey species (average) and those of the prey of each predator are submitted to a cluster analysis, the hyena and lion clearly plot among the wetter valley herbivores, such as rhinoceros, roe deer, giant deer and horse, while the wolf plots with the herbivores from the drier plateau, such as red deer and thar (Fig. 4). Interestingly, the  $\delta^{18}\text{O}$  values of carnivores tend to be higher for specimens with higher  $\delta^{13}\text{C}$  values than for those with lower  $\delta^{13}\text{C}$  values, which is the same trend as observed for herbivorous species (Fig. 5). In contrast with the carnivores, Neanderthals exhibit clearly different  $\delta^{13}\text{C}$  values for specimens from layer F and G: specimens from layer G present  $\delta^{13}\text{C}$  values more than  $1\text{‰}$  lower than those of specimens from layer F (Fig. 3). In the cluster analysis, the Neanderthals from layer F plot with the prey from the drier plateau, while the Neanderthals from layer G plot with the prey from the wetter valley (Fig. 4). Moreover, the specimens with

higher  $\delta^{13}\text{C}$  values exhibit generally higher  $\delta^{18}\text{O}$  values, except for one Neanderthal from layer F that is only  $0.5\text{‰}$  higher than the highest  $\delta^{18}\text{O}$  value measured on Neanderthals from layer G (Fig. 5). Since the difference is consistent between both samples from each layer, the isotopic difference is more likely due to a difference in dietary resources rather than a random effect of sampling different teeth. It seems thus that Neanderthals from layers F and G did not have the same subsistence strategies, in contrast to predators such as wolf and hyena. To understand this variation, the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of predators and Neanderthals were adjusted with the respective fractionation factors for  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values between predators and their average prey of  $-1.3$  and  $-1\text{‰}$ , respectively, and plotted with the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of different herbivore species from layers F and G in Payre (Fig. 5).

The  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of herbivores allow us to separate two broad types of ecological settings, the Rhône valley on the one hand, where herbivores present low  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values (wetter and more densely vegetated environments), and the plateau and the slopes on the other hand, where herbivores exhibit higher  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values (drier and less densely vegetated environments) (Ecker et al., 2013, Fig. 4). To the first group belong rhinoceros, horse, roe deer and giant deer, while red deer and thar belong to the second group. Large bovines, corresponding to aurochs and bison, have specimens belonging to either groups and the average and standard-deviation of the  $\delta^{13}\text{C}$  values overlaps with those of ungulates from both ecological groups, with a shift into the plateau and slope values in layer G compared to layer F, probably due to inherent differences in diet and habitat for both species (Fig. 4). The adjusted isotopic values of wolves from both layers fall into the range of herbivore values from the plateau and slope area in both layers, while the adjusted isotopic values of the lion from layer F and the hyenas from both layers fall into the range of herbivore values for the valley (Fig. 4). This isotopic distribution probably reflects for both layers a different prey choice for each species of large predators, wolf being more focused on prey living on the plateau and the slopes of the canyon, such as red deer and thar, while hyena and lion were feeding more on large preys from the valley, such as rhinos, horses and possibly bovines. Such a niche partitioning among large predators is a widespread pattern in the Pleistocene of Europe (e.g. Bocherens et al., 2011b; Yeakel et al., 2013; Bocherens, 2015).

In contrast to herbivorous and carnivorous animals, the Neanderthal specimens analyzed here show a shift of ecological preferences between layer F and G, i. e. with a diet including more resources from drier and elevated plateaus in layer F and a diet including more resources from forested and wetter landscapes of the valleys in layer G. These new isotopic data for Neanderthals in Payre are in contrast with the data obtained from their potential prey in their respective layers. The prey species and animal predators have similar ecological affinities over time, suggesting that the prey were available in the same conditions around the Payre site during the deposition of both layers (Ecker et al., 2013). The change in the isotopic values of the Neanderthals between both layers suggests a change of subsistence strategies that was not linked to a significant environmental change around the site of Payre. Therefore, Neanderthal groups occupying the Payre site or surroundings under similar environmental conditions did have different subsistence strategies.

### 4. Discussion

The isotopic data suggest a shift in diet preferences between the individuals of the layers G and F during childhood. The age at death of the different Neanderthal individuals cannot be involved, since tooth enamel of all analyzed teeth reflect the post-weaning

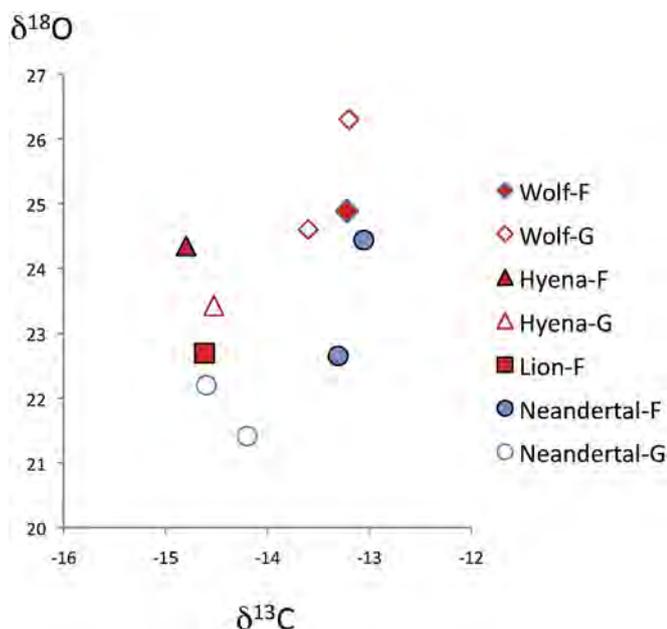


Fig. 3.  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  of tooth enamel from predators and Neanderthals from layers F and G of Payre.

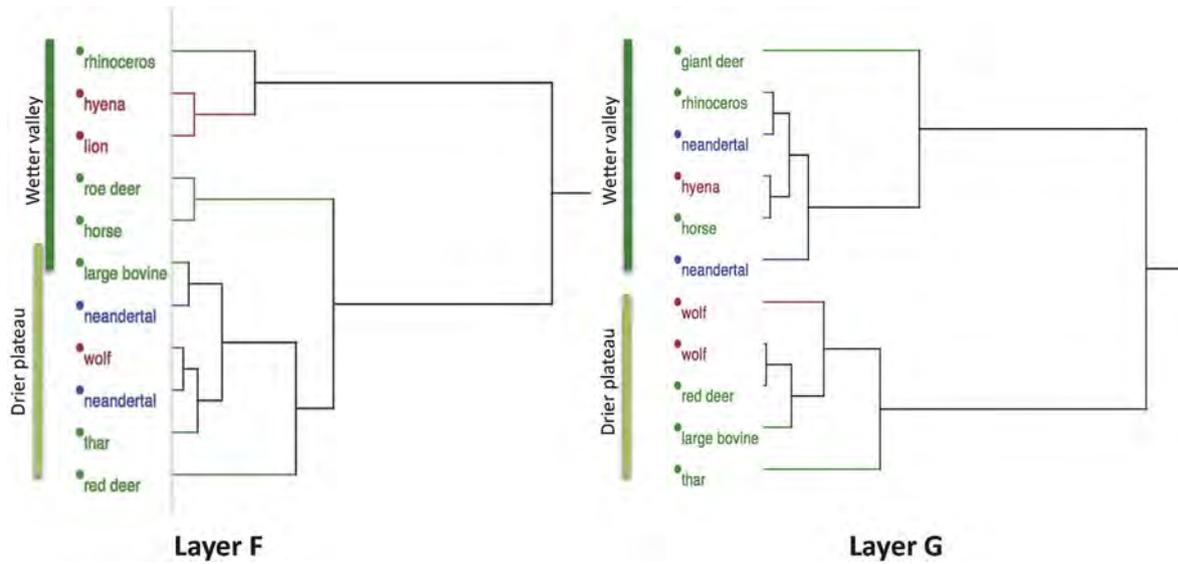


Fig. 4. Cluster analysis based on average  $\delta^{13}\text{C}$  values of herbivores from layers F and G and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{prey}}$  values (adjusted for the prey-predator fractionation:  $-1.3\text{‰}$ ) of predators and Neanderthals from layers F and G.

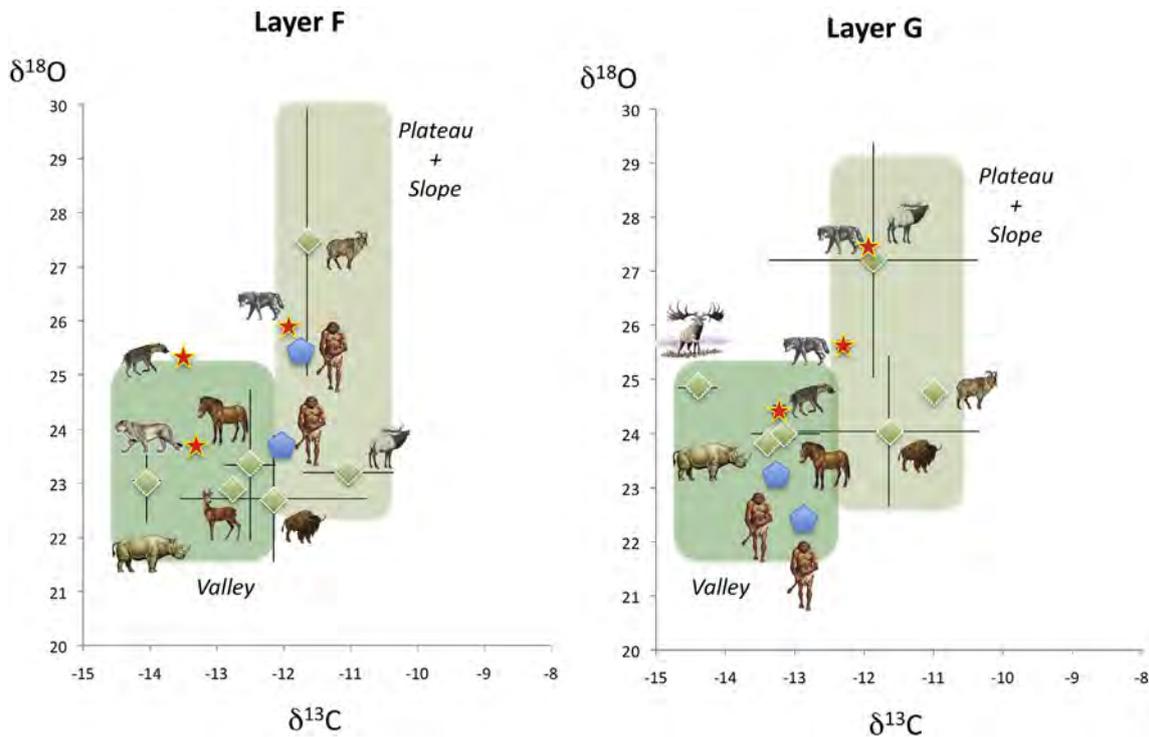


Fig. 5. Comparison of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of different herbivore species in layers F and G in Payre with the adjusted values for the prey of predators and Neanderthals. The shaded areas correspond to average and standard-deviation values above or below the threshold  $\delta^{13}\text{C}$  value of  $-12.5\text{‰}$ .

childhood of the respective individuals and all represent ages between 2 and 6 years old (Fig. 2).

Before comparing the isotopic results of the Neanderthals with those of the faunal remains from Payre, we have to consider the possibility that the sampled individuals were not dwelling at or around the site of Payre site during their childhood, in which case it might be problematic to infer their diet using isotopic data from the faunal corpus from Payre. However, the results obtained regarding food resources are in agreement with the Neanderthal mobility

observed in the area based on investigations of types of sites and land-uses provided by the archaeological records (long and short-term camps, bivouacs), i.e. a far-sighted circulating mobility among various biotopes (Daujeard and Moncel, 2010). Indeed, the idea of Neanderthals covering a restricted area around Payre is highlighted by the raw material procurement strategies, in particular flint. To source the raw material we used geological surveys along with detailed observations according to a methodology developed by two of us (i.e. Fernandes et al., 2008). We formed the

concept of “evolutionary chain” which expands to prehistory arguments on the relationship between silicification and their environments. The study is based on the comparative analysis of transformations encountered in geological samples and archaeological objects. The renewed protocol involves a semi quantitative and dynamic approach integrating the most discriminating evolving characters. It is based on the characterization of mineralogical phases, analysis of clasts and examination of surface states. Results allowed us to group siliceous artefacts according to their facies, a characteristic that identifies various different gathering environments, namely: directly from or close to static outcrops, from colluviums, from recent alluviums or from older formations. By examining a complete site assemblage and considering any pre or post-depositional evolution of flint found in a site we are able to avoid most of the facies convergence errors introduced by evolutionary processes. This methodology brings considerable precision to the identification of places visited by humans. Based on such studies on the raw materials in the area attest relatively small territories, with perimeters easily covered during one day-journey (less than 30 km with some very rare long-distances artefacts available around 60 km from Payre - (Raynal et al., 2013). Flint was collected locally on the slopes and on the surface of the plateau, mainly 5 to 10/30 km southwards as broken nodules or large flakes for knapping at the site or punctually came from the Rhône Valley, 1 km eastwards as pebbles (Fernandes et al., 2008).

In the case of Payre, we can therefore compare the dietary subsistence inferred using isotopic data with that based on faunal spectra. Although the ungulate taxa hunted and consumed by Neanderthals are the same in layers F and G, where red deer, horse, bovines and rhinocerotids dominate the ungulates, some ratios vary significantly between both layers (Fig. 6 and Table 3). When comparing the overall composition of the ungulates from the two assemblages (Table 3), the main differences lie in the higher representation of the rhinoceros in layer G and of red deer and roe deer in layer F. Statistics highlight that these latter have the highest contribution rates to the chi2 values. The other species do not significantly contribute to the variability between both layers.

The main question is whether it is possible to explain this shift in term of environmental factors or in terms of subsistence behaviors. Regarding environmental factors, macromammals indicate similar environmental and climatic conditions in both layers F and G, namely dry (steppe areas, possibly on the plateau) with some forested areas (possibly in the valley) and rather cold conditions, but not cold enough to indicate a glacial episode (Desclaux et al.,

2008; Patou-Mathis et al., 2008). In agreement with these conclusions, the isotopic results on large herbivorous mammals do not indicate significant ecological changes for the studied taxa between both layers (Ecker et al., 2013; this study). Therefore the observed dietary shift is unlikely to be explained by a global significant environment change between layers F and G, but relate rather to differences in the diet consumed by these Neanderthal individuals as they were children. Assuming that they spent this part of their life in the area around the site of Payre (see detailed discussion above), we can infer differences in the subsistence strategies between the two layers or/and perhaps land-uses.

Various micro-habitats and differential landscapes exist around the site of Payre: the narrow Valley of the Payre River at the foot of the site, the large Rhône Valley, the slope on which the site is located, which was probably less steep than today during human occupations due to series of terraces, and a vast plateau above the site (200 m high) with micro-valleys. Within this landscape, one must note that, according to the isotopic results, red deer were dwelling mostly on the plateau while rhinoceros were living in the valley, suggesting that, in general, prey species living on the plateau were more exploited in layer F than in layer G. The isotopic values of the Neanderthal teeth from layers F and G are consistent with the prey preference pattern in both layers: prey from the drier plateau seem to have been more intensively exploited by individuals from layer F, while prey from the wetter valley seem to have been more intensively exploited by individuals from layer G.

Therefore, a similar change of subsistence strategy between layer F and G could be found using either zooarchaeology or tooth isotopic geochemistry. Since these two approaches have very different resolutions, a few years during childhood for given individuals in the case of isotopic values in tooth enamel versus many years or longer times for human groups in the case of zooarchaeology This may indicate a fundamental change in the way Neanderthals exploited their environment between layers F and G, in the absence of significant environmental change and prey availability. In addition, such a change in environment exploitation can be linked with other aspects of Neanderthal activity in Payre. The observed change in the relative exploitation of valley versus plateau between layer G and F can be considered in the context of differing lengths of occupation periods between both layers (Rivals et al., 2009). During the deposition of layer F, Neanderthals seem to have been more involved in the exploitation of prey from the drier plateau and the Payre site was a place of short occupations. In contrast, the duration of occupations was longer for layer G when

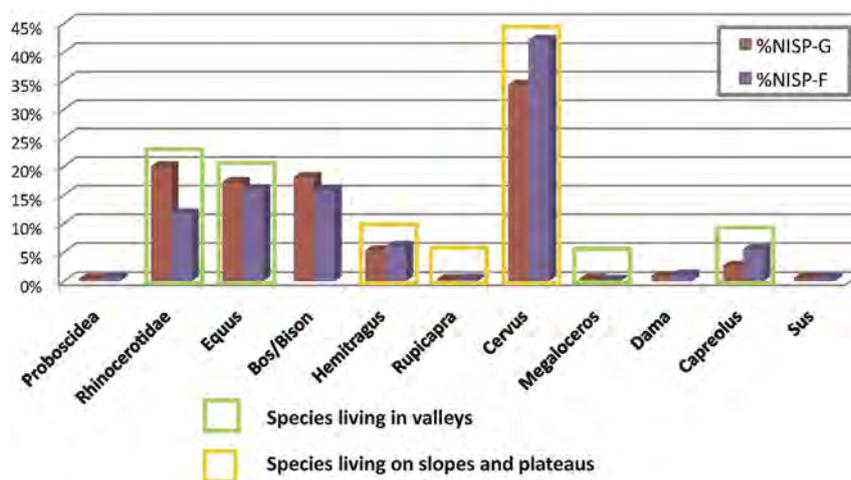


Fig. 6. Ungulate ratios for layers G and F (NISP) (data from Patou-Mathis et al., 2008).

**Table 3**

Number and frequencies of identified ungulate specimens (NISP) for each layer: adjusted residuals (AR) and Chi2 contributions; significant values in bold (1P < 0.001; 2P < 0.01, 3P < 0.05) (for the method see Grayson and Delpech, 2003).

Ungulates	Payre-G	%NISP-G	AR	Payre-F	%NISP-F	Total	%Chi2 contributions
Proboscidean	3	0.4	0.53	12	0.6	15	0.62
Rhinocerotids	137	20.0	−5.36	229	11.7	366	54.63
Horse	118	17.2	−0.76	311	15.9	429	1.08
Bovines	124	18.1	−1.36	309	15.8	433	3.39
Tahr	36	5.2	0.72	117	6.0	153	1.09
Chamois	2	0.3	0.26	7	0.4	9	0.15
Red deer	235	34.3	3.61	821	42.1	1056	17.22
Megaceros	3	0.4	−1.02	4	0.2	7	2.28
Fallow deer	6	0.9	0.56	22	1.1	28	0.68
Roe deer	18	2.6	2.99	106	5.4	124	18.84
Wild boar	4	0.6	0.09	12	0.6	16	0.02
Total	686	100.0		1950	100.0	2636	100.00
Chi2	<b>45.28</b>						

Neanderthals exploited more intensively the valley rather than the plateau.

Local raw materials from both layers were collected around the site, including quartzite, basalt, quartz and limestone. Flint, the main exploited rock type, was collected on the southern plateau in an area of 30 km in various outcrops (Barremian-Bedoulian), with the exception of some flakes coming from 60 km south (Fernandes et al., 2008). Flint pebbles from the Rhône valley, despite a very good quality, were rarely collected during the two phases of occupation indicating that the valley was not a favorite area for this activity. Neanderthals preferred more likely the plateau rich in flint outcrops available as entire or broken nodules while flint pebbles were rare on the Rhône banks. The density of vegetation or multiple mobile branches of the river may have limited the access to the raw material from the Rhône valley while those from the plateau were still accessible. The single difference between the two layers is the larger variability of flint types in layer F, which could be explained 1) by gathering on a higher quantity of outcrops on the southern plateau, or 2) by a larger selection of flint types available on the outcrops. This pattern of raw material exploitation yielded no indication that the Neanderthals of layer G moved more in the valleys at the foot of the site. This suggests that Neanderthals did not only gather flint in the areas preferred for the acquisition of prey. If this indicates a specific behavior of stone collector, it may have remained merged into hunting journeys.

The main core technology is discoid for both layers, performed on flint coming from the southern plateau. However, layer G exhibits a higher diversity of technical solutions (discoid cores, orthogonal cores, ...) than layer F, where the cores are mainly discoid on flakes possibly brought already knapped on the site (Moncel and Rival, 2011; Baena et al. in press). The flake-tools are mainly scrapers and points over time (Moncel et al., 2009). Moreover, the local quartzite, quartz, basalt and limestone are managed in the same way: for large tools prepared outside and brought to the cave, pebbles were used as hammerstones, flaking was performed outside for quartz and limestone and flakes were brought to the cave (Moncel et al., 2008). The short-term occupations of layer F only suggest a less diversified core technology on flint and perhaps a better anticipation of the occupations by introduction of some large Levallois flakes in the cave.

There is no clear link between the difference in preferred areas for prey acquisition and the technical strategies between both layers. This suggests two possible ways of settlement, 1) depending on the phases of occupation, the food resources, and therefore hunting territory were differently walked around the site, or 2) varied "cultural groups" occupied the cave over time and then managed the surroundings of the site in a different manner.

## 5. Conclusions

The present study, based on carbon and oxygen isotopic data from several individuals of middle Pleistocene Neanderthals is an attempt to decipher possible changes in subsistence and indirectly land-use strategies. It demonstrates that Neanderthals may have exploited their environment differently in the absence of significant environmental change. The wetter valley was exploited mainly during the relatively long occupation period of layer G, while food resources from the plateau were more consumed during a shorter occupation corresponding to layer F. This change of dietary strategy is supported by zooarchaeological data, but not clearly reflected in the exploitation of raw lithic materials, which may have been driven by different constraints or routines. At the beginning of the Middle Paleolithic, some Neanderthals changed their subsistence strategies without environmental forcing. Such a shift is probably due to other reasons than any detectable environmental change, such as land-use accessibility or practices according to the duration of the occupations, which varied according to different groups. The age of the individuals allows us to discuss the mobility of young Neanderthals and the topographies they lived on before arriving in the cave. This combination of results obtained from various approaches throws a new light on the way Neanderthal exploited their territories during their life.

In addition, this novel application of isotopic tracking of subsistence strategies using carbon and oxygen isotopic variation in hominid tooth enamel in a purely C<sub>3</sub> temperate context opens new perspectives for further investigations of Eurasian Lower and Middle Pleistocene fossils. This approach was so far limited to contexts with C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> resources, easy to track in the trophic webs with stable carbon isotopes. In cases where the analysis of herbivorous and carnivorous faunal remains shows a clear ecological partitioning in a pure C<sub>3</sub> palaeoenvironment, it will be possible to evaluate possible changes in hominid ecology through time using isotopic tracking in their tooth enamel, even for sites where collagen is not preserved.

## Author contributions

M.-H. M. and J.-P. R. secured funding. H. B. led the analysis of the data and authorship of the manuscript. All authors contributed to the writing of the manuscript.

## Funding

This study was financed by the French Ministry of Research – Régions Rhône-Alpes and Auvergne (PCR "Espaces et subsistance

au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central”) (to M.-H. M. and J.-P. R.). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

### Competing financial interests

The authors declare no competing financial interests.

### Acknowledgements

We thank the PCR “Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central” for financial support. We are thankful to T. Himpel, B. Steinhilber, H. Taubald, C. Wissing for technical assistance, and to D. Drucker for helpful discussions.

### Appendix A. Supplementary data

Supplementary data related to this article can be found at <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.11.004>.

### References

- Ambrose, S.H., 1992. The oxygen isotope ecology of East African mammal bone. *J. Vertebrate Paleontol.* 12 (3 Suppl. p), 16A.
- Ambrose, S.H., DeNiro, M.J., 1986. The isotopic ecology of East African mammals. *Oecologia* 69, 395–406.
- Auguste, P., 2008. Les Ursidés de l'ensemble F. In: Moncel, M.-H. (Ed.), *Payre. Des occupations humaines de la moyenne vallée du Rhône de la fin du Pléistocène moyen et du début du Pléistocène supérieur*. Mém. vol. 46. Soc. Préhist. Fr. pp. 61–69.
- Austin, C., Smith, T.M., Bradman, A., Hinde, K., Joannes-Boyau, R., Bishop, D., Hare, D.J., Doble, P., Eskenazi, B., Arora, M., 2013. Barium distributions in teeth reveal early-life dietary transitions in primates. *Nature* 498, 216–219.
- Baena, J., Moncel, M.-H., Cuartero, F., Chacón Navarro, M.G., Rubio, D., 2016. Late Middle Pleistocene Genesis of Neanderthal Technology in Western Europe: the Case of Payre Site (South-east France). *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.031> (in press).
- Beauval, C., Lacrampe-Cuyaubère, F., Maureille, B., Trinkaus, E., 2006. Direct radiocarbon dating and stable isotopes of the Neanderthal femur from Les Rochers-de-Villeneuve (Lussac-les-Châteaux, Vienne). *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris* 18, pp. 35–42.
- Blasco, R., Peris, J.F., 2012. Small and large game: human use of diverse faunal resources at Level IV of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Comptes Rendus Palevol.* 11 (4), 265–282.
- Blasco, R., Rosell, J., Rufá, A., Marco, A.S., Finlayson, C., 2016. Pigeons and choughs, a usual resource for the Neanderthals in Gibraltar. *Quaternary International* in press.
- Bocherens, H., 2009. Neanderthal dietary habits: review of the isotopic evidence. In: Hublin, J.-J., Richards, M.P. (Eds.), *The Evolution of Hominid Diets: Integrating Approaches to the Study of Palaeolithic Subsistence*. *Vertebrate Paleobiology & Paleoanthropology*, Springer, Dordrecht, pp. 241–250.
- Bocherens, H., 2011. Diet and ecology of Neanderthals: insights from bone and tooth biogeochemistry. In: Conard, N.J., Richter, J. (Eds.), *Neanderthal Lifeways, Subsistence and Technology*. *Vertebrate Paleobiology & Paleoanthropology* (Series Editors Eric Delson and Ross MacPhee). New York – Springer, Heidelberg, pp. 73–85.
- Bocherens, H., 2014. Diet and ecology of the Scladina Neanderthal child: insights from stable isotopes. In: Toussaint, M. (Ed.), *The Juvenile Neanderthal Facial Remains from Scladina Cave*, vol. 134. ERAUL, pp. 345–356.
- Bocherens, H., 2015. Isotopic tracking of large carnivore palaeoecology in the mammoth steppe. *Quat. Sci. Rev.* 117, 42–71.
- Bocherens, H., Fizet, M., Mariotti, A., Lange-Badré, B., Vandermeersch, B., Borel, J.-P., Bellon, G., 1991. Isotopic biogeochemistry ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) of fossil vertebrate collagen: implications for the study of fossil food web including Neanderthal Man. *J. Hum. Evol.* 20, 481–492.
- Bocherens, H., Fizet, M., Mariotti, A., 1994. Diet, physiology and ecology of fossil mammals as inferred by stable carbon and nitrogen isotopes biogeochemistry: implications for Pleistocene bears. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 107, 213–225.
- Bocherens, H., Koch, P.L., Mariotti, A., Geraads, D., Jaeger, J.-J., 1996. Isotopic biogeochemistry ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) of mammal enamel from African Pleistocene hominid sites: implications for the preservation of paleoclimatic isotopic signals. *Palaios* 11, 306–318.
- Bocherens, H., Billiou, D., Patou-Mathis, M., Otte, M., Bonjean, D., Toussaint, M., Mariotti, A., 1999. Palaeoenvironmental and palaeodietary implications of isotopic biogeochemistry of late interglacial Neanderthal and mammal bones in Scladina Cave (Belgium). *J. Archaeol. Sci.* 26, 599–607.
- Bocherens, H., Drucker, D.G., Billiou, D., Patou-Mathis, M., Vandermeersch, B., 2005. Isotopic evidence for diet and subsistence pattern of the Saint-Césaire I Neanderthal: review and use of a multi-source mixing model. *J. Hum. Evol.* 49, 71–87.
- Bocherens, H., Sandrock, O., Kullmer, O., Schrenk, F., 2011a. Hominin palaeoecology in Late Pliocene Malawi: first insights from isotopes ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) in mammal teeth. *South Afr. J. Sci.* 107 (3–4), 1–6.
- Bocherens, H., Drucker, D.G., Bonjean, D., Bridault, A., Conard, N.J., Cupillard, C., Germonpré, M., Höneisen, M., Münzel, S.C., Napierrala, H., Patou-Mathis, M., Stephan, E., Uerpmann, H.-P., Ziegler, R., 2011b. Isotopic evidence for dietary ecology of cave lion (*Panthera spelaea*) in North-western Europe: prey choice, competition and implications for extinction. *Quat. Int.* 245, 249–261.
- Bocherens, H., Germonpré, M., Toussaint, M., Semal, P., 2013. XVII. Stable isotopes. In: Semal, P., Hauzeur, A. (Eds.), *Spy Cave: State of 125 Years of Pluridisciplinary Research on the Betche-aux-Rotches from Spy (Jemeppe-sur-Sambre, Province of Namur, Belgium)*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, pp. 357–371.
- Bocherens, H., Baryshnikov, G., van Neer, W., 2014. Were bears or lions involved in salmon accumulation in the Middle Palaeolithic of the Caucasus? An isotopic investigation in Kudaro 3. *Quat. Int.* 339–340, 112–118.
- Cerling, T.E., Kyalo Manthi, F., Mbu, E.N., Leakey, L.N., Leakey, M.G., Leakey, R.E., Brown, F.H., Grine, F.E., Hart, J.A., Kalemie, P., Roche, H., Uno, K.T., Wood, B.A., 2013. Stable isotope-based diet reconstructions of Turkana Basin hominins. *PNAS* 110, 10501–10506.
- Clementz, M.T., Fox-Dobbs, K., Weatley, P.V., Koch, P.L., Doak, D.F., 2009. Revisiting old bones: coupled carbon isotope analysis of bioapatite and collagen as an ecological and palaeoecological tool. *Geol. J.* 44, 605–620.
- Condemi, S., 2008. Les Néanderthaliens de Payre. In: Moncel, M.-H. (Ed.), *Payre. Des occupations humaines de la moyenne vallée du Rhône de la fin du Pléistocène moyen et du début du Pléistocène supérieur*. Mém. vol. 46. Soc. Préhist. Fr. pp. 51–60.
- Condemi, S., Moncel, M.-H., 2008. Les restes humains. In: Moncel, M.-H. (Ed.), *Payre. Des occupations humaines de la moyenne vallée du Rhône de la fin du Pléistocène moyen et du début du Pléistocène supérieur*. Mém. vol. 46. Soc. Préhist. Fr. pp. 131–147.
- Condemi, S., Voisin, J.-L., Belmaker, M., Moncel, M.-H., 2010. Revisiting the question of neanderthal regional variability: a view from the Rhône valley Corridor. *Coll. Anthropologicum* 34, 787–796.
- Cortés-Sánchez, M., Morales-Muñiz, A., Simón-Vallejo, M.D., Lozano-Francisco, L., Vera-Peláez, J.L., Finlayson, C., Rodríguez-Vidal, J., Delgado-Huertas, A., Jiménez-Espejo, F.J., Martínez-Ruiz, F., Martínez-Aguirre, M.A., Pascual-Granged, A.J., Bergadá-Zapata, M.M., Gibaja-Bao, J.F., Riquelme-Cantal, J.A., López-Sáez, J.A., Rodrigo-Gámiz, M., Sakai, S., Sugisaki, S., Finlayson, G., Fa, D.A., Bicho, N., 2011. Earliest known use of marine resources by Neanderthals. *PLoS One* 6 (9), E24026.
- Crowley, B.E., Wheatley, P.V., 2014. To bleach or not to bleach? Comparing treatment methods for isolating biogenic carbonate. *Chem. Geol.* 381, 234–242.
- Daujeard, C., 2008. Exploitation du milieu animal par les Néanderthaliens dans le Sud-Est de la France. *Br. Archaeol. Rep. Int. Ser.* 51867, 634pp.
- Daujeard, C., Moncel, M.-H., 2010. On Neanderthal subsistence strategies and land-use: a regional focus on the Rhône Valley area in southeastern France. *J. Anthropol. Archaeol.* 29, 368–391.
- Daujeard, C., Moncel, M.-H., Rivals, F., Fernandez, P., Auguste, P., Aureli, D., Bocherens, H., Crégut-Bonnoure, E., Debard, E., Liouville, M., 2011. Quel type d'occupation dans l'ensemble F de Payre (Ardèche, France)? Halte de chasse spécialisée ou campement de courte durée? Un exemple d'approche multidisciplinaire. In: Costamagno, S., Bon, F., Valdeyron, N. (Eds.), *Les Haltes de chasse en préhistoire: Quelles réalités archéologiques?*, Toulouse (13-15 mai 2009), *P@lethnologie*, 3, pp. 77–103.
- Desclaux, E., El Hazzazi, N., Vilette, P., Dubar, M., 2008. Le contexte paléoenvironnemental des occupations humaines. L'apport de la microfaune, des restes aviaires et de la malacofaune. In: Moncel, M.-H. (Ed.), *Payre. Des occupations humaines de la moyenne vallée du Rhône de la fin du Pléistocène moyen et du début du Pléistocène supérieur*. Mém. vol. 46. Soc. Préhist. Fr. pp. 91–106.
- Diefendorf, A.F., Mueller, K.E., Wing, S.L., Koch, P.L., Freeman, K.H., 2010. Global patterns in leaf  $^{13}\text{C}$  discrimination and implications for studies of past and future climate. *PNAS* 107, 5738–5743.
- Domingo, M.S., Domingo, L., Badgley, C., Sanisidro, O., Morales, J., 2013. Resource partitioning among top predators in a Miocene food web. *Proc. R. Soc. B* 20122138.
- Drucker, D.G., Bridault, A., Hobson, K.A., Szuma, E., Bocherens, H., 2008. Can carbon-13 abundances in large herbivores track canopy effect in temperate and boreal ecosystems? Evidence from modern and ancient ungulates. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 266, 69–82.
- Dupras, T.L., Tocheri, M.W., 2007. Reconstructing infant weaning histories at Roman Period Kellis, Egypt using stable isotope analysis of dentition. *Am. J. Phys. Anthropol.* 134, 68–74.
- Ecker, M., Bocherens, H., Julien, M.-A., Rivals, F., Raynal, J.-P., Moncel, M.-H., 2013. Middle Pleistocene ecology and neanderthal subsistence: insights from stable isotope analyses in Payre (Ardèche, France). *J. Hum. Evol.* 65, 363–373.
- Feranec, R., García, N., Díez, J.C., Arsuaga, J.L., 2010. Understanding the ecology of mammalian carnivores and herbivores from Valdegoba cave (Burgos, northern Spain) through stable isotope analysis. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 297, 263–272.
- Fernandes, P., Raynal, J.-P., Moncel, M.-H., 2008. Middle Palaeolithic raw material gathering territories and neanderthal mobility in the southern Massif central of

- France: first results from a petro-archaeological study on flint. *J. Archaeol. Sci.* 35, 2357–2370.
- García, N., Feranec, R.S., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2009. Isotopic analysis of the ecology of herbivores and carnivores from the Middle Pleistocene deposits of the Sierra De Atapuerca, northern Spain. *J. Archaeol. Sci.* 36, 1142–1151.
- García, N., Feranec, R.S., Passey, B.H., Cerling, T.E., Arsuaga, L.A., 2015. Exploring the potential of laser ablation carbon isotope analysis for examining ecology during the ontogeny of Middle Pleistocene Hominins from Sima de los Huesos (Northern Spain). *PLoS One* 10 (12), e0142895.
- Grat, J., Heim, J.L., 2003. Nouvelle méthode d'estimation de l'âge dentaire des Néandertaliens. *L'Anthropologie* 107, 171–202.
- Grayson, D.K., Delpech, F., 2003. Ungulates and the middle-to-upper paleolithic transition at grotte XVI (Dordogne, France). *J. Archaeol. Sci.* 30, 1633–1648.
- Grün, R., Aubert, M., Joannes-Boyou, R., Moncel, M.-H., 2008. High resolution analysis of uranium and thorium concentration as well as U-series isotope distributions in a Neanderthal tooth from Payre (Ardèche, France) using laser ablation ICP-MS. *Geochim. Cosmochim. Acta* 72, 5278–5290.
- Guatelli-Steinberg, D., 2009. Recent studies of dental development in Neandertals: implications for neandertal life histories. *Evol. Anthropol.* 18, 9–20.
- Guatelli-Steinberg, D., Reid, D.J., Bishop, T.A., Spencer Larsen, C., 2005. Anterior tooth growth periods in Neandertals were comparable to those of modern humans. *PNAS* 102, 14197–14202.
- Guatelli-Steinberg, D., Reid, D.J., Bishop, T.A., Larsen, C.S., 2007. Imbricational enamel formation in Neandertals and recent modern humans. In: Bailey, S.E., Hublin, J.-J. (Eds.), *Dental Perspectives on Human Evolution: State of the Art Research in Dental Paleoanthropology*. Springer, Hamburg, pp. 211–230.
- Hardy, B.L., Moncel, M.-H., 2011. Neanderthal use of fish, mammals, birds, starchy plants and wood 125–250,000 Years ago. *PLoS One* 6 (8), e23768.
- Hardy, B.L., Moncel, M.-H., Daujeard, C., Fernandes, P., Béarez, P., Desclaux, E., 2013. Chacon Navarro, M.G., Puaud, S., Gallotti, R., Impossible Neandertals? Making string, throwing projectiles and catching small game during Marine Isotope Stage 4 (Abri du Maras, France). *Quat. Sci. Rev.* 82, 23–40.
- Henry, A.G., Brooks, A.S., Piperno, D.R., 2011. Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *PNAS* 108, 486–491.
- Henry, A.G., Brooks, A.S., Piperno, D.R., 2014. Plant foods and the dietary ecology of Neandertals and early modern humans. *J. Hum. Evol.* 69, 44–54.
- Hillson, S., 1986. *Teeth*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, 376 pp.
- Kalai, C., Moncel, M.-H., Renault-Mikovsky, J., 2001. Le Paléoenvironnement végétal des occupations humaines de la grotte de Payre à la fin du Pléistocène moyen et au début du Pléistocène supérieur (Ardèche, France). *Trab. Prehist.* 58, 143–151.
- Koch, P.L., Tuross, N., Fogel, M.L., 1997. The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbonate in biogenic hydroxylapatite. *J. Archaeol. Sci.* 24, 417–429.
- Kohn, M.J., 2010. Carbon isotope compositions of terrestrial C3 plants as indicators of (paleo)ecology and (paleo)climate. *PNAS* 107, 19691–19695.
- Lee-Thorp, J., Sponheimer, M., 2003. Three case studies used to reassess the reliability of fossil bone and enamel isotope signals for paleodietary studies. *J. Anthropol. Archaeol.* 22, 208–216.
- Levin, N.E., Cerling, T.E., Passey, B.H., Harris, J.M., Ehleringer, J.R., 2006. A stable isotope aridity index for terrestrial environments. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 11201–11205.
- Martin-González, J.A., Mateos, A., Goikoetxea, I., Leonard, W.R., Rodríguez, J., 2012. Differences between Neandertal and modern human infant and child growth models. *J. Hum. Evol.* 63, 140–149.
- Moncel, M.-H. (Ed.), 2008. *Payre. Des occupations humaines de la moyenne vallée du Rhône de la fin du Pléistocène moyen et du début du Pléistocène supérieur*, vol. 46. Mémoire de la Société Préhistorique Française, 336 pp.
- Moncel, M.-H., Condemi, S., 1997. Des restes humains dans le site Paléolithique moyen ancien de Payre (Ardèche): dents et pariétal. *Nouvelles découvertes de 1996. Bull. Soc. Préhist. Fr.* 94, 168–171.
- Moncel, M.-H., Condemi, S., 2007. The Human Remains of the Site of Payre (S-e France, OIS 7-5), Remarks on Stratigraphic Position and Interest. *Anthropologie, Brno*, pp. 7–17. XLV/1.
- Moncel, M.-H., Daujeard, C., 2012. The variability of the Middle Palaeolithic on the right bank of the Middle Rhône Valley (southeast France): technical traditions or functional choices? *Quatern. Int.* 247, 103–124.
- Moncel, M.-H., Rivals, F., 2011. On the question of short Neandertal occupations through lithic assemblages. *J. Anthropol. Res.* 67, 47–77.
- Moncel, M.-H., Débard, E., Desclaux, E., Dubois, J.-M., Lamarque, F., Patou-Mathis, M., Vilette, P., 2002. Le cadre de vie des hommes du Paléolithique moyen (stades isotopiques 6 et 5) dans le site de Payre (Rompon, Ardèche): d'une grotte à un abri sous roche effondré. *Bull. Soc. Préhist. Fr.* 99, 249–273.
- Moncel, M.-H., Borel, A., De Lombera, A., Sala, R., Deniaux, B., 2008. Quartz et quartzite dans le site de Payre (MIS 7 et 5, Ardèche, France): données techno-économiques sur la gestion de roches locales au Paléolithique moyen. *C. R. Palevol.* 7, 441–451.
- Moncel, M.-H., Chacón-Navarro, M.G., Coudeneau, A., Fernandes, P., 2009. Points and convergent edges in the early European middle paleolithic site of Payre (SE, France). *J. Archaeol. Sci.* 36, 1892–1909.
- Moncel, M.-H., Alués, E., Bailon, S., Barshay-Szmidt, C., Bearez, P., Crégut, E., Daujeard, C., Desclaux, E., Debard, E., Lartigot-Campin, A.-S., Puaud, S., Roger, T., 2015. Evaluating the integrity of palaeoenvironmental and archaeological records in MIS 5 to 3 karstic sequences from southeastern France. *Quat. Int.* 378, 22–39.
- Naito, Y.I., Drucker, D.G., Chikaraishi, Y., Ohkouchi, N., Wißing, C., Semal, C., Bocherens, H., 2016. Ecological niche of Neandertals from Spy Cave revealed by nitrogen isotopes of individual amino acids in collagen. *J. Hum. Evol.* 93, 82–90.
- Patou-Mathis, M., Auguste, P., Bouteau, A., Crépin, L., Dascheck, E., Lacombar, F., Julien, M.-A., Liouville, M., Pautret-Homerville, C., Péan, S., 2008. Contexte écologique et cadre chronologique des occupations paléolithiques de Payre d'après l'analyse des grands mammifères. In: Moncel, M.-H. (Ed.), *Payre. Des occupations humaines de la moyenne vallée du Rhône de la fin du Pléistocène moyen et du début du Pléistocène supérieur*. Mém. vol. 46. Soc. Préhist. Fr., pp. 43–51.
- Pietsch, S.J., Tütken, T., 2016. Oxygen isotope composition of North American bobcat (*Lynx rufus*) and puma (*Puma concolor*) bone phosphate: implications for provenance and climate reconstruction. *Isotopes Environ. Health Stud.* 52, 164–184.
- Pushkina, D., Bocherens, H., Ziegler, R., 2014. Unexpected palaeoecological features of the middle and late Pleistocene niche of Neandertals in south-western Germany revealed by stable isotopic abundances in tooth enamel. *Quat. Int.* 339–340, 164–178.
- Ramirez-Rozzi, F.V., Bermúdez de Castro, J.M., 2004. Surprisingly rapid growth in Neandertals. *Nature* 428, 936–939.
- Raynal, J.-P., Moncel, M.-H., Fernandes, P., Bindon, P., Daujeard, C., Fiore, I., Santagata, C., Lecorre-Le Beux, M., Guadelli, J.-L., Lepape, J.-M., Liabeuf, R., Servant, L., Aulanier, M., Seret, H., 2013. From Lower to Middle Palaeolithic in the South-East portion of the French Massif Central: land-cognition and use, related tool-kits and archaeo-ethnographical perspectives. *Quartär* 60, 29–59.
- Richards, M.P., Pettitt, P.B., Stiner, M.C., Trinkaus, E., 2001. Stable isotope evidence for increasing dietary breadth in the European mid-Upper Paleolithic. *PNAS* 98 (11), 6528–6532.
- Richards, M.P., Taylor, G., Steel, T., McPherron, S.P., Soressi, M., Jaubert, J., Orschiedt, J., Mallye, J.B., Rendu, W., Hublin, J.J., 2008. Isotopic dietary analysis of a Neandertal and associated fauna from the site of Jonzac (Charente-Maritime), France. *J. Hum. Evol.* 55, 179–185.
- Rivals, F., Moncel, M.-H., Patou-Mathis, M., 2009. Seasonality and intra-site variation of Neandertal occupations in the Middle Palaeolithic locality of Payre (Ardèche, France) using dental wear analyses. *J. Archaeol. Sci.* 36, 1070–1078.
- Smith, T.M., Toussaint, M., Reid, D.J., Olejniczak, A.J., Hublin, J.J., 2007. Rapid dental development in a middle paleolithic Belgian neandertal. *PNAS* 104, 20220–20225.
- Smith, T.M., Tafforeau, P., Reid, D.J., Pouech, J., Lazzaru, V., Zermeno, J.P., Guatelli-Steinberg, D., Olejniczak, A.J., Hoffman, A., Radović, Makaremi, M., Toussaint, M., Stringer, C., Hublin, J.J., 2010. Dental evidence for ontogenetic differences between modern humans and Neandertals. *PNAS* 107, 20923–20928.
- Sponheimer, M., Alemseged, Z., Cerling, T.E., Grine, F.E., Kimbel, W.H., Leakey, M.G., Lee-Thorp, J.A., Kyalo Manthi, F., Reed, K.E., Wood, B.A., Wynn, J.G., 2013. Isotopic evidence of early hominin diets. *PNAS* 110, 10513–10518.
- Stiner, M.C., 2001. Thirty years on the "broad spectrum revolution" and paleolithic demography. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 98, 6993–6996.
- Stiner, M.C., Munro, N.D., 2002. Approaches to prehistoric diet breadth, demography, and prey ranking systems in time and space. *J. Archaeol. Method Theory* 9, 181–214.
- Stinespring, A.E., Guatelli-Steinberg, D., Reid, D.J., Larsen, C.S., Hutchinson, D., Smith, T.M., 2012. A method to estimate the timing of linear enamel hypoplasia for Neandertals. *Am. J. Phys. Anthropol.* 147, 278.
- Stringer, C.B., Dean, M.C., Martin, R.D., 1990. A comparative study of cranial and dental development within a recent British sample and among Neandertals. In: De Rousseau, C.J. (Ed.), *Primate Life History and Evolution*. Wiley-Liss, New York, pp. 115–152.
- Valladas, H., Mercier, N., Ayliffe, L., Falguères, C., Bahain, J.-J., Dolo, J.-M., Froget, L., Joron, J.-L., Masaoudi, H., Reyss, J.-L., Moncel, M.-H., 2008. Chronology of the Middle Paleolithic sequence of Payre (Ardèche, France) based on radiometric dating methods. *Quat. Geochronol. Quat. Sci. Rev.* 3, 377–389.
- Van der Merwe, N.J., 2013. Isotopic ecology of fossil fauna from Olduvai Gorge at ca 1.8 Ma, compared with modern fauna. *S. Afr. J. Sci.* 109 (11/12), 1–14.
- Wright, L.E., Schwarz, H.P., 1998. Stable carbon and oxygen isotopes in human tooth enamel: identifying breastfeeding and weaning in prehistory. *Am. J. Phys. Anthropol.* 106, 1–18.
- Wißing, C., Rougier, H., Crevecoeur, I., Germonpré, M., Naito, Y.I., Semal, P., Bocherens, H., 2016. Isotopic evidence for dietary ecology of Neandertals in north-western Europe. *Quat. Int.* 411, 327–345.
- Yeakel, J.D., Guimarães Jr., P.R., Bocherens, H., Koch, P.L., 2013. The impact of climate change on the structure of Pleistocene food webs across the mammoth steppe. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 280, 20130239.
- Zanden, H.B., Soto, D.X., Bowen, G.J., Hobson, K.A., 2016. Expanding the isotopic toolbox: Applications of hydrogen and oxygen stable isotope ratios to food web studies. *Front. Ecol. Evol.* 4, 20.



Contents lists available at ScienceDirect

## Comptes Rendus Palevol

www.sciencedirect.com



Paléontologie humaine et préhistoire

## Circulation de géomatières sur de longues distances au Paléolithique supérieur : le cas des silex du Turonien du Sud du Bassin parisien

*Long-distance circulation of raw materials during Upper Palaeolithic times: The case of Turonian flint from the South of the Paris Basin*

Vincent Delvigne<sup>a,\*</sup>, Paul Fernandes<sup>a,b</sup>, Michel Piboule<sup>c</sup>, Audrey Lafarge<sup>d</sup>, Jean-Paul Raynal<sup>a,e</sup>

<sup>a</sup> UMR 5199, PACEA, université Bordeaux-1, bâtiment B18, allée Geoffroy-Saint-Hilaire, 33615 Pessac cedex, France

<sup>b</sup> SARL Paléotime, 6173, rue Jean-Séraphin-Achard-Picard, 38350 Villard-de-Lans, France

<sup>c</sup> 21, rue du Général-Ferrié, 38100 Grenoble, France

<sup>d</sup> UMR 5140, Archéologie des sociétés méditerranéennes, université Montpellier-3, route de Mende, 34199 Montpellier, France

<sup>e</sup> Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig, Allemagne

## I N F O A R T I C L E

Historique de l'article :

Reçu le 14 octobre 2015

Accepté après révision le 13 avril 2016

Disponible sur internet le xxx

Géré par Marcel Otte

Mots clés :

Pétoarchéologie

Paléogéographie

Turonien supérieur

Turonien inférieur

Paléolithique supérieur

Touraine

Berry

Auvergne

## R É S U M É

Dans le Sud du Bassin parisien, les silex du Turonien inférieur – dits silex blonds – et supérieur – dits silex du Grand-Pressigny – constituent des ressources de première importance au Paléolithique supérieur. Leur exploitation préhistorique est reconnue dans tout le Berry, la Touraine, le Poitou et l'Auvergne. Ils se retrouvent également en petites quantités dans les séries lithiques du Paléolithique supérieur du Bassin parisien, de la vallée du Rhône, de l'Aquitaine et des Charentes. Ces ressources, malgré leur importance, n'avaient jamais fait l'objet d'une description pétrographique détaillée et ont été parfois confondues avec des silicifications cénozoïques. Nous présentons donc une synthèse de nos observations sur plus de 700 échantillons issus de 104 gîtes différents et sur plusieurs milliers d'artefacts lithiques, étayées par une revue bibliographique des publications, cartes géologiques et mémoires universitaires ayant trait au sujet. En conclusion, l'apport massif de silex du Turonien et notamment du Turonien inférieur comme élément structurant des assemblages lithiques du Paléolithique supérieur se cantonne pour l'essentiel à un espace contraint, au sud, par le seuil du Poitou et les Combrailles creusoises et, au nord et à l'est, par la Loire. Leur circulation sur plusieurs centaines de kilomètres n'est plus un fait anecdotique et permet de retracer des relations entre provinces préhistoriques.

© 2016 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## A B S T R A C T

In the South of the Paris basin, the Lower (*silex blond*) and Upper (*silex du Grand-Pressigny*) Turonian flints were important raw materials during the Upper Paleolithic. Their

Keywords:

Petro-archaeology

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [vincent.delvigne@hotmail.fr](mailto:vincent.delvigne@hotmail.fr) (V. Delvigne).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.crpv.2016.04.005>

1631-0683/© 2016 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Pour citer cet article : Delvigne, V., et al., Circulation de géomatières sur de longues distances au Paléolithique supérieur : le cas des silex du Turonien du Sud du Bassin parisien. C. R. Palevol (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crpv.2016.04.005>

Palaeogeography  
Upper Turonian  
Lower Turonian  
Upper Palaeolithic  
Touraine  
Berry  
Auvergne

exploitation is known from findings from the Berry, Touraine, Poitou and the Auvergne, and some are found in Upper Paleolithic lithic assemblages from the Paris Basin, the Rhône valley, Aquitaine and the Charente. In spite of their importance, these resources have never previously been the subject of detailed petrographic descriptions and sometimes have been confused with products of Cenozoic silicification events. We present a summary of our observations on over 700 samples from 104 different lithic source and thousands of other lithic artefacts, supported by a review of publications, geological maps and academic papers related to the topic. The massive supply of Turonian flint (especially from the Lower Turonian) forming an important structural element of Upper Paleolithic lithic assemblages is confined essentially to an area delineated by the Seuil du Poitou and the Combrailles of Creuse to the south and the Loire River to the north and the east. Its occurrence in this zone is no longer anecdotal and reveals an early relationship between several prehistoric provinces.

© 2016 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Abridged English version

### Introduction

From the beginning of research into Prehistory, the presence in the lithic series in the French Massif Central, especially in Auvergne, of flint from Touraine and the lower valley of the Cher, was suspected (Bordes, 1953; Desrut, 1939; Dessal, 1929; Pomerol, 1888). This hypothesis was confirmed in the early 1980s through the work of Masson (1979, 1981, 1982, 1983, 1986) and further discussed by Torti (1983a) and Demars (1985a). More recently, other researchers (Delvigne, 2012; Delvigne et al., 2014a, 2014b; Surmely, 1998, 2000; Surmely and Pasty, 2003; Surmely et al., 1998, 2008) have enriched the hypothesis by proposing the existence of various types of flint from the southern margin of the Paris Basin in the Upper Palaeolithic sites of Auvergne (Allier, Puy-de-Dôme, Cantal, and Haute-Loire). Despite these generally very significant contributions, we see a complete absence of, or just a few other published works providing precise petrographic descriptions of these materials that proceed beyond simple statements based on their colour.

Repeated geochemical identifications provide identities and locations for lithic materials derived from locations remote from the Auvergne (Dufresne, 1999; Gervais, 2001; Surmely et al., 2008). Using strontium isotopes ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) aimed at locating the sources of raw materials point to their evolutionary relationship with Mesozoic seawater. The evolution of the strontium subsequent to the formation of the flint with “re-homogenization” of the isotopic system failed to link samples to the stratigraphic level that was expected, which would be in conformity with the chronostratigraphic data provided by micropaleontology.

Clearly, the precise description of the microfacies (including data from micro-paleontological studies), integrated into a dynamic vision of the pre-depositional life of the flint, is today the only approach that permits the precise identity and classification of the different types of Cretaceous flint coming from the South of the Paris Basin. This note is framed from such a perspective; proposes successive syntheses of our micrographic observations on the Turonian and Upper Turonian flint, and discusses their recognition in Upper Paleolithic sites.

### Materials and methods

During 10 years of study, we have developed a method of characterizing flint, taking into account its “evolutionary chain”, that is, the set of transformations undergone through silicification since its genesis until its recovery from an archaeological site (Fernandes, 2006, 2012; Fernandes and Raynal, 2006a, 2007, 2010; Fernandes et al., 2007; Thiry et al., 2014). Applied initially to Middle Palaeolithic assemblages (Fernandes and Raynal, 2006b; Fernandes et al., 2006, 2008), this approach has been extended to the Upper Paleolithic lithic series from the Velay (Delvigne, 2010, 2012; Delvigne et al., 2014a, 2014b).

The diagnosis of flint both genetically (definition of the type) and “gitologically” (there are several “gitologic” types for the same genetic type) requires the establishment of a protocol based on the comparative analysis of mineralogical, petrographic and micro-morphological transformations (Ernst and Calvert, 1969; Fernandes, 2006, 2012; Fernandes and Raynal, 2006a, 2006b, 2007, 2010; Knauth, 1992; Siever, 1962; Thiry et al., 2014) and a classical petrographic analysis of bioclastic inclusions and associations that accompany the microfacies (Affolter, 1999, 2002, 2005; Affolter et al., 1999; Cuveillier, 1951; Delvigne, 2012; Folk, 1962; Fernandes, 2006, 2012; Fernandes and Raynal, 2006a, 2006b; Masson, 1979, 1981, 1986; Séronie-Vivien, 1995, 2003a; Séronie-Vivien and Séronie-Vivien, 1987; Slimak and Giraud, 2007; Tomasso, 2014). Our protocol is complemented by a semiquantitative and dynamic approach integrating all defining criteria, including biostratigraphy, petrography, morphometry, grain size, mineralogy, and quantification of microporous surfaces. Mineral and textural transformations and surficial associations of stigma are also parameters we include that assist in the recognition of mineral sources exploited by prehistoric men.

The petrographic classes given below were determined using a binocular microscope (80 to 200 ×) to identify eighteen structural and textural parameters on more than 700 geological samples originating from 104 primary and secondary outcrops and several thousand flints from archaeological sites in the Haute-Loire, Puy-de-Dôme, Allier, Loir-et-Cher and Indre-et-Loire Departments. In some cases, obscure mineralogical compositions were

clarified using un-capped petrographic thin sections 30  $\mu\text{m}$  thick.

#### *Turonian materials of southern Paris Basin*

##### *The Turonian flint from Berry*

The Berry Turonian outcrops over a wide area between Vierzon (Cher) to the east, Pouillé (Loir-et-Cher) to the northwest and Luçay-le-Male (Indre) to the southwest (Table 1). The flints have a green, yellow/blonde or gray tint, rarely brown. They occur in the top of the Lower Turonian white chalk, which follows the sandy clay deposits of the Cenomanian, themselves transgressive over Upper Jurassic limestones (Alcaydé, 1994; Lecoindre, 1947; Manivit et al., 1977).

The silicified component is “thalassinoïdes” or nodular, generally reaching about 30 cm in length and 15 cm in diameter. The cortex, ranging in thickness from a few millimetres to a couple of centimetres, is chalky and either lacks any or includes just a few microfossils. Its colour is usually white or rarely tan or yellow. The contact zone between the cortex and the siliceous matrix is clear, regular and has few invaginations. This zone may be highlighted by a band of chalky silicification a few millimetres thick that is grey, brown or yellow (in contact with clay) or pink (flint derived from the Eocene formations). The homogeneous matrix is mudstone or rarely wackestone. Allochems are rare, and monoaxone and triaxone spicules, planktonic foraminifera (*Hedbergella*, *Praeglobotruncana*), cheilostomes, bryozoans (*Entalopora?*), and serpulids occur. Occasionally fish vertebrae, ostracod valves, fragments of bivalve shells, fragments of echinoid tests and very rarely fish scales are visible. Detrital quartz and newly formed microquartz occurrences are rare. Very localized white flocculation occurrences reflect a partial silicification that took place at certain moments. The overall distribution of allochems in the matrix is homogeneous; however, bioclasts are more numerous in the areas adjacent to micritic and flocculation events. Five main genetic facies have been identified in the Berry Turonian flint.

##### *The Upper Turonian flint known generally as Grand-Pressigny flint (type D0018)*

The eponymous Upper Turonian flint of Touraine occurs between the Vienne Valley to the west, the Manse Valley (with minor outcrops along the Loire Valley) to the north, the valleys of the Tourmente and Indrois to the east and a line joining Chatellerault–La Roche-Posay–Martizay to the south (Table 3). The sedimentary series of the Upper Cretaceous is a monotonous topographic marker in the landscape. Its slopes are marked by white Middle Turonian limestone, topped by yellow Upper Turonian limestone, itself covered by Senonian clay and flint.

Flint usually occurs in the upper part of coarse-grained yellow tuffaceous bio-calcarene that has resisted erosion, and whose detrital quartz and glauconite content varies. The flint is polymorphic, the colour varying from yellow to brown, some multi-coloured facies also exhibiting black or grey zones. The siliceous cortex is yellow to white and varies in thickness from a few millimetres to a couple of centimetres. It is lumpy and may include bivalve fragments.

The junction between the endocortical zone and the cortex is clear and straightforward and is usually delineated by a darker border of decalcified clay. Invaginations are rare. The pluri-centimetric endocortical zone is less complex mineralogically than that of the inner zone. Its texture varies from wackestone to mudstone; it has a homogeneous structure with a colourless or, in advanced forms, a very slightly yellow cryptocrystalline matrix.

It contains a high proportion of detrital components (75–80 %) along with very well-sorted peloids (between 150 and 300  $\mu\text{m}$  in diameter) inherited during diagenesis and previously oxidized and/or recrystallized. Among them are detrital quartz grains ( $\pm 200 \mu\text{m}$ ) and well rounded, black, glauconite grains (200–300  $\mu\text{m}$  in diameter). As in the Lower Turonian flint, some less silicified zones occur.

The scarce (<20 %) bioclastic elements have been well described by Masson (1986) and Valensi (1957). The frequency of bryozoans, bivalve fragments, ostracods, serpulid, spicules of sponges and echinoids (plates and spines) vary. When these organisms are present, they are usually fragmented (or have been dislocated in situ), indicating a low-energy depositional environment. The frequency of benthic foraminifera, mostly miliolids (*Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Nummofalotia*) textulariids – or more rarely planktonic ones (*Globotruncana*) varies between samples. The remains are whole and often oxidized in the same way as the peloids; other bioclasts are less oxidized and remain white. Well-sorted allochems are homogeneously distributed within the matrix. Eight facies have been identified within the Upper Turonian flint.

##### *Discussion: Turonian flint from the southern Paris Basin in the Upper Paleolithic archaeological series*

A massive influx of Turonian and Lower Turonian flint from the southern part of the Paris basin is a defining structural element for the Upper Paleolithic lithic assemblages confined to the area limited to the south by the *Seuil du Poitou* and the *Combrailles creusoises*, and to the north and the east by the Loire River. The few pieces of Turonian flint found in sites on the right bank of the Loire or in the Aquitaine Basin are probably ornamental elements (Taborn, 1993, 2004), resulting from social and economic activity.

Just like the flint traffic that took place over long distances between the Pyrenees and Périgord identified during the last 10 years (Bordes et al., 2005; Foucher et al., 2005; Séronie-Vivien, 2003b, 2009; Séronie-Vivien et al., 2006; Simonnet, 1982 among others), the importation of Turonian flint from the southern margin of the Paris Basin can be considered a tracer material illustrating the connections between the prehistoric regions of south and central area of the Paris Basin, Auvergne, Rhone Corridor, Languedoc and the Aquitaine Basin. Studying the prehistoric management of this resource (*économie de la matière sensu Perlès, 1991*) may reveal one or more economic conglomerations that could be transcribed into aspects of territoriality. The verification of the presence of these flint types in old collections, in which they may have been unrecognized or confused with other types and classified as “indeterminate” – may elucidate human paleo-geography in central and southern France during the Upper Paleolithic.

This re-examination of older collections seeking special types of easily recognizable Turonian flint could provide particularly interesting data applicable over a wide area, such as the long-distance-from-source occurrences (e.g., F0038.5 in the Pataud rock shelter and the Baume d'Oullins). On these grounds, we believe that other flint types, more difficult to distinguish (e.g., F0038.1) such as those identified in the Morin shelter, could also contribute to this new understanding of resource movement.

## 1. Introduction

Dès les débuts de la recherche en Préhistoire, la présence de silex originaires de Touraine et de la basse vallée du Cher dans le Massif central français – et notamment en Auvergne – a été suspectée dans les séries lithiques (Bordes, 1953 ; Desrut, 1939 ; Dessal, 1929 ; Pomerol, 1888). Cette hypothèse a été confirmée au début des années 1980 par les travaux de Masson (1979, 1981, 1982, 1983, 1986), mais aussi débattue (Demars, 1985a ; Torti, 1983a). Plus récemment, d'autres chercheurs (Delvigne, 2012 ; Delvigne et al., 2014a, 2014b ; Surmely, 1998, 2000 ; Surmely et Pasty, 2003 ; Surmely et al., 1998, 2008), sont venus à leur tour enrichir ces hypothèses, proposant l'existence de divers types de silex de la marge méridionale du Bassin parisien dans les séries du Paléolithique supérieur auvergnat (Allier, Puy-de-Dôme, Cantal et Haute-Loire). Malgré ces apports parfois très importants – sur des distances dépassant les 200 km (par exemple, Le Blot, Haute-Loire) – nous constatons le peu (voire l'absence) de travaux publiés traitant de la description pétrographique précise de ces matériaux, au-delà du simple énoncé de leurs seuls critères colorimétriques (silex brun, silex blond, silex cire, silex gris blond, etc.). Or, la couleur d'un silex est à la fois le reflet de sa composition chimique et de sa porosité. Comme elles varient en fonction du lieu de résidence, il existe autant de variations de teinte que de compositions chimiques différentes (Weymouth et Williamson, 1951). Des silicifications distinctes peuvent ainsi posséder des teintes similaires, alors qu'une même silicification peut présenter une large palette de couleurs. Le brunissement progressif des silex avec le temps (Bridgland, 1990 ; Fernandes, 2012 ; Gibbard, 1986 ; Valensi, 1953) est la conséquence d'une oxydation du fer du silex (Hurst et Kelly, 1961).

Des essais d'identification géochimique ont été tentés à diverses reprises (Aspinall et al., 1981 ; Blet et al., 2000 ; Bressy et al., 2003 ; Bush et Sieveking, 1986 ; Stockmans et al., 1981 ; Thompson et al., 1986 ; parmi d'autres) pour des gîtes ayant fourni des matériaux lointains provenant de séries lithiques auvergnates ou d'ailleurs (Dufresne, 1999 ; Gervais, 2001 ; Surmely et al., 2008). Le choix des isotopes du strontium avait pour but de localiser les sources d'approvisionnement en se référant en particulier à l'évolution des rapports  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de l'eau de mer au Mésozoïque. L'évolution du strontium ultérieure à la formation des silex, avec une ré-homogénéisation du système isotopique, n'a pas permis l'attribution stratigraphique espérée, conforme, en particulier, aux données chronostratigraphiques offertes par la micropaléontologie.

La teneur en éléments traces est conditionnée par les différents lieux de résidence traversés par une silicification

permettant de considérer les silicifications comme de véritables « éponges à éléments chimiques » (Murray, 1994 ; Trauth et al., 1978). Ces évolutions géochimiques, qui dépendent des circulations de l'eau, sont particulièrement nettes dans les zones corticales et sous-corticales (Fernandes et al., à paraître). À ce point s'ajoute un problème méthodologique lié aux dosages des traces et ultratrace dans les matériaux. En effet, les analyses micrographiques des silex montrent souvent l'existence, en très faible quantité, de minéraux détritiques tels que les zircons, les tourmalines, les apatites ou les muscovites, qui sont des phases minérales porteuses d'éléments traces (U, Th, Nb, Ta, B, Li, REE...). Or, pour les terres rares par exemple, les analyses effectuées sur les silex montrent, pour un type pétrographique donné, une importante dispersion des teneurs entre les échantillons. Celle-ci présume une forte dilution des minéraux dans la matrice siliceuse avec des niveaux de teneurs qui varient souvent d'une demi- à deux échelles de dix (par exemple, Bressy, 2002). De plus, les prises d'échantillons à analyser sont généralement très faibles et ne peuvent pas échapper à un « effet pépite ». Elles expliquent en particulier la forte hétérogénéité distributionnelle des teneurs en terres rares et traces pour un type de silex défini (par exemple, Surmely et al., 2008). Ainsi, outre l'aspect partiel de l'acquisition des données (poudres pour la DXRF ou points pour l'ICP-MS ou l'IR), retrouver l'origine des silex par le seul biais des analyses géochimiques sans connaître au préalable leur degré d'évolution ni leur histoire géologique antérieure revient à une collecte biaisée de données difficiles à comparer. La représentativité et le calage stratigraphique de l'échantillonnage géologique joue donc un rôle primordial lors des études géochimiques. Or, dans le détail, l'aire d'affleurement des silex d'un âge donné dépasse largement celle de sa formation indiquée par la carte géologique. Les recouvrements, en particulier du sidérolithique, des argiles à silex ou des alluvions modernes sont en effet inégalement cartographiés. Par exemple, lors de nos prospections, des rognons de silex du Turonien supérieur ont été observés dans les zones se rapportant à juste titre au Jurassique supérieur (par exemple, la région d'Orville) ou au Turonien inférieur (par exemple, le secteur de Moulin-sur-Céphons).

L'ubiquité faciologique liée à l'homogénéité du milieu de formation des silex du Turonien du Sud du Bassin parisien ne permet pas de distinguer les différents gîtes sur la seule base des simples observations méso- et microscopiques, et il est donc nécessaire de trouver des critères de diagnose pertinents pour différencier les zones d'approvisionnement. Si nos observations ont en effet montré la difficulté, voire l'impossibilité, de remonter jusqu'au gîte précis de collecte de la plupart des silex turoniens, il est néanmoins possible de regrouper les silex dans des ensembles géographiques assez restreints et de retrouver les types de gîtes dont sont issus les silex archéologiques.

Les silex du Turonien inférieur présentent souvent des convergences macroscopiques de faciès avec des silex lacustres et des silcrètes pédogénétiques cénozoïques du Velay, du Cantal et de l'Allier, constat déjà établi dans le Poitou (Primault, 2003a). C'est d'ailleurs cette convergence de faciès qui a été à l'origine des divergences d'opinions

entre Torti (1980, 1983a, 1983b, 1985) et Masson (1979, 1981, 1983), à propos des silex blonds du Rond-du-Barry qu'elles attribuent respectivement aux silcrètes de la Collange (Lantriac, Haute-Loire) et aux silex du Turonien inférieur du Berry. Nous avons par ailleurs constaté que des silex barrémo-bédouliens de la rive droite de la vallée du Rhône ont été faussement attribués par Masson (1981) au Crétacé supérieur du Berry.

Les silex du Grand-Pressigny ont fait l'objet d'études plus approfondies (Giot et al., 1986 ; Masson, 1981, 1986 ; Primault, 2003a ; Valensi, 1957), car reconnus et étudiés depuis longtemps (Chabas, 1874 ; Cordier, 1956 ; Gardez, 1933 ; Giraud, 1955 ; Hue, 1910 ; Munck, 1928 ; de Saint-Venant, 1891, 1910 ; parmi d'autres). La diffusion à très grande échelle de ces silex au Néolithique (Mallet, 1992 ; Delcourt-Vlaeminck, 1998) et, à moindre échelle, au Paléolithique (Aubry, 1991 ; Primault, 2003a, 2003b) n'a pas cessé d'intéresser les archéologues (Mallet, 2001). La recherche de critères de diagnose – autres que la couleur – afin de distinguer les différents sous-types (Aubry, 1991 ; Aubry et Walter, 2003) reste encore à mener. Dans le Velay, nous avons constaté que certains silex du Jurassique ou du Crétacé inférieur de la vallée du Rhône ont été confondus avec les silicifications du Turonien (Masson, 1981 ; Surmely, 2000 ; Surmely et Pasty, 2003).

Il apparaît clairement que la description précise des microfaciès (incluant l'étude micropaléontologique), intégrées dans une vision dynamique du parcours pré-dépositionnel des silex (cf. infra §2), est la seule à permettre aujourd'hui d'identifier et de classer les différents types de silicifications du Crétacé supérieur du Sud du Bassin parisien. Cette note se place dans cette perspective et propose successivement la synthèse de nos observations micrographiques sur les silex du Turonien inférieur et du Turonien supérieur et une discussion sur leur reconnaissance dans les sites du Paléolithique supérieur.

## 2. Matériels et méthodes

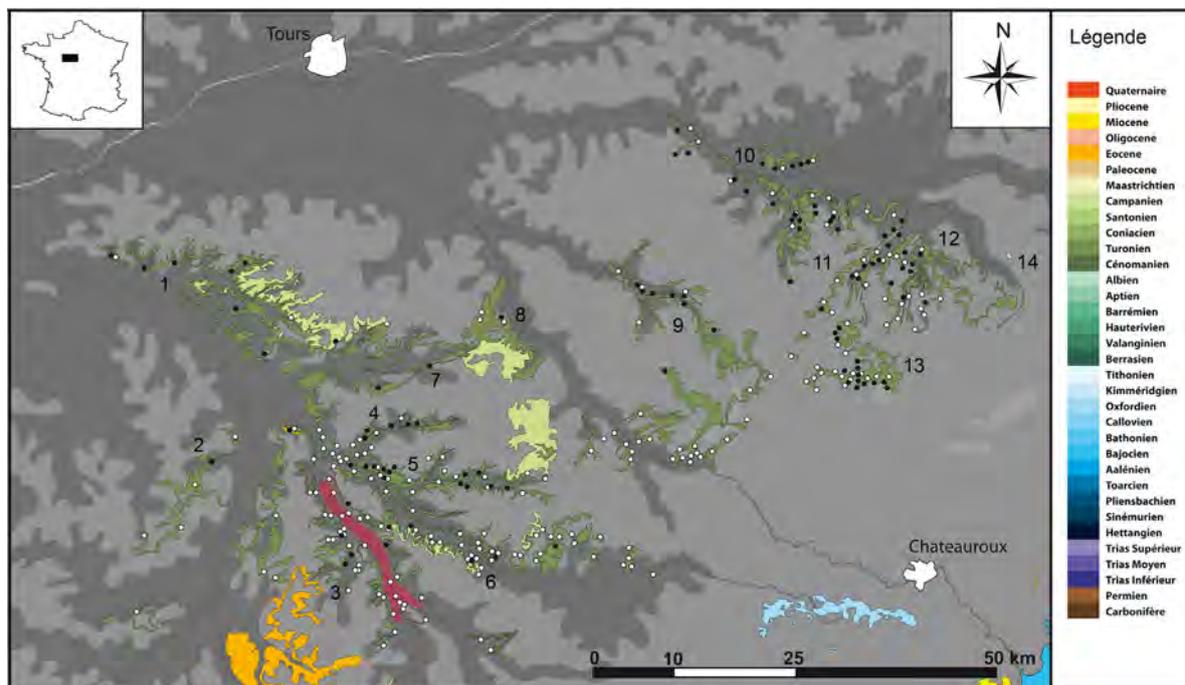
Depuis une dizaine d'années, nous avons développé une méthode de caractérisation prenant en compte la « chaîne évolutive du silex », c'est-à-dire l'ensemble des transformations subies par la silicification depuis sa genèse jusqu'à sa découverte dans le site archéologique (Fernandes, 2006, 2012 ; Fernandes et Raynal, 2006a, 2007, 2010 ; Fernandes et al., 2007 ; Thiry et al., 2014). Appliquée dans un premier temps à des assemblages du Paléolithique moyen (Fernandes et Raynal, 2006b ; Fernandes et al., 2006, 2008), cette démarche a été étendue au Paléolithique supérieur du Velay (Delvigne, 2010, 2012, thèse en cours ; Delvigne et al., 2014a, 2014b). Comme d'autres avant nous (Masson, 1979, 1981, 1983, 1986 ; Surmely, 2000 ; Surmely et al., 2008), nous avons identifié dans les séries la présence en quantités variables de silex du Turonien de la frange méridionale du Bassin parisien. Dans le cadre de différents projets collectifs menés par deux d'entre nous (PF et JPR) ces dix dernières années en Auvergne et en Rhône-Alpes, puis étendus à d'autres régions, nous avons engagé des prospections dans le Berry et la Touraine afin d'obtenir un échantillonnage représentatif de la variabilité des silicifications (Fig. 1). Nous avons ainsi dégagé différents critères permettant la

distinction d'ensembles géologiques cohérents, même si, dans le détail, nous sommes encore loin de l'exhaustivité.

Dans le cadre d'une recherche de provenance, la seule notion de gîte primaire – le type génétique (Fernandes, 2012 ; Fröhlich, 1981, 2006) – n'est qu'incomplètement pertinente, et une vision globale de la chaîne évolutive est indispensable pour une meilleure appréciation des lieux de collecte (types gîtologiques) et des processus taphonomiques intra-sites (Fernandes, 2012 ; Thiry et al., 2014).

La diagnose des silex, tant du point de vue génétique (définition du type de silex) que gîtologique (il existe plusieurs types gîtologiques pour un même type génétique, donc autant de lieux de collecte potentiels), nécessite la mise en place d'un protocole fondé sur l'analyse comparative des transformations minéralogiques, pétrographiques et micromorphologiques (Ernst et Calvert, 1969 ; Fernandes, 2006, 2012 ; Fernandes et Raynal, 2006a, 2006b, 2007, 2010 ; Knauth, 1992 ; Siever, 1962 ; Thiry et al., 2014) et sur l'analyse pétrographique classique, qui privilégie les associations de bioclastes et les microfaciès (Affolter, 1999, 2002, 2005 ; Affolter et al., 1999 ; Cuvillier, 1951 ; Delvigne, 2012 ; Fernandes, 2006, 2012 ; Fernandes et Raynal, 2006a, 2006b, 2007 ; Folk, 1962 ; Masson, 1979, 1981, 1986 ; Séronie-Vivien, 1995, 2003a ; Séronie-Vivien et Séronie-Vivien, 1987 ; Slimak et Giraud, 2007 ; Tomasso, 2014). Elle est complétée par une démarche semi-quantitative et dynamique qui intègre la totalité des critères discriminants (la biostratigraphie, la pétrographie, la morphométrie, la granulométrie, la minéralogie, la mesure de la microporosité et l'examen des surfaces). La prise en compte des transformations minérales, texturales et des associations de stigmates sur les surfaces, inspirée par les travaux de Le Ribault (1975, 1977) et adaptée à la problématique des silex, participe à la reconnaissance des domaines minéraux exploités par les hommes préhistoriques. Nous avons recensé, sur les surfaces naturelles des silex, une série de critères à l'échelle microscopique permettant de rapprocher une association d'altérations ou une transformation de la texture à un type de formation superficielle (Fernandes, 2012 ; Fernandes et al., 2007 ; Thiry et al., 2014).

Les classes pétrographiques considérées *infra* sont ainsi fondées sur la reconnaissance, à la loupe binoculaire  $\times 80$  à  $\times 200$ , de 18 paramètres structuraux et texturaux, sur plus de 700 échantillons géologiques issus de 104 gîtes (primaire, subprimaire, colluvions, altérites, alluvions) et de plusieurs milliers de silex archéologiques de sites de la Haute-Loire (Le Blot, Le Rond-du-Barry, la Roche-à-Tavernat, Cottier, le Rond-de-Saint-Arcons), du Puy-de-Dôme (Petit Beaulieu), de l'Allier (La Corne-de-Rollay, La Faye-Godet, Marignon, les Hauts de Buffon), du Loir-et-Cher (Les Missagroux à Blois) et de l'Indre-et-Loire (Pussigny). Nous avons, dans certains cas, réalisé des lames minces non couvertes à  $30\ \mu\text{m}$  d'épaisseur pour préciser la composition minéralogique. Lors de l'analyse pétrographique des séries archéologiques, l'ubiquité relative des faciès à l'intérieur du Turonien supérieur et du Turonien inférieur n'a pas toujours permis d'attribuer les éléments de petite taille (lamelles à dos, éclats de retouche...) à un sous-type particulier ; nous les avons donc notés D0018 ou F0038, sans plus de précision.



Numéro	Étage	Zone et Commune
1	TURONIEN SUPÉRIEUR	Malvout et Panzoult
2	TURONIEN SUPÉRIEUR	Fontmaure, Vellèches
3	TURONIEN SUPÉRIEUR	vallée de la Loire
4	TURONIEN SUPÉRIEUR	vallée du Brignon
5	TURONIEN SUPÉRIEUR	Le Grand-Pressigny
6	TURONIEN SUPÉRIEUR	Bossay-sur-Claise
7	TURONIEN SUPÉRIEUR	vallée du Coutineau, Saint-Épain
8	TURONIEN INFÉRIEUR	Loches
9	TURONIEN INFÉRIEUR et SUPÉRIEUR	vallée de l'Indrois
10	TURONIEN INFÉRIEUR	basse vallée du Cher
11	TURONIEN INFÉRIEUR	Meusnes/Valençay
12	TURONIEN INFÉRIEUR	vallée du Renon
13	TURONIEN INFÉRIEUR	vallée du Nahon
14	PORTLANDIEN	Loumes, Orville

Fig. 1. Carte des formations à silex du Turonien du Sud du Bassin parisien. Les points blancs représentent les gîtes mentionnés dans la littérature (Aubry, 1991 ; Primault, 2003a) ; les points noirs indiquent nos gîtes de prélèvement.

Fig. 1. Map of the Turonian flints of the South of the Paris Basin formations. The white dots represent the outcrops mention in the literature (Aubry, 1991 ; Primault, 2003a); the black dots indicate our sampling area.

### 3. Les matériaux du Turonien du Sud du Bassin parisien

#### 3.1. Les silex du Turonien inférieur du Berry (type F0038)

Le Turonien inférieur (Tableau 1) du Berry affleure dans un grand triangle compris entre Vierzon (Cher) à l'est, Pouillé (Loir-et-Cher) au nord-ouest et Luçay-le-Mâle (Indre) au sud-ouest. Nos descriptions se fondent sur l'observation d'échantillons géologiques collectés sur 60 gîtes stratigraphiquement callés (carte géologique de

la France au 1/50 000 de Saint-Aignan, Alcaydé, 1994), Selles-sur-Cher (Manivit et al., 1977), Chatillon-sur-Indre, (Alcaydé, 1990) et Levroux (Alcaydé et Debrand-Passard, 1980).

À l'œil nu, ces silex présentent une teinte variable verte, jaune (blonde) ou grise, plus rarement brune, et affleurent dans la partie supérieure de la craie blanche du Turonien inférieur. Cette formation fait suite aux dépôts sablo-argileux du Cénomannien, eux-mêmes transgressifs sur les calcaires du Jurassique supérieur (Alcaydé, 1994 ; Lecoindre, 1947 ; Manivit et al., 1977). D'après

**Tableau 1**

Tableau synthétique des types de silex du Turonien inférieur du Berry.

**Table 1**

Synthetic table of the Lower Turonian flint types of the Berry.

Type	F0038.1	F0038.2	F0038.3	F0038.4	F0038.5
Localité type	Meusnes/Valençay (41/36)	Vallée du Renon (36)	Basse vallée du Cher (41)	Vallée du Nahon (36)	Vallée de l'Indrois (37)
Origine stratigraphique primaire	Turonien inférieur	Turonien inférieur	Turonien inférieur	Turonien inférieur	Turonien inférieur
Type de silicification	Silex marin	Silex marin	Silex marin	Silex marin	Silex marin
Type d'engraissement	Calcimicrite	Calcimicrite	Calcimicrite	Calcimicrite	Calcimicrite
Habitus	Rognon	Rognon	Rognon	Rognon	Rognon
Couleur d'origine	Blond	Gris	Gris à blond	Gris	Gris
Couleur acquise	Jaune à brun	Gris-jaune	Vert à brun	Jaune à brun	Inconnue
Porosité	Nulle à faible	Nulle	Nulle à faible	Faible à moyenne	Nulle à faible
Structure apparente	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène
Pétrofabrique originelle	Mudstone	Mudstone à wackestone	Mudstone	Mudstone à wackestone	Wackestone
Pétrofabrique acquise	Mudstone	Mudstone	Mudstone	Mudstone	Wackestone
Minéralogie authigène majeure	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée	Rare microquartz
Éléments figurés (abondance)	< 10 %	< 20 %	< 10 %	< 20 %	< 30 %
Classement des clastes	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable
Répartition des clastes	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène
Taille moyenne des clastes	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable
Forme moyenne des clastes ou indice de Krumbein et Sloss 1963	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable	Indéterminable
Composante détritique	Rares quartz détritiques	Très rares quartz détritiques	Rares quartz détritiques	Rares quartz détritiques	Absente
Composante chimique	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
Algues	Absentes	Absentes	Absentes	Absentes	Absentes
Macrofaune	Rares échinidés, vertèbres de poisson, brachiopodes	Rares échinidés	Rares échinidés	Absente	Rares échinidés
Ostracodes	Rares	Absents	Absents	Absents	Absents
Spongiaires	Fréquents	Fréquents	Fréquents	Abondants	Fréquents
Bryozaires	Rares cheilostomes	Rares cheilostomes	Fréquents cheilostomes	Rares cheilostomes	Fréquents cheilostomes
Foraminifères	Rares <i>Hedbergella</i> , <i>Praeglobotruncana</i> , <i>Whiteinella</i> , <i>Heterohelix</i> et <i>Lenticulina</i>	Rares <i>Hedbergella</i> , <i>Praeglobotruncana</i> , <i>Whiteinella</i> et <i>Heterohelix</i>	Rares <i>Hedbergella</i> , <i>Praeglobotruncana</i> , <i>Whiteinella</i> et <i>Heterohelix</i>	Rares <i>Praeglobotruncana</i>	Rares <i>Hedbergella</i> , <i>Praeglobotruncana</i> , <i>Whiteinella</i> et <i>Heterohelix</i>
Débris de végétaux	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents
Autre	Rares serpulidés	Absent	Absent	Rares serpulidés et fréquentes dendrites	Rares serpulidés

Alcaydé (1994), la faune de cette craie est peu abondante. Sous le microscope, on distingue un fond de calcite cryptocristalline et d'abondants débris de tests calcaires (Lamellibranches, Bryozoaires, Brachiopodes), des foraminifères (*Gavellinopsis*, *Orostella*, *Tritaxia*, *Hedbergella*, *Praeglobotruncana*. . .), des ostracodes, des coccolites, ainsi que des spicules de spongiaires, des grains de quartz et des paillettes de muscovite. L'environnement de dépôt correspond à une plate-forme externe ( $\pm 200$  m de profondeur) à faible niveau d'énergie.

Les silicifications sont thalassinoïdes ou noduleuses. Elles atteignent généralement une trentaine de centimètres de long pour un diamètre d'une quinzaine de centimètres. Il n'est pas rare de rencontrer de plus gros modules de 50 ou 60 cm de long. Le cortex, plurimillimétrique à centimétrique, est crayeux et ne comporte pas ou que très peu de microfossiles. Sa couleur est généralement

blanche, et parfois beige ou jaune. La limite « cortex/matrice siliceuse » est franche et régulière, avec de rares invaginations qui s'initient à partir de grands spicules monoaxones, témoins d'une cristallisation secondaire (phénomène lié à la zone de porosité privilégiée induite à l'interface « matrice/bioclaste »). Cette limite peut être soulignée par une bande millimétrique grise (silex situé dans la craie encaissante), brune ou jaune (argiles à silex) ou rosée (silex repris dans les formations éocènes). La matrice, homogène, est constituée de *mudstone* et plus rarement de *wackestone*. Comme dans la craie encaissante, les éléments figurés (bioclastes ou éléments détritiques) sont rares. On y rencontre des spicules monoaxones ou triaxones libres, résultant de la fragmentation d'éponges hexactinellides, et des squelettes quasi-complets de ces éponges peuvent parfois être observés. On remarque leur disparition progressive au fil de l'évolution postgénétique du silex et une

**Tableau 2**

Tableau d'équivalence de la nomenclature des types de silicifications en fonction des différents auteurs.

**Table 2**

Equivalence table of the silicification types classification according to the different authors.

Masson, 1981	Giot et al., 1986	Aubry, 1991	Affolter, 2001	Primault, 2003	Ce travail
Type 07	–	C3a-1	–	–	F0038.1
Type 07	–	C3a-3	–	–	F0038.2
Type 07	–	C3a-1	–	–	F0038.3
Type 07	–	C3a-2	–	–	F0038.4
–	–	–	–	–	F0038.5
Type 23	Grand-Pressigny	C3c-1	Silex pressigniens	Brun creux du Grand-Pressigny	D0018.1
Type 23	–	–	–	Cœur sombre de Coussay	D0018.2
Turonien noir	–	C3c-3	–	de Larcy	D0018.3
–	–	–	–	–	D0018.4
–	–	–	–	–	D0018.5
–	–	–	–	–	D0018.6
–	–	–	–	–	D0018.7
–	–	–	–	–	D0018.8

oxydation préférentielle de ces structures dans l'argile à silex, témoignant d'une cristallisation différentielle de la silice ou de sa recristallisation. Les foraminifères planctoniques (*Hedbergella*, *Praeglobotruncana*) sont fréquents. Les bryozoaires cheilostomes (*Entalopora?*) sont plus ou moins bien représentés et généralement peu fragmentés, les serpulidés sont assez rares. Il est parfois possible d'observer des vertèbres de poissons, des valves d'ostracodes, des fragments de coquilles de lamellibranches, des fragments de tests d'échinides et très rarement des empreintes d'écailles de poissons. Les grains détritiques de quartz et les microquartz néoformés sont rares. Des floculations blanches, très localisées, de formes variables et pouvant créer de véritables réseaux, témoignent d'une silicification partielle en certains points du silex. Notons enfin la présence fréquente de sédiments (plus) micritiques piégés dans les cavités de squelettes tridimensionnels d'éponges conservées ou complètement recristallisées et incorporées à la matrice. Si la répartition des éléments figurés au sein de la matrice est à peu près homogène, il semble qu'au contact des zones micritiques et des floculations, les bioclastes soient présents. Ceci peut s'expliquer :

- par la silicification partielle de ces zones et donc une transformation des éléments figurés moins importante que dans d'autres zones du silex ;
- par une répartition différentielle des paléomicrofaunes au contact des éponges siliceuses.

Cinq principaux faciès génétiques, qui recouvrent en partie ceux définis par Aubry (1991, p. 106), ont pu être déterminés (Tableau 2).

### 3.1.1. Silex de Meusnes/Valençay (type F0038.1)

Ce silex (Fig. 2.1) correspond au type classique du Turonien inférieur appelé « silex blond du Berry » et présente l'ensemble des caractères décrits *supra*. Il se distinguera principalement du type F0038.3 par la présence d'une matrice toujours *mudstone* et par des éléments figurés assez fragmentés.

### 3.1.2. Silex de la vallée du Renon (type F0038.2)

Il se caractérise par une zone endocorticale blanche opaque et assez épaisse (environ 1 cm) et une matrice grise plus ou moins translucide (Fig. 2.2). Les éléments figurés sont assez peu fragmentés, et nous constatons la rareté des bryozoaires au profit des spicules de spongiaires et des petits foraminifères planctoniques (*supra*). La matrice est généralement *mudstone*, mais nous avons observé quelques échantillons *wackestone*. Comme Primault (2003a), nous avons retrouvé ce type sur une petite zone d'affleurement dans la vallée du Renon, au sud de Sembleçay (Indre).

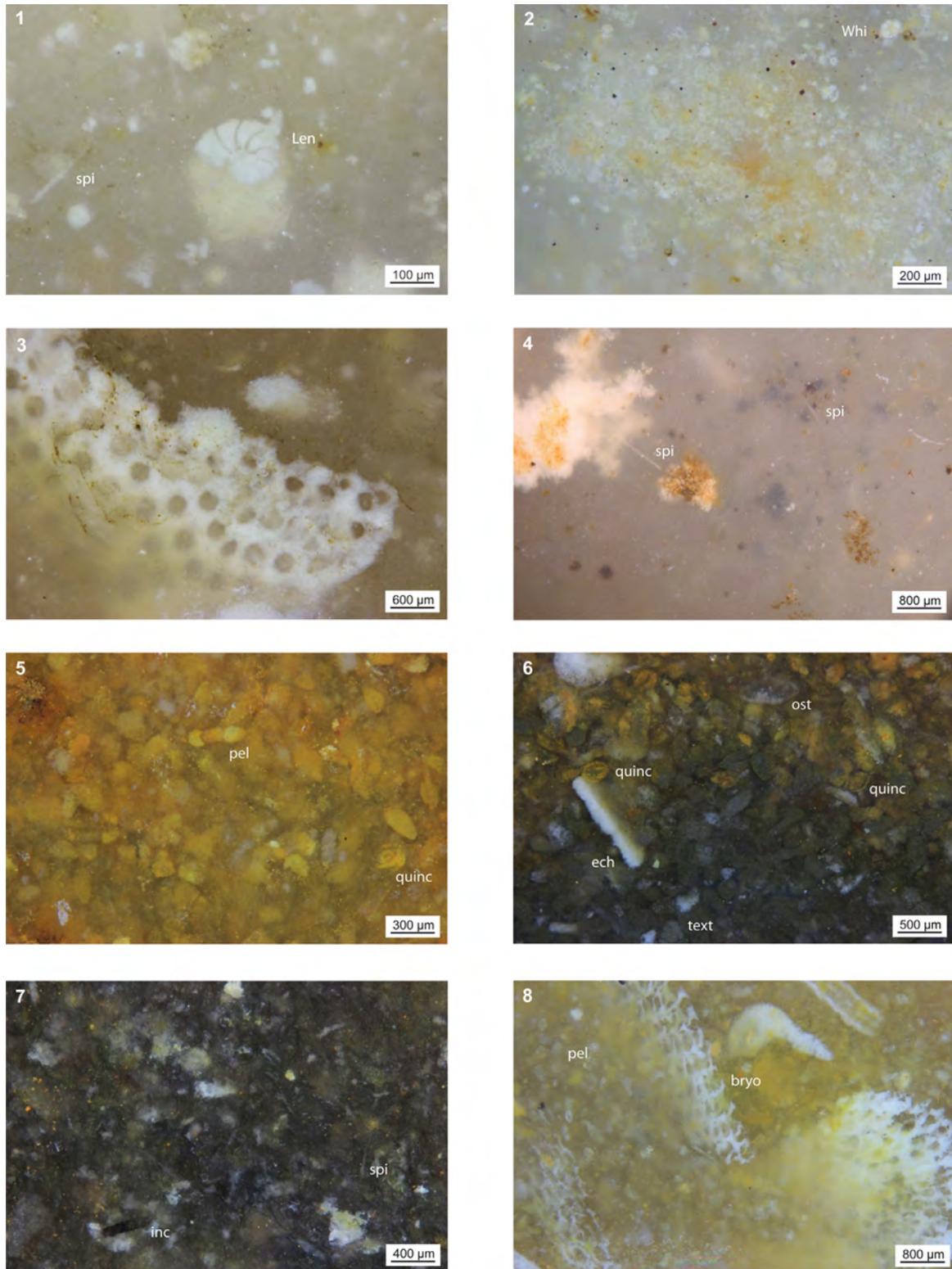
### 3.1.3. Silex de la vallée du Cher (type F0038.3)

Il se distingue du type F0038.1 par le très faible taux de fragmentation des squelettes de spongiaires et de bryozoaires, témoignage d'un environnement très calme et par la répartition particulière des bioclastes au contact des zones moins bien silicifiées (Fig. 2.3). La couleur vert olive ou brune, en association avec les critères évoqués *supra*, est également typique de ce silex. En revanche, les autres variantes de couleurs acquises sont observables pour le F0038.1. Ce type peut être sous-représenté dans les assemblages archéologiques, du fait de ses caractères distinctifs qui nécessitent de larges fenêtres d'observation.

### 3.1.4. Silex à inclusions dendritiques de la vallée du Nahon (type F0038.5 : Baudres, Moulins-sur-Céphons...)

Il affleure sur une zone réduite au sein du Turonien inférieur au nord-nord-ouest de Levroux et au nord de Moulins-sur-Céphons, dans une zone où le recouvrement « sidérolithique » est important. Ce même faciès existe en galets dans les alluvions du Cher, à hauteur de Saint-Aignan, différenciable uniquement par la présence d'un néocortex alluvial.

Il se caractérise par la présence de « dendrites » ou inclusions noires (Fe et Mn) de formes variées (sphériques recouvertes ou non de pointes, planaires, arborescentes, linéaires...) constituées de microglobules plus ou moins coalescents (Fig. 2.4). Leurs bordures peuvent être fenestrées ou présenter des contours nets, lobés ou épineux. Ces dendrites se développent dans la matrice des zones



**Fig. 2.** 1. Type F0038.1. 2. Type F0038.2. 3. Type F0038.3. 4. Type F0038.5. 5. Type D0018.1. 6. Type D0018.2. 7. Type D0018.3. 8. Type D0018.4.  
**Fig. 2.** Flint type: 1. F0038.1. 2. F0038.2. 3. F0038.4. 4. F0038.5. 5. D0018.1. 6. D0018.2. 7. D0018.3. 8. D0018.5.

sous-corticales, du cortex vers la zone interne. Ces inclusions, attribuées à l'Éocène par Aubry (1991), doivent être distinguées d'éventuelles « dendrites » postdépôtionnelles récentes d'origine pédogénétique occupant les fractures radiales des rognons et les diaclases. Ce silex, dans ses faciès les plus *mudstone*, est difficile (voire impossible) à distinguer du type F0038.1, s'il ne comporte pas de dendrites. Un faciès évolué peut être retrouvé dans les dépôts détritiques de l'Éocène. Il se distingue du type F0038.5 des altérites et des colluvions par une forte recristallisation de sa matrice, un néocortex témoignant d'un transport important, un développement des dendrites et une disparition marquée des *allochems* (il peut toutefois subsister quelques spicules et foraminifères).

### 3.1.5. Silex de la vallée de l'Indrois et du Lochois (F0038.6)

Ces silex se rencontrent à l'ouest de la zone d'affleurement traditionnelle. Ils se présentent sous la forme de petits modules assez gélifs de couleur gris foncé, emballés dans l'argile à silex. La teneur en opale de la matrice est plus importante que dans les silex du Turonien inférieur oriental. Les *allochems* sont généralement plus abondants, principalement représentés par de gros spicules monoaxones peu fragmentés et des algues dasycladacées.

### 3.1.6. Silex du Turonien inférieur repris dans les dépôts détritiques éocènes

Avec un cortex portant des stigmates de transport, les silex du Turonien inférieur repris dans les épandages détritiques de l'Éocène sont fortement colorés, du jaune au brun-jaune. Les éléments figurés se chargent en oxydes de fer, puis disparaissent dans la matrice. Il n'est pas rare d'observer des squelettes tridimensionnels d'éponges complètement oxydés. Ces faciès sont alors macroscopiquement très proches de ceux des silex du Turonien inférieur de l'Est du département du Loiret, dans la région de Gien (type D0033).

### 3.2. Les silex du Turonien supérieur dits du « Grand-Pressigny » (type D0018)

Le Turonien supérieur de Touraine (Tableau 3) s'étend entre la vallée de la Vienne à l'ouest, la vallée de la Manse au nord (outre quelques affleurements le long de la vallée de la Loire), les vallées de la Tourmente et de l'Indrois, à l'est, et une ligne Châtelleraut/La Roche-Posay/Martizay, au sud. La série du Crétacé supérieur, topographiquement marquée dans le paysage, est monotone. Les bas de versant sont occupés par le tuffeau blanc du Turonien moyen, surmonté par le tuffeau jaune du Turonien supérieur, parfois en falaise, lui-même recouvert, sur les plateaux, par les argiles à silex du Sénonien. Les données présentées ici sont pour partie tirées des études antérieures (Affolter, 2001 ; Alcaydé, 1980 ; Aubry, 1991 ; Giot et al., 1986 ; Masson, 1981, 1986 ; Millet, 1985 ; Millet-Richard et Primault, 1993 ; Mouhsine, 1994 ; Primault, 2003a ; Tableau 2) et de nos propres prospections et observations sur 44 gîtes à silex du Turonien supérieur en position primaire ou secondaire dans une

région s'étendant, dans le triangle Cravant-les-Côteaux (Indre-et-Loire) au nord-ouest, Coussay-les-bois (Vienne) au sud-ouest et Villeloin-Coulangé (Indre-et-Loire) à l'est (cartes géologiques au 1/50 000 de Chinon, Alcaydé, 1975), Sainte-Maure-de-Touraine (Alcaydé, 1978), Loches (Rasplus, 1975), Chatillon-sur-Indre (Alcaydé, 1990), Châtelleraut (Médioni, 1974), Preuilly-sur-Claise (Rasplus et al., 1978) et Buzançais (Rasplus et al., 1989).

Les silex se trouvent généralement dans la partie supérieure des « tuffeaux jaunes », bio-calcarénites plus ou moins résistantes, à grains grossiers et dont la teneur en quartz détritique et glauconie varie. Leur habitus est polymorphe :

- nodules plus ou moins branchus d'une dizaine à une trentaine de centimètres de long pour un diamètre de dix centimètres ;
- nodules aplatis d'une trentaine de centimètres de long, une vingtaine de largeur et une dizaine d'épaisseur ;
- dalles dépassant fréquemment la cinquantaine de centimètres et parfois le mètre.

La couleur est variable, du jaune (blond) au brun et paraît dépendre du taux de pigmentation des éléments figurés. Certains faciès (*infra*) peuvent être bariolés, noirs ou gris. Le cortex est jaune à blanc, plurimillimétrique à centimétrique (fonction de la position géologique), siliceux, toujours grumeleux, et présentant parfois des fragments de lamellibranches centimétriques. La limite cortex-zone endocorticale est nette et franche, généralement soulignée par un liseré plus foncé (oxydation plus prononcée) dans les argiles de décalcification. Il est parfois possible d'observer des invaginations, généralement peu développées, suivant l'existence ou l'absence de fossiles entre la matrice siliceuse et le cortex. La zone endocorticale, pluricentimétrique, présente un faciès généralement moins riche que celui de la zone interne. La texture est *wackestone* à *mudstone*, la structure homogène et la matrice cryptocristalline est incolore ou très légèrement teintée en jaune par les oxydes dans les formes évoluées.

La part des éléments détritiques est forte (75–80 %). Outre les pelloïdes très bien triés (entre 150 et 300  $\mu\text{m}$ ), hérités de l'encaissant et généralement oxydés et/ou recristallisés dans les faciès déjà évolués, on peut observer de petits grains de quartz détritiques peu émoussés (200  $\mu\text{m}$ ), des grains de glauconie et des « gravelles » noires et infra-millimétriques (200 à 300  $\mu\text{m}$ ) bien arrondies (émoussé 0,9 et sphéricité 0,5, d'après Krumbein et Sloss, 1963). Comme pour les silex du Turonien inférieur, on note la présence de zones moins bien silicifiées, repérables à l'œil nu sous forme de taches blanches.

Les éléments bioclastiques, peu abondants (20 %), ont été bien décrits par Masson (1986) et surtout Valensi (1957). On retiendra la fréquence variable des bryozoaires, des fragments de lamellibranches, des ostracodes, des serpulidés, des spicules d'éponges et des échinidés (plaques et radioles). Quand ces organismes sont présents, ils sont généralement peu fragmentés (ou disloqués sur place) et témoignent d'un milieu de dépôt de faible énergie. La fréquence des foraminifères benthiques – surtout des

**Tableau 3**  
Tableau synthétique des types de silex du Turonien supérieur de Touraine.  
**Table 3**  
Synthetic table of the Upper Turonian flint types of the Touraine.

Type	D0018.1	D0018.2	D0018.3	D0018.4	D0018.5	D0018.6	D0018.7	D0018.8
Localité type	Le Grand-Pressigny (37)	Vallée de la Loire (86)	Vallée du Brignon (37)	Bossay-sur-Claise (37)	Bossay-sur-Claise, les Gaillards (37)	Vallée du Coutineau (37)	Entre Malvault et Panzoult (37)	Rive droite de l'Indre (37)
Origine primaire	Turonien supérieur	Turonien supérieur	Turonien supérieur	Turonien supérieur	Turonien supérieur	Turonien supérieur	Turonien supérieur	Turonien supérieur
Type de silicification	Silex marin	Silex marin	Silex marin	Silex marin	Silex marin	Silex marin	Silex marin	Silex marin
Type d'encastement	Bio-calcarénite	Bio-calcarénite	Bio-calcarénite	Bio-calcarénite	Bio-calcarénite	Bio-calcarénite	Bio-calcarénite	Bio-calcarénite
Habitus	Rognon et dalle	Rognon	Rognon	Rognon	Rognon	Rognon	Rognon	Rognon
Couleur d'origine	Gris à jaune	Gris et noir	Gris et noir	Gris à jaune	Brun-vert	Brun noir	Brun	Brun
Couleur acquise	Brun	Brun et noir	Brun	Brun	Brun	Brun	Brun	Brun
Porosité	Faible à nulle	Nulle à faible	Nulle à faible	Nulle à faible	Faible	Nulle à faible	Faible à moyenne	Nulle à faible
Structure apparente	Homogène	Zonée	Zonée	Zonée	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène
Pétrofabrique originelle	Mudstone	Packestone	Mudstone à wackestone	Wackestone à packestone	Wackestone à packestone	Wackestone à packestone	Wackestone à packestone	Wackestone à packestone
Pétrofabrique acquise	Mudstone	Packestone	Mudstone à wackestone	Wackestone	Mudstone à wackestone	Mudstone à wackestone	Wackestone à packestone	Wackestone à packestone
Minéralogie authigène majeure	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée	Indéterminée
Éléments figurés (abondance)	> 40 %	> 95 %	> 70 %	> 95 %	< 50 %	> 80 %	> 80 %	> 80 %
Classement des clastes	Très bon	Très bon	Bon	Très bon	Très bon	Bon	Bon à modéré	Très bon
Répartition des clastes	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène
Taille moyenne des clastes	150 à 300 microns	150 à 300 microns	150 à 300 microns	150 à 300 microns	150 à 300 microns	150 à 200 microns	150 à 300 microns	150 à 300 microns
Forme moyenne des clastes ou indice de Krumbain et Sloss 1963	Sphéricité 0,5 ; arrondi 0,1/0,9	Sphéricité 0,5 ; arrondi 0,1/0,9	Sphéricité 0,5 ; arrondi 0,1/0,9	Variable	Sphéricité 0,5 ; arrondi 0,1/0,9	Sphéricité 0,3 ; arrondi 0,3	Sphéricité 0,5 ; arrondi 0,1/0,9	Sphéricité 0,5 ; arrondi 0,1/0,9

**Tableau 3**  
(Continued)

Type	D0018.1	D0018.2	D0018.3	D0018.4	D0018.5	D0018.6	D0018.7	D0018.8
Composante détritrique	Fréquents quartz détritiques et rares glauconies	Fréquents quartz détritiques et rares glauconies	Fréquents quartz détritiques	Fréquents quartz détritiques et rares glauconies	Fréquents quartz détritiques et abondantes glauconies	Fréquents quartz détritiques et intraclastes anguleux	Fréquents quartz détritiques, abondantes glauconies et gravelles	Rares quartz détritiques
Composante chimique	Abondants pelloïdes	Abondants pelloïdes	Fréquents pelloïdes	Fréquents pelloïdes et aggrégats	Fréquents pelloïdes	Rares à pelloïdes	Fréquents pelloïdes	Fréquents pelloïdes
Algues	Absentes	Absentes	Absentes	Fréquentes dasycladacées	Absentes	Rares	Fréquentes dasycladacées	Absentes
Macrofaune	Fréquence variable de lamelli-branches et d'échinidés	Fréquence variable de lamelli-branches et d'échinidés	Fréquentes lamelli-branches ; rares d'échinidés	Fréquentes lamelli-branches et d'échinidés	Absente	Fréquentes lamelli-branches et d'échinidés	Fréquentes lamelli-branches	Fréquence variable de lamelli-branches
Ostracodes	Fréquence variable	Fréquence variable	Rares	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents
Spongiaires	Fréquence variable	Fréquence variable	Fréquentes	Fréquentes	Fréquentes	Abondants	Rares	Abondants
Bryozoaires	Fréquence variable de cheilostomes	Fréquence variable de cheilostomes	Fréquentes cheilostomes	Abondants cheilostomes	Absents	Abondants cheilostomes	Fréquentes cheilostomes	Rares cheilostomes
Foraminifères	Fréquents <i>Quinqueloculina</i> et <i>Nummofalotia</i>	Fréquents <i>Quinqueloculina</i> et <i>Nummofalotia</i> et textularidés	Rares Miliolidés et Textularidés	Fréquents <i>Quinqueloculina</i> et textularidés	Rares <i>Quinqueloculina</i>	Fréquents <i>Quinqueloculina</i> , <i>Nummofalotia</i> et textularidés	Abondants Textularidés et rares <i>Quinqueloculina</i>	Rares Textularidés et <i>Quinqueloculina</i>
Débris de végétaux	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents	Absents
Autre	Rares serpulidés	Rares serpulidés	Fréquents <i>incaudatae sedis</i> cf. <i>Aelodiscus</i>	Fréquentes serpulidés	Absent	Fréquentes serpulidés	Fréquents serpulidés	Fréquence variable de serpulidés

Pour citer cet article : Delvigne, V., et al., Circulation de géomatières sur de longues distances au Paléolithique supérieur : le cas des silex du Turonien du Sud du Bassin parisien. C. R. Palevol (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.crpv.2016.04.005>

miliolidés (*Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Nummfalottia*) ou des textularidés – et plus rarement planctoniques (*Globotruncana*), varie selon les échantillons considérés. Ils sont entiers et souvent oxydés, au même titre que les pelloïdes. Les autres bioclastes sont moins oxydés et peuvent rester blancs. Les éléments figurés, bien triés, sont répartis de façon homogène au sein de la matrice.

Nous avons distingué différents faciès au sein de ce grand ensemble des silex du Turonien supérieur dont la variété génétique avait déjà été perçue (Aubry, 1991 ; Aubry et Walter, 2003 ; Aubry et al., 2004 ; Giot et al., 1986 ; Masson, 1981, 1986 ; Primault, 2003a ; Valensi, 1957).

### 3.2.1. Silex du Grand-Pressigny (type D0018.1)

Ce type est le « type moyen » (Masson, 1986) regroupant l'ensemble des caractères décrits ci-dessus (Fig. 2.5).

### 3.2.2. Silex de la vallée de la Loire (type D0018.2)

Il constitue une variante *packestone* à éléments peu fragmentés et assez grossiers (moyenne 300 µm), du type D0018.1. L'ensemble des faunes et microfaunes décrit *supra* y est présent. La zonation colorimétrique est toujours la même : un cortex épais (environ 1 cm) blanc à jaune ; une zone endocorticale pluri-centimétriques (environ 4 cm), grise puis très brune et une zone interne noire. La transition colorimétrique est diffuse et touche uniquement les éléments figurés, la matrice reste toujours incolore. Si ce silex est assez aisé à reconnaître lorsque la fenêtre d'observation est grande, il en va tout autrement pour les petits éclats tirés de la zone endocorticale dont le faciès ressemble à celui de certains silex à zone interne *packestone* du type D0018.1 (en place dans l'encaissant calcaire au lieu-dit La Poterie, commune du Grand-Pressigny). Nous préconisons donc d'attribuer une origine « vallée de la Loire » aux seuls artefacts archéologiques présentant *a minima* les critères diagnostiques de la zone interne (Fig. 2.6).

### 3.2.3. Silex de la moyenne vallée du Brignon (type D0018.3)

Ce sont les « silex turoniens noirs » de Valensi (1957) et Masson (1986). Ce type affleure dans une zone restreinte en rive droite de la vallée du Brignon, à hauteur de la ferme de Larcy (Neuilly-le-Brignon), sous la forme de nodules pluridécimétriques plus ou moins arrondis pouvant atteindre une quarantaine de centimètres de long. Les teintes sont variées, plutôt sombres, allant du noir au brun lorsqu'ils ont séjourné dans les altérites mal drainées de bas de pente. La zone sous-corticale peut être soulignée de ponctuations noires (ségrégation d'oxydes dans la microporosité induite par les microfossiles). La zone interne est souvent moins bien silicifiée et de couleur grise. La texture est *mudstone* et plus généralement *wackestone* (*allochems* > 70 %). En plus des petits grains de quartz détritiques (200 µm) peu émoussés et des fréquents pelloïdes, on reconnaît des spicules monoaxones assez bien préservés et abondants, de gros fragments de bryozoaires cheilostomes et de lamellibranches, assez fréquents, ainsi que de rares valves d'ostracodes et plaques d'échinidés fragmentées (Fig. 2.7). À l'instar de Valensi (1957) et de Masson (1986) nous avons

noté dans ce seul sous-type la présence de *Incertidae sedis cf. Aeolisaccus* (assez abondants).

### 3.2.4. Silex à bryozoaire de Bossay-sur-Claise (type D0018.4)

Ces silex présentent un faciès très similaire à celui du type D0018.1. La proportion de grands bryozoaires, de serpulidés et de coquilles de lamellibranches non fragmentées, parfois pluri-centimétriques, est cependant beaucoup plus importante et la texture de la zone endocorticale est généralement *wackestone* (Fig. 2.8). Les foraminifères benthiques (miliolidés et textularidés) sont moins fréquents que dans D0018.1, alors que la proportion de petits éléments détritiques (quartz, grains de glauconie, gravelles) est plus importante. Le milieu de dépôt semble être légèrement moins profond que pour les types précédents.

### 3.2.5. Silex à glauconie de Bossay-sur-Claise, Les Gaillards (type D0018.5)

Ce type affleure sous la forme de rognons pluridécimétriques dans les bio-pel-calcarénites jaunes en rive droite de la Claise, au lieu-dit les Gaillards (Bossay-sur-Claise). Il se distingue des autres sous-types du Turonien supérieur par la très grande proportion de gravelles noires et de grains de glauconie (entre 200 et 300 µm), arrondis (sphéricité 0,5 ; arrondi 0,9 ; d'après Krumbein et Sloss, 1963), associés à des pelloïdes et de fréquents spicules de spongiaires. Lorsque le silex n'est pas évolué, sa couleur est brun-vert du fait de sa richesse en glauconie ; celle-ci s'oxydant très vite, sa coloration passe rapidement au brun foncé. Les fossiles sont assez rares et nous n'avons reconnu que le foraminifère *Quinqueloculina*.

### 3.2.6. Silex de la région de Saint-Épain (type D0018.6)

Ce type affleure dans la petite vallée du Courtineau, en rive droite de la Vienne à hauteur de Saint-Épain et Noyant de Touraine. Son faciès converge avec celui du type D0018.4, mais s'en démarque par sa teinte brun-noir et sa richesse en spicules de spongiaires. On note une diminution des pelloïdes au profit de petits intraclastes (150 à 200 µm) anguleux et allongés (sphéricité 0,3 ; arrondi 0,3 ; d'après Krumbein et Sloss, 1963) et généralement blancs. Les petits grains de quartz détritiques sont assez nombreux.

### 3.2.7. Rive droite de la Vienne, entre Malvault et Panzoult (type D0018.7)

À la limite septentrionale de la zone d'affleurement du Turonien supérieur en rive droite de la Vienne, ce silex est généralement assez mal silicifié mais certains rognons décimétriques sont néanmoins aptes à la taille. Ses caractères macroscopiques convergent avec ceux du type D0018.5, mais s'en différencient par une richesse en serpulidés, dasycladacées, lamellibranches et bryozoaires peu fragmentés et d'assez grande dimension (parfois pluri-centimétriques), associés à des foraminifères benthiques des genres *Textularia* (abondants) et *Quinqueloculina* (plus rares). Ce silex est fortement oxydé, y compris en position subprimaire : les *allochems* sont imprégnés d'oxydes (couleur noire) et le fond matriciel est brun translucide.

### 3.2.8. Silex en rive droite de l'Indre (type D0018.8)

Dans la zone d'affleurement orientale du Turonien supérieur, en rive droite de l'Indre (Villedômain, Nouans-les-Fontaines), ces silex se présentent sous la forme de petits rognons thalassinoïdes ou de spongiaires complètement silicifiés. De plus gros modules se retrouvent à l'est, notamment dans la vallée de l'Indrois sur la commune de Villeloin-Coulangé. Ils se caractérisent par leur texture *wackestone* à *packestone* enrichie en spicules de spongiaires peu fragmentés. Certains nodules présentent de nombreux serpulidés et fragments de lamellibranches.

### 3.2.9. Les silex dits « versicolores »

Bien décrit par Primault (2003a, p. 38–41), ce type correspond aux classes C3c-2 et C3c-5 d'Aubry (1991). Il affleure sur une vaste zone dans les vallées de la Creuse et de la Claise. Il est zoné et présente à l'œil nu toute une gamme de teintes : rouge, rosé, brun, jaune, vert pâle, violet. Les différentes zones sont plus ou moins riches en *allochems*, généralement *wackestone* mais parfois *mudstone*. Les éléments figurés sont fréquemment altérés (en cours de dissolution) et oxydés. Ce type correspond à une variété évoluée des types précédents, ce qui explique sa variabilité sur toute l'aire d'affleurement.

## 4. Discussion : le Turonien du Sud du Bassin parisien dans les séries archéologiques du Paléolithique supérieur

Les deux aires d'affleurement des silex turoniens (inférieurs et supérieurs), en moyenne situées à une soixantaine de kilomètres l'une de l'autre, semblent fortement liées à partir du Gravettien. Les sites de Touraine (Aubry, 1991 ; Aubry et Walter, 2003 ; Aubry et al., 1998, 2004 ; Klaric et al., 2011 ; Marquet, 1999 ; Vialou et Vialou, 2012, parmi d'autres), du Poitou (Primault, 2003a, 2003b) et du Berry (Kildéa et Lang, 2011 ; Perlès, 1977 ; Valensi, 1955a, 1955b ; Valentin, 1995 ; et nos observations) établis à proximité –voire au-dessus– des gîtes délivrent des assemblages contenant en proportion variable les deux types de silex turoniens. La structuration lithologique des assemblages lithiques semble évidemment dépendre de la localisation géographique et chronologique du site, mais également du type et de la durée d'occupation. Nous ne discuterons pas des modes d'exploitation des silex turoniens dans leur zone d'affleurement et nous nous concentrerons sur leur diffusion à grande échelle (Tableau 4), même si les ateliers, pourtant nombreux, n'ont été documentés que pour le Paléolithique ancien/moyen (Gratier, 1977a, 1977b) et si un important travail reste à entreprendre.

Même si les traces d'Aurignacien sont très rares en Auvergne (Piboule, 1985), il semble exister des liens privilégiés avec le Berry et la Touraine dès les débuts du Paléolithique supérieur ; en témoignent les silex du Turonien présents dans l'Aurignacien ancien de la grotte des Fées à Châtelperron (Delporte et al., 1999 ; Surmely et Pasty, 2003), à plus de 150 km des premiers affleurements. Si, à cette période, le silex du Turonien inférieur du Berry semble absent des assemblages lithiques du Poitou (Primault, 2003a, 2003b) et du Sud-Ouest de la France ; des silex du Turonien supérieur de Touraine ont été retrouvés

à l'état de traces dans les sites charentais des Vachons et de Fontauray (Primault, 2003a) et corréziens de la Font-Yves et de la Font-Robert (Bordes et al., 2005), respectivement à 160 km et 200 km des premiers gîtes.

Aucun site du Gravettien ancien n'a été mis au jour dans le Sud du Bassin parisien, mais des quantités importantes de silex du Turonien inférieur du Berry présentant différentes étapes des chaînes opératoires de production de supports lamino-lamellaires ont été retrouvées à plus de 200 km, dans les unités d'habitat OP10 et KL19 des sites ligériens de la Vigne-Brun (Digan, 2003, 2006 ; Pesesse, 2013) et en Grande Limagne au Sire (Surmely et al., 2008, 2011). Les silex du Turonien supérieur y sont présents, mais en quantité négligeable.

Au Gravettien supérieur et récent, les liens se renforcent entre l'espace Berry-Touraine et l'Auvergne. Ils sont bien exprimés à plus de 250 km des sources de matière première, dans l'ensemble G2 du Blot : nous y avons déterminé 74,8 % de silex du Turonien du Sud du Bassin parisien. Les silex attribués au Turonien supérieur et au Turonien inférieur sont représentés à parts égales et à différentes étapes de la chaîne opératoire de production de lamelles (Buisson, 1991 ; Klaric, 1999, 2003 ; Klaric et al., 2009). Comme au Blot, des silex du Turonien (supérieur et inférieur) sont présents en quantité sur le site des Tailles à Clugnat (Creuse), à 120 km des zones d'affleurement (Pasty et al., 2013a, 2013b). À une même distance, mais sur la rive gauche de la Loire, sur le site de Mézière-les-Cléry (Loiret), quatre pièces du Turonien supérieur accompagnent une série principalement composée de silex locaux (Le Licon et Jesset, 1996) ; la présence dans cette série de « silex secondaires blonds de la Loire », ramassés en position secondaire sous forme de galets, interroge sur l'existence possible d'un faciès convergent avec celui des silex du Turonien inférieur du Berry et qui aurait pu être en partie confondu lors de l'étude uniquement conduite à l'œil nu. Des silex du Turonien supérieur de Touraine ont également été reconnus à plus de 150 km au sud des gîtes dans la couche 4 de l'abri n° 2 des Vachons (Charentes) (Primault, 2003a, 2003b), à 280 km au sud dans les niveaux gravettiens récent (couches 20 et 22) de l'abri des Peyrugues (Lot) (Guillermin et Morala, 2014 ; Klaric et al., 2009) et à 200 km à l'est dans la couche 5 de la grotte du Renne à Arcy-sur-Cure (Klaric et al., 2009 ; Primault, 2003a).

Le Gravettien final est représenté en France par quatre sites : l'abri du Blot, l'abri des Peyrugues dans le Lot, l'abri Pataud et Laugerie-Haute-est en Dordogne. Le Blot présente un assemblage particulier, au sein duquel nous avons reconnu (Delvigne et al., 2014b), comme d'autres avant nous (Masson, 1981 ; Surmely et Hays, 2011 ; Surmely et al., 2008), une grande majorité de silex du Turonien du Sud du Bassin parisien (97 %) mais, à l'inverse des niveaux gravettiens, aucune silicification ne provient du Sud-Ouest de la France. Dans le bassin d'Aquitaine, des liens entre les bassins sédimentaires aquitains et parisiens sont illustrés à l'abri Pataud par un petit ensemble de silex à dendrites de la vallée du Nahon (notre type F0038.5) (Chiotti et al., 2013).

La présence de silex turoniens du Sud du Bassin parisien n'est pas attestée en Bourgogne et au-delà avant le Néolithique (J. Affolter, comm. pers.). Pour l'Ouest de

**Tableau 4**  
Tableau récapitulatif des quantités des différents types de silex circulant vers les sites étudiés. En gras : proportion des silex du Turonien inférieur (F0038) et supérieur (D0018) au sens strict. \* : pour les travaux en cours nous ne précisons pas la proportion des différents types puisqu'elle est amenée à varier de façon significative.

**Table 4**  
Table summarizing quantities of different types of flint travelling to the sites studied. Bold: proportion of lower (F0038) and Upper Turonian flint (D0018) stricto sensu. \*: for the works in progress, we do not specify the proportion of different types because it may vary significantly.

Site	Turonien inférieur					Turonien supérieur					Bibliographie		
	F0038.1	F0038.2	F0038.3	F0038.5	F0038	D0018.1	D0018.2	D0018.3	D0018.4	D0018.5		D0018.7	D0018
<i>Aurignacien</i>					?								
Grotte des fées (03)													
Les Vachons (16)													
Fontauray (16)													
Font-Yves (19)													
Font-Robert (19)													
<i>Gravettien</i>													
La Vigne Brun, KL19 (42)													
La Vigne Brun, OP10 (42)													
Le Sire (63)													
G1, Le Blot (43)	24,6 %	0,6 %	0,3 %	0,1 %	<b>45,0 %</b>	12,6 %							
G2, Le Blot (43)	36,2 %	0,6 %	0,3 %	0,1 %	<b>37,2 %</b>	36,2 %	2,3 %		0,3 %	2,0 %			
P1, Le Blot (43)	39,2 %	5,0 %	0,1 %	0,7 %	<b>45,0 %</b>	39,0 %	3,3 %		3,7 %	0,6 %			
P2, Le Blot (43)	31,2 %	7,3 %		0,5 %	<b>39,0 %</b>	35,8 %	9,0 %		5,1 %	2,8 %			
P3, Le Blot (43)	38,5 %	6,1 %		0,9 %	<b>45,5 %</b>	28,2 %	14,8 %		5,5 %	1,8 %			
Les Tailles (23)					<b>22,0 %</b>								
Mézière-les-Cléry (45)													
Les Vachons (16)													
Les Peyrugues (46)													
Abri Pataud (24)													
<i>Solut.</i>													
Baume d'Oulins (30)													
Les Peyrugues (46)													
<i>Badegoulien</i>													
Le Rond-du-Barry (43)	23,4 %	4,5 %	2,0 %	1,4 %	<b>31,3 %</b>	0,9 %	0,2 %						
La Roche-à-Tavernat (43)	5,1 %	x	x	x	<b>5,1 %</b>	0,4 %	x						
Cottier (43)**	27,0 %	5,2 %			<b>32,2 %</b>	13,9 %		0,9 %	0,9 %	1,0 %			
Le Blot (43)													
La Contree Viallet (03)	82,7 %	1,4 %	x	x	<b>84,1 %</b>	0,7 %	x						
La Faye Godet (03)	x	x			<b>&gt;50,0 %</b>								
La Malignière (23)					?								
La Coutte-Roffat (42)					<b>75 %</b>								
La Grange-Jobin (42)					<b>3,7 %</b>								
2nd Redan (77)													
<i>Magdalénien</i>													
Sainte-Anne II (43)	21,9 %	0,7 %		0,8 %	<b>23,4 %</b>	2,9 %	0,2 %	0,2 %	x		0,1 %		
Blavozy (43)**	0,3 %				<b>0,3 %</b>	0,3 %							
Beaume Vallée (43)	10,7 %	0,8 %		0,8 %	<b>12,3 %</b>					0,8 %			
Tatevin I (43)	x				?	x							
Tatevin II (43)	x	x	x		?	x	x						
Vieille Brioude (43)	25,3 %	11,2 %		3,4 %	<b>39,9 %</b>	16,1 %			1,1 %				
Abri du Morin (33)	x				<b>x</b>								
Pincevent (77)													

cet espace, ce constat peut résulter du manque et de la difficulté des analyses pétroarchéologiques (pièces très souvent patinées), car, comme le montre le site gravettien de la Vigne-Brun, situé entre le Bassin parisien et le couloir rhodanien, des liens entre ces domaines existent (Digan et al., 2008). Seule une nouvelle étude pétroarchéologique permettrait la mise en évidence de silex crétacés du centre de la France.

Au Solutréen, des silex du Bassin parisien ont été retrouvés sur plusieurs sites du Nord de l'Aquitaine (Mangado-Llach et al., 2014 ; A. Morala, comm. pers.) ainsi que les Peyrugues (Allard, 2016), attestant des liens entre Touraine et Sud-Ouest de la France lors du dernier maximum glaciaire. La présence de silex du Turonien inférieur de la vallée du Nahon dans le Solutréen de la Baume d'Oullins (Boccaccio et al., comm. orale) interroge d'autant plus que, si les sites solutréens de Touraine contiennent des silex du Turonien inférieur du Berry (Aubry, 1991 ; Aubry et al., 2004), les rares pièces lithiques retrouvées dans l'Allier aux Petits Guignard (Fontana et al., 2014) et en Saône-et-Loire à Volgu (Aubry et al., 2003), sont réalisées dans d'autres types de silex crétacés du Bassin parisien (notre type D0033 – silex de Gien et un silex crétacé d'origine inconnue). La caractérisation lithologique d'assemblages lithiques plus conséquents de Bourgogne permettrait probablement de mieux documenter les relations entre Solutréen ardéchois, aquitain et tourangeau.

Classiquement, les assemblages badegouliens témoignent de déplacements de matériaux sur de courtes distances, et l'approvisionnement en matières premières ne dépasse guère les 100 km (Aubry, 1991 ; Cretin, 2007), exception faite du site de Mazère en Gironde (Lenoir et al., 1997 ; Séronie-Vivien et al., 2006). Pourtant, dans les différents gisements du Massif central, nous avons constaté l'existence d'approvisionnements en matériaux siliceux sur des distances dépassant les 200 km. Les silex du Turonien inférieur sont en effet abondamment exploités et semblent répondre à une logique d'économie de la matière le long d'un parcours (Lafarge, 2014) ; ceux du Turonien supérieur, présents dans tous les gisements en quelques exemplaires, pourraient être les témoins d'échanges entre groupes et relèveraient plus de phénomènes idiosyncratiques. Cette distinction dans les modes de gestion montrerait l'existence de territoires distincts, mais entretenant des contacts durant la fin du dernier glaciaire (Delvigne, 2012 ; Delvigne et al., 2014a, 2014b). Dans l'Allier, nous avons constaté l'abondance de silex du Turonien inférieur du Berry sur les sites de la Contrée Viallet (Gannat) et de la Faye-Godet (Viplaix), respectivement situés à 170 et 100 km des premiers gîtes crétacés. Notons que sur ce dernier, les pièces de la Bertonne et les éclats d'entretien correspondants sont majoritairement réalisés en silex du Turonien supérieur de Touraine (Lafarge, 2014), assignant à un type de silex particulier un comportement technique, ce qui va dans le sens de l'hypothèse proposant l'existence de groupes distincts. À plus de 250 km des premiers affleurements, dans la haute vallée de l'Allier, les sites de la Roche-à-Tavernat (Bracco, 1992) et du Blot (Virmont, 1981 ; J.-P. Bracco, comm. pers.) offrent, outre l'exploitation massive du quartz, des assemblages de silex dominés par les matériaux du Sud du Bassin

parisien (59,7 % à la Roche-à-Tavernat). Sur le haut cours de la Loire, une partie non négligeable des assemblages des sites badegouliens de Cottier et du Rond-du-Barry est réalisée dans les divers types de Turonien inférieur prélevés dans toute sorte de gîtes, témoignant de relations privilégiées avec le Berry, à environ 300 km. Comme pour le Gravettien final du Blot (*supra*), nous avons constaté au Rond-du-Barry l'apport de blocs entiers ou de grandes préformes (> 15 cm de long) en silex du Turonien inférieur du Berry.

Une présence massive de silex turoniens a également été reconnue dans la Creuse, sur le site de la Malignière (Crozant), à environ 80 km au sud des zones d'affleurement (Demars, 1985b) et dans la Loire, à plus de 200 km au sud-est, à la Goutte-Roffat (Villerest) (Digan, 1993) et à la Grange Jobin (Saint-Nizier-sous-Charlieu) (Pasty et Alix, 2010).

Enfin, des relations (fugaces) entre les Badegouliens de Touraine et du Bassin parisien sont illustrées par un racloir en silex du Turonien supérieur du Grand-Pressigny (Bodu et al., 2007) provenant des Bois des Beauregards (2nd Redan ; fouille Delarue et Vignard), à Nemours.

Pour le Magdalénien, la situation est plus complexe du fait de l'abondance de sites et de la diversité des méthodes d'analyse pétroarchéologique employées par les différents auteurs. Sans prétendre à l'exhaustivité, nous essaierons d'illustrer les apports lointains en silex du Turonien du Sud du Bassin parisien par quelques exemples. Dans les hautes et moyennes vallées de la Loire, de l'Allier et du Cher, la proportion de ces matériaux est variable, mais, comme au Badegoulien, le Turonien supérieur ne semble être présent qu'à l'état de trace, alors que le Turonien inférieur du Berry est abondamment exploité (Alix et al., 2003 ; Angevin, 2010, 2012 ; Angevin et Surmely, 2013, 2014 ; Delvigne, 2012 ; Delvigne et al., 2014a, 2014b ; Fontana, 2005 ; Fontana et al., 2003, 2009 ; Franklin et Surmely, 2012 ; Genty, 1977, 1979 ; Lafarge, 2008 ; Masson, 1981 ; Piboule, 1979, 1985 ; Piboule et Piboule, 1974, 1976 ; Surmely, 1998, 2000 ; Surmely et Pasty, 2003 ; Surmely et al., 2002a, 2002b, 2008 ; Valensi, 1955a, 1955b ; Virmont, 1981). Nous avons reconnu la variété du type F0038 en proportion variable dans différents sites du Cher (Les Venesmes), de l'Allier (Marignon, Les Hauts de Buffons, La Corne-de-Rolay, Thionne, Durdat-Larequille) et de la Haute-Loire (Le Rond-du-Barry, Sainte-Anne II, Blavozy, Baume-Vallée, Tatevin I et II, Blassac, Vieille-Brioude).

Outre la région Auvergne et le département de la Loire dans lesquels la diffusion à grande distance des silex du Turonien est admise et bien identifiée (références op. cit.), nous avons observé des silex turoniens de la région de Meusnes/Valençay (F0038.1) à l'abri du Morin (Gironde) à 280 km au sud-ouest de la zone d'affleurement. Ces silex avaient antérieurement été confondus *pro parte* avec des silicifications du Cénozoïque (M. Langlais et M. Lenoir, comm. pers.). Ce constat a été fait par d'autres que nous dans différents sites solutréens et magdaléniens de Dordogne (A. Morala, comm. pers.).

Dans le centre du Bassin parisien, la présence de silex du Turonien du Berry ou de Touraine n'a jamais été vraiment attestée, si ce n'est un soupçon de Turonien supérieur à Pincevent, mais jamais confirmé (P. Bodu, comm. pers.).

Au terme de cette revue, nous constatons que l'apport massif de silex du Turonien du Sud du Bassin parisien (et notamment du Turonien inférieur) comme élément structurant des assemblages lithiques du Paléolithique supérieur se cantonne à un espace contraint, au sud, par le seuil du Poitou et les Combrailles creusoises et, au nord et à l'est, par la Loire. Comme les éléments de parure (Taborin, 1993, 2004), les rares pièces en silex du Turonien retrouvés dans les sites en rive droite de la Loire ou dans le bassin d'Aquitaine sont probablement plus le fait de comportement sociaux qu'économiques.

Au même titre que les circulations de silex sur de longues distances identifiées entre les Pyrénées et le Périgord depuis une dizaine d'années (Bordes et al., 2005 ; Foucher et al., 2005 ; Séronie-Vivien, 2003b, 2009 ; Séronie-Vivien et al., 2006 ; Simonnet, 1982 ; parmi d'autres), les silex du Turonien du Sud du Bassin parisien peuvent être considérés comme des matériaux traceurs illustrant des relations entre régions préhistoriques (Sud et Centre du Bassin parisien, Auvergne, Couloir rhodanien, Languedoc, bassin d'Aquitaine). Leur mode de gestion (l'économie de la matière *sensu* Perlès, 1991) peut révéler une ou plusieurs structurations économiques des assemblages à retranscrire en termes de territorialité et la vérification de leur présence dans des collections anciennes – où ils ont été confondus ou non reconnus et classés dans la case des « indéterminés » – permettrait de mieux appréhender la paléogéographie humaine de la France centrale et méridionale au cours du Paléolithique supérieur. Cette reprise des collections est d'autant plus importante que les silex turoniens identifiés à très longue distance sont des types particuliers, reconnaissables à l'aide d'outils d'observation mésoscopique utilisés au-delà de l'examen à l'œil nu (par exemple, F0038.5 à l'abri Pataud et à la Baume d'Oullins). À ce titre, nous pensons que d'autres types plus difficiles à distinguer à l'œil nu (*p. ex.* F0038.1) pourraient être retrouvés, comme à l'abri du Morin.

## 5. Conclusion

Ce travail apporte des éléments de diagnose des silex du Turonien supérieur et inférieur du Sud du Bassin parisien, matériaux abondamment exploités durant le Paléolithique supérieur dans l'Est et le Sud-Est du Massif central. Les données ayant trait à leur caractérisation détaillée, notamment celles relatives aux silex dits « blonds » du Turonien, n'existaient pas dans la littérature. La découverte de ces matériaux en contexte archéologique dans une aire géographique étendue (Auvergne, bassin d'Aquitaine, Languedoc) nécessitait une mise au point, alors que s'opère un changement de paradigme concernant les distances de circulation au Paléolithique supérieur en Europe occidentale et que ces silicifications peuvent encore être confondues avec des silex cénozoïques très transformés. La reconnaissance de matériaux circulant sur des distances dépassant la centaine de kilomètres n'est plus un fait anecdotique dans le Paléolithique supérieur français et, à ce titre, les silex du Turonien du Sud du Bassin parisien sont de bons traceurs de relations complexes entre provinces préhistoriques.

## Remerciements

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une thèse du laboratoire PACEA de l'université Bordeaux-1 sous la direction de J.-P. Raynal et la codirection de M. Langlais. Il a été financé par l'association Archéo-Logis/CDERAD, le département de la Haute-Loire, la communauté de communes du pays du Mézenc, la commune de Laussonne, la région Aquitaine (projet Origines II), le ministère de la Culture (PCR « Réseaux de lithothèques en Rhône-Alpes » et PCR « Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le Sud du Massif central ») et l'université Bordeaux-1. Nous tenons également à remercier F. Letterlé, C. Schwab, E. Magne, J.-P. et C. Daugas, R. Ségué, G. Vernet, M. Langlais, E. Thomas et M.-S. Larguèze pour l'accession aux collections ; P. Bodu, M. Langlais, A. Morala, M. Lenoir, J. Affolter pour les informations parfois inédites qu'ils nous ont aimablement données ainsi que R. Liabeuf, J.-P. Bracco, L. Klaric, R. Angevin, J. Primault, T. Aubry, C. Bressy, J. Virmont, M. Aulanier, F. Bazile, A. Turq, J.-L. Guadelli et J.-L. Voruz pour les discussions qui sont venues enrichir notre réflexion. Nous remercions P. Bindon pour la correction de l'anglais et pour avoir bien voulu nous transmettre un petit bout de son savoir sur les aborigènes australiens. Enfin, nous remercions les deux relecteurs anonymes de cette note, dont les remarques sont venues enrichir le discours.

*Funding:* FACAD.

## Références

- Affolter, J., 1999. *Caractérisation pétrographique et utilisation préhistorique de quelques matériaux siliceux alpins*. In: Comptes rendus du colloque international Prehistoric Alpine Environment, Society and Economy (1997, Zurich). R. Habelt, Bonn, pp. 253–256.
- Affolter, J., 2001. Séminaire sur le silex du Grand-Pressigny (27–28 avril 2000). *Bull. Amis Musée Prehist. Grand-Pressigny* 52, 18–20.
- Affolter, J., 2002. *Provenance des silex préhistoriques du Jura et des régions limitrophes*. Service et musée cantonal d'archéologie (Archéologie neuchâteloise 28), Neuchâtel (341 p.).
- Affolter, J., 2005. *Les matières premières siliceuses du site néolithique de Chassey-le-Camp : provenances et évolution des choix culturels*. *Rev. Arch. Est supplément* 22, 345–368.
- 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: Programme collectif CIRCALP – 1997/1998, circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire : matériaux pour une étude. Centre d'archéologie préhistorique de Valence, Valence, pp. 175–181.
- Alcaydé, G., 1975. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Chinon (486). Orléans, BRGM (20 p.).
- Alcaydé, G., 1978. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Sainte-Maure-de-Touraine (514). Orléans, BRGM (21 p.).
- Alcaydé, G., 1980. *Le Turonien*. In: Cavellier, C., Roger, J. (Eds.), *Les étages français et leurs stratotypes*. BRGM (Mémoire 109), Orléans, pp. 139–144.
- Alcaydé, G., 1990. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Châtillon-sur-Indre (516). Orléans, BRGM (37 p.).
- Alcaydé, G., 1994. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Saint-Aignan (489). Orléans, BRGM (45 p.).
- Alcaydé, G., Debrand-Passard, S., 1980. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Levroux (517). Orléans, BRGM (32 p.).
- Alix, P., Beaune, S.A., Deloge, H., Santallier, D., 2003. *Détermination et origine géologique de la matière première de l'industrie lithique du site magdalénien du Rocher de la Caille*. In: Deloge, H., Deloge, L. (Eds.), *Le Rocher de la Caille. Un site Magdalénien de plein-air au Saut-du-Perron*. Société préhistorique française (Mem. Soc. Prehist. fr. 31), Paris, pp. 63–75.
- Allard, M., 2016. *Le Solutrénien de l'abri des Peyrugues (Orniac, Lot, France) (44 p.)* (Rapport d'opération non publié).

- Angevin, R., 2010. L'industrie lithique magdalénienne du gisement de plein-air de la Corne-de-Rollay (Couleuvre, Allier) : entre respect des normes et variabilité des chaînes opératoires. *Rev. Arch. Centre Fr.* 49, 1–38.
- Angevin, R., 2012. Magdalenian societies in the Massif Central (France): paleohistorical perspectives on the long-term (16.5–11.5 ka BP). *Quatern. Int.* 272, 1–10.
- Angevin, R., Surmely, F., 2013. Le Magdalénien moyen et la trajectoire historique des sociétés du XVI<sup>e</sup> millénaire av. J-C en France centrale. *C. R. Palevol* 12 (1), 57–68.
- Angevin, R., Surmely, F., 2014. Les temps du Magdalénien dans le Massif central et ses marges septentrionales : structures paléohistoriques, mutations culturelles et expressions techniques entre 15 000 BP et 11 500 BP. In: Jaubert, J., Fourment, N., Depaepe, P. (Eds.), *Transitions, ruptures et continuités, volume 2 : Paléolithique et Mésolithique, actes du XXVII<sup>e</sup> congrès préhistorique de France (Les Eyzies, 31 mai–5 juin 2010)*. Société préhistorique française, Paris, pp. 449–462.
- Aspinall, A., Feather, S.W., Phillips, P., 1981. Further analyses of southern French flint industries. In: *Actes du III<sup>e</sup> flint Symposium (Maastricht, 24–27 mai 1979)*. Staringia, Engelen, pp. 92–93.
- Aubry, T., 1991. L'exploitation des ressources en matières premières lithiques dans les gisements solutréens et badegouliens du bassin versant de la Creuse (France). (Thèse) Université Bordeaux-1 (327 p.).
- Aubry, T., Walter, B., 2003. Reconstitution des modalités d'approvisionnement et de diffusion des matières premières lithiques pendant le Paléolithique supérieur – l'apport du site solutréen et badegoulien des Maîtreaux (Indre-et-Loire, France). In: Surmely, F. (Ed.), *Les matières premières lithiques en Préhistoire, actes de la table ronde internationale (Aurillac, France, juin 2002)*. Association de préhistoire du Sud-Ouest, Cressensac, pp. 41–50.
- Aubry, T., Walter, B., Robin, E., Plisson, H., Ben-Habdelhadi, M., 1998. Le site solutréen de plein-air des Maîtreaux (Bossay-sur-Claise, Indre-et-Loire) : un faciès original de production lithique. *Paleo* 10, 163–184.
- Aubry, T., Peyrouse, J.-B., Walter, B., 2003. Les feuilles de laurier de Volgu (Saône-et-Loire) : une énigme en partie résolue. *Paleo* 15, 251–254.
- Aubry, T., Walter, B., Almeida, M., Liard, M., Neves, M.J., 2004. Approche fonctionnelle des sites d'atelier : l'exemple des occupations solutréennes et badegouliennes du site des Maîtreaux (Indre-et-Loire, France). In: Bodu, P., Constantin, C. (Eds.), *Approches fonctionnelles en Préhistoire, actes du XXV<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Nanterre, 24–26 novembre 2000)*. Société préhistorique française, Paris, pp. 249–263.
- Blet, M., Binder, D., Gratuze, B., 2000. Essai de caractérisation de silex provençaux par analyse chimique élémentaire. *Rev. Archeom.* 24, 149–167.
- Bodu, P., Chehmana, L., Debout, G., 2007. Le Badegoulien de la moitié nord de la France. Un état des connaissances. *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 104 (4), 661–679.
- Bordes, F., 1953. L'industrie de la grotte de Cottier (Haute-Loire). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 50 (11), 650–651.
- Bordes, J.-G., Bon, F., Le Brun-Ricalens, F., 2005. Le transport des matières premières lithiques à l'Aurignacien entre le Nord et le Sud de l'Aquitaine : faits attendus, faits nouveaux. In: Jaubert, J., Barbaza, M. (Eds.), *Territoires, déplacements, mobilités, échanges durant la Préhistoire. Terres et Hommes du Sud, actes des 126<sup>e</sup> congrès nationaux des Sociétés historiques et scientifiques (Toulouse, 2001)*. CTHS, Paris, pp. 185–198.
- Bracco, J.-P., 1992. Le Paléolithique supérieur du Velay et de ses abords : recherches sur la dynamique des peuplements et l'occupation du sol dans un milieu volcanique de moyenne montagne. (Thèse) Université Aix-Marseille-1 (229 p.).
- Bressy, C., 2002. Caractérisation et gestion du silex des sites mésolithiques et néolithiques du Nord-Ouest de l'arc alpin. Une approche pétrographique et géochimique. (Thèse) Université Aix-Marseille I (677 p.).
- Bressy, C., Poupeau, G., Bintz, P., 2003. Contribution de la caractérisation géochimique aux questions d'origine du silex sénonien dans le Néolithique des Alpes du Nord françaises. In: Surmely, F. (Ed.), *Les matières premières lithiques en Préhistoire, actes de la table ronde internationale (Aurillac, France, juin 2002)*. Association de préhistoire du Sud-Ouest, Cressensac, pp. 97–104.
- Bridgland, D.R., 1990. The recognition and distinction of flint and chert in the analysis of clasts from Pleistocene gravel in South-East England. In: Séronie-Vivien, M.R., Lenoir, M. (Eds.), *Le silex : de sa genèse à l'outil, actes du V<sup>e</sup> colloque international sur le silex (Bordeaux, 17 septembre–2 octobre 1987)*. CNRS (Cahier du Quaternaire 17), Paris, pp. 119–130.
- Buisson, D., 1991. Le Périgordien du Blot (Cerzat, Haute-Loire). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 88 (4), 104–108.
- Bush, P.R., Sieveking, G.G., 1986. Geochemistry and the provenance of flint axes. In: Sieveking, G.G., Hart, M.B. (Eds.), *The scientific study of flint and chert, Proceedings of the fourth international flint symposium (Brighton, 10–15 April 1983)*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 133–140.
- Chabas, F., 1874. *Les silex de Volgu*. Société d'histoire et d'archéologie, Chalon-sur-Saône (24 p.).
- Chiotti, L., Nespoulet, R., Morala, A., Guillermin, P., 2013. Chapitre 8 – Données typo-technologiques de l'industrie lithique. In: Nespoulet, R., Chiotti, L., Henry-Gambier, D. (Eds.), *Le Gravettien final de l'abri Pataud (Dordogne, France). Fouilles et études 2005–2009*. Archéopress, Oxford, pp. 111–126.
- Cordier, G., 1956. Le vrai visage du Grand-Pressigny. In: *Comptes rendus du XV<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Poitiers-Angoulême, 15–22 juillet 1956)*. Société préhistorique française, Paris, pp. 416–442.
- Cretin, C., 2007. « Arrêt sur » le Badegoulien. Historique, état de la question et perspectives. In: Evin, J. (Ed.), *Un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire, actes du XXVI<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France*. Société préhistorique française, Paris, pp. 367–378.
- Cuvillier, J., 1951. *Corrélations stratigraphiques par microfaciès en Aquitaine occidentale*. Brill, Leyden (23 p.).
- Delcourt-Vlaeminck, M., 1998. Le silex du Grand-Pressigny dans le Nord-ouest de l'Europe : le silex tertiaire, concurrent possible du Grand-Pressigny ? (Thèse de doctorat) École des hautes études en science sociale de Paris (449 p.).
- Delporte, H., Surmely, F., Urgal, A., 1999. Châtelperonn, un grand gisement préhistorique de l'Allier. Conseil général de l'Allier, Aurillac (48 p.).
- Delvigne, V., 2010. Étude des matières premières lithiques du Magdalénien « ancien » de l'unité archéostratigraphique F2 de la grotte du Rond-du-Barry (Haute-Loire). (Mémoire de Master 2) Université Bordeaux-1 (70 p.).
- Delvigne, V., 2012. Étude pétroarchéologique de l'unité archéostratigraphique F2 de la grotte du Rond-du-Barry (Polignac, Haute-Loire), premiers résultats. *C. R. Palevol* 11 (4), 293–304.
- Delvigne, V., Lafarge, A., Fernandes, P., Piboule, M., Raynal, J.-P., 2014a. Un exemple de gestion des géo-ressources au Paléolithique supérieur en moyenne montagne : le Badegoulien de la grotte du Rond-du-Barry (Sinzelles, Polignac, Haute-Loire). *Anthropologie* 118 (3), 328–346.
- Delvigne, V., Fernandes, P., Piboule, M., Lafarge, A., Geneste, J.-M., Moncel, M.-H., Raynal, J.-P., 2014b. Ressources en silex au Paléolithique supérieur dans le Massif central : réseaux locaux et approvisionnements lointains revisités. In: Otte, M., Le Brun-Ricalens, F. (Eds.), *Modes de contacts et de déplacements au Paléolithique eurasiatique, actes du colloque international de la commission 8 de l'UISPP (Liège, 28–31 mai 2012)*. ERAUL/Archéologiques, Liège/Luxembourg, pp. 403–435.
- Demars, P.-Y., 1985a. Sur les problèmes de territoires (?) et de circulation des silex (?). *Bull. Soc. Linneenne Lyon* 54 (8), 113–114.
- Demars, P.-Y., 1985b. La station de plein-air de la Malignière. Commune de Crozant (Creuse). *Doc. Arch. Creuse* 1, 27–39.
- Desrut, G., 1939. Découverte d'une grotte et d'un squelette Magdalénien au Cheix, près Besse-en-Chandesse (Puy-de-Dôme). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 36 (2), 132–142.
- Dessal, M., 1929. Géographie du peuplement préhistorique de l'Auvergne (Époque Paléolithique). *Rev. Auvergne* 43 (3), 76–87.
- Digan, M., 1993. Approche techno-économique du matériel lithique magdalénien de la Goutte-Roffat (Loire). (Mémoire de DEA) Université Paris I Panthéon-Sorbonne (78 p.).
- Digan, M., 2003. Les matières premières lithique de l'unité KL19 de la Vigne-Brun (Villereuil, Loire) : identification, modalité d'approvisionnement et diffusion. In: Surmely, F. (Ed.), *Les matières premières lithiques en Préhistoire, actes de la table ronde internationale (Aurillac, France, juin 2002)*. Association de préhistoire du Sud-Ouest, Cressensac, pp. 131–144.
- Digan, M., 2006. Le gisement gravettien de la Vigne-Brun (Loire, France) : étude de l'industrie lithique de l'unité KL19. *Archeopress (BAR international series 1473)*, Oxford (228 p.).
- Digan, M., Rué, M., Floss, H., 2008. Le Gravettien entre Saône-et-Loire : bilan et apports récents. *Paleo* 20, 59–72.
- Dufresne, N., 1999. La discrimination des silex tertiaires auvergnats : étude géologique et application archéologique (Magdalénien). (Mémoire de DESS) Université Bourgogne (87 p.).
- Ernst, W.G., Calvert, S.E., 1969. An experimental study of the recrystallization of porcelanite and its bearing on the origin of some bedded cherts. *Am. J. Sci.* 267, 114–133.
- Fernandes, P., 2006. Pétroarchéologie des matériaux siliceux utilisés au Paléolithique moyen dans le Sud du Massif central : méthodologie et résultats préliminaires. (Mémoire de diplôme de l'EHESS) Écoles des hautes études en Sciences sociales, Toulouse (183 p.).

- Fernandes, P., 2012. Itinéraires et transformations du silex. (Thèse) Université Bordeaux-1 (623 p.).
- Fernandes, P., Raynal, J.-P., 2006a. Péroarchéologie du silex : un retour aux sources. *C. R. Palevol* 5, 829–837.
- Fernandes, P., Raynal, J.-P., 2006b. Économie du silex au Paléolithique moyen dans le Sud du Massif central : premiers résultats après l'étude de deux sites stratifiés de Haute-Loire. *Hommage en l'honneur d'Alphonse Viniatié. Rev. Haute-Auvergne* 68 (2), 361–370.
- Fernandes, P., Raynal, J.-P., 2007. Péroarchéologie du silex. In: Raynal, J.P. (Ed.), *La grotte Sainte-Anne 1. Le Paléolithique moyen de l'unité J1. Archéo-Logis/CDERAD*, Lausanne, pp. 59–98.
- Fernandes, P., Raynal, J.-P., 2010. Silex : une péroarchéologie refondée. *Cah. Geopre* 1, 68–81.
- Fernandes, P., Raynal, J.-P., Moncel, M.-H., 2006. L'espace minéral au Paléolithique moyen dans le Sud du Massif central : premiers résultats péroarchéologiques. *C. R. Palevol* 5, 981–993.
- Fernandes, P., Le Bourdonnec, F.-X., Raynal, J.-P., Poupeau, G., Piboule, M., Moncel, M.-H., 2007. Origins of prehistoric flints: the neocortex memory revealed by scanning electron microscopy. *C. R. Palevol* 6, 557–568.
- Fernandes, P., Raynal, J.-P., Moncel, M.-H., 2008. Middle Palaeolithic raw material gathering territories and human mobility in the southern Massif Central, France: first results from a petro-archaeological study on flint. *J. Arch. Sci.* 35, 2357–2370.
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks*. Am. Assoc. Petroleum Geol., Tulsa, pp. 62–84.
- Fontana, L., 2005. Territoires, mobilité et échanges au Magdalénien dans l'Aude et le Massif central (France) : approche comparative, modélisation et perspectives. In: Jaubert, J., Barbaza, M. (Eds.), *Territoires, déplacements, mobilités, échanges durant la Préhistoire. Terres et Hommes du Sud*, actes des 126<sup>e</sup> congrès nationaux des Sociétés historiques et scientifiques (Toulouse, 2001). CTHS, Paris, pp. 355–370.
- Fontana, L., Lang, L., Chauvière, F.-X., Jeannet, M., Mourer-Chauviré, C., Magoga, L., 2003. Paléolithique supérieur récent du Nord du Massif central : des données inattendues sur le site des Petits Guinards à Creuzier-le-vieux (Allier, France). *Bull. Prehist. Sud-Ouest* 10 (1), 80–92.
- Fontana, L., Digan, M., Aubry, T., Llach, J.-M., Chauvière, F.-X., 2009. Exploitation des ressources et territoire dans le Massif central français au Paléolithique supérieur : approche méthodologique et hypothèses. In: Djindjian, F., Kozłowski, J., Bicho, N. (Eds.), *Le concept de territoires dans le Paléolithique supérieur européen*, *Proceeding of the XVth world congress of UISPP* (Lisbon, 4–9 september 2006). Archaeopress (BAR serie international 1938), Oxford, UK, pp. 201–215.
- Fontana, L., Aubry, T., Almeida, M., Chauvière, F.-X., Digan, M., Mangado-Llach, X., Walter, B., Lang, L., 2014. Premières traces des solutréens dans le Massif central français. In: *Le Solutréen 40 ans après Smith' 66* (Preuilly-sur-Claise, 21 octobre–1<sup>er</sup> novembre 2007). FERACF (supplément à la revue archéologique du centre de la France 47), Tours, pp. 239–246.
- Foucher, P., San-Juan, C., Chambord, E., 2005. La circulation des matières siliceuses dans le Gravettien pyrénéen. In: Jaubert, J., Barbaza, M. (Eds.), *Territoires, déplacements, mobilités, échanges durant la Préhistoire. Terres et Hommes du Sud*, actes des 126<sup>e</sup> congrès nationaux des Sociétés historiques et scientifiques (Toulouse, 2001). CTHS, Paris, pp. 199–216.
- Franklin, J., Surmely, F., 2012. Le site magdalénien de Blassac (Haute-Loire, France), bilan des recherches anciennes et récentes. *Bull. Prehist. Sud-Ouest* 20 (2), 115–123.
- Fröhlich, F., 1981. Les silicates dans l'environnement pélagique de l'Océan indien au Cénozoïque. (Thèse) Muséum national d'histoire naturelle, Paris (206 p.).
- Fröhlich, F., 2006. Silex et chert : questions de genèse. *Bull. Info. Geol. Bassin Paris* 43 (2), 5–22.
- Gardez, H., 1933. Étude sur la concurrence des silex de Spiennes (Belgique), à ceux du Grand-Pressigny (Indre-et-Loire), dans le Nord du Département de l'Aisne, et sépulture dolménique de Flavigny-le-Petit. *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 30 (4), 270–272.
- Genty, P.-Y., 1977. Stations préhistoriques de la Sologne Bourbonnaise. *Rev. Sci. Bourbonnais*, 108–131.
- Genty, P.-Y., 1979. Stations du Paléolithique récent et de l'Époque tardiglaciaire de la Sologne bourbonnaise. In: Sonnevile-Bordes, D. (Ed.), *La fin des temps glaciaire en Europe. Chronologie et écologie des cultures du Paléolithique final* (Talence, 24–28 mai 1977). CNRS, Paris, pp. 587–600.
- Gervais, P., 2001. Les silex géologiques du Turonien de Touraine, caractérisation pétrologique et géochimique. Comparaison avec des artefacts auvergnats. (Mémoire de maîtrise) Université de Clermont-Ferrand (28 p.).
- Gibbard, P.L., 1986. Flint gravels in the Quaternary of Southeast England. In: Sieveking, G.G., Hart, M.B. (Eds.), *The scientific study of flint and chert*, *Proceedings of the fourth international flint symposium* (Brighton, 10–15 April 1983). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 141–149.
- Giot, D., Mallet, N., Millet, D., 1986. Les silex de la région du Grand-Pressigny. *Recherche géologique et analyse pétrographique. Rev. Arch. Centre Fr.* 25 (1), 21–36.
- Giraud, E., 1955. Trois poignards en silex du Grand-Pressigny. *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 52 (8), 464.
- Gratier, M., 1977a. Les stations acheuléo-moustériennes de Moulins-sur-Céphons (Indre). Première partie. *Rev. Arch. Centre Fr.* 16 (1–2), 71–84.
- Gratier, M., 1977b. Les stations acheuléo-moustériennes de Moulins-sur-Céphons (Indre). Deuxième partie. *Rev. Arch. Centre Fr.* 16 (3–4), 295–306.
- Guillermin, P., Morala, A., 2014. Les « Périgodiens » étaient-ils quercinois ? In: Jarry, M., Brugal, J.-P., Ferrier, C. (Dir.), *Modalité d'occupation et exploitation des milieux au Paléolithique dans le Sud-Ouest de la France : l'exemple du Quercy*, actes de la session C67 du XV<sup>e</sup> congrès mondial de l'UISPP (Lisbonne, septembre 2006). Paleo supplément 4, 311–342.
- Hue, E., 1910. Distribution géographique de l'industrie en silex du Grand-Pressigny. In: *Congrès de la Société préhistorique de France*, comptes rendus de la sixième session. (Tours, 1910). Société préhistorique française, Paris, pp. 390–436.
- Hurst, V.J., Kelly, A.R., 1961. Patination of cultural flints. *Science* 134, 251–256.
- Kildéa, F., Lang, L., 2011. Le Gravettien de la vallée du Cher : le site de la Croix-de-Bagneux à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher, France). In: Goutas, N., Klaric, L., Pesesse, D., Guillermin, P. (Eds.), *À la recherche des identités gravettiennes*, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 6–8 octobre 2008). Société préhistorique de France (Mem. 52), Paris, pp. 273–290.
- Klaric, L., 1999. Un schéma de production lamellaire originale dans l'industrie gravettienne de l'ensemble moyen du gisement du Blot à Cerzat (Haute-Loire). (Mémoire de DEA) Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne (64 p.).
- Klaric, L., 2003. L'unité technique des industries à burins du Raysses dans leur contexte diachronique, réflexions sur la diversité culturelle au Gravettien à partir des données de la Picardie, D'Arcy-sur-Cure de Brassempouy et du Cirque de la Patrie. (Thèse) Université Paris-1 (426 p.).
- Klaric, L., Guillermin, P., Aubry, T., 2009. Des armatures variées et des modes de production variables. Réflexions à partir de quelques exemples issus du Gravettien d'Europe occidentale (France, Portugal, Allemagne). *Gallia Prehist.* 51, 113–154.
- Klaric, L., Liard, M., Bertran, P., Dumarcay, G., Araujo-Igreja, M., Aubry, T., Walter, B., Regert, M., 2011. La Picardie (Preuilly-sur-Claise, Indre-et-Loire) : neuf ans de fouille sur un gisement rayssien finalement pas si mal conservé ! In: Goutas, N., Klaric, L., Pesesse, D., Guillermin, P. (Eds.), *À la recherche des identités gravettiennes*, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 6–8 octobre 2008). Société Préhistorique de France (Mem. 52), Paris, pp. 291–310.
- Knauth, L.P., 1992. Origin and diagenesis of cherts: an isotopic perspective. In: Clauer, N., Chaudhuri, S. (Eds.), *Isotopic Signatures And Sedimentary Records*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 123–152.
- Krumbein, W.C., Sloss, L.L., 1963. *Stratigraphy and Sedimentation*, second ed. Gilluly & Woodford, San Francisco (660 p.).
- Lafarge, A., 2008. La station « Les Forts » à Thionnes : approche de la culture magdalénienne en Sologne bourbonnaise. (Mémoire de Master 2) Université Montpellier-3 – Paul-Valéry (102 p.).
- Lafarge, A., 2014. Entre plaine et montagne : techniques et cultures du Badegoulien du Massif central de l'Allier au Velay. (Thèse) Université Montpellier-3 – Paul-Valéry (685 p.).
- Le Licon, G., Jasset, S., 1996. Mézières-lez-Cléry (Loiret) : gisement de plein-air du Paléolithique supérieur. *Rev. Arch. Centre Fr.* 35, 67–82.
- Le Ribault, L., 1975. L'exoscopie, méthode et application. *Compagnie française des pétroles*, Paris (230 p.).
- Le Ribault, L., 1977. L'exoscopie des quartz. *Masson*, Paris (150 p.).
- Lecoindre, G., 1947. *La Touraine*. Hermann, Paris (250 p.).
- Lenoir, M., Obry, J., Séronie-vivien, M.-R., 1997. Occurrence of allochthonous flint in a Palaeolithic site near Bordeaux. In: Ramos Millan, A., Bustillo, M.A. (Eds.), *Siliceous rocks and Cultures*, *proceedings of the Vth International Flint Symposium* (juin 1991, Granada-Almería, Espagne). Universidad de Granada, Granada, pp. 385–390.

- Mallet, N., 1992. Le Grand-Pressigny. Ses relations avec la civilisation Saône-et-Loire. Les amis du musée du Grand-Pressigny, Le Grand-Pressigny (218 p.).
- Mallet, N., 2001. De la détermination des silex du Grand-Pressigny. Bull. Amis Musée Grand-Pressigny 52, 17.
- Mangado-Llach, X., Aubry, T., Almeida, M., Peyrouse, J.-B., Walter, B., 2014. Déplacements et modalités d'exploitation des silex turoniens de la marge méridionale du Bassin parisien pendant le Solutréen. In: *Le Solutréen 40 ans après Smith' 66* (Preuilley-sur-Claise, 21 octobre–1<sup>er</sup> novembre 2007). FERACF (supplément à la revue archéologique du centre de la France 47), Tours, pp. 233–237.
- Manivit, J., Desprez, N., Martins, C., Petit, D., 1977. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Selles-sur-Cher (490). Orléans, BRGM (Ed.) (35 p.).
- Marquet, J.-C., 1999. *La préhistoire en Touraine*. CLD, Chambray-lès-Tours (318 p.).
- Masson, A., 1979. Recherches sur la provenance des silex préhistoriques : méthode d'études. *Etudes Prehist.* 15, 29–40.
- Masson, A., 1981. Pétroarchéologie des roches siliceuses, intérêt en Préhistoire. (Thèse) Université de Lyon (101 p.).
- Masson, A., 1982. Circulations paléolithiques : une question de longueur. *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 79 (7), 197.
- Masson, A., 1983. Les territoires et la circulation des silex au Paléolithique supérieur. *Bull. Mens. Soc. Linneenne Lyon* 7, 207–219.
- Masson, A., 1986. Nouvelles contributions aux études pressigiennes. *Rev. Arch. Ouest Supplément* 1, 11–120.
- Médioni, R., 1974. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Châtellerauld (541). Orléans, BRGM (33 p.).
- Milliet, D., 1985. Cartographie des gisements de silex de la région du Grand-Pressigny. Rapport d'activités, Service régional de l'archéologie du Centre.
- Milliet-Richard, L.-A., Primault, J., 1993. Prospection des matières premières lithiques taillables dans la région du Grand-Pressigny. *Bilan Sci. Service régional de l'Archéologie du Centre*, pp. 109.
- Mouhsine, S., 1994. Processus de la silicification sédimentaire. *Modèle du Turonien de Touraine*. (Thèse) Muséum national d'histoire naturelle, Paris (118 p.).
- Munck, E., 1928. Note sur l'aspect et la patine des silex de la région du Grand-Pressigny (Indre-et-Loire). *Bull. Soc. Anthropol. Brux.* 43, 247–249.
- Murray, R.W., 1994. Chemical criteria to identify depositional environment of chert: general principles and applications. *Geology* 20 (3), 271–274.
- Pasty, J.-F., Alix, P., 2010. Nouvelle approche du site badegoulien de la Grange Jobin à Saint-Nizier-sous-Charlieu (Loire). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 107 (3), 489–505.
- Pasty, J.-F., Gallelard, M., Alix, P., 2013a. Identification d'une composante gravettienne sur le site des Tailles du Clou à Clugnat (Creuse, France). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 110 (2), 213–231.
- Pasty, J.-F., Alix, P., Gallelard, M., 2013b. Contribution à l'étude du peuplement préhistorique de la vallée de la Petite Creuse : bilan de dix ans de prospection sur la commune de Clugnat et ses marges (Creuse). *Rev. Arch. Centre Fr.* 52, 49–98.
- Perlès, C., 1977. Note préliminaire sur un type d'outil particulier du site d'Orville (Indre). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 72 (5), 141–144.
- Perlès, C., 1991. Économie des matières premières et économie du débitage : deux conceptions opposées ? In: *25 ans d'études technologiques en Préhistoire, actes des rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. APDCA, Juan-les-Pins, pp. 35–45.
- Pesesse, D., 2013. Les premières sociétés gravettiennes. *Analyses comparées de systèmes techniques lithiques*. CTHS, Paris (285 p.).
- Piboule, M., 1979. Le Paléolithique supérieur dans la partie occidentale du Bourbonnais (région de Montluçon). In: *Sonneville-Bordes, D. (Ed.), La fin des temps glaciaires en Europe. Chronologie et écologie des cultures du Paléolithique final* (Talence, 24–28 mai 1977). CNRS, Paris, pp. 575–577.
- Piboule, M., 1985. La préhistoire du département de l'Allier. *Connaissance du Bourbonnais*. Cercle archéologique de la maison de la culture de Montluçon, Montluçon (128 p.).
- Piboule, M., Piboule, M., 1974. La vallée du Cher préhistorique dans la région de Montluçon. *Rev. Sci. Bourbonnais*, 138–146.
- Piboule, M., Piboule, M., 1976. La Préhistoire autour de la forêt de Tronçais dans le N.-O. du département de l'Allier. *Rev. Sci. Bourbonnais*, 55–73.
- Pomerol, F., 1888. L'abri sous roche de Blanzat. In: *Compte rendu de la XVIII<sup>e</sup> session du congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*. Association française pour l'avancement des sciences, Paris, pp. 637–640.
- Primault, J., 2003a. Exploitation et diffusion des silex de la région du Grand-Pressigny au Paléolithique. (Thèse) Université Paris-10 (362 p.).
- Primault, J., 2003b. Exploitation et diffusion des silex de la région du Grand-Pressigny au Paléolithique. In: *Surmely, F. (Ed.), Les matières premières lithiques en Préhistoire, actes de la table ronde internationale* (Aurillac, France, juin 2002). Association de préhistoire du Sud-Ouest, Cressensac, pp. 283–292.
- Rasplus, L., 1975. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Loches (515). Orléans, BRGM (10 p.).
- Rasplus, L., Macaire, J.-J., Alcaydé, G., 1978. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Preuilley-sur-Claise (542). Orléans, BRGM (26 p.).
- Rasplus, L., Alcaydé, G., Lablanche, G., Macaire, J.-J., 1989. Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), Buzançais (543). Orléans, BRGM (39 p.).
- de Saint-Venant, J., 1891. L'industrie du silex en Touraine dans les temps préhistoriques et la dissémination de ses produits. *Mem. Soc. Arch. Touraine* 36, 269–284.
- de Saint-Venant, J., 1910. Enquête du congrès sur la distribution géographique de l'industrie en silex du Grand-Pressigny. In: *Congrès de la Société préhistorique de France, comptes rendus de la sixième session* (Tours, 1910). Société préhistorique française, Paris, pp. 390–436.
- Séronie-Vivien, M.R., 1995. La grotte de Pégourie, Caniac-du-Causse (Lot). *Préhistoire Quercinoise*, Cressensac (334 p.).
- Séronie-Vivien, M.R., 2003a. Attribution stratigraphique d'un silex et microfaciès. In: *Surmely, F. (Ed.), Les matières premières lithiques en Préhistoire, actes de la table ronde internationale* (Aurillac, France, juin 2002). Association de préhistoire du Sud-Ouest, Cressensac, pp. 297–303.
- Séronie-Vivien, M.R., 2003b. Origine méridionale des silex recueillis dans le Paléolithique supérieur de la région Périgord-Quercy. In: *Surmely, F. (Ed.), Les matières premières lithiques en Préhistoire, actes de la table ronde internationale* (Aurillac, France, juin 2002). Association de préhistoire du Sud-Ouest, Cressensac, pp. 305–306.
- Séronie-Vivien, M.R., 2009. Répartition géographique des différents types de silex à Lépidorbitoïdes utilisés au Paléolithique supérieur en Aquitaine. Première contribution : Dordogne (Caminade), Lot (Le Piage – Pégourie – Cloup de l'Aze), Gironde (Beauregard). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 106 (2), 293–296.
- Séronie-Vivien, M., Séronie-Vivien, M.R., 1987. Les silex du Mésozoïque nord-aquitain. Approche géologique de l'étude des silex pour servir à la recherche préhistorique. *Société linnéenne de Bordeaux, Bordeaux* (136 p.).
- Séronie-Vivien, M., Séronie-Vivien, M.R., Foucher, P., 2006. L'économie du silex au Paléolithique supérieur dans le bassin d'Aquitaine. Le cas des silex à lépidorbitoïdes des Pyrénées centrales. Caractérisation et implications méthodologiques. *Paleo* 18, 193–215.
- Siever, R., 1962. Silica solubility 0°–200° and the diagenesis of siliceous sediments. *J. Geol.* 70, 127–150.
- Simonnet, R., 1982. Grandes lames de silex dans le Paléolithique supérieur des Pyrénées centrales. *Préhistoire ariégeoise*. *Bull. Soc. Prehist. Ariège-Pyrenees* 40, 71–87.
- Slimak, L., Giraud, Y., 2007. Circulations sur plusieurs centaines de kilomètres durant le Paléolithique moyen. Contribution à la connaissance des sociétés néandertaliennes. *C. R. Palevol* 6, 359–368.
- Stockmans, C., Bosmans, H., Vermeersch, P., 1981. Trace element analysis of Belgium flint mine products. In: *Actes du III<sup>e</sup> flint Symposium* (Maastricht, 24–27 mai 1979). Staringia, Engelen, pp. 85–87.
- Surmely, F., 1998. Le peuplement de la moyenne montagne auvergnate, des origines à la fin du Mésolithique. (Thèse) Université Bordeaux-1 (444 p.).
- Surmely, F., 2000. Le peuplement magdalénien de l'Auvergne. In: *Pion, G. (Ed.), Le Paléolithique supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement, actes de la table ronde de Chambéry* (Chambéry, 12–13 mars 1999). Société préhistorique de France (Mem. 28), Paris, pp. 165–175.
- Surmely, F., Pasty, J.-F., 2003. L'importation de silex en Auvergne durant la Préhistoire. In: *Surmely, F. (Ed.), Les matières premières lithiques en Préhistoire, actes de la table ronde internationale* (Aurillac, France, juin 2002). Association de préhistoire du Sud-Ouest, Cressensac, pp. 327–342.
- Surmely, F., Hays, M., 2011. Nouvelles données sur les industries lithiques des niveaux protomagdaléniens du site du Blot (Cerzat, Haute-Loire). In: *Goutas, N., Klaric, L., Pesesse, D., Guillermin, P. (Eds.), À la recherche des identités gravettiennes, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes* (Aix-en-Provence, 6–8 octobre 2008). Société préhistorique française (Mem. 52), Paris, pp. 111–127.

- Surmely, F., Barrier, P., Bracco, J.-P., Charly, N., Liabeuf, R., 1998. Caractérisation des matières premières siliceuses par l'étude des microfaciès et application à la connaissance du peuplement préhistorique de l'Auvergne. *C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa* 326, 595–601.
- Surmely, F., Liégar, S., Fourvel, A., Alix, P., 2002a. Contribution à l'étude de la circulation sur de longues distances des matières premières lithiques au Paléolithique. Les nucléus mis en forme découverts le long de la vallée de la Loire (département de l'Allier, de la Saône-et-Loire et de la Loire). *Paleo* 14, 265–274.
- Surmely, F., Pasty, J.-F., Alix, P., Dufresne, N., Liabeuf, R., Murat, R., 2002b. Le gisement magdalénien du Pont-de-Longues (Les-Martres-de-Veyre, Puy-de-dôme). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 99 (1), 13–38.
- Surmely, F., Boudon, P., Briot, D., Pin, C., 2008. La diffusion des silex crétacés dans le centre du Massif central durant la Préhistoire (Paléolithique, Mésolithique, Néolithique). Contribution à l'étude de la circulation des matières premières sur de longues distances. *Paleo* 20, 115–144.
- Surmely, F., Ballut, C., Texier, J.-P., Hays, M., Pasty, J.-F., Alix, P., Murat, R., Boudon, P., 2011. Le site gravettien ancien du Sire (Mirefleurs, Puy-de-Dôme) : données lithiques, chronologiques et sédimentaires. In: Goutas, N., Klaric, L., Pesesse, D., Guillermin, P. (Eds.), À la recherche des identités gravettiennes, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 6–8 octobre 2008). Société préhistorique française (mémoire 52), Paris, pp. 311–328.
- Taborin, Y., 1993. La parure en coquillage au Paléolithique. CNRS (XXIX supplément à Gallia Préhistoire), Paris (538 p.).
- Taborin, Y., 2004. Langage sans parole : la parure aux temps préhistoriques. La maison des roches, Paris (215 p.).
- Thiry, M., Fernandes, P., Milnes, A., Raynal, J.-P., 2014. Driving forces for the weathering and alteration of silica in the regolith: implications for studies of prehistoric flint tools. *Earth Sci. Rev.* 136, 141–154.
- Thompson, M., Bush, P.R., Fergusson, J., 1986. The analysis of flint by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, as a method of source determination. In: Sieveking, G.G., Hart, M.B. (Eds.), The scientific study of flint and chert. Proceedings of the fourth international flint symposium (Brighton, 10–15 April 1983). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 243–247.
- Tomasso, A., 2014. Territoire, système de mobilité et système de production. La fin du Paléolithique supérieur dans l'arc liguro-provençal. (Thèse) Université Nice Sophia-Antipolis et Università di Pisa (1069 p.).
- Torti, C., 1980. Recherches sur l'implantation humaine en Limagne au Paléolithique moyen et supérieur. (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle) Université Bordeaux-1 (270 p.).
- Torti, C., 1983a. Circulations paléolithiques : questions de longueur... et de prudence. *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 80 (2), 44–45.
- Torti, C., 1983b. Quelques données sur les sources et l'utilisation des matières premières dans le Massif central. *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 80 (8), 226–227.
- Torti, C., 1985. Les matières premières lithiques du Magdalénien ancien et terminal de la grotte du Rond-du-Barry (Haute-Loire). *Rev. Arch. Centre Fr.* 24 (2), 135–143.
- Trauth, N., Vilas-Boas, G., Thiry, M., Badaut, D., Eberhart, J.-P., 1978. Silex et chailles du Bassin de Paris. Modifications minéralogiques lors de leur altération. *Sci. Geol. Bull.* 31 (4), 173–183 (Strasbourg).
- Valensi, L., 1953. Microfossiles des silex du Jurassique moyen. Remarques pétrographiques. Société Géologique de France, Paris (100 p.).
- Valensi, L., 1955a. Étude micropaléontologique des silex du Magdalénien de St-Amand (Cher). *Bull. Soc. Prehist. Fr.* 52 (9), 584–596.
- Valensi, L., 1955b. Sur quelques microorganismes des silex crétacés du Magdalénien de Saint-Amand (Cher). *Bull. Soc. Geol. France* 6 (5), 35–40.
- Valensi, L., 1957. Micropaléontologie des silex du Grand-Pressigny. *Bull. Soc. Geol. France* 7, 1083–1090.
- Valentin, B., 1995. Les groupes humains et leurs traditions au Tardiglaciaire dans le Bassin parisien. (Thèse) Université Paris-1 Panthéon-Sorbonne (834 p.).
- Vialou, D., Vialou, A.V., 2012. Fressignes (Indre, France), campement des chasseurs solutréens aux limites de l'extrême septentrional. *Espacio Tiempo Forma Serie I Nueva epoca Prehist. Arqueol.* 5, 207–221.
- Virmont, J., 1981. Le bassin de l'Allier au Paléolithique supérieur. Industries et phases de peuplement. (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle) Université Aix-Marseille (378 p.).
- Weymouth, J.H., Williamson, W.O., 1951. Some physical properties of raw and calcined flint. *Miner. Mag.* 29, 573–593.



*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-B•••••,•••••  
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 microfaciès 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 géologiques (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 conservées 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.

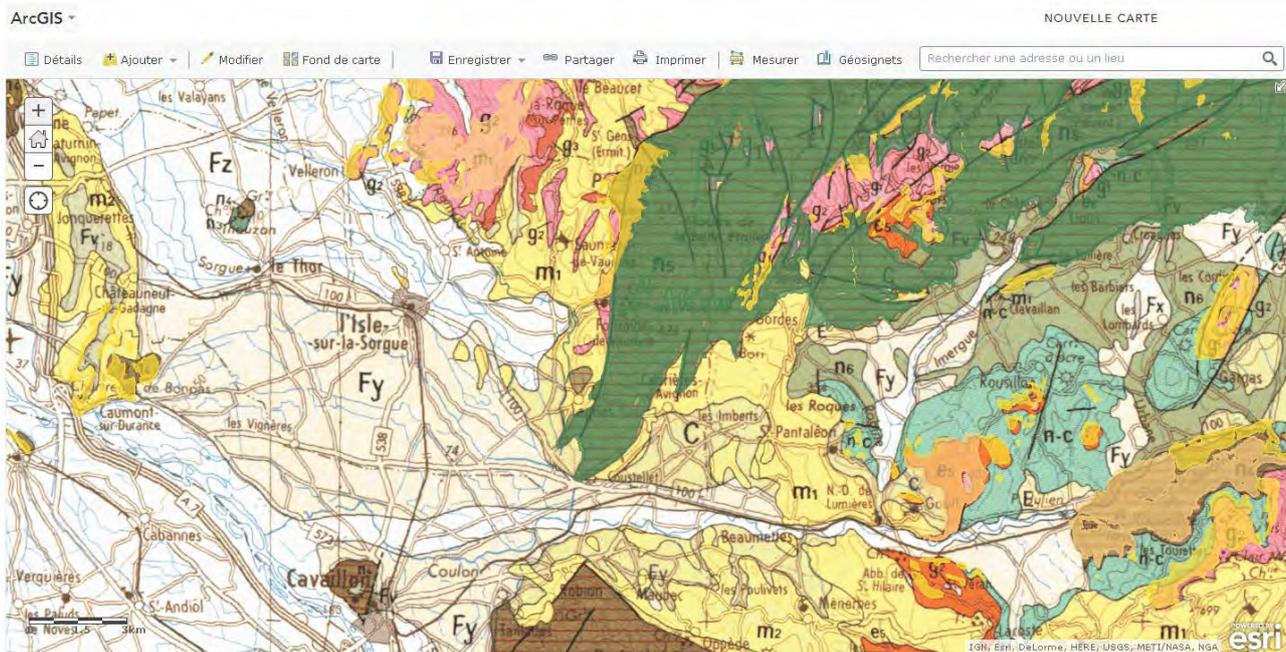
Nous avons choisi de numériser les zones de formation à silex sur la carte géologique au 1/50 000 du BRGM. C'est elle qui offre la plus grande échelle et donc le maximum de précision (fig. 2).

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 levés 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).**

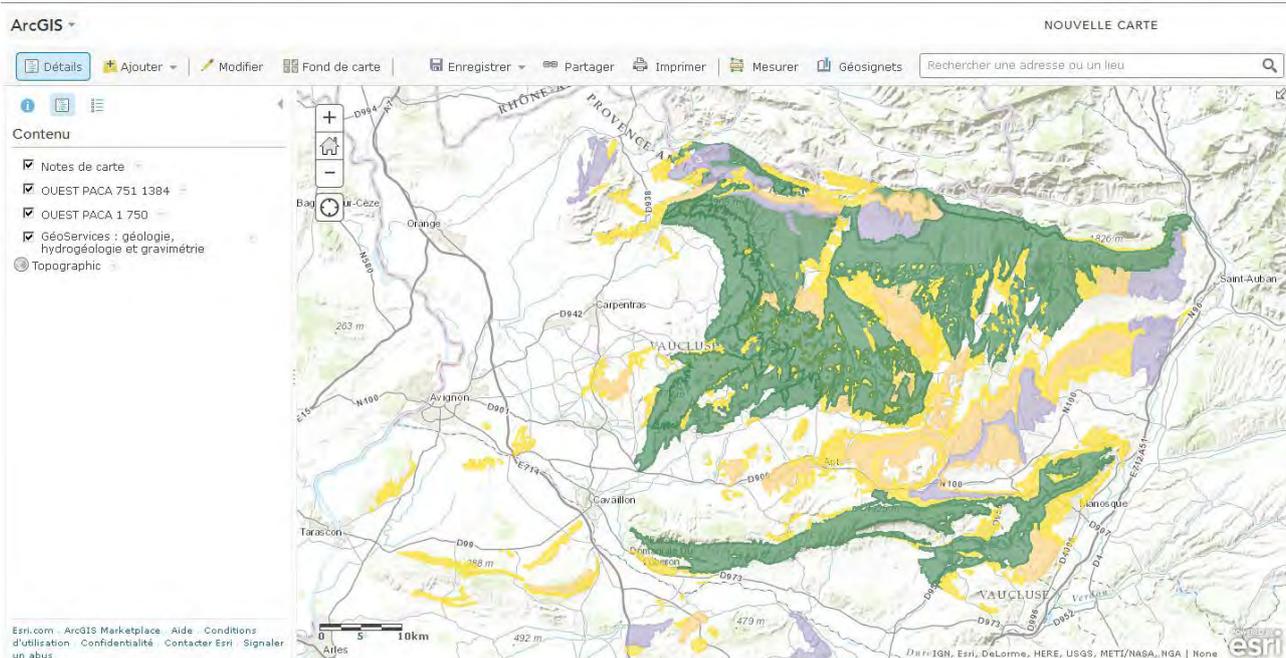
*Fig. 1 – Example of formation limits drawn from one of the BRGM mapping webservice (Infoterre, geological map of France 1:250,000).*

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.*

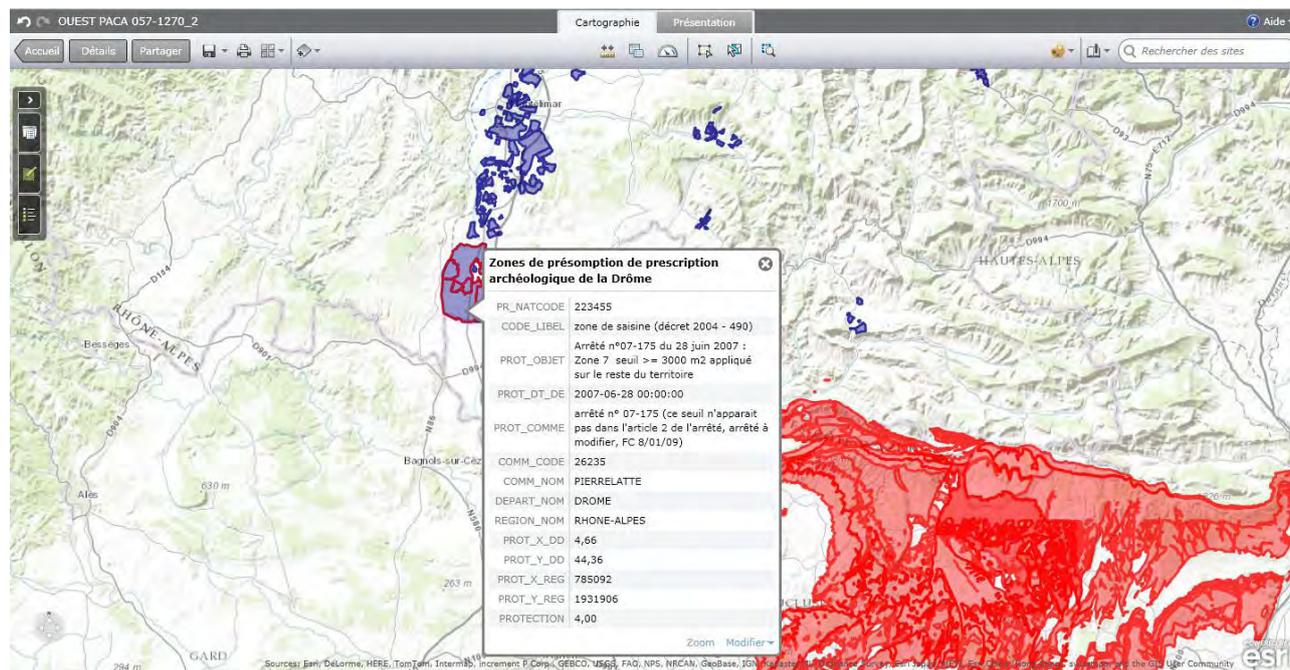


Fig. 3 – Affichage en rouge des formations à silex inventoriées et saisies par le PCR. Affichage en bleu des zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA) de l'« Atlas des patrimoines » du MCC dans le département de la Drôme. Affichage des données attributaires d'une des ZPPA sur la commune 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 ré-exploitées 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

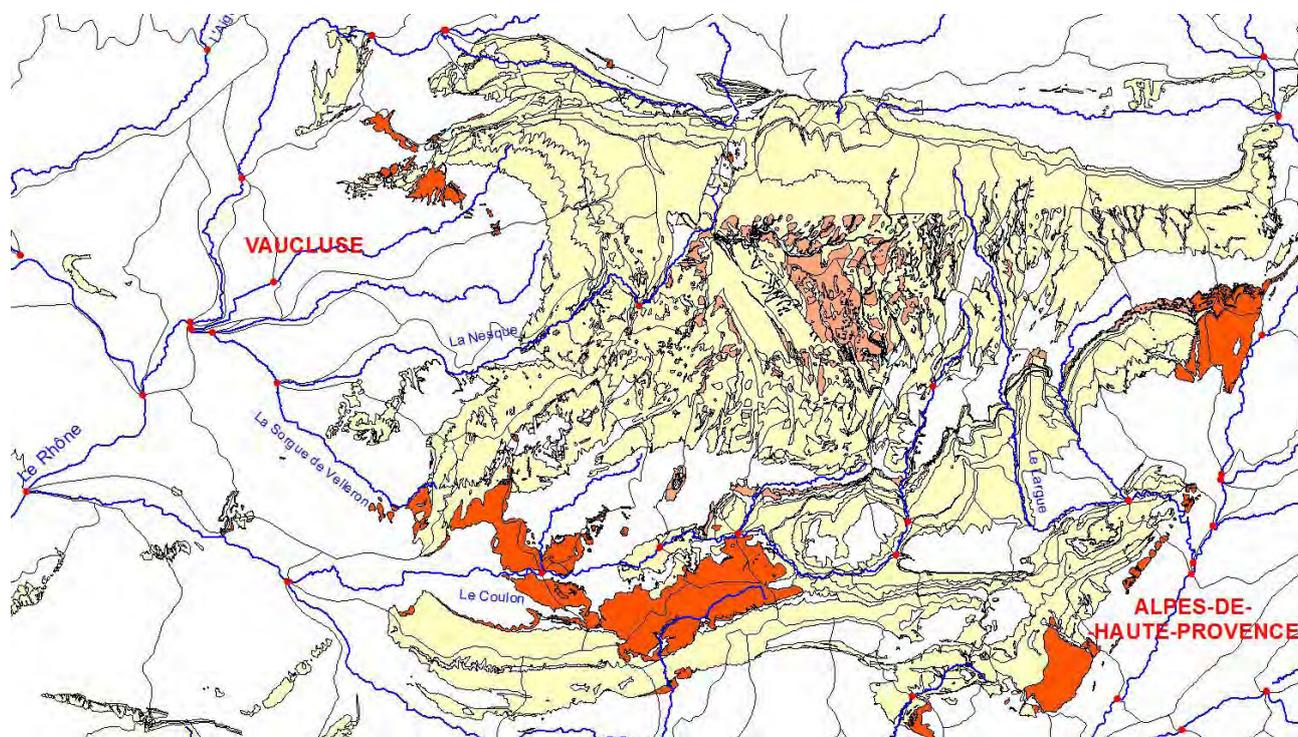


Fig. 4 – Cartographie des formations (polygones jaunes pour les formations à silex autochtones, roses pour les formations à silex subautochtones et orange pour les formations à silex allochtones) des massifs du Ventoux, d'Albion, de Lure, du Lubéron et du bassin d'Apt-Forcalquier. Les bassins versants (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 fluviaux 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.

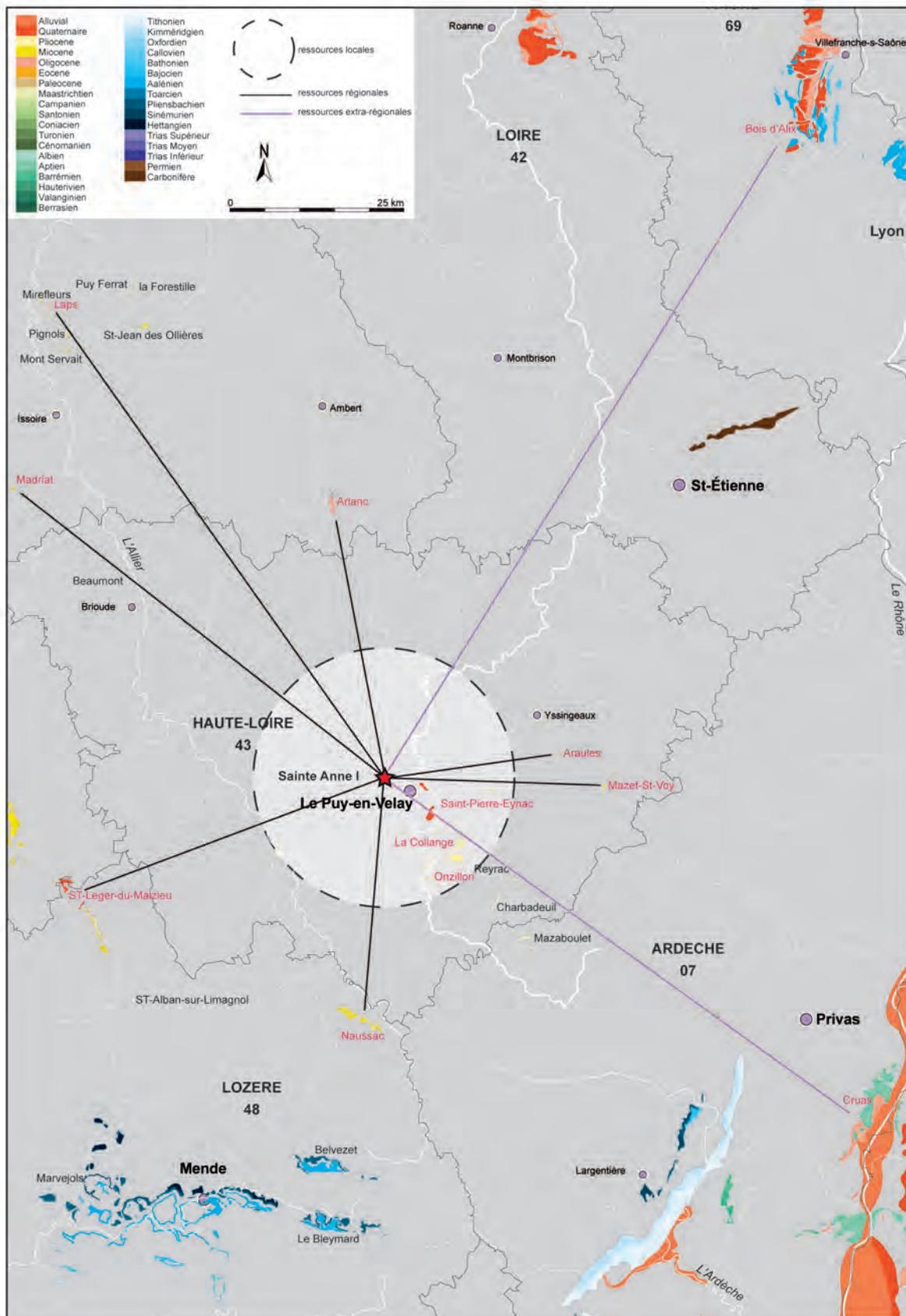


Fig. 5 – Domaine maximum de subsistance borné par les sources de matières premières pour les occupations du Paléolithique moyen ancien de la grotte de Sainte-Anne 1 (Polignac, Haute-Loire).

Fig. 5 – Maximum subsistence area delimited by the raw-material sources for the Early Middle Palaeolithic occupations of the Saint-Anne 1 cave (Polignac, Haute-Loire).

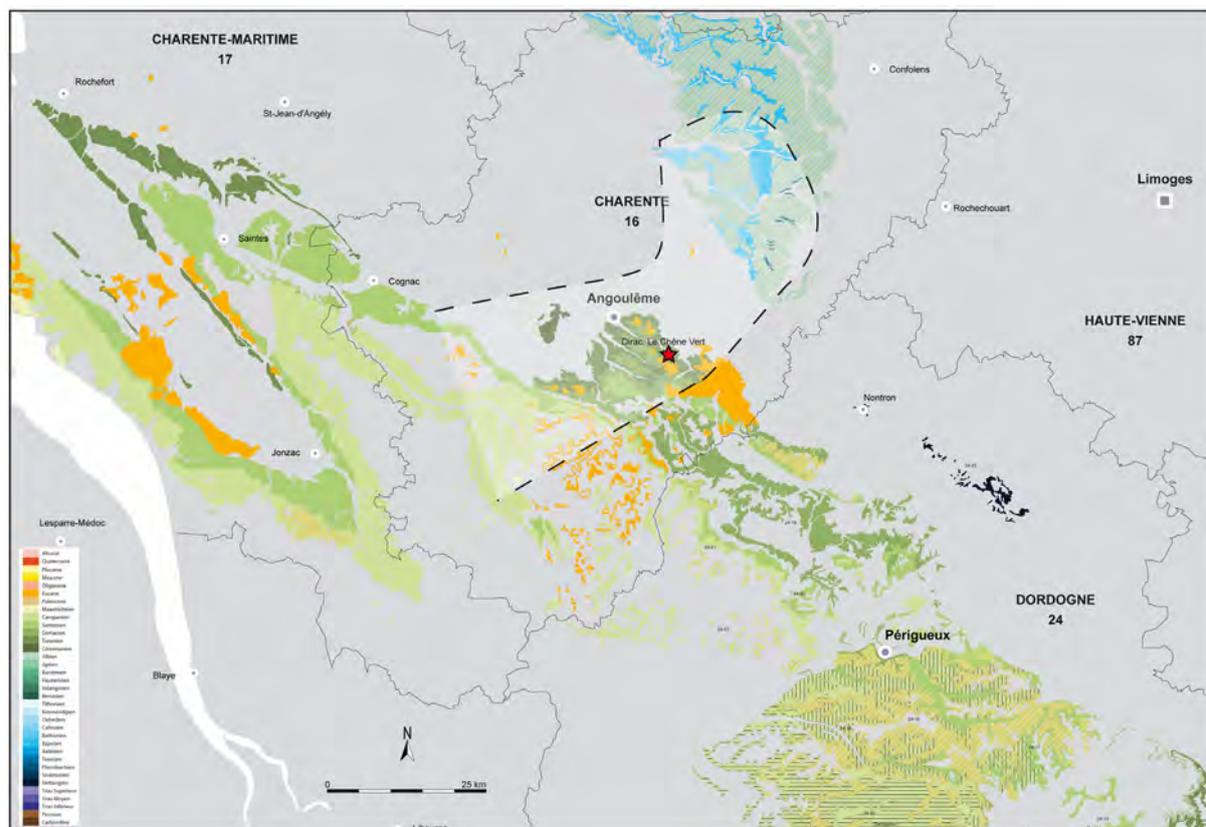


Fig. 6 – Domaine maximum de subsistance borné par les sources de matières premières pour les occupations du site moustérien du chêne Vert (Dirac, Aquitaine).

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 SÉNONIEN 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

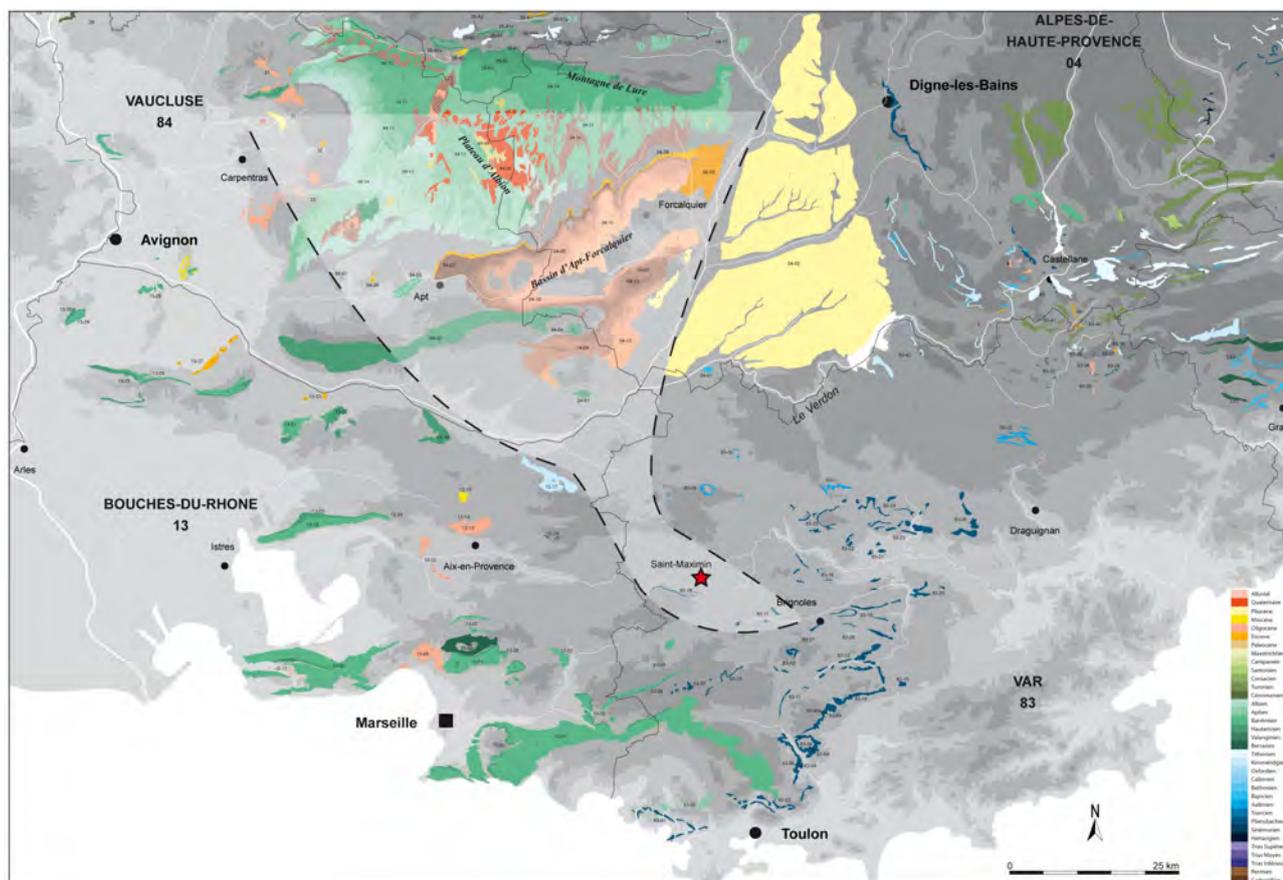


Fig. 7 – Domaine maximum de subsistance borné par les sources de matières premières pour les occupations du site du Clos de Roque (Saint-Maximin-la-Sainte-Baume, Provence-Alpes-Côte d'Azur).

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 siliceuses: 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<sup>es</sup> 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 Flaageolet 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) – *Pétraarchéologie des matériaux siliceux 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 pétraarchéologie 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 pétraarchéologie, *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., LIABEUF R., 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., LIABEUF R., 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 Diables 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 Diables 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<sup>e</sup> 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



*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 radiocarbone 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<sup>e</sup> au III<sup>e</sup> 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 Beaufortin 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.

**L**ES ALPES sont connues des minéralogistes pour l'abondance des ressources en cristal de roche, sous différentes formes (Meisser et Meisser-Isenring, 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  $\text{SiO}_4$  : 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 (1700-2150 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 chronoculturel (Thirault, 2013) qui complète les données déjà publiées (Brisotto, 1998 et 1999 ; Baroni, 2003 ; Honegger, 2001). Nous en synthétisons ici les principaux résultats :

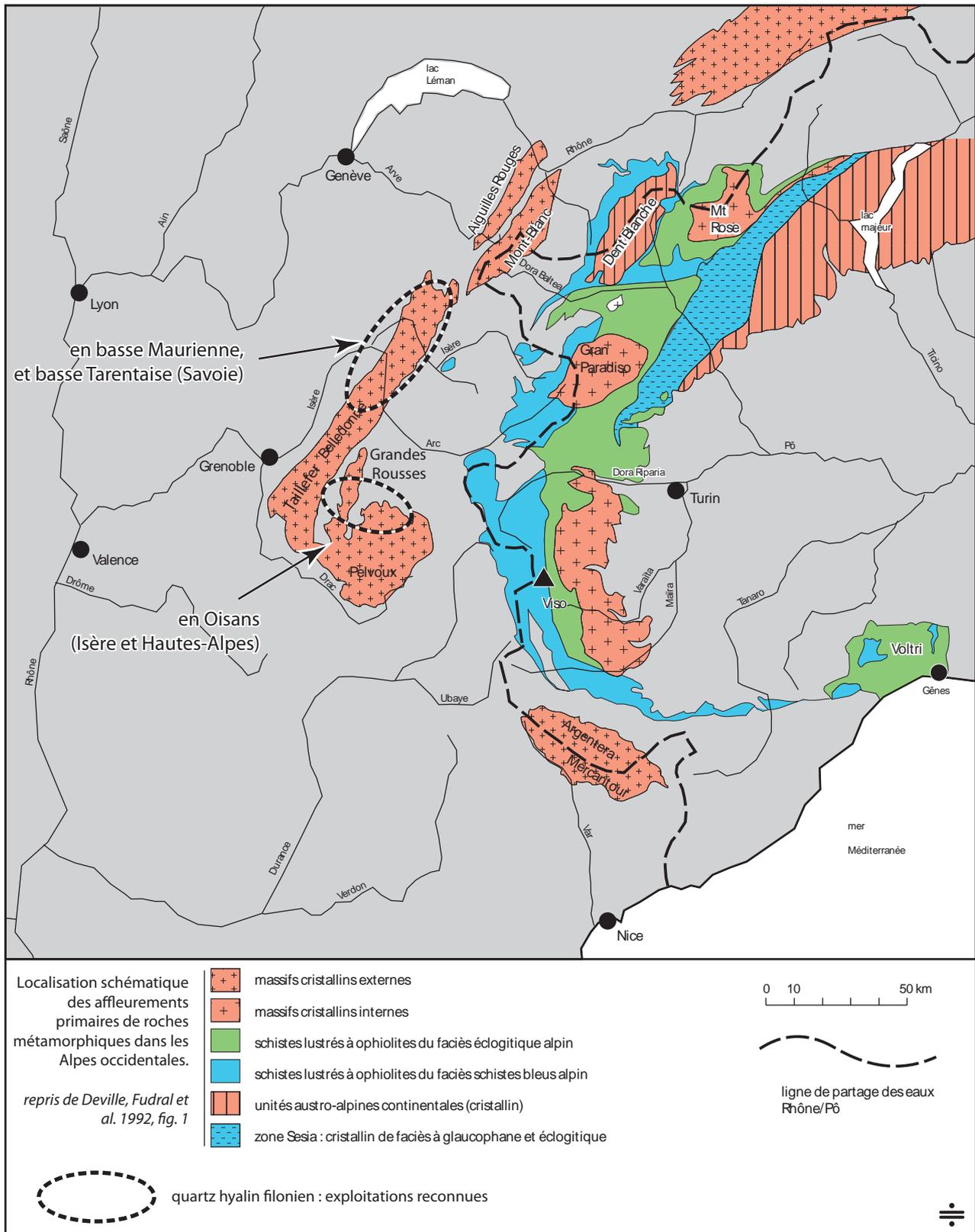


Fig. 3 – Les exploitations de quartz hyalin filonien reconnues à ce jour dans les Alpes occidentales : report sur fond géologique simplifié (carte É. Thirault).

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 pré-alpines 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 arythmie 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, arythmie 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.

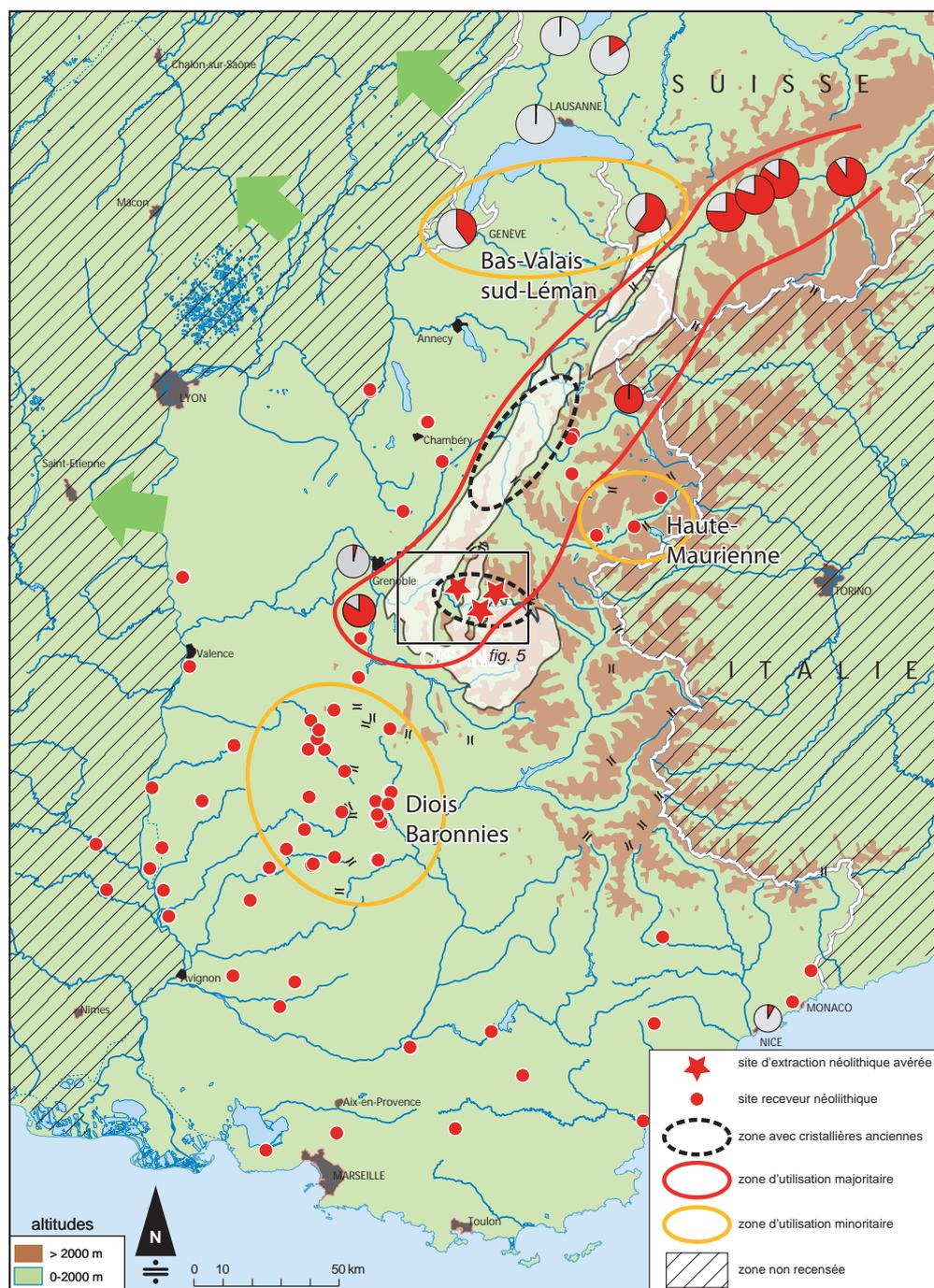


Fig. 4 – Carte interprétative de la circulation du quartz hyalin au Néolithique. Ne sont mentionnés que les sites ayant livré du quartz hyalin débité, avec indication de la proportion de quartz par rapport à l'ensemble du lithique taillé, quand les données sont disponibles. Inventaire des sites repris 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<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles (Rostan, 2005). Deux cristallières sont même portées sur la carte de Cassini, au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Pourtant, des mentions dans les archives laissent penser à une plus grande ancienneté de ces exploitations, peut-être dès le XV<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> au II<sup>e</sup> 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 maniée 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<sup>e</sup> 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.

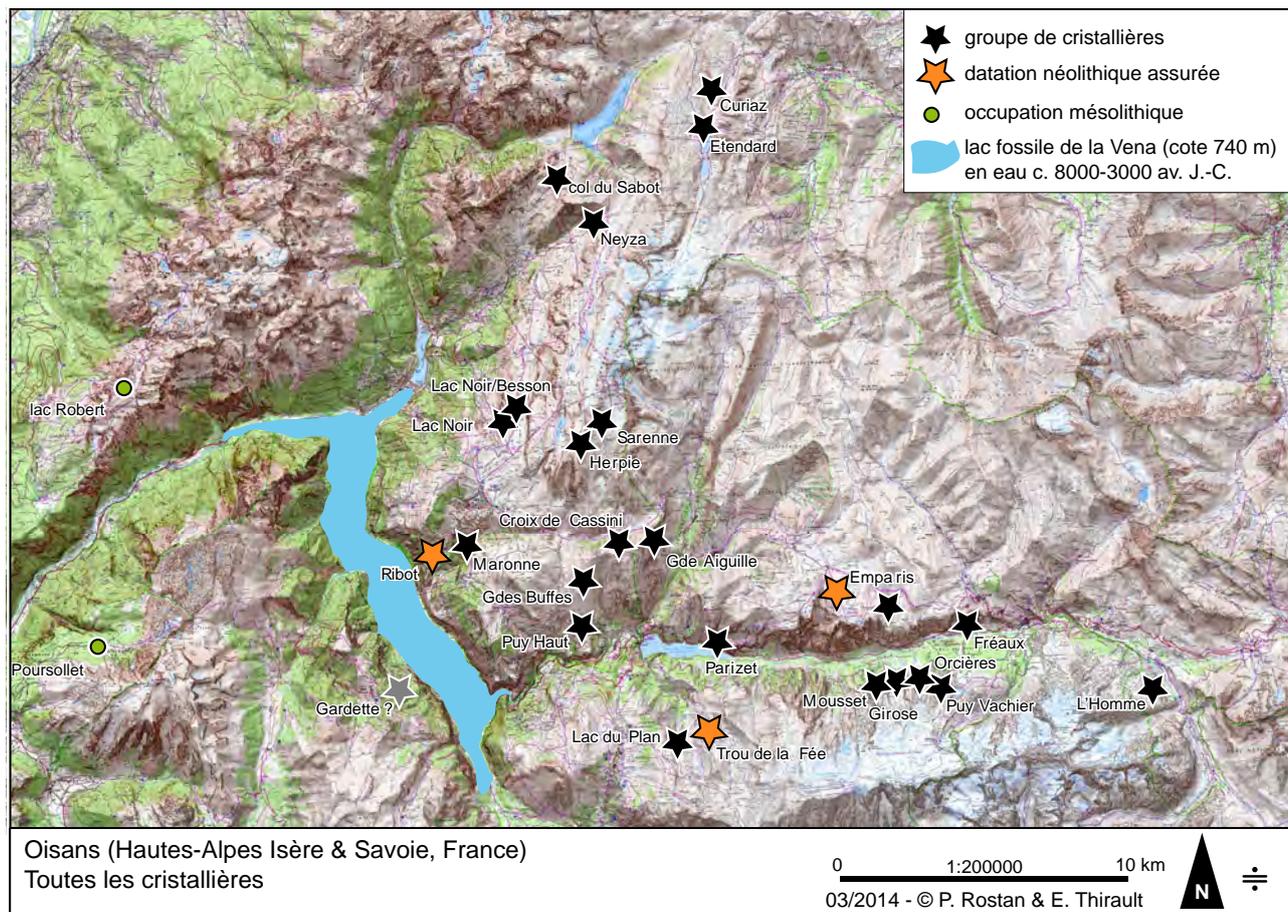


Fig. 5 – Cartographie des cristallières en Oisans. État des prospections en 2014 (prospections P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault, J. Vital). Inventaire en fig. 6.

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 <sup>s</sup> cotés	Altitude	Vidange cavités	Fosses	Feu	Poudre/barre à mine/pointerole	Travaux technique indét.	Autre	Référence	Notes
Clavans	La Grande Aiguille	3	1430-1650			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 Gard	Marornes	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, tranchée, 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, tranchées, galerie		attaque, tranchée		aire de tri	Rostan prosp. 2004	
La Grave	plateau d'Emparis secteur des lacs Cristallins	29	2340-2400	vidanges	fosses, gratages, tranchées	fosses ?, galerie		grande cavité géodique (4 x 6 m) vidée	aires de tri	Rostan prosp. 2004	
La Grave	Puy Vachier	4	2483	2 vid.	fosses	cavité	tranchée	extractions non localisées	haldes	Rostan prosp. 2003	
La Grave	Rif de la Girose	11	1900-2760	vidanges		attaque, galerie	attaques, galeries			Rostan prosp. 2002	
La Grave	Rif de l'Orcières	4	> 2000	vidanges						Rostan prosp. 2002	
Le Freney	La Croix de Cassini	4	1935-2370			galerie	galeries	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 remblayées	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, granchées, galeries (dont une de 8 m de L)			aires de tri / haldes	Rostan prosp. 2003	
Villar d'Avène	Montagne de L'Homme	3	1820-2220				? Amorce galerie	filons : pas de travaux trouvés, mais possible		Rostan prosp. 2003	recoupe galerie ancienne ?
Mizôën	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	plusieurs	2130-2150		fosses					Rostan inédit puis Moulin Thirault Vital prosp. 2009	
Saint-Sorlin-d'Arves	refuge de l'Etiendard	1	2460		fosse	1 taille		galerie triangulaire	halde en contrebas avec O rubefié 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.

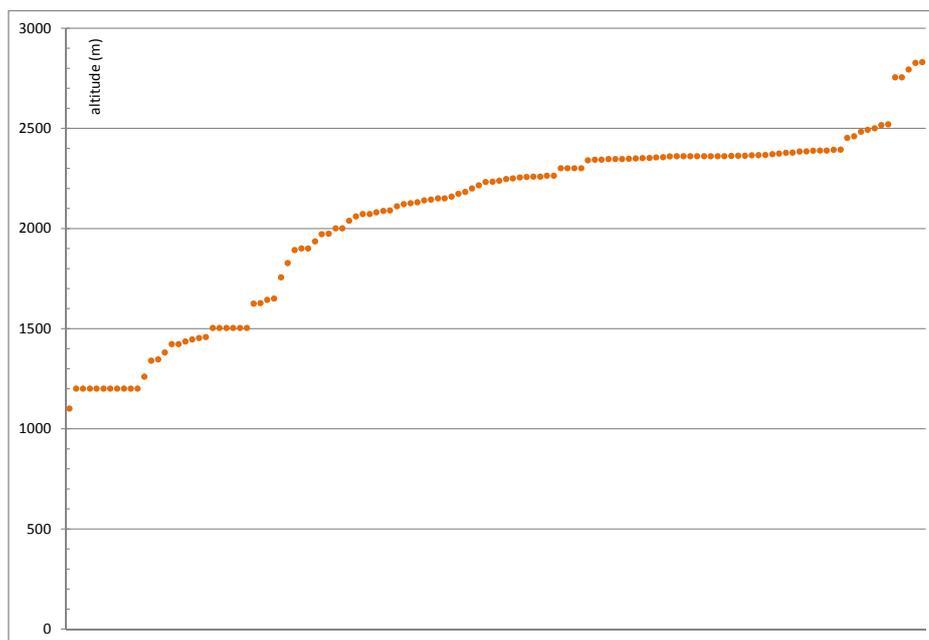


Fig. 7 — Répartition altitudinale des cristallières reconnues en Oisans. Prospections de P. Rostan, B. Moulin, É. Thirault et J. Vital. Données en fig. 6.

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'abattage 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-

A



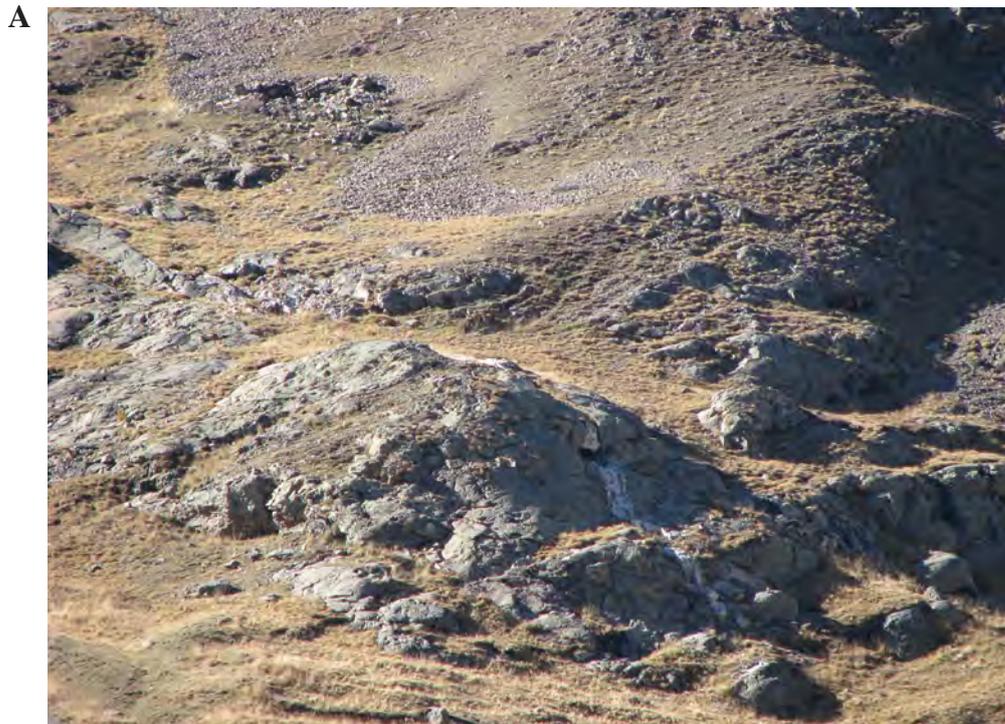
B



C

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  $^{14}\text{C}$  a été réalisée sur des charbons de bois issus des haldes de cette exploitation (Lyon-5295(OxA) =  $4005 \pm 30$  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) =  $4005 \pm 30$  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

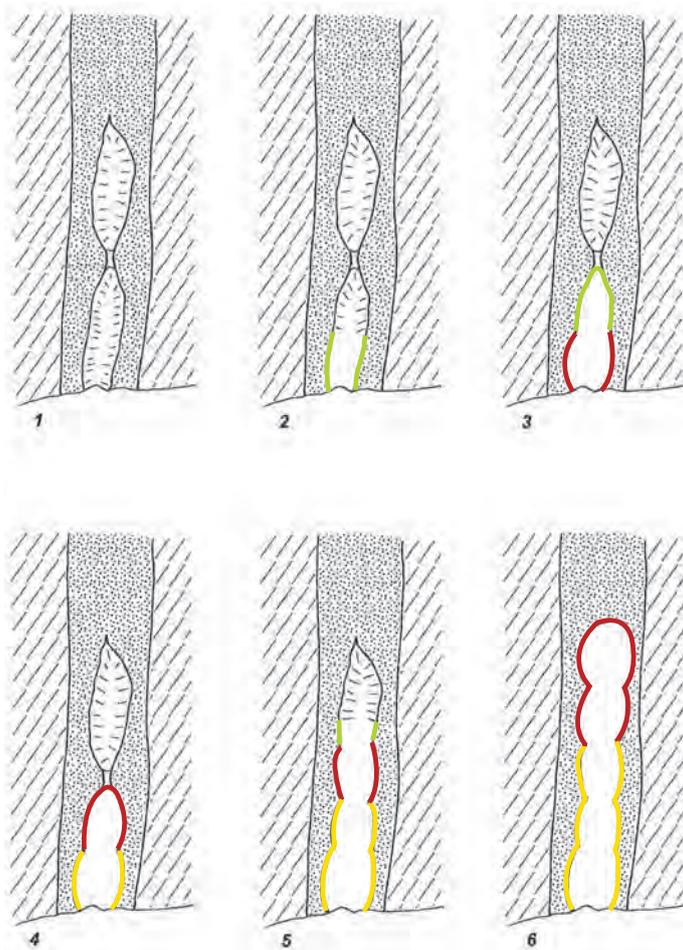


Fig. 10 – Le principe de la taille au feu dans un gîte à cristal, d'après Rostan 2007, fig. 2. 1 : gîte naturel : des cavités géodiques sont développées en chapelet à l'intérieur du filon de quartz ; 2 : première extraction : vidange de la cavité visible en surface ; 3 : agrandissement de l'ouverture 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.

A



C

B



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, n<sup>os</sup> 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.

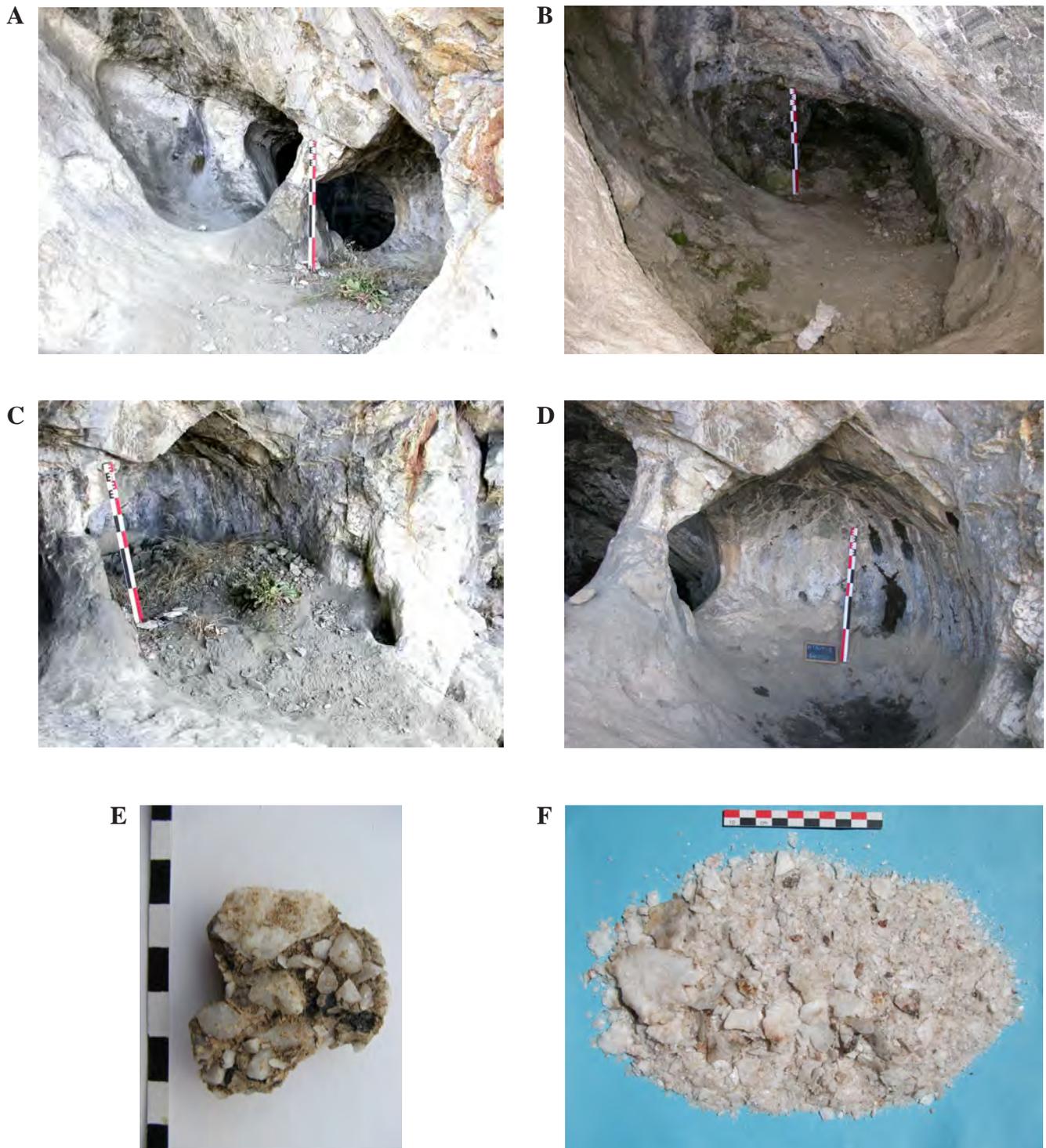


Fig. 13 – Le Ribot 1 à Huez-en-Oisans, exploitation néolithique avérée. A : vue de la galerie depuis l'entrée, automne 2006. Les alvéoles produites par la taille au feu sont ici bien visibles ; B : vue du fond de la galerie ; C et D : l'alvéole à droite de l'entrée, vue en 2006 avant fouille et en 2008 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) :  $5300 \pm 40$  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):  $5300 \pm 40$  BP.

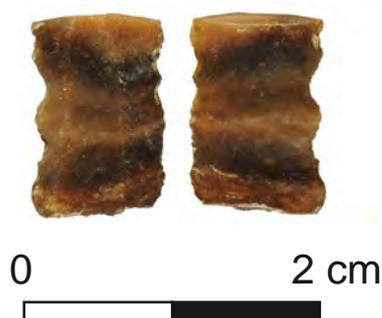


Fig. 14 – Le Ribot 1, lamelle de silex découverte dans l'alvéole de l'entrée.

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) :  $6185 \pm 35$  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 (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):  $6185 \pm 35$  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 (éponte), 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 oisans, 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 :

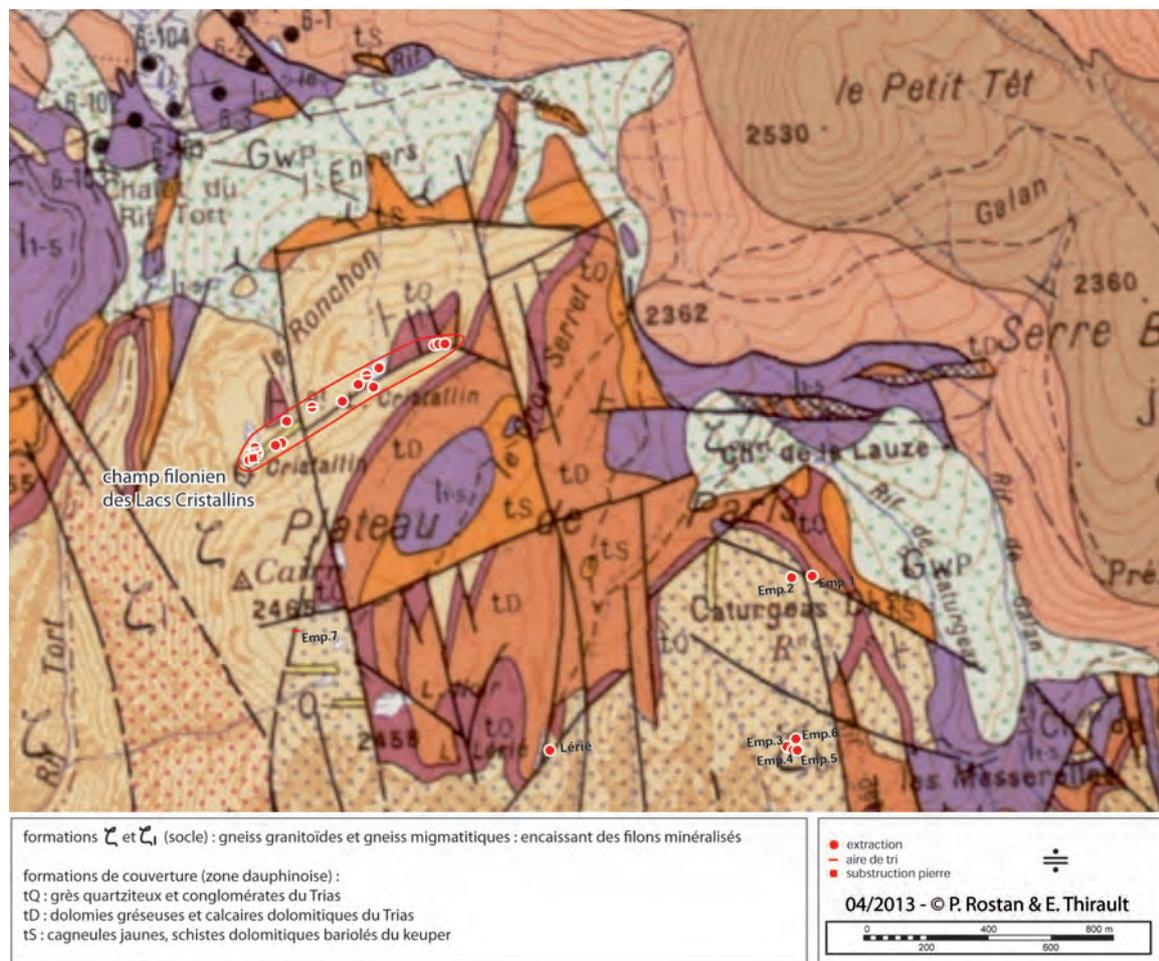


Fig. 19 – Report des extractions de quartz hyalin du plateau d’Emparis sur fond géologique. Prospections P. Rostan, fond issu de [www.infoterre.fr](http://www.infoterre.fr) (données BRGM). Le report est effectué à la main et demeure approximatif (DAO É. Thirault).

Fig. 19 – Mapping of the Emparis plateau hyaline quartz extractions on a geological background. Prospecting P. Rostan, background map provided by [www.infoterre.fr](http://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 m<sup>3</sup> ; 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 percutés 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 l'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 néo-cortex 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

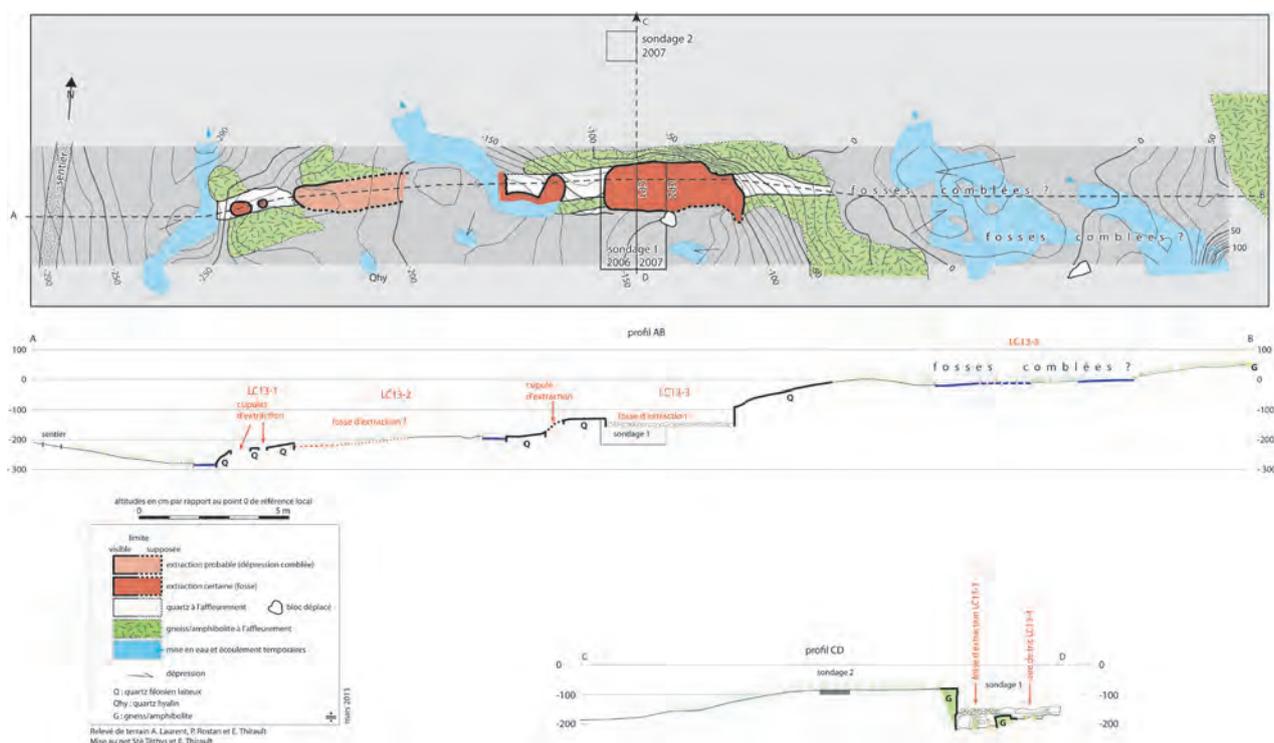


Fig. 21 – Emparis à La Grave, secteur des lacs cristallins, le filon LC13, relevé en plan du secteur sondé.

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-halde 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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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, 1 200-2 360 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<sup>e</sup> 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 2006 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<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle.

### Modalités de préparation des cristaux pour l'empport

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'empport des cristaux.

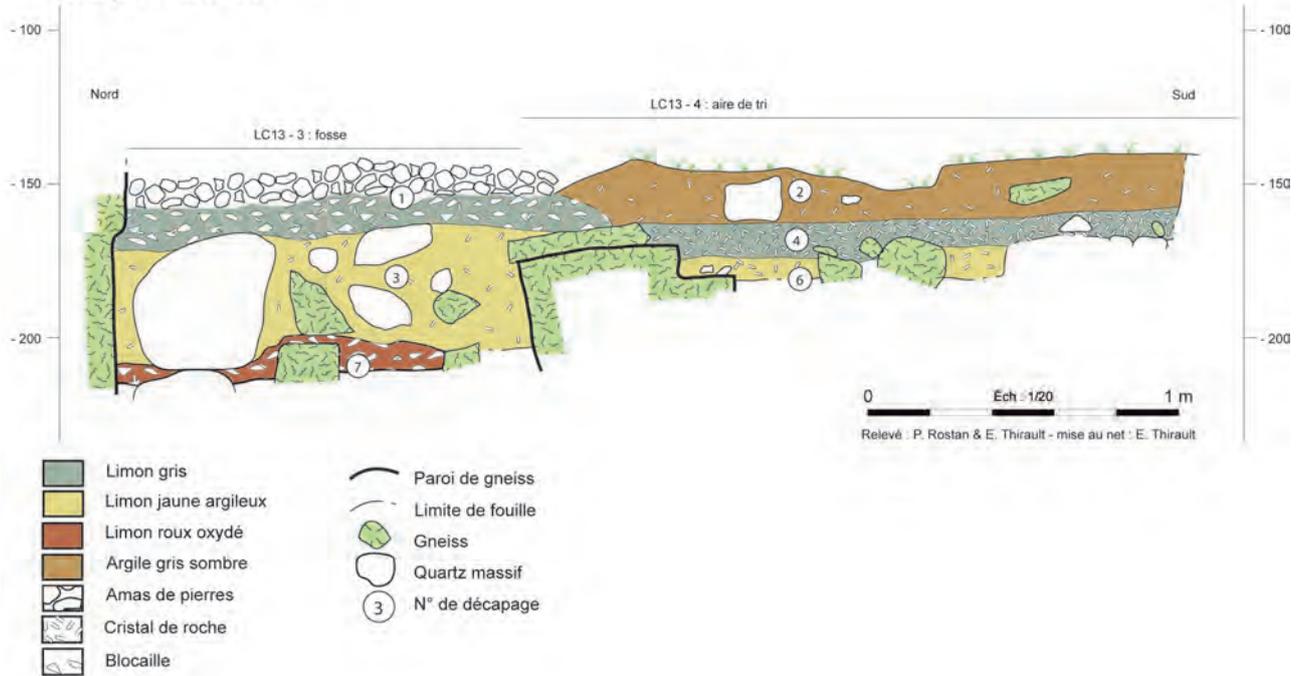
Les cristaux retrouvés en fouille peuvent être classés en trois catégories (fig. 26) :

– 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 :

**A**

La Grave - plateau d'Emparis 2006  
Cristallières des Lacs Cristallins  
LC13 - 3/4  
Sondage 1 - Coupe Est



**B**

La Grave - plateau d'Emparis 2007  
Cristallières des Lacs Cristallins  
LC13 - 3/4  
Sondage 1 - Coupe Est

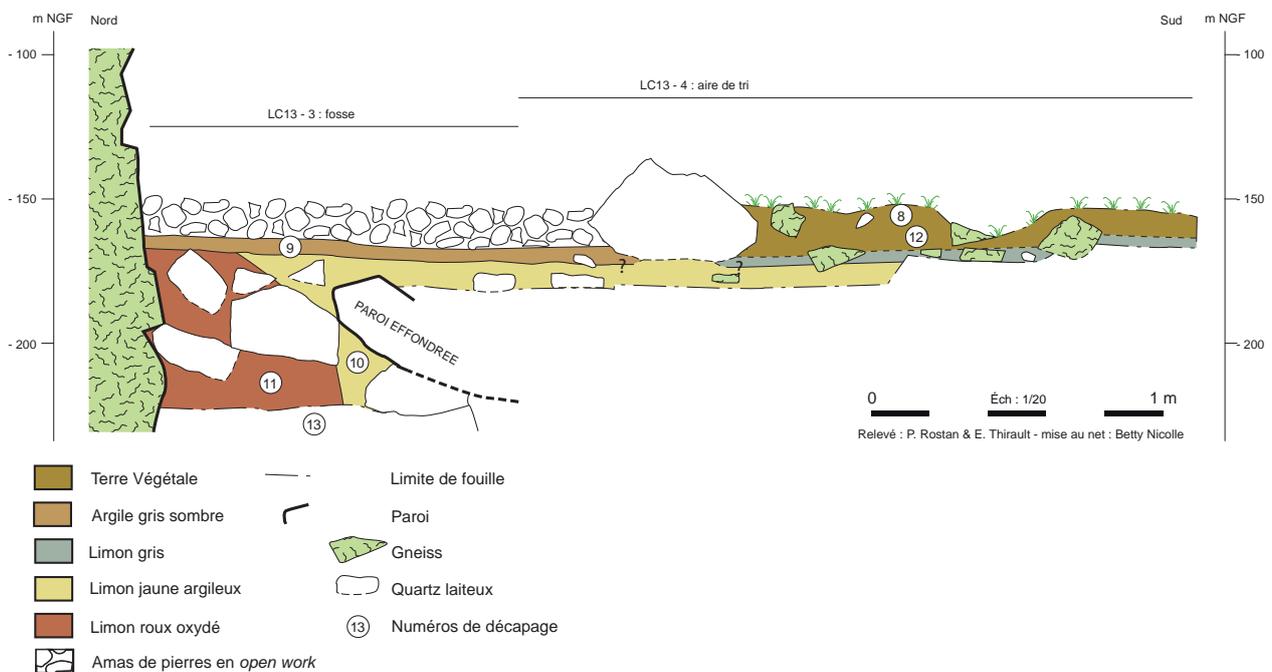


Fig. 23 – Emparis à La Grave, secteur des lacs cristallins, le filon LC13, l'extraction LC13-3 et l'aire de tri LC13-4, coupes transversales. A : coupe 2006; B : coupe 2007. Localisation en fig. 21.

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.

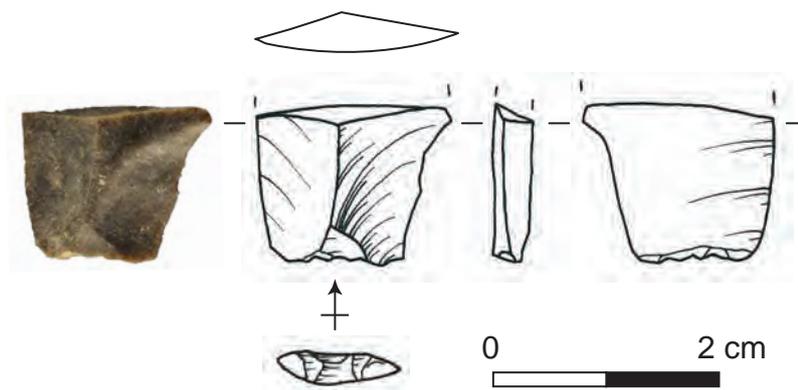


Fig. 24 : Emparis à La Grave, secteur des Lacs Cristallins, LC13-4, sondage 1. Le seul silex taillé mis au jour, trouvé lors du tamisage des déblais du piochage intempestif survenu durant l'été 2007 (dessin É. Thirault).

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.

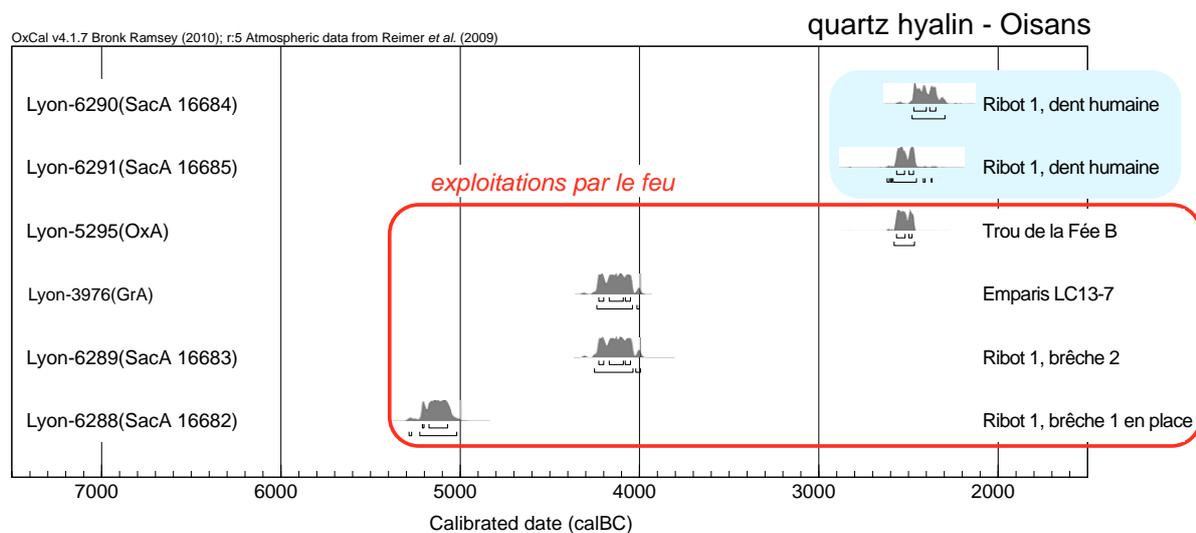
L'examen de la totalité du mobilier découvert en 2006 et 2007 permet de proposer, de manière encore préliminaire, l'existence de dix-neuf types d'altération et d'enlèvements différents, décrits dans la figure 26. Leur répartition selon les décapages, non quantifiée, est rendue sous forme de tableau (fig. 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	crystallière 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 radiocarbone 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 ;

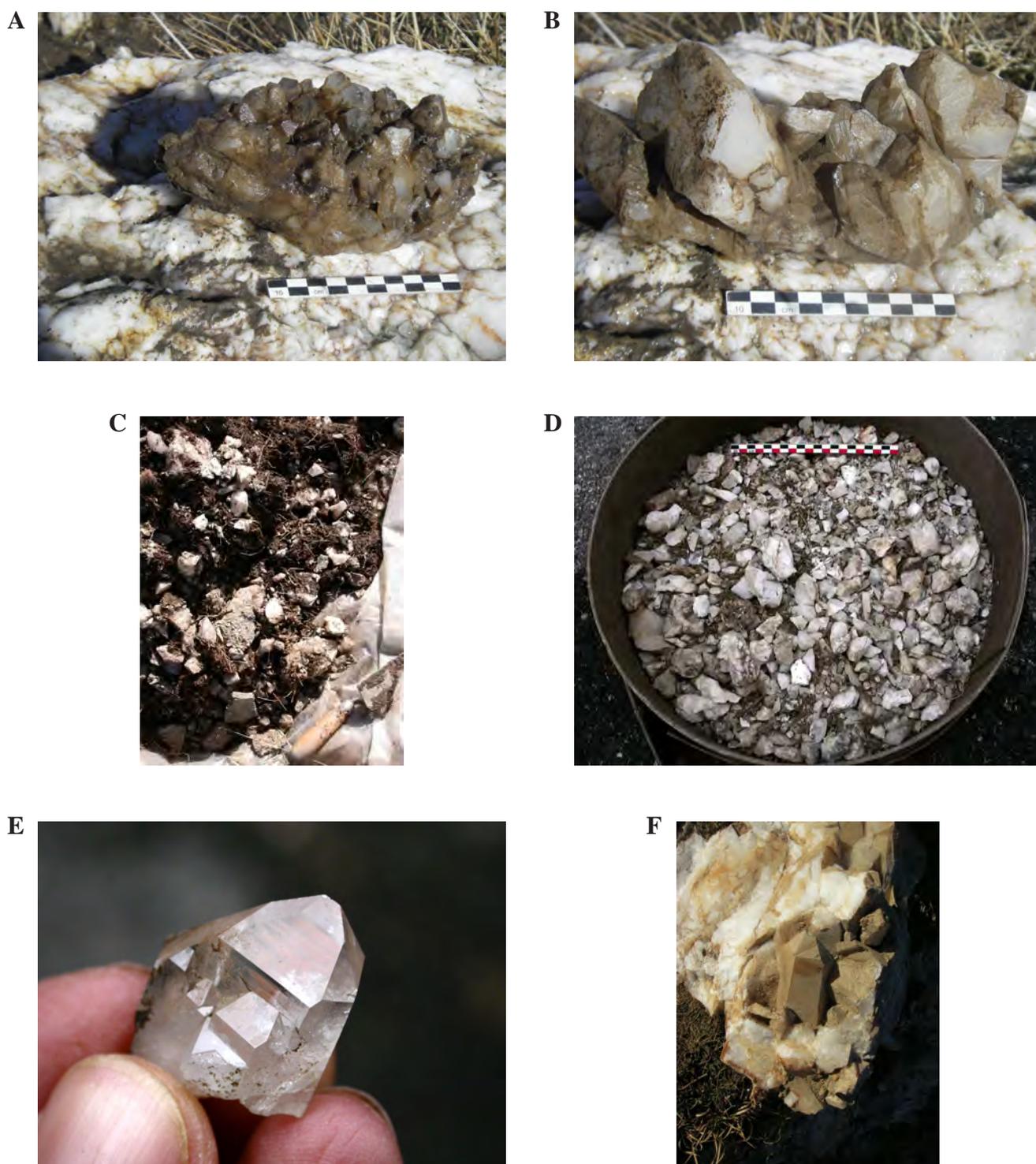
– présence de négatifs d'enlèvement sur la face supérieure de direction identique ou différente à celle de l'enlèvement, ou de direction indéfinissable (types 15 et 16). Là encore, d'après la position de l'éclat dans le cristal, il y a eu des enlèvements antérieurs.

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).

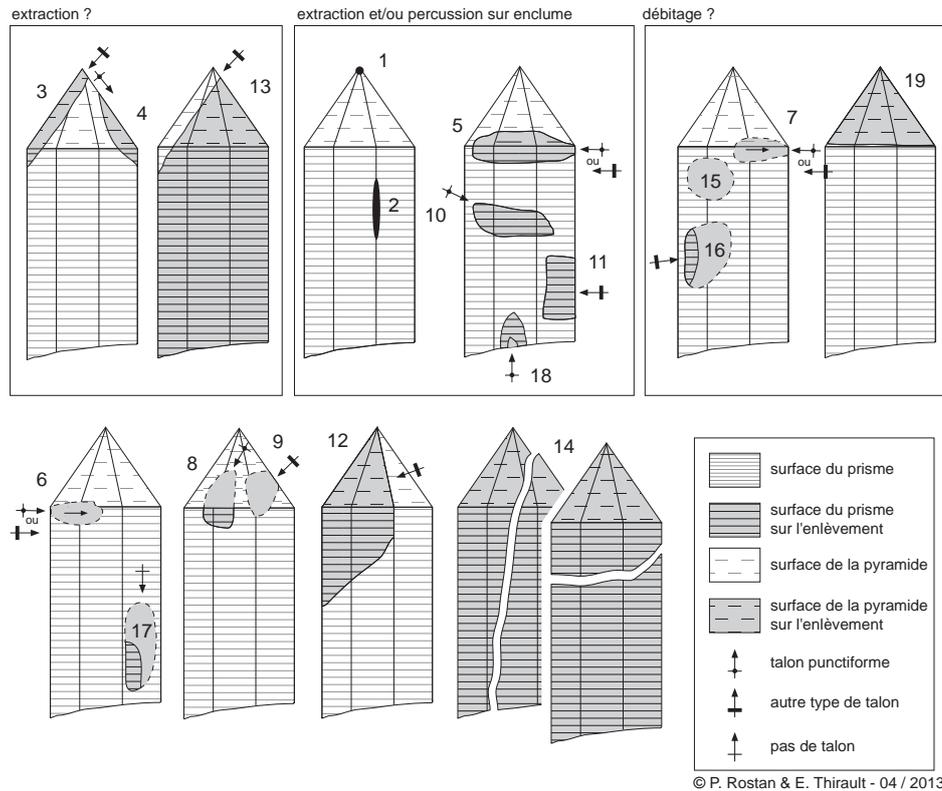
Les éclats de pyramide nécessitent un commentaire particulier (types 3, 4 et 13). Ce type d'éclat, présent de façon systématique, doit être rapporté à une pression exercée directement sur la pointe du cristal sans qu'il existe de plan attribuable à un débitage intentionnel préalable. Ces éclats très 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).*



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 épaisse 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 ou 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-



disponibles. Rappelons qu'aujourd'hui, en Oisans, il faut monter à 3 000 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 1 400 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<sup>e</sup> millénaire av. J.-C.), seules les données des Balmes à Sollières, en Haute-Maurienne, sont pertinentes, avec des dépôts de limons de bergerie, à 1 400 m d'altitude, et rien ne permet de dire que les troupeaux aient pâturé 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). Quoi qu'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<sup>e</sup> 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 1 200 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 1 100 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 1 400 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, Vêrane 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. Rolland. 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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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<sup>es</sup> 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., MARQUEBIELE 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<sup>es</sup> 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. Ravanel (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) – *Pétrographie 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 neolithiques 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 »  
[ericthirault@hotmail.com](mailto:ericthirault@hotmail.com)



### 3. Nouvelles des autres PCR «Réseau de lithothèques»

Depuis 2016, nous avons développé deux nouveaux PCR « réseaux de lithothèques » - l'un en région Centre-Val-de-Loire et l'autre en Nouvelle Aquitaine - se fondant sur les acquis et expériences des 10 ans du PCR « Réseaux de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes ». Nous en présentons ci-dessous les notices BSR.

#### NOTICE AU BULLETIN SCIENTIFIQUE RÉGIONAL 2016

**Nom d'auteur :** Delvigne V.1-2, Angevin R.3-4, Fernandes P.2-5, Lethrosne H.6-7

1. Fondation Fyssen, Service de Préhistoire, Université de Liège, place du XX août, Liège, Belgique
2. UMR 5199 – PACEA, Université de Bordeaux, bâtiment B8, allée Geoffroy Saint Hilaire, 33 615 Pessac Cedex.
3. Ministère de la culture et de la communication, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, 4 rue Pascal, 63000 Clermont-Ferrand.
4. UMR 7041 – ArScAn – ANTET, Maison de l'archéologie et de l'ethnologie, 21 allée de l'Université, 92023 Nanterre.
5. SARL Paléotime, 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard, 38350 Villard-de-Lans.
6. INRAP - Centre-Île de France, 525 avenue de la pomme de pin, 45590 Saint-Cyr-en-Val
7. UMR 8215 – Trajectoire, Maison de l'archéologie et de l'ethnologie, 21 allée de l'Université, 92023 Nanterre.

**Numéro d'arrêté d'autorisation :** 16/0050.

**Responsable d'opération :** Vincent Delvigne (Service de Préhistoire, Université de Liège et UMR 5199-PACEA, Université de Bordeaux)

**Nature de l'opération :** Projet collectif de recherche (PCR), du 01-06-2016 au 31-12-2018.

**Couverture géographique :** région Centre-Val-de-Loire.

**Mots-clés du thésaurus :** matière première, méthodologie, silex, extraction du silex, cartographie, territoire, comportement social.

**Chronologie :** Préhistoire, Paléolithique, Paléolithique inférieur, Paléolithique moyen, Paléolithique supérieur, Épipaléolithique et Mésolithique, Mésolithique ancien, Mésolithique récent, Mésolithique final, Néolithique, Néolithique ancien, Néolithique moyen, Néolithique final, Néolithique récent, Chalcolithique, Protohistoire, Âge du Bronze, Bronze ancien, Bronze récent, Bronze final, âge du Fer, Hallstatt, Premier âge du Fer, La Tène, Second âge du Fer.

**Peuples et cités :** cultures du Paléolithique, cultures du Paléolithique moyen, cultures du Paléolithique supérieur, Néolithique-Chalcolithique.

**Keywords :** raw material, methodology, flint, extraction of flint, cartography, territory, Prehistory, Lower

Palaeolithic, Middle Palaeolithic, Upper Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Early Neolithic, Middle Neolithic, Late Neolithic, Neolithic-Chalcolithic, Protohistory, Bronze Age, Early Bronze Age, Late Bronze Age, Late Bronze Age I, Late Bronze Age II, Late Bronze Age III, Iron Age, Hallstatt, Iron Age (first period), La Tène, Iron Age (second period), Palaeolithic cultures, Middle Palaeolithic cultures, Upper Palaeolithic cultures, Neolithic-Chalcolithic.

**Titre :** Réseau de lithothèques en région Centre-Val-de-Loire.

### Résumé

Le PCR « Réseau de lithothèques en région Centre - Val de Loire » s'inscrit dans une perspective de recherche sur les modes d'exploitation des ressources minérales et sur la territorialité des groupes humains préhistoriques à l'échelle nationale. Dans ce contexte, la caractérisation précise des ressources fixes – et notamment des roches siliceuses – revêt un intérêt particulier en ce qu'elle permet de dessiner des espaces parcourus et, couplée à la technologie lithique, d'identifier des modes de transport des artefacts. Ces réalités renseignent sur les formes sociales et les régimes de mobilité des groupes humains, permettant de matérialiser des processus d'interaction qui mettent parfois en jeu des entités culturelles perçues comme distinctes.

Dans le sillage des découvertes d'ateliers de taille de grandes lames qui suscitèrent, très tôt, un vif intérêt pour les silex de la région, la région Centre-Val de Loire a depuis longtemps servi de moteur à la réflexion sur la diffusion du silex. Malgré la qualité des travaux, le constat d'être parvenu à un palier est largement partagé. Il persiste des difficultés pour établir de véritables corrélations entre l'objet archéologique et le référentiel géologique, rendant impossible toute détermination de la source de certains matériaux représentés dans les séries archéologiques. En réponse à cette problématique le PCR développe trois missions :

- Mission 1 : Inventaire, développement et enrichissement de l'outil lithothèque.
- Mission 2 : Vers une vision renouvelée des types de silex.
- Mission 3 : Diffusion des connaissances.

Outre l'inventaire bibliographique et historiographique des formations à silex de la rive gauche du Cher, cette première année (2016) a vu l'établissement du réseau d'acteurs qui constitue le PCR et dont l'illustration la plus palpable est la mise en commun des données relatives aux lithothèques déjà existantes : Musée du Grand-Pressigny, association Archéo-Logis de Laussonne (Haute-Loire), Université Paris X - Nanterre, laboratoire PACEA de l'Université de Bordeaux, DRAC de Poitiers, DRAC de Clermont-Ferrand et INRAP Orléans. À cet égard, nous avons pu commencer à bâtir le modèle de SIG qui permet l'insertion des résultats du PCR au tissu national.

En vue de l'établissement des fiches de l'atlas des silex de la région Centre, le récolement des lithothèques a débuté par la diagnose des matériaux stockés à l'association Archéo-Logis de Laussonne. Ce choix a été motivé par l'importante quantité d'échantillons disponibles et bien identifiés (n = 258 gîtes, pour ≈ 2500 échantillons) mais encore inédits. Le croisement de ces observations avec celles effectuées sur les échantillons de la lithothèque de l'Université de Bordeaux (laboratoire PACEA) a permis de confirmer les diagnoses et de compléter les observations. En outre, dans le cadre des travaux que nous menons sur la différenciation des gîtes de l'Hettangien des marges du Massif central, nous avons dressé, pour le sud de l'Indre, un état des lieux ayant trait à ces matériaux.

Outre la publication d'un article dans les Comptes rendus Palevol et le dépôt de deux autres dans un volume hors série de la RACF, une partie des membres du PCR a participé en tant qu'intervenants ou en tant que stagiaires à l'école thématique du CNRS « Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silcrètes fondée sur leur interaction avec l'environnement ». Ce mode de diffusion de l'information sera renouvelé début 2017 à la Cité de la préhistoire d'Ornac (Ardèche) dans le cadre d'un séminaire à destination des étudiants de Master II, des doctorants et des post-doctorants. Enfin, certains d'entre nous ont participé au colloque de « Préhistoire de la France centrale. Actualité de la recherche » de Montluçon où deux communications avaient trait aux matériaux de la région Centre.

Les atouts de ce projet fédérateur reposent sur les moyens humains, qui constituent les principaux moteurs du réseau, et sur un outil dynamique de communication et d'intégration des données à l'échelle suprarégionale. A l'instar de ce que nous avons entrepris cette année, l'objectif final est de fédérer une communauté autour d'un projet commun, en réunissant régulièrement les acteurs afin d'obtenir des résultats qui dépasseraient la simple compilation d'articles.

## NOTICE AU BULLETIN SCIENTIFIQUE RÉGIONAL 2016

**Nom d'auteur :** André Morala 1, Paul Fernandes 2, Alain Turq<sup>3</sup>, Vincent Delvigne<sup>4</sup>

1 Ingénieur d'études, Musée national de Préhistoire, Les Eyzies-de-Tayac, UMR 5199-PACEA, Université de Bordeaux, Pessac.

2 Chargé de recherche, SARL Paléotime, Villard-de-Lans et chercheur associé UMR 5199-PACEA, Université de Bordeaux, Pessac.

3 Conservateur en chef du patrimoine, Musée National de Préhistoire des Eyzies, les Eyzies-de-Tayac-Sireuil, UMR 5199 -PACEA, Université de Bordeaux, Pessac

4 Post doctorant de la Fondation Fyssen, Service de Préhistoire, Université de Liège, Liège, Belgique et chercheur associé UMR 5199 - PACEA, Université de Bordeaux, Pessac.

**Numéro d'arrêté d'autorisation :** ALPC-AQ-2016-119

**Responsable d'opération :** André Morala, Ingénieur d'études, Musée national de Préhistoire, Les Eyzies-de-Tayac, UMR 5199-PACEA, Université de Bordeaux

**Nature de l'opération :** Projet collectif de recherche (PCR), du 01-06-2016 au 31-12-2018.

**Couverture géographique :** région Aquitaine - Limousin - Poitou-Charentes

**Mots-clés du thésaurus :** matière première, méthodologie, silex, extraction du silex, cartographie, territoire, comportement social.

**Chronologie :** Préhistoire, Paléolithique, Paléolithique inférieur, Paléolithique moyen, Paléolithique supérieur, Épipaléolithique et Mésolithique, Mésolithique ancien, Mésolithique récent, Mésolithique final, Néolithique, Néolithique ancien, Néolithique moyen, Néolithique final, Néolithique récent, Chalcolithique, Protohistoire, âge du Bronze, Bronze ancien, Bronze récent, Bronze final, âge du Fer, Hallstatt, premier âge du Fer, La Tène, second âge du Fer.

**Peuples et cités :** cultures du Paléolithique, cultures du Paléolithique moyen, cultures du Paléolithique supérieur, Néolithique-Chalcolithique.

**Keywords:** rawmaterial, methodology, flint, extraction of flint, cartography, territory, Prehistory, Lower Palaeolithic, Middle Palaeolithic, Upper Palaeolithic, Mesolithic, Neolithic, Early Neolithic, Middle Neolithic, Late Neolithic, Neolithic-Chalcolithic, Protohistory, Bronze Age, Early Bronze Age, Late Bronze Age, Late Bronze Age I, Late Bronze Age II, Late Bronze Age III, Iron Age, Hallstatt, Iron Age (first period), La Tène, Iron Age (second period), Palaeolithic cultures, Middle Palaeolithic cultures, Upper Palaeolithic cultures, Neolithic-Chalcolithic.

**Titre :** Réseau de lithothèques en région Aquitaine - Limousin - Poitou-Charentes.

### Résumé

Le PCR « Réseau de lithothèques en Nouvelle Aquitaine » s'inscrit dans une perspective de recherche sur les méthodes de caractérisation des matières premières, les modes d'exploitation des ressources minérales et la territorialité des groupes humains préhistoriques à l'échelle nationale. Dans ce contexte, la caractérisation précise des ressources fixes – et notamment des roches siliceuses – revêt un intérêt particulier en ce qu'elle permet de dessiner des espaces parcourus et, couplée à la technologie lithique, d'identifier des modes de transport des artefacts. Ces réalités renseignent sur les formes sociales et les régimes de mobilité des groupes humains, permettant de matérialiser des processus d'interaction qui mettent parfois en jeu des entités culturelles perçues comme distinctes.

A partir de 2012, sur la base de leurs travaux et des expériences menées avec succès dans d'autres régions (p. ex. Auvergne, Rhône-Alpes, Centre-Val-de-Loire), des membres du PCR « Réseau de lithothèques en région Aquitaine » alors réunis au sein du « Groupe silex » (F.X. le Bourdonnec, V. Delvigne, P. Fernandes, A. Morala, J.-P. Platel, C. Tuffery et, A. Turq,) -alors réunis au sein du « Groupe silex » - ont choisi, avec l'aide de M. et M.R. Séronie-Vivien (†), de mettre en commun leurs données dans le but d'améliorer les connaissances du potentiel minéral régional accessible durant la Préhistoire.

En effet, malgré la qualité des nombreux travaux antérieurs, le constat d'être parvenu au niveau méthodologique à un palier est largement partagé par la communauté des pétroarchéologues, et plus largement des préhistoriens. Il persiste des difficultés pour établir de véritables corrélations entre l'objet archéologique et le référentiel géologique et surtout gîtologique, rendant impossible la détermination de la source de certains matériaux représentés dans les séries archéologiques. En réponse à cette problématique le PCR développe quatre missions :

- Mission 1 : élaboration d'un SIG des formations à silex s.l. de l'ensemble du Bassin Aquitain ;
- Mission 2 : récolement des fichiers gîtes et des lithothèques de l'espace régional ;
- Mission 3 : diagnose des principaux types marqueurs (en tenant compte des transformations minéralogiques et pétrologiques subies par les matériaux au fil de leur parcours (i.e. de la chaîne évolutive) ;
- Mission 4 : valorisation, vulgarisation et diffusion des résultats.

Outre l'inventaire bibliographique, pétrologique et cartographique des silex s.l. entre Dordogne et Lot, cette première année (2016) a vu la consolidation du réseau d'acteurs qui constitue le PCR et dont l'illustration la plus palpable est la volonté de mettre en commun et d'harmoniser les données relatives aux lithothèques déjà existantes : lithothèque de A. Morala, de A. Turq et du laboratoire PACEA. Le recensement des lithothèques J. Primault (Vienne et Charentes), P.-Y. Demars (Corrèze, Dordogne et Charentes) et Charentes respectivement situées à l'ancienne DRAC de Poitiers, au dépôt de Chateaux et au Musée d'Angoulême est en cours et sera finalisé d'ici fin 2018. L'inscription de ces données dans un fichier commun puis leur insertion dans le SIG régional et national (pilotage C. Tuffery) des formations à silex s.l., permet non seulement de vérifier l'extension des dites formations, mais également de repérer les zones vierges de prospections, permettant d'orienter le futur travail de terrain.

La prise en compte des données de collecte (souvent non harmonisées) et la diagnose fine des échantillons contenus dans les lithothèques autorise leur hiérarchisation, leur classement et leurs lacunes, ici envisagés dans une perspective dynamique pour qu'elles deviennent in fine des outils accessibles et utiles à l'ensemble des préhistoriens. A ce titre, et dans la perspective de la constitution d'un Atlas des silex s.l. du Bassin sédimentaire d'Aquitaine et de ses bordures, nous avons commencé l'étude des échantillons recueillis par nos soins ou confiés par les membres du PCR (p. ex les silex du Fumémois, du Gavaudun, du Coniacien de Blanquefort-sur-Briolance, du Santonien de Lacapelle-Biron ou de Séguine, du Campanien V du Bergeracois ... ). La révision de ces types marqueurs a permis de préciser les diagnoses précédentes et de compléter les déterminations, notamment au niveau des états de surface.

Le mobilier archéologique étant lui aussi un informateur des potentialités lithologiques environnantes d'un site à l'époque de son occupation, la diagnose de ce matériel permet, en amont, de renseigner et d'orienter les recherches de terrain sur la localisation spatiale des formations siliceuses susceptibles d'être représentées. Cette démarche a démontré son efficacité, notamment en Lot-et-Garonne, en Dordogne ou encore dans le Lot, où, des silicifications inconnues en position gîtologique ont été découvertes en place dans leurs dépôts géologiques d'origine, exclusivement à partir des indices fournis par la documentation archéologique.

Enfin, outre la participation à des colloques nationaux : Congrès Préhistorique de France / SESSION 2 le 28 décembre 2015 Palethnologie du Paléolithique supérieur ancien : où en sommes nous ? - 1 juin 2016 à AMIENS 30/05-4/06 2016 ; SIST16 : Séries Interopérables et Systèmes de Traitement les 29 et 30 septembre à Montpellier ; la Table ronde : L'Homme dans les Alpes de la pierre au métal du 13 au 15 octobre à Villard-de-Lans, Organisée par l'Association pour la Valorisation et la Diffusion de la Préhistoire Alpine (AVDPA) et la SARL Paléotime ; le Colloque inter-régional Préhistoire de la France Centrale : actualité de la recherche le 19 novembre à Montluçon et internationaux : 22nd annual Meeting of the EAA du 31 août au 4 septembre à Vilnius ; UISPP commission Flint Mining in Pre and Protohistoric Times, 7th International Conference in Mons and Spiennes (Belgium) du 28 septembre au 1 octobre et la publication d'articles traitant des matériaux et des territoires, une partie des membres du PCR a participé à l'organisation de l'école thématique « Nouvelle méthode de caractérisation des silex et des silcrètes fondée sur leur interaction avec l'environnement » qui s'est tenue au CEPAM (Université de Nice) du 21 au 25 novembre 2016 sous les auspices du CNRS (InEE et InSHS) et du Ministère de la Culture et de la communication, avec le soutien très appuyé d'acteurs publics (Inrap) et privés (Sarl Paléotime) de l'archéologie préventive. Ce mode de diffusion de l'information, qui vient nourrir la mission 4 du PCR, sera renouvelé début 2017 à la Cité de la préhistoire d'Ornac (Ardèche) dans le cadre d'un séminaire à destination des étudiants.

Les atouts de ce projet fédérateur reposent donc sur les moyens humains, qui constituent les principaux moteurs du réseau, et sur un outil dynamique de communication et d'intégration des données à l'échelle suprarégionale. A l'instar de ce que nous avons entrepris cette année, l'objectif final de ce programme est de fédérer une communauté autour d'un projet commun, en réunissant régulièrement les acteurs à l'échelle régionale et nationale afin d'obtenir des résultats qui dépasseraient la simple compilation de données.



## Conclusions et perspectives



Le PCR « Réseaux de lithothèques en Auvergne Rhône-Alpes » s'insère dans une dynamique d'optimisation des connaissances de nos territoires et de nos patrimoines. Il s'inspire de la volonté du ministère de la Culture de la sous-direction de l'Archéologie et de la Communication des Instituts du CNRS concernés de l'INRAP et de la société Paléotime dans le but de contribuer à une structuration nationale des recherches sur les géomatériaux. La démarche est innovante et dépasse les pratiques scientifiques généralement répandues. Nous sommes convaincus du besoin de construire de nouvelles collaborations avec des chercheurs soucieux d'auto-évaluer leur diagnose dans d'autres régions puisque notre approche conduit à une meilleure caractérisation des types et à une définition des lieux de collecte plus précise.

Les différents axes présentés supra, à la fois patrimoniaux, de recherche et développement et ayant trait à la formation et la diffusion des savoirs, témoignent du dynamisme de l'activité et mettent l'accent sur la nécessité de maintenir cette synergie. Les atouts de ce projet fédérateur reposent sur une équipe interdisciplinaire et un outil dynamique de communication et d'intégration des données à l'échelle suprarégionale. Le projet de constituer un maillage à l'échelon national de PCR « Réseau de lithothèques » tel qu'initié en région Auvergne -Rhône-Alpes depuis 10 ans est désormais effectif. Ce PCR n'est donc plus le seul moteur pour avancer vers une structure nationale consacrée à l'inventaire et la diagnose des géoressources dans le but de répondre aux questionnements sur les rapports entre comportements humains et territorialité. Il est étroitement lié aux autres programmes désormais en place (en Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes, en PACA et en Centre Val-de-Loire), tant par les acteurs qui le constitue que par les nouveaux questionnements qu'il soulève.

Il a en effet vocation à articuler les nombreuses initiatives, anciennes ou récentes, jusqu'à présent diversement connectées les unes aux autres. Une démarche encore plus collaborative fournirait les bases indispensables à la constitution d'une communauté mieux structurée au sein de laquelle chaque programme serait autonome et connecté. Il s'agit de partager et d'harmoniser les connaissances portant aussi bien sur les outils d'analyse que sur les référentiels, et de favoriser l'interopérabilité des systèmes de bases de données dans une perspective de constitution d'un équipement national ayant valeur d'exemple au niveau européen et international.

A l'instar de celui-ci, chaque rapport présentera désormais un état des recherches régional mais également une présentation des démarches analytiques en cours et des principaux résultats obtenus dans les autres régions.

La portée heuristique de cette démarche est incontestable et la caractérisation des géomatériaux participe, grâce à cette structure interrégionale d'une approche holiste des sociétés préhistoriques dans une double optique paléoethnologique et paléoécologique qui fait la spécificité de « l'école française ».

En 2017, l'effort sera porté plus particulièrement sur les axes 1, 2 et 5, mais des travaux émergeant aux axes 3 et 4 seront également entrepris, avec :

- la finalisation des partenariats entre les différents acteurs scientifiques (Axe 1) ;
- la reprise du récolement des lithothèques de l'espace régional (lithothèques d'Ornagnac-l'Aven et de Valence) (Axe 1) ;
- la récolte d'échantillons significatifs pour avancer l'étude de l'évolution des silex des bassins du Puy en Velay et d'Aurillac en respectant le concept de chaîne évolutive.

- Il s'agit de détailler et de cartographier les différents secteurs gîtologiques des plus proximaux aux plus distaux (Axe 1) ;
- la réactualisation et l'approfondissement des données sur la stratigraphie et la géomorphologie de l'ensemble du secteur en rive droite du Rhône (Axe 2) ;
  - les analyses structurales et géochimiques des silex du Diois, qui vont commencer au printemps (microscopie de polarisation, microscopie électronique à balayage équipée pour la microanalyse X (MEB-EDXS), spectroscopie Raman ; toutes ces analyses se feront en partenariat avec l'IRAMAT-CRPAA de Bordeaux Montaigne) (Axe 2) ;
  - la diffusion de l'information sera renouvelée en février 2017 à la Cité de la Préhistoire à Orignac (Ardèche) dans le cadre d'un séminaire sur la caractérisation des silex à destination des étudiants (Axe 5) ;
  - la valorisation des résultats se fera par l'intégration des données optimisées et harmonisées dans la base de données nationale. Elle se traduit par leur archivage détaillé et leur mise en ligne accessible selon des modalités différenciées : 1) au public scientifique et 2) au grand public (Axe 5).





# Bibliographie

- 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, 2 volumes, 356 p.
- DALPHINET, D. (2014). *Pour une représentation dynamique des formations à silex*. Mémoire d'ingénieur, École supérieure des géomètres et topographes du Mans, 124 p.
- DELVIGNE, V. (2016). *Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central au Paléolithique supérieur: des déterminismes et des choix*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 3 volumes, 1297 p.
- DELVIGNE, V., FERNANDES, P., PIBOULE, M., CHOMETTE, D., DEFIVE, E., LAFARGE, A., LIABEU, R., MONCEL, M.-H., WRAGG-SYKES, R., RAYNAL, J.-P. (2016a). Circulation du silex barrémo-bédoulien depuis le Paléolithique moyen de Vivarais en Velay par les Monts du Mézenc. *Ardèche Archéologie*, 33, 11-18
- DELVIGNE, V., FERNANDES, P., PIBOULE, M., LAFARGE, A., RAYNAL, J.-P. (2016b). Circulations de géomatères sur de longues distances au Paléolithique supérieur : le cas des silex du Turonien du Sud du Bassin parisien. *Comptes rendus Palevol* (sous presse).
- ECKER, M., BOCHERENS, H., JULIEN, M.-A., RIVALS, F., RAYNAL, J.-P., MONCEL, M.-H. (2013). Middle Pleistocene ecology and Neanderthal subsistence: Insights from stable isotope analyses in Payre (Ardèche, Southeastern France). *Journal of Human Evolution*, 65, 363-373.
- FERNANDES, P. (2006). *Pétraarchéologie des matériaux siliceux utilisés au paléolithique moyen dans le sud du Massif central : méthodologie et résultats préliminaires*. Mémoire de diplôme de l'École des hautes études en sciences sociales, École des hautes études en sciences sociales de Toulouse, 183 p.
- FERNANDES, P. (2012). *Itinéraires et transformations du silex : une pétraarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 2 volumes, 623 p.
- FERNANDES, P. et RAYNAL, J.-P. (2006). Pétraarchéologie du silex : un retour aux sources. *Comptes rendus Palevol*, 5, 829-837.
- FERNANDES, P. et RAYNAL, J.-P. (2007). Les matières premières siliceuses (hors roche tenace) du niveau J1 de la grotte Sainte Anne 1 (Polignac, Haute-Loire). In : Raynal, J.-P. (Dir.), *La grotte de Sainte Anne I. Le paléolithique moyen de l'unité J1*. Lausanne : Archéo-Logis (Ed.), pp. 59-98 (Dossier de l'Archéo-logis n°3).
- FERNANDES, P., RAYNAL, J.-P., MONCEL, M.-H. (2006). L'espace minéral au Paléolithique moyen dans le Sud du Massif central : premiers résultats pétraarchéologiques. *Comptes rendus Palevol*, 5, 981-993.
- FERNANDES, P., LE BOURDONNEC, F.X., RAYNAL, J.-P., POUPEAU, G., PIBOULE, M., MONCEL, M.-H. (2007). Origins of prehistoric flints: The neocortex memory revealed by scanning electron microscopy. *Comptes rendus Palevol*, 6, 557-568.

- FERNANDES, P., RAYNAL, J.-P. , MONCEL, M.-H. (2008). Middle Palaeolithic raw material gathering territories and human mobility in the southern Massif Central, France: first results from a petro-archaeological study on flint. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2357-2370.
- FERNANDES, P., MONCEL, M.-H., LHOMME, G. (2010). Analyse des comportements face aux ressources minérales de deux sites du Paléolithique moyen : Payre, Abri des Pêcheurs (Ardèche, France). *Rivista di Scienze Preistoriche*, 57, 31-42.
- GIBAUD, A. (2016). *Le Cuze de Neussargues (Sainte-anastasia, Cantal, France). Apport de l'étude pétro-typo-technologique des vestiges lithiques de la couche F*. Mémoire de Master II, Université de Bordeaux, 70 p.
- LAFARGE, A. (2014). *Entre plaine et montagne : techniques et cultures du Badegoulien du Massif central, de l'Allier au Velay*. Thèse de doctorat, Université Montpellier III - Paul Valéry, 685 p.
- LETAVERNIER, G. et OZOUF, J.C. (1987). Résultats de recherches récentes sur la gélifraction des calcaires. *Inter-Nord*, 18, 53-63.
- MONCEL, M.-H. (2008). *Le site de Payre, occupations humaines dans la vallée du Rhône à la fin du Pléistocène moyen et au début du Pléistocène supérieur*. Paris : Société préhistorique de France, 336 p. (Mémoire 46)
- MONCEL, M.-H. et LHOMME, G. (2007). Les assemblages lithiques des niveaux du Paléolithique moyen de l'Abri des Pêcheurs (Ardèche, sud-est de la France). Des occupations néandertaliennes récurrentes dans un fossé. *L'Anthropologie*, 111, 211-253.
- MONCEL, M.-H., BRUGAL, J.-P., PRUCCA, A., LHOMME, G. (2008). Mixed Occupation during the Middle Palaeolithic: case study of a small pit-cave site of Les Pêcheurs (Ardèche, south-eastern France). *Journal of Anthropological Archaeology* 27, 382-398.
- MONCEL, M.-H., CHACON NAVARRO, M.G., LA PORTA, A., FERNANDES, P., HARDY, B., GALLOTTI, R. (2014). Middle Palaeolithic technical behavior in a rock shelter in southeastern France: the Abri du Maras. *Quaternary International*, 350, 180-204.
- THIRY, M., FERNANDES, P., MILNES, A., RAYNAL, J.-P. (2014). Driving forces for the weathering and alteration of silica in the regolith: implications for studies of prehistoric flint tools. *Earth Science Reviews*, 136, 141-154.





# Table des illustrations

Figure 1 : rognons de silex homogène bleu-gris de toutes dimensions, avec un cortex peu altéré ....	26
Figure 2 : carte géologique Infoterre du pourtour lyonnais .....	27
Figure 3 : carte des prospections pédestres sur le plateau de Caluire .....	27
Figure 4 : localisation des deux secteurs prospectés.....	28
Figure 5 : étude systématique quantitative des silex (1 m x 1 m : 100 galets) sur 4 points.....	29
Figure 6 : analyse pétrographique du Rhône .....	29
Figure 7 : variété des galets de silex provenant du Rhône .....	30
Figure 8 : caractéristiques principales des matières premières siliceuses rhodaniennes (analyse macroscopique préliminaire) .....	33
Figure 9 : berge de la Saône en face de Vaise (rive gauche). Fond « à galets » de Saône .....	35
Figure 10 : analyse pétrographique de la Saône .....	35
Figure 11 : variété des galets de silex provenant de la Saône .....	35
Figure 12 : localisation des gîtes à quartz hyalins sur le fond géologique simplifié. Les gîtes sont concentrés dans les massifs cristallins externes (aplats kakis, roses et rouges).....	39
Figure 13 : localisation des gîtes à quartz hyalin sur le fond topographique. La majorité des gîtes se concentrant dans l'Oisans .....	40
Figure 14 : représentation des circulations hypothétiques des quartz d'après les résultats obtenus par les analyses inclusions fluides dans les Alpes occidentales.....	41
Figure 15 : formations du bassin de Perfugas et proposition préliminaire de distribution des faciès au sein de la formation de Rio Minore.....	42
Figure 16 : types de silex du niveau Gb de Payre .....	63
Figure 17 : types de silex du niveau Fb de Payre .....	65
Figure 18 : litho-espace du niveau Gb de Payre .....	67
Figure 18 : litho-espace du niveau Fb de Payre .....	68
Figure 20 : types de silex présents à l'Abri des pêcheurs (Paléolithique moyen, MIS 4) .....	71
Figure 21 : Rond-du-Barry, campagne 2016 – Fréquence et poids des types de silex <i>s.l.</i> toutes zones confondues.....	73
Figure 22 : Rond-du-Barry, campagne 2016 – 1 à 8 : Type D0071, vue mésoscopique. ....	75
Figure 23 : Le Cuze de Neussargues, général – fréquence et poids des différents types de matériaux .....	77
Figure 24 : Le Cuze de Neussargues, fouilles Delpuech/Fernandes - niv. F – représentation du litho-espace.....	78
Figure 25 : frise d'évolution d'un objet lithique depuis la formation de la matière première jusqu'à sa découverte. DAO : M. Rué, d'après L. Chesnaux, P. Fernandes, M. Rué (inédit) .....	79



# Table des matières

Notice au Bulletin scientifique régional 2016 .....	3
Sommaire .....	7
Documentation administrative.....	11
Remerciements .....	17
1. Présentation de l'opération .....	21
1.1 État de l'art .....	21
1.2 Historique .....	21
2. Bilan d'activité .....	25
2.1 Axe 1 : inventaire et développement de l'outil lithothèque .....	26
2.1.1 Prospections des gîtes à silex en position secondaire dans le Lyonnais (J. Liagre, S. Gaillot et la participation de I. Sanchez prospectrice et C. Ménager stagiaire de Master 2 Lyon III).....	26
2.1.1.1 Des silex importés en contexte maraicher : une étude de cas méthodologique .....	26
2.1.1.2 Les gîtes secondaires alluvionnaires principaux du Lyonnais .....	28
2.1.2 L'exploitation préhistorique du quartz hyalin dans les Alpes françaises. Caractérisation et provenance- bilan 2016 (E. Thirault et S. Cousseran-Néré, avec la collaboration de Pierre Rostan) .....	36
2.1.2.1 Introduction.....	36
2.1.2.2 Contexte .....	36
2.1.2.3 Méthodologie .....	36
2.1.3 L'origine des silex des assemblages lithiques de Corse (C. Bressy-Léandri).....	42
2.2 Axe 2 : actualisation de la caractérisation des principaux marqueurs.....	44
2.2.1 Nouvelle méthode de caractérisation des silex fondée sur leur interaction avec l'environnement (P. Fernandes, M. Thiry, F.-X. Le Bourdonnec, M. Piboule, V. Delvigne, A. Turq, A. Morala, P. Tallet, J.-P. Raynal).....	44
2.2.2 Bibliographies thématiques comme support à la caractérisation (P. Fernandes, V. Delvigne)	45
2.2.2.1 La géolifraction .....	45
2.2.2.2 Quartz et quartzites .....	52
2.2.2.3 Silcrètes .....	55

2.3 Axe 3 : développement d'un SIG des formations à silex.....	61
2.3.1 Résumé : « Vrais trous » et « fausses erreurs » : le contrôle de la numérisation de contours des formations à silex en Dordogne à l'aide d'un SIG (C. Tuffery, D. Talec, J.-B. Caverne, P. Tallet, G. Pinçon, S. Konik, J.-P. Platel, A. Turq, A. Morala, P. Fernandes) .....	61
2.4 Axe 4 : évaluations lithologiques et tracéologiques menées sur les mobiliers archéologiques de sites actuellement en cours de fouille.....	62
2.4.1 Sur la mobilité néandertalienne au début du Paléolithique moyen (M.-H. Moncel, P. Fernandes, J.-P. Raynal) .....	62
2.4.1.1 Niveau Gb .....	62
2.4.1.2 Niveau Fb.....	64
2.4.1.3 Deux stratégies d'approvisionnement à Payre .....	66
2.4.2 Résumé : caractérisation des silex du Rond-du-Barry. Campagne 2016 (V. Delvigne, A. Lafarge, P. Fernandes et M. Piboule) .....	72
2.4.3 Résumé : caractérisation pétrographique des silex du Cuze de Neussargues (Sainte-Anastasie, Cantal) (V. Delvigne, A. Gibaud, P. Fernandes, M. Langlais).....	74
2.4.4 Taphonomie et tracéologie, vers la mise en place d'un nouvel outil méthodologique (L. Chesnaux) .....	79
2.5 Axe 5 : valorisation et diffusion des résultats.....	80
2.5.1 École thématique « Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silcrètes fondée sur leurs interactions avec l'environnement » .....	80
2.5.1.1 Programme.....	80
2.5.1.2 Le compte-rendu .....	80
2.5.2 Enseignement dans le cadre du Master PPA de l'Université de Nice Sophia Antipolis.....	81
2.5.3 Participations à colloques.....	82
2.5.4 Articles parus en 2016.....	88
3. Nouvelles des autres PCR «Réseau de lithothèques» .....	183
Conclusions et perspectives .....	189
Bibliographie .....	193
Table des illustrations.....	197
Table des matières.....	199







