



HAL
open science

Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes

Paul Fernandes, Vincent Delvigne, Erwan Vaissié, A. Pasqualini, Michel Piboule, Christophe Tuffery, Céline Bressy-Leandri, Arnaud Kherdouche, Pierre-Antoine Beauvais, Alix Gibaud, et al.

► **To cite this version:**

Paul Fernandes, Vincent Delvigne, Erwan Vaissié, A. Pasqualini, Michel Piboule, et al.. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes. [Rapport de recherche] Paléotime; Service régional de l'archéologie Auvergne - Rhône-Alpes. 2020. hal-02549968

HAL Id: hal-02549968

<https://hal.science/hal-02549968>

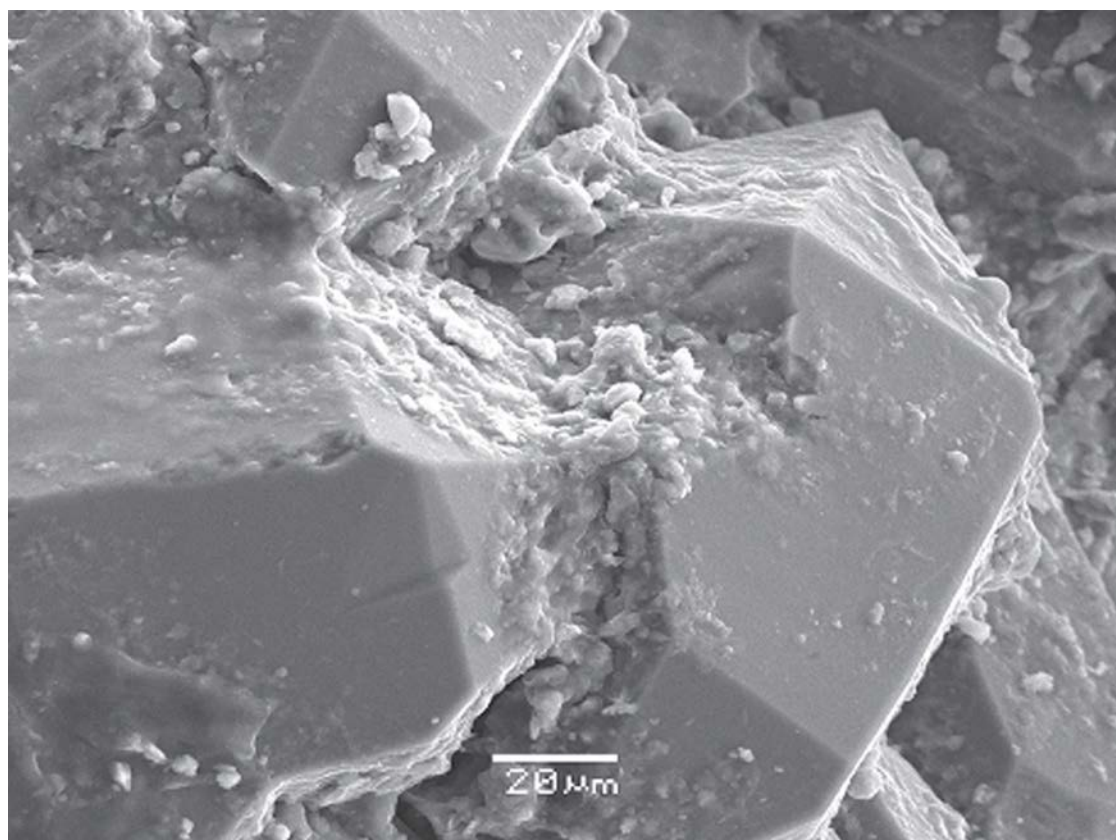
Submitted on 21 Apr 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROJET COLLECTIF DE RECHERCHE

RAPPORT
D'ACTIVITÉ
2019



RÉSEAU DE LITHOTHÈQUES EN AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

P. FERNANDES (DIR.)

V. DELVIGNE, E. VAISSIÉ (CO. DIR.)

Piboule, M., Tufféry C., Bressy-Léandri, C., Kherdouche, A., Beauvais, P-A., Gibaud A., Chalmin, E., Salomon, H., Hauzeur, A., Gely, B., Turq, A., Morala, A., Léa, V., Beeching, A., Brochier, J.L., Binder, D., Renault, S., Guillermin, P., Djema, H., Bracco, J.-P., Pasty, J.-F., Aubry, L., Callo, C., Martin, C., Manolakis, L., Caillo, A., Guillon, R., Tomasso, A. Pasqualini A., de Parthenay M., Guibert-Cardin J., Liabeuf, R., Liagre, J. Gaillot, S., Dessaint, P., Tallet, P., Thiry, M., Raynal, J-P., Marchand, G., Allard, P., Le Bourdonnec, F.X., Martinetto P., Dejoie C., Sciau P., Bintz, P., Lethrosne H., Deparnay X., Robbe, J., Roche, D., Fénéon, L., Morin, A.



Légende des illustrations
de la page de couverture :
Vue au microscope
électronique à balayage d'un
remplissage de bioclaste
par des macroquartz
recouvert de silice.

PAO : A. Lafarge.

NOTICE AU BULLETIN SCIENTIFIQUE RÉGIONAL 2019

Noms d'auteurs : Paul Fernandes^{1,2}, Vincent Delvigne^{1,3}, Erwan Vaissié¹

¹. UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, bâtiment B8, allée Geoffroy Saint Hilaire, 33615 Pessac
Cedex, France.

². Sarl Paléotime, 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard, 38350 Villard-de-Lans, France

³. Service de préhistoire, Université de Liège, place du XX août, 4000 Liège, Belgique

Numéro d'OA : 2019/476, code opération Patriarche 2212976

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

Nature de l'opération : Projet collectif de recherche (PCR), du 01.06.2019 au 30.12.2019

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, 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 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 :

Cette année le PCR a été soutenu par la DRAC Auvergne.Rhône.Alpes, le GDR SILEX, les conseils généraux de l'Ain, de la Drôme, de l'Isère, du Puy.de.Dôme, de la Savoie et la SARL Paléotime dans le cadre d'une des missions de service public portée par l'entreprise. Grâce à ces financements et les contributions des membres de l'équipe nous présentons un bilan en parti renouvelé par l'activité de jeunes chercheurs (P..A. Beauvais, A. Gibaud, J. Guibert.Cardin, A. Kherdouche, M. de Parthenay, E. Vaissié). Ils sont l'avenir du projet et ont permis d'attester de la reproductibilité d'un grand nombre de résultats passés. A ce titre, ils ont joué un rôle d'évaluateur en participant à la validation du processus analytique, étape indispensable qui permet de garantir le niveau de fidélité inter.observateurs (la proximité d'accord entre plusieurs résultats issus d'un même échantillon par plusieurs individus dans des conditions prescrites), en fait, l'obtention d'un résultat aussi proche que possible de la valeur de référence d'un échantillon.

Cette année, ils présentent des résultats qui viennent compléter et amender les données déjà acquises sur la nature et la provenance des silex de la région Auvergne.Rhône.Alpes. Tous utilisent les nouvelles méthodes prenant en compte le concept de « chaîne évolutive ». Ce renouvellement méthodologique, aujourd'hui validé par la communauté des archéologues, permet de sortir des nombreuses impasses, en termes de caractérisation des origines des silex.

Le programme forme désormais une équipe soudée capable de se renouveler. Une équipe mêlant chercheurs confirmés, étudiants et passionnés familiarisés à la pratique de protocoles harmonisés, dont l'utilisation permet, à la fois, de constituer des inventaires idoines, de déterminer les lieux de collecte et de participer à l'étude taphonomique du site. Il est à l'initiative d'une synergie désormais reconnue sur l'origine des matières premières. Cette combinaison facilite aujourd'hui les contacts et les échanges d'informations sur une grande partie du territoire français et même dans plusieurs pays étrangers (Belgique, Pays-bas, Italie, Allemagne, Maroc, Chili). Sa fonction est essentielle dans la consolidation d'une structure coopérative de recherche aux échelles régionale et nationale. C'est une démarche nécessaire, qui ouvre des perspectives nouvelles et irremplaçables dans le domaine des comportements techno.économiques, des circulations et des rapports intersites.

Le programme est de mieux en mieux connecté aux autres PCR réseaux de lithothèques (Nouvelle Aquitaine, Centre.Val.de.Loire, Île.de.France), aux projets régionaux comme en PACA (sur les silex bédouliens) avec le CEPAM, (D. Binder et A. Tomasso), en Bretagne (sur les silex à façonnage marin) avec le CReAHH, (G. Querré et G. Marchand) et partie prenante du projet national, le GDR SILEX coordonné par C. Bressy.Léandri. Ce montage basé sur une association de programmes régionaux chapoté par un groupe de recherche national nous semble en effet le meilleur moyen de faire progresser les connaissances sur la question des comportements des groupes préhistoriques par rapport aux géoressources. La démarche à la fois unitaire et ouverte aux autres pratiques doit permettre à toutes les personnes concernées d'utiliser un bagage commun et en cela de participer au développement de la pétroarchéologie, de la tracéologie, de la taphonomie et de la géoarchéologie en améliorant le dialogue entre les acteurs de ces différentes disciplines.

Ce programme est désormais bien positionné sur une démarche novatrice et en interaction forte avec des thématiques portées par plusieurs Universités et laboratoires représentant plusieurs disciplines (PACEA, CEPAM, LAMPEA, CReAHH, CRP2A, TRACES, Trajectoires, Institut NEEL, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Université de Liège...). Il est en capacité d'assurer une articulation efficace entre recherche et formation et de servir de base à des projets de recherches régionaux. Son originalité est de présenter des qualités désormais reconnues dans les domaines de la recherche fondamentale, de la formation, de la mise en réseau et la mutualisation des bases de connaissance. Grâce à cet investissement et nos capacités à co.construire des projets avec nos partenaires, la pétroarchéologie bénéficie d'avancées significatives.

Le 03/01/2020

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, P., et al. 2019 :

Fernandes, P., Delvigne, V., Vaissié E., Piboule, M., Tufféry C., Bressy-Léandri, C., Kherdouche, A., Beauvais, P-A., Gibaud A., Chalmin, E., Salomon, H., Hauzeur, A., Gely, B., Turq, A., Morala, A., Léa, V., Beeching, A., Brochier, J.L., Binder, D., Renault, S., Guillermin, P., Djema, H., Bracco, J.-P., Pasty, J.-F., Aubry, L., Callo, C., Martin, C., Manolakakis, L., Caillo, A., Guillon, R., Tomasso, A. Pasqualini A., de Parthenay M., Guibert-Cardin J., Liabeuf, R., Liagre, J. Gaillot, S., Dessaint, P., Tallet, P., Thiry, M., Raynal, J-P., Marchand, G., Allard, P., Le Bourdonnec, F.X., Martinetto P., Dejoie C., Sciau P., Bintz, P., Lethrosne H., Deparnay X., Robbe, J., Roche, D., Fénéon, L., Morin, A., (2019) - Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes, Rapport d'opération, DRAC Lyon-Clermont-Ferrand. 252p.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----|
| NOTICE AU BULLETIN SCIENTIFIQUE RÉGIONAL 2019 | 4 |
| DOCUMENTATION ADMINISTRATIVE | 12 |
| REMERCIEMENTS | 20 |
| 1. PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION | 22 |
| 2. BILAN DE L'OPÉRATION | 30 |
| 3. CONTRIBUTIONS | 56 |
| 4. NOUVELLES DES AUTRES PCR | 214 |
| 5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES | 224 |
| BIBLIOGRAPHIE | 228 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS | 240 |
| TABLE DES MATIÈRES | 246 |
| LISTE DES ANNEXES | 250 |

P.C.R. RÉSEAU DE LITHOTHÈQUES

EN AUVERGNE - RHÔNE - ALPES

DOCUMENTATION ADMINISTRATIVE

Fiche signalétique

L'identité du lieu d'intervention

Interrégion : Centre-est

Région : Auvergne-Rhône-Alpes

Départements : Ain, Allier, Ardèche, Cantal, Drôme, Isère, Loire, Haute-Loire, Puy de Dôme, 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 : 2019/476, code opération Patriarche 2212976

Responsable d'opération : Paul Fernandes

Dates de l'intervention : 01/06/2019 au 30/12/2019

Chronologie : Préhistoire

Lieux de dépôts :

- Locaux de la société Paléotime, 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard, 38250 Villard-de-Lans ;
- CAP Valence conservation du patrimoine de la Drôme, 2 rue André Lacroix, 26000 Valence ;
- Cité de la Préhistoire, 2240 Route de, L'Aven, 07150 Orgnac-l'Aven
- Institut d'archéologie de l'Université de Neuchâtel, Avenue du Premier-Mars 26, 2000 Neuchâtel ;
- Association Archéo-logis, Bois des Coustilles, 43150 Laussonne ;
- INRAP Auvergne-Rhône-Alpes, base de Bron, 12 Rue Louis Maggiorini, 69500 Bron ;
- Service archéologique de la ville de Lyon, 0 Rue Neyret, 69001 Lyon;
- UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, bâtiment B8, allée Geoffroy Saint Hilaire, 33615 Pessac Cedex, France ;
- Service de préhistoire, Université de Liège, place du XX août, 4000 Liège, Belgique ;
- Service d'archéologie préventive de l'Allier, 1 avenue Victor Hugo, 03000 Moulins.

Fiche générique

Responsables scientifiques

Les travaux sont coordonnés par Paul Fernandes, chercheur associé à l'Université de Bordeaux Sciences et Technologies, UMR 5199 PACEA et pétroarchéologue dans la société Paléotime ; par Vincent Delvigne, chercheur associé à l'Université de Bordeaux Sciences et Technologies, UMR 5199

PACEA et au service de Préhistoire de l'Université de Liège et par E. Vaissié, doctorant en Préhistoire à l'Université de Bordeaux Sciences et Technologies, UMR 5199 PACEA.

Ils sont secondés par Alain Turq et André Morala, Conservateur du patrimoine retraité, chercheur associé à l'Université de Bordeaux Sciences et Technologies, UMR 5199 PACEA ; par Michel Piboule, Professeur retraité de Pétrologie-Géochimie, Institut Dolomieu et Maison des Géosciences, Université Joseph Fourier de Grenoble ; par Didier Binder, DR CNRS CEPAM - UMR 7264, Nice ; par Jean-Paul Raynal, DR CNRS émérite PACEA - UMR 5199, Bordeaux ; par Jean-Pierre Bracco, Professeur des Universités, LAMPEA - UMR 5594, par Jean-Pierre Platel, retraité du BRGM, Antonin Tomasso, ATER UMR 5608 Traces et par Céline Bressy Léandri Ingénieure du Patrimoine SRA Corse et chercheuse associée UMR 5608 Traces.

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 2019/476, code opération Patriarche 2212976, les Conseils Généraux de l'Ain, de l'Isère, de la Savoie et la société Paléotime.

| Financeurs | Fonctionnement |
|--------------------------------------|----------------|
| État, Drac Auvergne-Rhône-Alpes | 10100 € |
| Conseil Départemental de l'Ain | 2500 € |
| Conseil Départemental de la Drôme | 2000 € |
| Conseil Départemental de la Savoie | 1200 € |
| Conseil Départemental du Puy-de-Dôme | 1000 € |
| Conseil Départemental de Isère | 5000 € |
| SARL Paléotime | 5000 € |
| TOTAL | 26800€ |

La gestion financière est assurée par les associations suivantes :

- l'AVDPA : Association pour la Valorisation et la Diffusion de la Préhistoire Alpine, 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 ;
- ADRAS : Association Départementale pour la Recherche Archéologique en Savoie, chez Mr Gilbert Pion, 895 route de la Bâtie, 73230 St-Alban-Leyse.

Equipe d'intervention sur le terrain

Pierre-Antoine Beauvais, doctorant, Université Toulouse, UMR 5608 Traces ; Vincent Delvigne, chercheur associé, Université de Liège, service de Préhistoire et Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA;

Xavier Deparnay, archéologue SARL Paléotime ;

Paul Fernandes, pétroarchéologue SARL Paléotime et chercheur associé Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;

Alix Gibaud, doctorant, SDA Allier et Université d'Aix-Marseille UMR 7269 LAMPEA-MMSH ;

Anne hauzeur, archéologue SARL Paléotime ;

Arnaud Kherdouche, doctorant, Université Montpellier, UMR 5140 ASM ;

Harold Lethrosne, archéologue SARL Paléotime et chercheur associé UMR 8215 Trajectoires ;

Alexandre Morin, archéologue SARL Paléotime;

Michel Piboule, Professeur retraité, Université Joseph Fourier, Institut Dolomieu ;

Jocelyn Robbe, archéologue SARL Paléotime et chercheur associé UMR 5608 Traces ;

Antonin Tomasso, ATER UMR 5608 Traces ;

Erwan Vaissie, Doctorant, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA.

Hélène Salomon, CR CNRS, Université de Savoie, UMR 5204 Edytem

Emilie Chamelin, CR CNRS, Université de Savoie, UMR 5204 Edytem

Jehanne Affolter, chercheuse indépendante, Chercheuse associée université de Neuchâtel.

Equipe d'intervention en laboratoire

Pauline Dugas, IR, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;

François Fröhlich, Professeur retraité, UMR 7194, MNHN ;

François-Xavier Le Bourdonnec, Maître de conférence, Université Bordeaux Montaigne, UMR 5060 IRAMAT-CRP2A ;

Stephan Dubernet, IR, Université Bordeaux Montaigne, UMR 5060 IRAMAT-CRP2A ;

Pierre Guibert, IR CNRS, Université Bordeaux Montaigne, UMR 5060 IRAMAT-CRP2A ;

Gourguen Davtian, IR CNRS, Université de Nice, UMR 7264 CEPAM ;

Catherine Dejoie, ESRF, Grenoble ;

Mikaël Guiavarch, IR, Université de Rennes 1, UMR 6566 CReeAH ;

Pauline Martinetto, Institut NEEL ;

Pascal Tallet, archéologue SARL Paléotime ;

Médard Thiry, Ingénieur retraité de l'École des Mines de Paris ;

Alain Queffelec, IR CNRS, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;

Jérémie Jacquier, Post-doc, Université de Paris-Nanterre, UMR 7041 ArScAN ;

Guirec Querré, IR Patrimoine, Université de Rennes 1, UMR 6566 CReeAH.

Philippe Sciau, CEMES Toulouse ;

Patrick Schmidt, Institut für Ur und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters, Eberhard-Karls Universität Tübingen ;

Christophe Tufféry, IR INRAP et chercheur associé Université de Tours, UMR 7324 CITERES-LAT ;

Consultants et contributeurs archéologues

Frédéric Bazile, DR CNRS émérite, Université de Montpellier 3, UMR 5140 ASM ;
Alain Beeching, Maison de l'Orient et de la Méditerranée ;
Didier Binder, DR CNRS, Université de Nice, UMR 7264 CEPAM ;
Pierre Bintz, , Université Joseph Fourier, Institut Dolomieu ;
Céline Bressy-Léandri, Ingénieure du Patrimoine, SRA Corse et chercheur associé Université Toulouse, UMR 5608 Traces ;
Jacques Elie Brochier, Université d'Aix-Marseille UMR 7269 LAMPEA-MMSH ;
Jean-Jacques Cleyet-Merle, Conservateur du Patrimoine, Musée National de Préhistoire et chercheur associé Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;
Elise Cormareche, doctorante, SARL Paléotime et Université Paris-Nanterre, UMR 7041 ArScAn ;
Anne Delagnes, DR CNRS, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;
Jean-Philippe Faivre, CR CNRS, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;
Pascal Foucher, Conservateur du patrimoine, DRAC Midi-Pyrénées et chercheur associé Université Toulouse, UMR 5608 Traces ;
Patricia Guillermin, Conservateur du patrimoine, Cité de la Préhistoire et chercheur associé Université Toulouse, UMR 5608 Traces ;
Mathieu Langlais, CR CNRS, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;
Grégor Marchand, DR CNRS, Université de Rennes 1, UMR 6566 CRéAH ;
Marie-Hélène Moncel, DR CNRS, MNHN, UMR 5198 ;
André Morala, Conservateur du Patrimoine retraité, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;
Thomas Perrin, CR CNRS, chercheur associé Université Toulouse, UMR 5608 Traces ;
Régis Picavet, archéologue retraité et chercheur associé Université d'Aix-Marseille UMR 7269 LAMPEA-MMSH ;
Gilbert Pion, chercheur indépendant ;
Jean-Paul Raynal, DR CNRS émérite, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;
Stéphane Renault, IR, Université d'Aix-Marseille UMR 7269 LAMPEA-MMSH ;
Ludovic Mevel, CR CNRS, Université Paris-Nanterre, UMR 7041 ArScAn
Alain Turq, Conservateur du Patrimoine retraité, Université de Bordeaux, UMR 5199 PACEA ;
Vanessa Léa, CR CNRS, Université Toulouse, UMR 5608 Traces ;
Jean-Pierre Bracco, Professeur des Universités, Université d'Aix-Marseille UMR 7269 LAMPEA-MMSH ;
Jean-Pierre Platel, Ingénieur BRGM retraité ;
David Lefèvre, Professeur des Universités, Université de Montpellier 3, UMR 5140 ASM ;
Emmanuelle Defive, Maître de conférence, Université de Clermont-Auvergne, UMR 6042 GEOLAB ;
Théo Minet, doctorant, Université Toulouse, UMR 5608 Traces ;
Camille Daujeard, CR CNRS, MNHN, UMR 5198 ;

Laurent Servant, chercheur indépendant ;
Marc Aulanier, chercheur indépendant ;
René Liabeuf, chercheur indépendant ;
Caroline Riche, archéologue, INRAP Normandie ;
Sébastien Bernard-Guelle, archéologue SARL Paléotime et chercheur associé
UMR 7269 LAMPEA-MMSH ;
Jérémy Liagre, Archéologue, Conseil départemental d'Indre et Loire ;
Guillaume Boccaccio, chercheur associé, Université de Montpellier 3, UMR
5140 ASM ;
Eric Thirault, Professeur des Universités, Maison de l'Orient et de la
Méditerranée ;
Harald Floss, Institut für Ur und Frühgeschichte und Archäologie des
Mittelalters, Eberhard-Karls Universität Tübingen ;
Rebecca Wragg Sykes, chercheuse associée, Université de Bordeaux, UMR
5199 PACEA.

Adresses mail des membres et acteurs du projet 2019

affolterjs@bluewin.ch
Alain.Beeching@univ-lyon2.fr
alexandre.morin@paleotime.fr
arnaud.kherdouche@protomail.com
catherine.dejoie@esrf.fr
celine.leandri@culture.gouv.fr
alain.beeching@univ-lyon2.fr
alain.queffelec@u-bordeaux.fr
alain.turq@culture.gouv.fr
andre.delpuech@mnhn.fr.
andre.morala@culture.gouv.fr
anne.delagnes@u-bordeaux.fr
anne.hauzeur@Paléotime.fr
anne.pariante@mairie-lyon.fr
antonin.tomasso@cepam.cnrs.fr
boccaccio-g@cg30.fr
cap.valence@wanadoo.fr
camilledaujeard@hotmail.fr
caroline.riche@inrap.fr
christophe.Tuffery@inrap.fr
celine.leandri@culture.gouv.fr
david.lefevre@univ-montp3.fr
didier.binder@cepam.cnrs.fr
dubernet@u-bordeaux-montaigne.fr
elise.cormareche@paleotime.fr
Emmanuelle.DEFIVE@uca.fr
e.thirault@univ-lyon2.fr
evaissie77@gmail.com.

francois-Xavier.le-bourdonnec@u-bordeaux-montaigne.fr
fredericbazile2@gmail.com
frohlich@mnhn.fr
gibaud.a@allier.fr
gilbertpion@wanadoo.fr
gregor.marchand@univ-rennes1.fr
gourguen.davtian@cepam.cnrs.fr
guibert@u-bordeaux-montaigne.fr
g.boccace@lycos.com
guirec.querre@univ-rennes1.fr
gourguen.davtian@cepam.cnrs.fr
harald.floss@uni-tuebingen.de
harold.lethrosne@paleotime.fr
helene.salomon@univ-smb.fr
jacques.brochier@univ-provence.fr
jacquier.jeremie@gmail.com
Jliagre@cg37.fr
jean-baptiste.caverne@laposte.net
jean-jacques.cleyet-merle@culture.gouv.fr
Jocelyn.robbe@paleotime.fr
jp.favre@pacea.u-bordeaux1.fr
jpraynal@wanadoo.fr
laurent.servant@cloridepower.com
ludovic.mével@cnrs.fr
marcaulanier@orange.fr
mnp.eyzies@culture.gouv
mathieu.Langlais@u-bordeaux.fr
maufhisti@gmail.com R. Liabeuf
medard.thiry@mines-paristech.fr
mikael.guiavarch@univ-rennes1.fr
minet.theo@gmail.com
moncel@mnhn.fr
mouf331@gmail.com
nintomasso@gmail.com
pantoinebeauvais@hotmail.fr
p.guillermin@orgnac.com
pascal.foucher@culture.gouv.fr
pascal.tallet@Paléotime.fr
paul.fernandes@paleotime.fr
patrick.schmidt@uni-tuebingen.de
pauline.dugas@adara.fr
pauline.martinetto@neel.cnrs.fr
pbintz@wanadoo.fr
philippe.sciau@cemes.fr
piboulemichel@gmail.com

platel.expert@orange.fr
regis.picavet@Paléotime.fr
renault@msh.univ-aix.fr
rene.liabeuf@culture.gouv.fr
rwragsykes@gmail.com
sebastien.bernard-guelle@paleotime.fr
sylvie.saintot@inrap.fr
vanessa.lea@univ-tlse2.fr
vincent.delvigne@hotmail.fr
xavierdeparnay@hotmail.com



PRÉFET DE LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Direction régionale
des affaires culturelles

Pôle *Architecture et patrimoines*
Service régional de l'archéologie
Affaire suivie par : Laure DEVILLARD

☎ : 04 72 00 44 66

✉ : laure.devillard@culture.gouv.fr

Commission interrégionale de la recherche archéologique

Lyon, le **10 AVR. 2019**
Le Préfet de la région Auvergne - Rhône-Alpes
à
Monsieur Paul FERNANDES
28, place des Martyrs
38250 VILLARD-DE-LANS

Objet : **opérations programmées 2019**
Réseaux de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes
(**2019/476, code opération PATRIARCHE 2212976**)

Réf : 2019/3069/FL/LD

P.J. : extrait du PV

Monsieur,

Vous êtes titulaire d'une autorisation de projet collectif de recherche pluriannuel (2018-2020) concernant le réseaux de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes

J'ai l'honneur de vous faire connaître qu'après avis de la commission territoriale de la recherche archéologique sud-est (CTRA) en date des 5, 6 et 7 février 2019, je suis favorable à la poursuite de ce projet.

Je vous transmets l'extrait du procès-verbal concernant votre dossier. Vous voudrez bien prendre en compte les prescriptions qui vous sont faites auxquelles je souscris :

En ce qui concerne les crédits, j'ai l'honneur de vous faire savoir qu'une subvention de **9.500€** de fonctionnement vous a été réservée. Vous voudrez bien attendre la notification à l'organisme gestionnaire : AVDPA avant d'engager toute dépense.

Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Je vous prie d'agrèer, Madame, l'assurance de ma considération distinguée.

Pour le Préfet de Région, et par délégation,
le Directeur régional des affaires culturelles,
et par subdélégation
La Conservatrice régionale adjointe de l'archéologie

Marie-Agnès GAIDON-BUNUEL

REMERCIEMENTS

Ce rapport est la suite logique du travail collectif initié par Pierre Bintz dès les années soixante-dix et institué par Céline Bressy-Léandri en 2006.

Il présente un état de l'art des principales actions du PCR :

1. Former aux nouvelles méthodes de caractérisation ;
2. Réaliser un inventaire du domaine minéral exploitable à l'échelle régionale et participer à ce même inventaire au niveau national ;
3. Innover dans l'approche dynamique des propriétés des matériaux silicifiés ;
4. Harmoniser les méthodes de caractérisation.

En 2019, grâce à l'investissement, de nouveaux membres, nous avons acquis la certitude de l'intérêt de poursuivre un tel programme collectif. Aujourd'hui la plupart des personnes concernées utilisent les fiches harmonisées d'inventaire et de caractérisations mises au point par les membres du PCR et la formation à l'utilisation de ces dernières encore pris de l'ampleur. Nous sommes enfin en mesure de passer des anciens systèmes d'enregistrement à une base de données intégrant le concept de chaîne évolutive. L'année 2019 a donc été essentiellement consacrée à l'enseignement des méthodes et au récolement, caractérisation macro et microscopique des échantillons géologiques de trois lithothèques régionales : Dolomieu, Paléotime et Ornac.

Nous adressons nos remerciements au Service Régional de l'Archéologie d'Auvergne - Rhône-Alpes (Ministère de la Communication) incarné en la personne de M. le Conservateur Karim Gernigon pour le soutien constant accordé au projet. Nous tenons à adresser toute notre reconnaissance aux Conseils généraux de l'Ain, de la Drôme, de l'Isère, du Puy-de-Dôme et de la Savoie, au GDR SILEX et à la SARL Paléotime pour le soutien et les financements qu'ils ont attribué au fonctionnement. Nous exprimons toute notre 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. Nous remercions l'ensemble des intervenants archéologues, géologues, minéralogistes et géographes qui ont fait bénéficier, une fois de plus, à ce PCR, désormais élargi, leurs compétences respectives. Ce programme a tiré avantage des supports scientifiques et logistique des laboratoires CEPAM - UMR 7264, PACEA - UMR 5199, LAMPEA - UMR 7269, IRAMAT CRP2A - UMR 5060, UMR6566 – CReAAH, ainsi que du Service de Préhistoire et du Tracéolab de l'Université de Liège.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Céline Bressy-Léandri, Jean-Paul Raynal, Pierre Bintz, Michel Piboule, Christophe Tufféry, Arnaud Kherdouche, Pierre Antoine Beauvais, Alix Gibaud, Emilie Chalmin, Hélène Salomon, Anne Hauzeur, Bernard Gely, Alain Turq, André Morala, Vanéssa Léa, Alain Beeching, Jacques-Léopold Brochier, Didier Binder, Stéphane Renault, Antonin Tomasso, Antoine Pasqualini, Morgane de Parthenay, Juliette Guibert-Cardin, René Liabeuf, Jérémie Liagre, Stéphane Gaillot, Philippe Dessaint, Pascal Tallet, Médard Thiry, Gregor Marchand, François-Xavier Le Bourdonnec, Jean-Pierre Platel, Pauline Martinetto, Claire Dejoie, Philippe Sciau, Harold Lethrosne, Xavier Deparnay, Jocelyn Robbe, Dorian

Roche, Laëtitia Fénéon, Alexandre Morin, Sébastien Bernard-Guelle, Sylvie Coussran-Neret, Frédéric Bazile, Catherine Grünwald, Jehanne Affolter, Caroline Riche, Régis Picavet, Marie-Hélène Moncel, qui par leurs expériences, leurs conseils ou leurs participations directes ont facilité la réalisation de ce rapport. Les données ainsi obtenues doivent autant à cette approche collective et harmonisée qu'aux soutiens des diverses institutions déjà citées. Les soutiens d'Arnaud SCHAUMASSE (DGP), de François Jourdan, Bernard Randoïn et Geneviève Pinçon (sous direction de l'archéologie), de Karim Gernigon, Marie-Agnès Gaidon-Bunuel, François Dumoulin, Franck Leandri, Nathalie Fourment, Christian Verjux, Stéphane Révillion (conservateurs régionaux de l'archéologie), de Didier Binder (CEPAM, UMR 7264), Jean-Pierre Bracco (LAMPEA, UMR 7269), d'Anne Delagnes (PACEA - UMR 5199), de Guirec Querré et Grégor Marchand (CReAAH, UMR 6566), de Patricia Guillermin conservatrice du Musée de la Cité de la Préhistoire à Orgnac, de Jean-Jacques Cleyet-Merle conservateur du Musée national de la Préhistoire Les Eyzies-de-Tayac-Sireuil, de Gérard Estève Musée de préhistoire de Vassieux en Vercors de Michel Philippe conservateur du Musée du Grand-Pressigny ont été décisifs dans la concrétisation et la pérennisation d'un tel projet. Les résultats obtenus doivent beaucoup aux conseils prodigués par Christophe Tufféry, Didier Binder, Marie-Hélène Moncel, Jean-Paul Raynal et Michel Piboule. Il a aussi fallu toute la générosité et l'ingéniosité d'Audrey Lafarge et de Pascal Tallet pour trouver des solutions à tous les problèmes techniques et informatiques. Enfin, nous remercions vivement les équipes de l'ADRAS, l'AVDPA, l'ALPARA et l'ESPAHS qui ont assuré la gestion des crédits. Notre gratitude va en particulier à Michel Chevrier, Henry Barthelemy, Pierre Bintz et Gilbert Pion.

Paul Fernandes - Vincent Delvigne - Erwan Vaissié

PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION

1.1. État de l'art

Le programme collectif de recherche réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes peut être considéré comme le noyau fédérateur de l'élan national qui se met en place depuis quelques années. Il est à l'initiative d'une synergie et d'une expertise attendues par la communauté des archéologues. A ce titre, il est le modèle qui a servi à la création des nouveaux programmes de recherche sur l'origine des matériaux (PCR « Réseau de lithothèques en Centre Val-de-Loire », PCR « Réseau de lithothèques en Nouvelle Aquitaine », PCR « Les silicites Cénozoïques d'Ile de France », PCR « Pigmentoθήque ») et a participé à la création du Groupement de recherche « SILEX », maillon nécessaire à la structuration d'un réseau national. Sa fonction reste essentielle dans la consolidation d'une structure coopérative opérationnelle à l'échelle régionale ; une démarche nécessaire qui ouvre des perspectives nouvelles et irremplaçables dans le domaine des comportements techno-économiques, des circulations de matériaux (et d'idées) et des rapports intersites.

La force fédératrice de ce programme est liée au changement de paradigme que nous proposons. Nous considérons en effet les silicites (silex, chert, jaspéroïde, silcrète) comme des roches métastables qui enregistrent les témoignages de processus successifs d'altération, que l'on peut décrypter en mettant en œuvre un concept et des outils appropriés. Le concept de chaîne évolutive (Fernandes et Raynal 2006 ; Fernandes et *al.* soumis) permet ainsi à l'archéologie préhistorique de prendre en compte les raisonnements ayant trait aux rapports entre les échantillons géologiques ou les objets archéologiques et leur milieu. Il existe des associations de stigmates et traces différentes pour chaque type de dépôt superficiel et d'éventuels gradients de transformation entre les échantillons issus d'une même formation superficielle en fonction du type génétique et du parcours évolutif qu'il a pu avoir antérieurement.

Afin de répondre à ce questionnement nous poursuivons depuis plusieurs années les axes suivants :

- Axe 1 : maintenir un niveau d'activité en équilibre dans chacun des douze départements de la grande région ;
- Axe 2 : formation à la caractérisation des silex, utilisation des nouvelles grilles d'observation ;
- Axe 3 : développement de l'outil lithothèque, travail de récolement et d'harmonisation sur les lithothèques régionales ;
- Axe 4 : travail de recherche sur le fondement des phénomènes à l'origine de l'évolution des structures minérales qui composent les roches siliceuses ;
- Axe 5 : normalisation des critères descriptifs, élaboration d'une terminologie à l'échelle nationale ;
- Axe 6 : applications au mobilier archéologique ;
- Axe 7 : vers une mutualisation des bases de données et une valorisation des résultats, afin d'enrichir un pôle de compétences pluridisciplinaires régional intégrable au projet national.

Les différents axes ainsi sélectionnés sont à la fois patrimoniaux, didactiques, liés à la recherche et développement, aux échanges, et à la valorisation-diffusion des savoirs et savoir-faire. Ils témoignent du dynamisme d'une équipe soudée, de plus en plus interactive et à l'écoute des problématiques archéologiques. Ces axes sont complémentaires et doivent permettre à la fin de cette triennale de poser les bases d'une structure offrant la possibilité à toutes les personnes concernées de bénéficier des outils nécessaires à la constitution de bases de données robustes et harmonisées.

1.2. HISTORIQUE

La volonté de déterminer l'origine des matières premières est aussi ancienne que les premières recherches des préhistoriens, en sont pour preuve les déterminations des fondateurs : Damour (1865), de Chasteignier (1868), Vinay (1867), Lartet et Christy, (1864), Boule (1892).

Une mise au point méthodologique vient ensuite d'Allemagne et d'Europe de l'est dès les années trente avec comme aboutissement la création du premier Flint Symposium à Maastricht en 1969. En France, le mouvement s'organise à partir des années cinquante (Bordes et Sonneville-Bordes, 1954). Depuis la fin des années 1970, un ensemble de travaux internationaux a jeté les bases d'une néo-discipline baptisée pétroarchéologie (Stelcl et Malina, 1970), terme repris par Masson (1981) dans l'intitulé de sa thèse. De nouvelles bases méthodologiques sont ainsi posées et la discipline, devient l'une des branches majeures de l'archéologie préhistorique sans pourtant qu'aucun réel consensus ne s'établisse entre les différents acteurs.

A la même époque, en parallèle ou de manière croisée sous l'impulsion de l'école Anglo-saxonne, les recherches se sont concentrées sur la caractérisation géochimique des silex (Sieveking et *al.* 1972). Cependant, nombres de ces études ont donnés des résultats mitigés. Il n'est pas toujours facile, à quelques exceptions (Bressy, 2012 ; Sanchez de la Torre et *al.* 2017), d'identifier un marqueur géochimique propre à une aire géographique restreinte. Malgré le développement des analyses bivariées et des techniques peu ou pas destructives ces études restent dans une phase exploratoire. Car jusqu'à présent aucune anomalie discriminante n'a pu être réutilisée dans le cadre d'une autre étude.

Dans ce climat scientifique global où la pétroarchéologie dérive souvent vers le tout géochimique, il est nécessaire de rappeler que l'approche naturaliste est un prérequis obligatoire. Un groupe de chercheurs fut donc créé sur la base d'une cooptation libre. Cette équipe a entrepris une démarche dans le but d'améliorer l'approche classique élaborée par M. et MR. Séronie-Vivien (1987) en ajoutant le concept de chaîne évolutive (Fernandes et Raynal, 2006).

Depuis 2000, ce renouvellement méthodologique a permis d'accroître nos connaissances sur le positionnement et la nature des silex en utilisant leur capacité à enregistrer les processus pédologiques et climatiques. Les travaux traitant de l'évolution post génétique 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 ; Delvigne 2016 ; Fernandes et al. soumis).

En 2006 le groupe s'associe au PCR «Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes» (coordonné par C. Bressy puis P. Fernandes à partir de 2009). Cette union déterminante, fut la première étape, le terrain d'essai, de la démarche 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 par l'amélioration du mode de géoréférencement des gîtes, non plus sous la forme d'affleurements ponctuels, mais sous celle de polygones connectés représentant l'ensemble des formations contenant des silicifications. Cette démarche rendue dynamique par la prise en compte que toutes les formations superficielles sont reliées a bénéficié des données accumulées durant une dizaine d'années par différents chercheurs. Elle permet aujourd'hui de visualiser la dispersion naturelle 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 PCR on 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), A. Tomasso (2014) et de V. Delvigne (2016) de nouvelles démarches sont disséminés. L'altération et les éléments détritiques des silex sont utilisés 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 accompagnée d'une harmonisation des méthodes d'études prenant place dans un cadre plus formel à commencer 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 plusieurs 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 (Dalphiné, 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 de constitution d'un PCR Réseau de lithothèque en Auvergne a obtenu un avis favorable. Il a été dirigé par P. Fernandes avec V. Delvigne comme référent. 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 ».

Toujours en 2015 les membres du PCR ont participé à d'autres opérations : participation à la demande de PCR «Constitution d'une "pigmentoθήque" (sous la direction de H. Salomon et E. Chalmin), 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 » dans chaque région dirigé par un représentant reconnu localement et coordonné par un groupement de recherche national est apparu, après plusieurs réunions, 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.

Toutes ces actions ont permis d'organiser une École Thématique « SILEX- Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silcrètes fondée sur leurs interactions avec l'environnement » tenue à Nice du 21 au 25 novembre 2016, organisée par Didier Binder et Paul Fernandes. Certains membres du PCR y ont participé (Vincent Delvigne, Jean-Paul Raynal, Michel Piboule, Médard Thiry). L'école portait sur l'initiation et la mise à jour des connaissances en matière de caractérisation des silex utilisés, avec pour objectif de faire connaître les avancées conceptuelles et les méthodes de caractérisation récemment élaborées, d'en favoriser la diffusion dans la perspective d'une harmonisation, d'une mise en réseau puis d'une mutualisation des référentiels de géomatères lithiques.

L'outil de diagnose ainsi disséminé auprès des personnels concernés et utilisé par les membres des PCR a fait ces preuves au cours des années écoulées. Il élargit à la préhistoire les raisonnements sur le rapport entre silex et environnements. Il est le moyen de réunir de façon raisonnée les différentes approches. En effet, que les diagnostics soient pétrologiques ou physico-chimiques, ils nécessitent une prise en compte à haut niveau des processus d'altération générés par la redistribution des matériaux dans l'environnement et susceptibles de modifier radicalement certains aspects des géomatères comme des objets archéologiques (Burke, 2008). Cette avancée méthodologique, construite par

les membres du PCR permet de sortir de nombreuses impasses en termes de caractérisation de la provenance des matériaux siliceux.

En 2017, le programme est la fois bien positionné sur une démarche novatrice et en interaction forte avec des thématiques portées par plusieurs laboratoires représentants plusieurs disciplines. Son originalité est de présenter des qualités dans les domaines de l'expérimentation, de la formation aux méthodes nouvelles, de la mise en réseau et la mutualisation des bases de connaissances. Grâce à nos contributions et nos collaborations, la pétroarchéologie bénéficie d'une avancée significative fondée sur l'étude des transformations des matériaux siliceux imposées par leurs différents environnements de résidence.

L'étude des processus mécaniques et physico-chimiques responsables de l'altération des silex permet d'affiner la détermination des origines stratigraphiques et gîtologiques des silex. Les séries lithiques participent ainsi à reconstitution des comportements et à l'étude taphonomique des sites archéologiques. En outre, l'établissement d'une chronologie relative des phénomènes facilite l'étude technologique et l'analyse diacritique des états de surface permet de présélectionner des objets pour l'étude tracéologique. Les données acquises entre 2015 et 2017 ouvrent de nouvelles perspectives interdisciplinaires de recherche dans le domaine de l'origine des matériaux, des comportements techno-économiques et de l'intégrité des sites. Nous utilisons, désormais, une approche multi-technique et multi-échelle consacrée à l'analyse de l'évolution des propriétés des silex. La mise en corrélation des résultats obtenus permet d'avancer dans la compréhension des modes de transport des artefacts et donc des régimes de mobilité des groupes humains préhistoriques.

Le pôle recherche constitué au sein du PCR autorise un travail de fonds, sur une conception unitaire et dynamiques des problématiques telles que : les lithothèques d'un territoire et la manière de les améliorer, l'inventaire des formations à silex, la caractérisation des matériaux, la représentation des géoressources, la diffusion et la conservation des résultats. Les axes que nous avons privilégiés, cette année-là (voir *supra*, ont été impulsés par deux actions majeures qui ont eu lieu au cours de la précédente triennale. L'organisation en 2016 de l'école thématique à Nice par D. Binder et P. Fernandes et la réalisation d'une enquête nationale sur les lithothèques sous l'égide du CNRS, du Ministère de la Culture, de l'Inrap et de Paléotime (organisée par C. Bressy-Leandri). Ces deux initiatives ont permis d'identifier les attentes très fortes de la part de la communauté des préhistoriens. C'est à ces attentes que nous avons décidé de répondre.

A la fin de la triennale 2015-2017, nous avons donc mis en circulation les fiches nécessaires à l'inventaire, à l'intégration des données dans un logiciel de SIG et à la caractérisation des échantillons prenant en compte la chaîne évolutive (in rapport d'activité 2017). Nous disposons désormais des outils idoines pour renouveler complètement les approches : sur le terrain, au sein des lithothèque et en laboratoire.

L'année 2018 a marqué un tournant important dans le choix de nos priorités. Il s'est avéré nécessaire de former à ces nouveaux modes opératoires. Ce virage pédagogique ne devait pas uniquement s'adresser aux membres du PCR

mais à toutes les personnes concernées par la détermination de l'origine des matières premières dans les autres régions. Une fois de plus le programme se dotait d'une dimension nationale en travaillant à la mise en place d'une équipe capable de prendre en compte le concept de la chaîne évolutive lors des études pétroarchéologiques.

Cette année nous avons poursuivi cette politique de formation, parfois, au détriment de la finalisation de certaines publications ou études de séries archéologiques. Ce choix risqué a, nous le verrons, porté ces fruits. Une seconde génération de chercheurs qui s'est approprié les méthodes et les outils mis en place par la première génération, est désormais autonome et en capacité de présenter de nouvelles fiches de caractérisations. Ces données viennent renforcer notre volonté de poursuivre le projet d'Atlas national des microfaciès.

BILAN DE L'OPÉRATION

Cette année, l'activité du PCR a été soutenue par la DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, le GDR SILEX, les conseils généraux de l'Ain, de la Drôme, de l'Isère, du Puy-de-Dôme, de la Savoie et la SARL Paléotime dans le cadre d'une des missions de service public portée par l'entreprise. Grâce à ces financements et les contributions des membres de l'équipe nous présentons un bilan en parti renouvelé par l'activité de jeunes chercheurs (P.-A. Beauvais, A. Gibaud, A. Kherdouche, M. de Parthenay, E. Vaissié). Ils sont l'avenir du projet et ont permis de vérifier la reproductibilité d'un grand nombre de résultats. En cela ils ont joué un rôle d'évaluateur en participant à la validation du processus analytique. Étape indispensable qui permet de garantir le niveau de robustesse et de fidélité d'une méthode (proximité d'accord entre plusieurs résultats issus d'un même échantillon par plusieurs individus dans des conditions prescrites). En fait, l'obtention d'un résultat aussi proche que possible de la valeur de référence d'un échantillon.

Dans ce rapport, ces jeunes chercheurs présentent des travaux qui viennent compléter et amender les données déjà acquises sur la nature et la provenance des silex de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Tous utilisent les nouveaux protocoles prenant en compte le concept de « chaîne évolutive ». Ce renouvellement méthodologique, aujourd'hui validé par la communauté des archéologues, permet de sortir de nombreuses impasses en termes de caractérisation de l'origine des silex (Hue, 1929 ; Vignard et Vacher, 1964 ; Vilas Boas, 1975 ; Aubry et *al.*, 1975 ; Thiry, 1981 ; Besançon, 1982 ; Glauberman et Thorson, 2012, Fernandes, 2012 ; Thiry et *al.*, 2014 ; Delvigne 2016 ; Fernandes et *al.* soumis). En effet, les processus pédologiques et climatiques affectent le comportement des phases minérales composant le silex, et impactent donc l'analyse comparative des transformations minéralogiques et micromorphologiques rencontrées dans les matériaux bruts (échantillons géologiques) et dans les objets archéologiques. Cette démarche pluridisciplinaire et transversale livre des signatures semi-quantitatives et qualitatives robustes s'appuyant sur trois grilles d'analyses (voir *infra*).

Le PCR forme désormais une équipe soudée, familiarisée à la pratique de ces grilles d'analyse. Leur utilisation permet de décrypter les transformations prédépositionnelles témoins du lieu de collecte et les altérations post-dépositionnelles qui participent à l'étude taphonomique du site.

Nous avons organisé le 11 juin 2019 une assemblée générale (voir le compte rendu en annexe) durant laquelle nous avons confirmé la poursuite des actions engagées en 2018 (voir *supra* dans le chapitre 1 Présentation). Nous rappelons ici, que ces dernières ont été impulsées par deux actions majeures qui ont eu lieu au cours de la précédente triennale. L'organisation en 2016 d'une école thématique à Nice par D. Binder (CNRS, CEPAM) et P. Fernandes (SARL Paléotime) et la réalisation d'une enquête nationale sur les lithothèques sous l'égide du CNRS, du Ministère de la Culture, de l'Inrap et de Paléotime (organisée par C. Bressy-Leandri). Ces deux initiatives ont permis d'identifier les attentes très fortes de la part de la communauté des préhistoriens. C'est à ces attentes que nous avons décidé de répondre en nous concentrant sur les points suivants :

- garder le contact avec le territoire et les acteurs régionaux,
- former à la caractérisation des silex,
- développer l'outil lithothèque,
- effectuer un travail de recherche sur les processus à l'origine de l'altération,
- normaliser les critères descriptifs,
- appliquer au mobilier archéologique les savoirs faire acquis,
- mutualiser les bases de données harmonisées,
- et diffuser les résultats par des publications.

2.1 AXE 1 : MAINTENIR UN NIVEAU D'ACTIVITÉ EN ÉQUILIBRE DANS LES DÉPARTEMENTS

(P. FERNANDES)

2.1.1. Allier

Cette année le PCR a soutenu au niveau scientifique et pris en charge une partie des déplacements liés au travail de thèse d'Alix Gibaud. Cette thèse ambitionne de documenter les traditions techniques présentes des sociétés de la fin du Paléolithique au nord de l'Auvergne et notamment dans l'Allier ; un espace géographique situé au carrefour de différentes traditions culturelles à un moment de refondation des traditions et des équipements techniques. Fondée sur les outils heuristiques de l'analyse des systèmes techniques avec une insistance forte sur la caractérisation des matériaux siliceux, elle livrera des données nouvelles sur ce qui est partagé et ce qui distingue les complexes laboriens et belloisiens. Elle permettra également d'interroger les systèmes de mobilité. Elle apportera une expertise précieuse sur le Paléolithique au Service d'Archéologie préventive du Conseil départemental de l'Allier et dotera ce même service d'une lithothèque associée à une BDD qui pourra être mise en réseau avec les lithothèques nationales. Dans ce cadre le PCR, a pris en charge une mission de prospections réalisée dans l'Allier et la Loire (du 31/03 au 02/04). Ces prospections avaient pour thèmes : la variabilité des silicites des sables du Bourbonnais et les silicites Jurassiques de la Loire. L'ensemble de ces prospections sont venues enrichir la lithothèque de Laussonne et du SDA de l'Allier. Les détails de cette mission réalisée au mois d'avril sont décrits dans le chapitre 3.2.

2.1.2. Cantal

Une autre mission s'est déroulée du 16 au 20 septembre incluse. Elle a permis de collecter en position primaire et secondaire un échantillon représentatif des silex et silcrètes des vallées de la Cère, de la Jordanne, de l'Authre et du Goul. Cette prospection financée par le PCR est liée au travail de thèse d'Erwan Vaissié. Cette démarche avait pour objectif de réinvestir les marges occidentales du massif cantalien et d'approfondir nos connaissances sur la variabilité géologique de ces silicites régulièrement présentes dans les ensembles archéologiques du Massif central et d'Aquitaine. Ce dernier facteur à confirmer l'intérêt de garder le plus de connections possible entre les PCR « Réseau de lithothèques » afin d'aborder de façon raisonnée les problèmes de silex d'origine extrarégionale. Les détails de cette mission aux limites deux grands domaines minéraux sont décrits dans le chapitre 3.1.

En parallèle, Des membres du PCR en association avec le PCR « Réseau de lithothèques en Nouvelle Aquitaine » poursuivent la diagnose de silex archéologiques provenant de sites préhistoriques aquitains présentant des aspects macroscopiques proches de certains silex tertiaires du bassin d'Aurillac.

2.1.3. Puy de Dôme

Cette année nous avons repris l'analyse des silex lacustres de Grosmenier (La Sauvetat). Les résultats de cette étude seront présentés en fin de triennale.

2.1.4 Haute-Loire

Deux membres du PCR poursuivent l'encadrement de la thèse d'Erwan Vaissié : l'étude du matériel lithique de Baume-Vallée est finalisée. Le travail sur la pétrographie et la minéralogie des silcrètes du gîte de Saint-Pierre-Eynac et de Fariès se poursuit (voir chapitre 3.5.). L'étude de ces échantillons s'est déroulée dans le laboratoire de Paléotime la fin de cette année. La finalisation de la base de données matières premières de Saint-Anne 1 est repoussée à 2020.

2.1.5 Ain

L'étude de la série attribuée au Moustérien du site de la Chenelaz (Hostias) a commencé en décembre 2019. Cette collection nous a été confiée par M. Cartonnet. Le financement de cette étude est pris en charge par le Conseil Départemental de l'Ain.

2.1.6 Ardèche

Cette année le PCR a continué de soutenir A. Kherdouche et P.-A. Beauvais dans le cadre du récolement de la lithothèque du Musée de La Cité de la Préhistoire à Orgnac. Les relations avec ce musée sont fortes et constructives depuis 2004. Nous tenons à remercier ici P. Guillermin pour sa collaboration sans faille. Cette Collection de référence sur les matières premières siliceuses (silex principalement) est désormais consultable. Elle livre un éventail assez complet de la variabilité des géoressources à l'échelle du département et de ces marges. Chaque échantillon est catalogué en fonction de son gîte, précisément localisé, et de son analyse macro- et mésoscopique. Les observations sont consignées dans une base de données standardisée, qui permet l'échange avec d'autres lithothèques. Cette lithothèque utilise la fiche d'inventaire préconisée par les membres du Bureau du GDR SILEX. Les détails de cette mission sont décrits dans le chapitre 3.3.

En parallèle nous avons repris en association avec le CEPAM (D. Binder et A.Tomasso) l'étude pétrologique des silex bédouliens de la moyenne vallée du Rhône. Cette mission fait partie d'un vaste projet qui devrait nous permettre de publier un atlas des différents types de silex bédouliens du Grand Sud-est de la France. En 2019 nous avons participé à une session à Nice d'une semaine qui a permis de compléter les fiches des silex bédouliens du Vaucluse et du Ventoux non encore caractérisés. La différenciation entre les silex du domaine rhodanien et ceux du Ventoux ou du Vaucluse est depuis ce travail en cours d'acquisition.

De même, l'étude des objets en silex du site de Mas Aighuilon (dir. P. Guillermin et H. Djema) déjà entamée s'est poursuivi pour les objets récoltés en 2019 voir chapitre 3.7)

2.1.7. Drôme

L'étude pétrographique et taphonomique d'une série de silex du site néolithique de Saint-Paul-Trois-Châteaux en association avec V. Léa et le Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence (CAPV) est en cours. La finalisation de cette mission est prévue pour le premier trimestre 2020. En parallèle nous avons (PF et VL), travaillé six journées sur une sélection de silex de Daurelle (au lieu-dit Avenue de Gourmier) et Pélican (Portes de Provence, quartier des Blaches du Couchant et du Grand Pélican). Cette étape fut extrêmement profitable car nous avons pu confirmer une partie du classement fait à l'échelle macroscopique et pousser un peu loin la caractérisation de plusieurs types, dont la provenance demeurait incertaine ou indéterminée.

La finalisation de l'étude pétroarchéologique des silex de Maumuye (Saint-Roman) a repris en septembre. Les diagnostics pétroarchéologiques et l'analyse de l'état de surface des objets en silex de Maumuye (718 sur 1544 que comprend la série) ont permis de déterminer les zones d'approvisionnement principales sans fixer, pour l'instant, les limites du domaine minéral exploité par ses occupants. Ce travail vient compléter le premier examen fait en 2006-2007. Il doit reprendre en 2020.

2.1.8. Isère

La publication de l'étude pétroarchéologique des silex de Charavines est parue dans les Collections EDYTEM (n°20). La totalité des subventions de l'Isère a été utilisée pour le récolement de la lithothèque de Dolomieu.

2.1.9. Rhône

Nous avons finaliser la publication en association avec le Service Archéologique de la ville de Lyon d'un article sur l'état de l'art des recherches sur la caractérisation des formations primaires et secondaires à silicites en région lyonnaise. Cette publication est parue dans le bulletin de la Société linnéenne de Lyon fin 2019. Il est prévu de publier l'étude pétroarchéologique de l'industrie du site mésolithique de Vaise en 2020.

2.1.10 Savoie et Haute-Savoie

La diagnose d'une série de silex provenant des fouilles de Gerbaix a été une nouvelle fois retardée. Il est prévu de démarrer cette étude au cours du mois de janvier 2020. La collaboration avec Sylvie Cousseran-Néré et Eric Thirault pour l'étude des exploitations anciennes de quartz hyalins en association est en suspens.

2.2. AXE 2 : FORMATION À LA CARACTÉRISATION DES SILEX, UTILISATION DES NOUVELLES GRILLES D'OBSERVATION

(P. FERNANDES, V. DELVIGNE, C. TUFFÉRY)

Ces dernières années, l'approfondissement des connaissances sur le silex a bénéficié d'une refondation des méthodes de caractérisation. Dans l'approche que nous proposons, les silicites sont assimilés à des roches métastables qui enregistrent les preuves de processus d'altération successifs, qui sont révélés par la mise en œuvre de protocoles d'observation appropriés. Cet enregistrement est à l'origine du concept de la chaîne évolutive. Notre approche est basée sur le décodage chronologique des transformations induites par les environnements traversés. Cette lecture dynamique permet de recréer le trajet théorique de l'échantillon de son dépôt primaire à son dépôt de récolte.

Afin de proposer un protocole de caractérisation à la hauteur de ce renouvellement, les membres du PCR en collaboration avec le comité du GDR et les membres des autres PCR ont mené à son terme la mise en place d'un tableur .xls et une base Access comprenant trois grilles (voir annexe 2). Ces fichiers ayant d'abord pour objectif de déterminer la provenance de l'objet lithique, utilisent un nombre de paramètres discriminants et invariants raisonnable et livrent des signatures semi-quantitatives et qualitatives robustes. Ils s'appuient sur quatre notions essentielles (morphologie, polarités, couleur héritée versus acquise et division de l'échantillon en 5 zones). Ils nécessitent une série de déterminations et de mesures systématiques à l'échelle mésoscopique des états de surface, des éléments figurés, du type de liseré sous cortical, de la porosité et de la poronécrose.

Le tout se construit à partir de trois grilles d'observation :

- grille 1, aspects génétiques : elle présente une série d'éléments discriminants pétrographiques liée à la genèse des silicites. Elle permet de caractériser le type génétique.
- grille 2, aspects gîtologiques : elle présente une liste de valeurs ayant trait aux effets des processus liés à la phase prédépositionnelle. Elle permet de caractériser le(s) type(s) gîtologique(s).
- grille 3, aspects taphonomiques : elle présente une liste de valeurs ayant trait aux effets des processus liés à la phase post-dépositionnelle. Elle permet de caractériser le(s) sous-type(s) archéologique(s).

Ce fichier est disponible sur le site du GDR et désormais utilisé par les étudiants qui travaillent dans les PCR.

Fort de cet outil analytique, les membres du PCR ont délivré des enseignements et organisé plusieurs stages sur la mise à jour des connaissances en matière de caractérisation des silex et de gestion des lithothèques. L'objectif, résolument fédérateur, est de faire connaître les avancées conceptuelles et les méthodes de caractérisations interdisciplinaires et multiscalaires, les plus récemment, élaborées.

2.2.1. Formation de O. Dupart du 4 au 7 mars (doctorante, UMR 8215 Trajectoires) à la caractérisation des microfaciès et des états de surface

Les quatre jours ont été consacrés à l'initiation à la caractérisation des microfaciès d'une série de silex du Bassin parisien.

2.2.2. Formation de Vanessa Léa du 1 au 5 avril (CR CNRS, UMR 5608 Traces) à la caractérisation des microfaciès des silex bédouliens de la moyenne vallée du Rhône et du Vaucluse

La totalité du stage a été consacrée à la discrimination des différents microfaciès de silex bédouliens présents dans les séries de Saint-Paul-les-trois-Châteaux, Daurelle et Pélican. Avec une approche classique basée sur une bonne connaissance des silex collectés par les groupes chasséens et la chaîne évolutive. Cette étape fut extrêmement profitable car il a été possible de confirmer une partie du classement fait à l'échelle macroscopique et pousser un peu loin la caractérisation de plusieurs types, dont la provenance demeurait incertaine ou indéterminée.

2.2.3. Formation de J. Guibert-Cardin du 8 au 11 juillet (doctorante, UMR 7264 CEPAM) à l'analyse des gradients d'altération des silex

Des observations à faible et fort grossissement ont été réalisées afin d'identifier et positionner dans le temps les modifications pré et post-dépositionnelles affectant des échantillons géologiques et des pièces lithiques sélectionnées pour leur valeur didactique. Tous les éléments ont été analysés selon la méthode prenant en compte la chaîne évolutive. L'étudiante a conclu que l'utilisation d'un tel protocole lui a permis d'aller plus loin dans son analyse des traces taphonomiques. Le schéma conceptuel peu à peu maîtrisé répond aux besoins récurrents de décryptage chronologique des processus qu'ils soient antérieurs ou postérieurs à l'abandon de l'objet.

2.2.4 Formation pigmentothèque en collaboration avec le laboratoire EDYTEM-Université de Savoie-Mont Blanc les 10 et 11 septembre : formation à la lecture de la fiche terrain et des grilles de caractérisation

Ces deux journées ont été consacrées entièrement aux approches méthodologique et analytique dans le cadre de la création d'une matériauthèques. Elles ont permis de resserrer les liens qui unissent ces deux programmes de recherche (le PCR réseau de lithothèques avec le PCR Pigmentothèque). Les membres du PCR Pigmentothèque mettent désormais en avant les liens avec le réseau des lithothèques en particulier pour son expertise nationale, concernant les aspects de formations et transferts de compétences, aussi bien que pour les aspects d'interopérabilité, de BDD et de SIG, dont ils ont déjà bénéficié.

2.2.5 Organisation en collaboration avec l'UMR 6566 CReAAH et le GDR SILEX du Stage Silex à Rennes du 30 septembre au 4 octobre : formation à la caractérisation des silex

(G. MARCHAND)

Grâce aux soutiens financiers du GDR et de Paléotime, deux membres du PCR (PF et VD) ont délivré un enseignement sur la caractérisation et la détermination de la provenance des silex. Cette formation organisée dans les locaux du CReAAH (laboratoire Archéosciences), a réuni sous l'impulsion de Mickaël Guiavarc'h et Guirec Querré onze stagiaires étudiants ou professionnels travaillant pour l'essentiel dans l'Ouest de la France - Guirec Querré et Jean-Christophe Le Bannier ont complété cette formation par une présentation des moyens d'études géochimiques du laboratoire Archéosciences, Rayon-X, XRF, ICP optique et surtout ICP-MS à ablation laser.

Davantage connue pour ses référentiels en roches métamorphiques et plutoniques, la lithothèque du laboratoire Archéosciences de Rennes s'est enrichie ces dernières années de centaines de blocs de silex et de silcrètes provenant des marges du Massif armoricain, grâce notamment à la contribution exceptionnelle de Philippe Forré (INRAP), infatigable prospecteur qui trotte entre Seine et Gironde.

Dirigée actuellement par Mickaël Guiavarc'h, Grégor Marchand et Guirec Querré, la lithothèque est la colonne dorsale de plusieurs programmes de recherche menés dans l'équipe « Roches et Sociétés » de l'UMR 6566CReAAH. Cet outil de recherche formidable permet ainsi d'établir des liens fructueux entre les archéologues amateurs et professionnels, ainsi qu'avec les étudiants.

Ce stage alliant théories et pratiques a ouvert de nouveaux horizons à l'ensemble des stagiaires. Les études pratiques derrière des loupes binoculaires ont occupé une bonne moitié de la semaine, que ce soit sur des blocs naturels ou les outils préhistoriques. Les développements sont d'ailleurs très prometteurs sur les galets de silex recueillis sur les estrans marins : non seulement il semble possible d'établir une origine géographique de ces blocs, mais on peut aussi les replacer sur les estrans mêmes, livrant ainsi une précieuse image des modes de gestion de ces interfaces terre-mer. Plusieurs applications sont d'ores et déjà sur les rails.

2.2.6. formation d'Alain Turq et André Morala à l'utilisation de la fiche de caractérisation des silex

Cette formation s'est déroulée du 28 au 31 octobre 2019 dans les locaux du Musée national de Préhistoire des Eyzies. Il avait pour but de consolider les connaissances des deux chercheurs sur la lecture des processus d'altération présents sur les silex.

2.2.7. Formation de Morgane de Parthenay du 4 au 6 novembre 2019 à la pétroarchéologie du silex

Cette formation s'est inscrite dans le cadre de travaux d'un Master 2 en cours

à l'université de Rennes 2. Son but était de renforcer les connaissances sur le mode de fonctionnement des trois grilles d'observations citées au début de ce chapitre. Après deux années de formation, Morgane est aujourd'hui en capacité de déterminer la nature génétique et gîtologique d'un silex.

2.2.8. Formation Matières premières dans le cadre du projet UFA, à Namur (Belgique) du 21 au 23 mars 2019

Le workshop « New methods for raw material analysis and application in Benelux/North Rhine-Westphalia » du Projet « International standards for the techno-economic study of lithic productions in the neolithic period » (dir. S. Scharl, S. Denis, J.P. Collin) a réuni une vingtaine de chercheurs venus de différentes universités française, belge, hollandaise et allemande. Divisé en trois jours de travail il s'attachait à répondre à différentes questions. Le premier jour était dédié à des présentations méthodologiques : que peut-on faire en tant qu'archéologue ? en quoi le travail de l'archéologue est-il un préalable indispensable à l'apport d'un pétroarchéologue ? Comment effectuer un bon référentiel ? La seconde journée était consacrée à la présentation, à la manipulation et à l'observation à plusieurs échelles d'échantillons géologiques. Un bilan s'est tenu le dernier jour afin de synthétiser l'apport de cette première manifestation et de dessiner de dégager des perspectives.

2.2.9. Intervention dans les formations universitaires

En étroite collaboration avec le PCR nous sommes intervenus dans différentes formations universitaires afin de traiter de la pétroarchéologie :

- Cours pour les M1 du parcours préhistoire de l'UMR7264 - CEPAM du 08 au 12/12/2019 ;
- Cours pour les M1 du parcours géoscience de l'UMR 6042 GEOLAB le 29/11/2019 ;
- Cours pour les M1 de préhistoire– module de méthodologie de l'Université de Liège le 07/03/2019.
-

2.2.10. Participations de plusieurs de nos membres aux Colloques

Séance de la SPF, Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale : production, usages, transferts Nice 18-20 mars : Territorialité, mobilité, interactions : apports croisés des sous-systèmes lithiques et céramiques. Auteurs : D. Binder, C. de Stefanis , P. Fernandes: B. Gratuze, T. Huet, R. Maggi, C. Tozzi.

International standards for the techno-economic study of lithic productions in the Neolithic period. Event 1: Namur – 21-23 march 2019 :

- The raw material reference collections in the near future, the GDR SILEX project in France. Authors: P. Allard, C. Bressy-Leandri, F. Bostyn, J.-P. Collin, V. Delvigne, P. Fernandes.
- New methods for characterizing siliceous raw materials. Auteurs : V. Delvigne, P. Fernandes, M. Thiry, M. Piboule, J.-P. Collin, J.-P. Raynal.
- New methods for characterizing siliceous raw materials: definition of common standards for raw materials analysis. A dynamic database.

XXII colloque GMPCA, Archéométrie Montréal du 9 au 12 mai : Approvisionnements en silex entre la Corse et la Sardaigne : nouvelles recherches sur la caractérisation des matériaux siliceux du Bassin de Perfugas (Sardaigne). Authors: C. Bressy-Leandri, P. Fernandes, B. Melosu, M. Piboule, C. Luglie.

Séance commune SPF Hugon Obermaier-Gesellschaft. On the move Strasbourg les 16 et 17 mai : Acquisition of lithic raw materials and territories in the southern part of France at the end of the Upper Paleolithic. Authors: V. Delvigne, P. Fernandes, P. Bindon, R. Angevin, A. Lafarge, M. Langlais, D. Pesesse, J.-P. Raynal.

Journée DAHLIA Nantes le 28 juin : Des outils numériques de saisie, de consultation et d'analyse de données sur les ressources en silex pour les études en Préhistoire. Authors: C. Tufféry, P. Fernandes, V. Delvigne, C. Bressy-Leandri.

ECTQG Luxembourg 5-9 septembre : A multi-agent simulation to model the secondary sources of siliceous raw material used in Prehistory. Authors: C. Tufféry 1-2, V. Delvigne 3-4, E. Vaissié 4, P. Fernandes.

1st conference : Early Neolithic of Europe 6-8 november in Barcelone : Mobility, interactions and networking within the NW Impresso-Cardial complex: highlights from Finale – Arene Candide and Castellar – Pendimoun Authors: Didier BINDER(*) (1,2), Cristina DE STEFANIS (1), Léa DRIEU (1,3), Gilles DURRENMATH (1), Paul FERNANDES (2,4,5), Marzia GABRIELE (1,6), Bernard GRATUZE (7), Jean-Marc LARDEAUX (6), Roberto MAGGI (8), Chiara PANELLI (1, 9), Chrystèle VÉRATI (6).

2.3. AXE 3 : DÉVELOPPEMENT DE L'OUTIL LITHOTHÈQUE, TRAVAIL DE RÉCOLEMENT ET D'HARMONISATION SUR LES LITHOTHÈQUES RÉGIONALES

(P. FERNANDES, A. GIBAUD, E. VAISSIÉ, A. KHERDOUCHE, P.-A. BEAUVAIS, A. HAUZEUR, H. LETHROSNE, X. DEPARNAY, C. BRESSY-LEANDRI, V. DELVIGNE, M. PIBOULE, D. ROCHE, L. FÉNEON., R. LIABEU, P. BINTZ, B. GELY, A. MORIN)

Cette année les membres du PCR ont perfectionné la fiche de terrain et/ou inventaire lithothèque mise en place dès 2017. Cette fiche est disponible sur le site du GDR sous différents formats : pdf, access, fmp. Elle est désormais utilisée à chaque nouveau récolement de lithothèque en France (voir *infra*). C'est notamment le cas de la lithothèque de Dolomieu pour laquelle le classement est finalisé et celui de la lithothèque de Paléotime qui est en cours. Des armoires de rangement adaptées ont été financées par la SARL Paléotime. Le récolement de la lithothèque d'Orgnac arrive à son terme (voir *infra*).

2.3.1. La lithothèque Pierre Bintz (anciennement Dolomieu) à Paléotime

Le financement de cette opération a été assuré par l'État (Ministère de la Culture), les départements de l'Isère et de la Drôme, la société Paléotime et son fonctionnement a été assuré par la disponibilité et la passion des membres du PCR.

Anciennement lithothèque Dolomieu (du nom de l'ancien institut de Géologie de Grenoble) elle réunit 1511 échantillons de silex, collectés de 1972 à 2010, dans les départements de l'Ain, des Alpes-de-Haute-Provence, des Hautes-Alpes, de l'Ardèche, de la Drôme, de l'Isère, de la Savoie, de la Haute-Savoie et du Vaucluse.

L'inventaire des types de silex en Rhône-Alpes a vraiment débuté avec les travaux de P. Bintz au début des années 1970, en relation directe avec ses recherches conduites sur la Préhistoire des massifs de la Chartreuse, du Vercors, et de leurs piémonts (Isère, Drôme, Savoie). C'est à l'initiative de ce dernier et grâce à la participation de C. Grünwald que fut décidé de constituer une lithothèque. Cette première collection a été mise en place entre 1972 et 1990, dans le souci de mieux identifier les sources et de pérenniser les informations. Elle était accompagnée d'un inventaire sous la forme d'un premier fichier xls.

Ces premiers prélèvements seront ensuite enrichis pendant près d'une vingtaine d'années, dans le cadre de nombreuses opérations archéologiques et de diplômes universitaires conduits par l'équipe de Préhistoire de Grenoble, concernant principalement les départements de l'Isère, de la Drôme, de la Savoie et des Hautes-Alpes. C'est à partir de 1998 que Céline Bressy-Leandri assurera, dans le cadre de sa recherche universitaire et de deux PCR - « Mésolithique et néolithisation dans les Alpes du Nord » (coord. P. Bintz) » et à partir de 2006 « Réseau de lithothèques en Rhône-Alpes » (coord. C. Bressy-Leandri) - une véritable gestion de la lithothèque, avec la mise en place d'une base de données « lithogite ».

En 2011, lors du déménagement du pôle de recherche et d'enseignement de géologie de l'Institut Dolomieu, s'est posée la question de l'avenir de la lithothèque. Afin de sauvegarder cette collection de référence, la société Paléotime a proposé de prendre en charge son déménagement et son installation dans son laboratoire de Villard-de-Lans (Isère). Une convention fut alors signée entre la SARL et l'Association pour la Valorisation et la Diffusion de la Préhistoire Alpine (AVDPA). Le soutien de Paléotime, avec notamment l'acquisition de meubles de rangements spécifiques, permet aujourd'hui à cette lithothèque d'être à nouveau consultable et ouverte à la communauté scientifique.

Cette lithothèque est donc le fruit de 30 années de collectes par de nombreux collaborateurs (archéologues, géologues, bénévoles...), comme Jehanne Affolter, Sébastien Bernard-Guelle, Céline Bressy-Leandri, Cyril Bernard, Pierre Bintz, Catherine Grünwald, François Martineau, Gilles Monin, Alexandre Morin, Henri-Georges Naton, David Pelletier, Régis Picavet, Caroline Riche, Jean-Marc Roche, Christian Stouvenot...

Cette année, le récolement de la lithothèque a été finalisé en utilisant des fiches identiques à la base de données nationale relative aux ressources siliceuses. Tous les échantillons sont depuis le mois de septembre inventoriés et rangés par départements, commune et gîtes dans les tiroirs du meuble attribué à cette collection. La lithothèque est ouverte à tous les chercheurs ou étudiants concernés sur simple prise de rendez-vous. Les fiches issues de cette inventaire harmonisé seront disponibles sur le site du GDR et pourront servir de base à la remontée d'informations au niveau des gîtes représentés dans chaque lithothèque, au sein d'une future base de données nationale.

2.3.2. La lithothèque Paléotime

Cette collection est le fruit d'un grand nombre de campagnes sur le terrain qui ont débuté dans les années 80. Certains membres du PCR (PF, MP, EV, BG, AM, SB-G, GM, RP, AH) ont fait don de tout ou partie de leurs lithothèques afin de constituer au sein du Pôle recherche de Paléotime une collection de références pour le Centre-Est de la France. La lithothèque contient un peu plus de 2500 échantillons issus de plusieurs grandes régions (Auvergne-Rhône-Alpes, Nouvelle Aquitaine, Île-de-France, PACA, Centre Val-de-Loire). Outre ces matériaux collectés au cours de travaux personnels la plupart des échantillons sont issus des campagnes de prospections qui ont accompagné les opérations d'archéologie préventives confiées à l'entreprise, citons seulement : S. Bernard-Guelle et al. (2010) rapport final d'opération Mesnil-Saint-loup ; A. Hauzeur et al. (2012) rapport final d'opération Beynes (78) ; P. Tallet et al. (2013) rapport final d'opération Plaine de Montaigny à Melun (77) ; B. Huet et al. (2015) rapport final d'opération Auvers-le-Hamon (72) ; P. Tallet et al. (2016) rapport final d'opération les Clayes-sous-Bois (78) ; A. Hauzeur et al. (2018) rapport finale d'opération Chessy (77) ; L. Fénéon et al. (2018) rapport final d'opération Boinville-en-Mantois (78). Ces missions liées aux chantiers de fouille ont permis de constituer une lithothèque réunissant des échantillons géologiques prélevés en position primaire et secondaire dans les départements de l'Aube, des Yvelines, de la Seine-et-Marne, de l'Essonne, de l'Yonne, du Calvados et de la Sarthe. Cette collection de référence pour le Bassin parisien comprend aujourd'hui plusieurs centaines d'échantillons, notamment les types mésozoïques et cénozoïques issus des minières d'Espins dans le Calvados

(Coutard, 1998 ; Charraud 2015) de Jablines en Seine-et-Marne (Bostyn, Lanchon dir. 1992) et Flins dans les Yvelines (Giligny, Bostyn dir. 2016).

Le PCR a pris en charge le financement du récolement de cette autre lithothèque présente dans les locaux de Paléotime. Ce travail encadré par un membre du PCR (PF) a été effectué par un stagiaire (Dorian Roche) géologue de formation. Il a nécessité plus de deux semaines de travail. Comme pour la lithothèque P. Bintz nous avons utilisé des fiches identiques à la base de données nationale relative aux ressources siliceuses. Près de huit cents échantillons sont inventoriés et rangés par départements, communes et gîtes dans des caisses. Ce type de rangement est temporaire. La société Paléotime s'engage, en 2020, à faire l'achat des meubles nécessaires à son rangement définitif. Cette partie de la lithothèque est ouverte à tous les chercheurs ou étudiants concernés sur simple prise de rendez-vous. Les fiches issues de cet inventaire harmonisé seront-elles aussi disponibles sur le site du GDR.

2.3.3. La lithothèque du Musée d'Ornac

Le travail sur la lithothèque d'Ornac a été entamé au mois de mars de l'année précédente par deux étudiants (A. Kherdouche et P.-A. Beauvais). Ces derniers ont été formés dès 2018 à l'utilisation des nouvelles grilles d'observation. Ce récolement est toujours porté par la Citée de la Préhistoire et P. Guillermin en association avec les membres du PCR. Cette lithothèque utilise désormais la fiche d'inventaire préconisée. Le détail de cette mission est décrit par ces auteurs dans le chapitre 3.3. Un fichier finalisé sera présenté en fin de triennale.

2.3.4. La lithothèque du CAP Valence

Cette lithothèque est stockée dans des cartons classés par communes sur des étagères dans les locaux du Conseil départemental. Sa pérennité est donc assurée. Cependant elle est pour le moment inexploitable car son récolement est incomplet et obsolète. Une réunion a donc été organisée le 22 octobre dans les locaux du CAP à Bourg-Lès-Valence avec J.-L. Brochier et A. Beeching et avec Christelle Burgard la Directrice du service Culturel et Patrimoine dans les locaux où sont stockés les collections du Conseil Départemental de la Drôme. Au cours de cette rencontre, il a été décidé que le département et le PCR prendront en charge le financement de la réactualisation de l'inventaire de la lithothèque du CAP Valence désormais propriété du département. Cette collection a été constituée par J.-L. Brochier et A. Beeching. Il existe déjà une base de données constituée par C. Bressy-Léandri avant 2012. Elle est incomplète et ne concerne qu'une série de silex oligocènes. Nous possédons un CD de cet inventaire. Il existe également un début de BD réalisée par Juliette Durand, entre 1999 et 2000, sur file maker 2.1. Cette version est ancienne et ne s'ouvre que sur un vieux Mac. Elle comprend 360 échantillons enregistrés avec un numéro, le nom de la commune et du lieu-dit. L'affleurement géologique n'est pas décrit, ni le type de silex. Il existe en parallèle des photocopies papier de cartes IGN, avec la localisation précise des échantillons. Il reste donc encore beaucoup de travail à faire, sans compter les échantillons qui se sont rajoutés depuis. C'est le grand projet des années 2020-2021. Il sera détaillé dans le chapitre 5 traitant des perspectives à la fin de ce rapport.

2.3.5 Lithothèques du département de l'Allier

Les prospections menées dans le département de l'Allier s'inscrivent dans le cadre d'une thèse de doctorat en contrat CIFRE (A. Gibaud), encadré par le laboratoire du LAMPEA (Jean-Pierre Bracco, Professeur de Préhistoire) et le Conseil départemental de l'Allier (David Lallemand, responsable du Service d'Archéologie Préventive du Département de l'Allier). Ce travail est soutenu et intégré au PCR « Réseau de lithothèque en Auvergne-Rhône-Alpes ».

Les matériaux récoltés sur le terrain seront systématiquement doublés, afin d'alimenter à la fois la lithothèque de Laussonne et la lithothèque du Service d'Archéologie Préventive du Département de l'Allier. En effet, il a été convenu lors de l'établissement du contrat CIFRE entre le Conseil Départemental de l'Allier et le laboratoire du LAMPEA, qu'une lithothèque sera mise en place au sein du Service d'Archéologie préventive. Cette dernière sera associée à une base de données et à un SIG décrivant les gites échantillonnés. Il s'agit là d'un livrable évidemment destiné à rester dans le service au-delà du temps de la thèse, qui complétera les approches géomorphologiques en cours et à venir et qui documentera les diagnostics futurs. Ajoutons que la cartographie précise des sources siliceuses est un outil précieux pour les diagnostics archéologiques car elles sont autant de gisements paléolithiques ou néolithiques potentiels. Le dépôt du SAPDA a déjà un emplacement de prévus pour le stockage des échantillons bruts (blocs) et nous propose un meuble à tiroirs multiples pour les échantillons réduits (éclats).

2.4. AXE 4 : TRAVAIL DE RECHERCHE DANS LA COMPRÉHENSION DES MÉCANISMES IMPLIQUÉS DANS LA RÉACTIVITÉ DES PHASES DE SiO_2 , VERS L'UTILISATION DU SYNCHROTRON

(P. FERNANDES, P. MARTINETTO, C. DEJOIE, P. SCIAU, M. PIBOULE, F.X LE
BOURDONNEC, V. DELVIGNE)

Le silex est un matériau difficile à aborder en termes d'analyse. Il est hétérogène et métastable : un mélange de minéraux et d'éléments organiques, de défauts et d'homogénéité dans la structure cristallographique, de phases authigènes/détritiques, syngénétiques/épigénétiques, multiples paramètres qui évoluent au dépend de nombreux facteurs externes. La chaîne évolutive est le moyen approprié pour décrypter la longue séquence d'évènements mécaniques et physicochimiques effectués lors des itinéraires du gîte primaire au gîte final de résidence. Ce transfert se traduit à la surface de l'objet par l'acquisition de stigmates enregistrés de façon discontinue et imposés par des facteurs mécaniques ou physicochimiques. Ces effets acquis à l'interface minérale du silex et de son environnement selon chaque agent s'établissent selon des échelles temporelles très variables (comprises entre la milliseconde et le million d'années, voire même plus). L'analyse de l'évolution faciologique des silex acquise au contact de l'atmosphère, de l'hydrosphère et même de la biosphère apporte - selon leurs natures originelles - des enseignements très variés concernant les milieux de transfert ou de résidence, les conditions climatiques et les paramètres physicochimiques, etc...

L'interface corticale, la plus sollicitée lors de cette évolution, constitue un enregistreur privilégié pour décrypter les stigmates des interactions dans des environnements successifs variés. Le transit général de l'objet et la chronologie relative des évènements qui le modèlent restent difficiles à relier ainsi aux milieux de résidence successifs. Seules les grandes discontinuités temporelles de ce transfert peuvent être calées.

Ce matériau complexe rend difficile la détermination précise de sa diffusion naturelle avec les outils à notre disposition (mésoscopie, microscopie à polarisation, microscopie électronique à balayage équipé pour la microanalyse par rayons X (SEM-EDX, XRF), microscope confocal, diffraction des rayons X (DRX), spectroscopie Raman, spectroscopie *infrarouge* à transformée de Fourier (FTIR), spectrométrie plasma-masse à couplage inductif par ablation laser (LA-ICP-MS) - analyse isotopique (LA-MC-ICP-MS). Malgré cette combinaison d'outils analytiques, nous avons atteint un niveau qui doit être dépassé ! La plupart des produits de réaction restent indéterminés.

Il est nécessaire d'effectuer une cartographie géochimique et minéralogique précise à l'échelle de quelques microns. L'utilisation du synchrotron devrait permettre d'identifier les variations dans la structure et la composition des éléments piégés dans les différentes interfaces entre la surface et le noyau du silex. L'idée serait de mesurer à la fois la composition des éléments acquis et les modifications minérales ; deux points sur lesquels les outils précédemment utilisés n'apportent pas de véritables réponses.

Une fois ce premier pas franchi, nous pourrions faire le lien entre la chaîne évolutive des silex et un type d'évolution dans une échelle de temps mieux définie. L'identification de la succession des processus d'altération devrait permettre de mieux contraindre les modèles considérés.

Ce choix a été entériné par une réunion des membres du PCR : Il s'agit d'avancer dans la compréhension des mécanismes impliqués dans la réactivité des phases de SiO₂ à chaque type d'itinéraire préalablement défini. L'objectif de notre demande est de mesurer les transformations partielles du réseau SiO₂ et de caractériser les produits de réaction en évaluant le comportement du fer ou d'autres éléments présents comme impuretés dans la porosité héritée et/ou acquise.

La méthode expérimentale sera fondée sur l'échantillonnage de 10 spécimens de silex préparés sous la forme de lames minces non couvertes de 30µm et semi-épaisses de 300µm. Un total de 10 lames est disponible à ce jour. Ces lames minces ont été documentées au niveau pétrographique et minéralogique. Tous les échantillons de silex seront préparés afin d'avoir la possibilité d'effectuer des expériences en géométrie de transmission. Ces sections seront montées sur une translation XYZ DeepL afin d'effectuer une cartographie structurale et chimique et de suivre toute évolution de la surface exposée jusqu'au cœur du matériau (~200 microns de longueur). Les cartes de fluorescence X et de diffraction des rayons X seront d'abord recueillies à la ligne de faisceau du DIFFABS, à l'aide d'un faisceau de rayons X de 5 à 7 microns de diamètre. Les spécificités de DIFFABS, avec une gamme d'énergie accessible de 4 à 20 keV, la possibilité de focaliser le faisceau jusqu'à quelques microns, et la disponibilité de détecteurs spécifiques pour la diffraction et la fluorescence le rendent bien adapté pour collecter des données de diffraction de haute qualité et accéder aux informations chimiques jusqu'au calcium avec la résolution spatiale nécessaire. Dix échantillons représentatifs de notre corpus de silex seront étudiés, et nous prévoyons d'utiliser 1 décalage par échantillon. Avec un peu plus de temps pour l'installation de la ligne de faisceau, nous demandons 4 jours (12 quarts de travail) de temps de faisceau sur DIFFABS.

Afin d'obtenir des informations chimiques complémentaires, une série d'échantillons sera mesurée sur la ligne de faisceau LUCIA. En particulier, nous ciblerons l'état de valence du Fe, ce qui indique un environnement sédimentaire et l'évolution du silex. Les lignes de faisceaux LUCIA offrent la possibilité d'obtenir des informations chimiques jusqu'à Mg, et d'effectuer la cartographie chimique avec un faisceau de ~3 microns. Cinq échantillons seront sélectionnés à partir du corpus mesuré au DIFFABS, et l'information structurale et chimique déjà extraite de l'expérience DIFFABS sera utilisée pour rétrécir les régions d'intérêt et effectuer la cartographie de valence. Une demi-journée de mesure par échantillon est prévue, soit un total de 3 jours (9 passages) pour les cinq échantillons et la configuration des faisceaux et le changement de configuration.

En utilisant ces nouveaux outils, nous espérons extraire des informations sur la composition des interfaces modifiées par l'altération mais aussi identifier les phases héritées et/ou recristallisées, afin d'obtenir une signature spécifique à chaque type d'altération et probablement comme on le suppose pour un type de formation superficielle spécifique. Ce projet, s'il aboutit, contribuera à la mise en œuvre d'une nouvelle stratégie analytique visant à mieux déterminer la provenance des silex archéologique.

2.5 AXE 5 : NORMALISATION DES CRITÈRES DESCRIPTIFS, ÉLABORATION D'UNE TERMINOLOGIE À L'ÉCHELLE NATIONALE

(P. FERNANDES, M. PIBOULE, M. THIRY, V. DELVIGNE, J.P. RAYNAL)

Le travail de formation et d'inventaire entrepris dans le cadre du PCR repose sur la connaissance et le partage de termes simples et les plus proches possible du paramètre que l'on désire définir. La diversité des connaissances qu'implique cette démarche nous a conforté dans l'idée d'établir un lexique aussi bien pluridisciplinaire que transdisciplinaire, comportant les termes les plus utilisés au cours de nos diagnoses. Ils concernent préférentiellement le silex et son évolution. Ils appartiennent à différentes disciplines, particulièrement celles qui étudient les matériaux siliceux, leur transformation et leur dégradation mais également celles qui permettent de les replacer, dans leurs contextes géologiques et gîtologiques. Les termes utilisés sont d'ordre géographique, géomorphologique, géologique, minéralogique, pétrographique, paléontologique, zoologique, botanique, bio-écologique, tracéologique et pédologique. Ils comprennent également quelques termes de la physique et de la chimie utiles pour préciser à différentes échelles certains mécanismes fondamentaux qui transforment de façon lente, discrète mais inexorable les matériaux siliceux à différentes étapes de leur évolution. Ce thésaurus regroupe une sélection des dénominations insérées dans les déroulants des fiches (voir annexe 3). Il rappelle les significations usuelles ; précise un grand nombre de définition. Certaines ont parfois été légèrement modifiées pour être adaptées dans leur emploi. Des indications étymologiques ont été données seulement lorsqu'elles peuvent faciliter la compréhension ou la mémorisation du mot. Quelques termes ou expressions en langue anglaise ont été inclus sans être traduits car d'usage assez fréquent en géologie sédimentaire. Enfin le genre de certains termes posant des problèmes a été introduit.

Cette action dont la transversalité est évidente, représente un engagement de longue haleine démarré en 2002 pour lequel nous avons travaillé plusieurs mois en 2019. Cette action a bénéficié d'une aide financière de l'État et de la société Paléotime. À ce jour, nous avons constitué un thésaurus qui contient tous les termes utilisés dans les différents fichiers (inventaire, terrain, caractérisation). Ce travail concrétisé au sein du PCR est utilisé comme référence lexicale par tous les autres PCR et sera intégré à la plate-forme du GDR SILEX destinée à la mutualisation des bases de connaissances.

2.6 AXE 6 : APPLICATIONS AU MOBILIER ARCHÉOLOGIQUE

2.6.1 Baume-Vallée (Haute-Loire)

(E. VAISSIÉ, P. FERNANDES, V. DELVIGNE, J.P. RAYNAL)

L'étude du matériel lithique du gisement moustérien de Baume-Vallée est réalisée dans le cadre du travail doctoral de l'un d'entre nous (EV). Localisé à 870m d'altitude, ce site s'inscrit dans le paysage caractéristique du Velay : vastes plateaux de moyennes montagnes, entre 800 et 1000m d'altitude en moyenne, entrecoupées de profondes vallées où circulent les réseaux hydrographique (principalement affluents de la Loire). Découvert par A. Laborde au cours de l'hiver 1963-1964, le gisement fit l'objet d'une première campagne de sondage en 1965 (Bayle Des Hermens et Laborde, 1965) qui fut suivi d'opération de fouilles organisées par A. Laborde de 1966 à 1973, puis par J.-P. Raynal de 1974 à 1996 (Daugas et Raynal, 1977 ; Laborde, 1972 ; Raynal, 1975, 1981, 1983a, 1983b, 1988, 1989, 1992 ; Raynal et *al.*, 2005). Ces différentes campagnes livrèrent de nombreux vestiges répartis sur une puissante archéo-séquence de 7m. L'étude réalisée a porté sur un total de 11033 pièces en matériaux lithiques dont 9457 objets en silicite issus de l'ensemble de la séquence stratigraphique.

Une grande diversité de matériaux a pu être identifiée pour un total de 112 types de silicites différentes dont une grande partie (environ 70 types) ont pu faire l'objet d'une attribution géologique et géographique. Les données livrent un comportement de collecte exceptionnel pour le paléolithique moyen : si l'essentiel des matériaux (environ 80 % du matériel) proviennent d'un espace majoritairement proche (entre 10 et 30 km en moyenne), le domaine local (inférieur à 5 km) est très peu représenté (< 10% du matériel). Les matériaux témoignant de la connaissance et des liens avec des espaces régionaux ou lointains sont quant à eux bien représentés (entre 5 et 15% du matériel selon les unités archéo-stratigraphiques) et dessinent un litho-espace extrêmement vaste. Des liens forts avec les géotopes du Bassin d'Aurillac, de la Vallée du Rhône, des vallées de la Loire et de l'Allier, du Mâconnais et du Bassin parisien ont ainsi pu être identifiés avec des distances d'acquisition parfois supérieures à 300 km.

Ces résultats tendent à renouveler la vision que nous portons sur les espaces et les schémas de mobilité des groupes humains du Paléolithique moyen.

2.6.2 Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme)

(P. FERNANDES, V. LÉA, J.-L. BROCHIER, A. BEECHING)

Nous avons travaillé sur une série représentative de la variabilité des matières premières en silex retrouvées sur le site (280 pièces). Cette collection nous a été confiée par A. Beeching. Ce travail commencé en décembre 2017 en binôme avec V. Léa n'a repris qu'en décembre 2019. Nous avons à ce jour distingué au moins une vingtaine de types. Un grand nombre provient de la zone vaclusienne, d'autres de Forcalquier mais les microfaciès appartenant à la vallée du Rhône - qu'ils soient issus de l'environnement stricto-local (les silex verdis des molasses de Saint-Restitut) ou de secteurs plus éloignés - représentent une entité que l'on ne pourra plus sous-estimer. On retrouve

régulièrement le F33 issu des calcaires du secteur de Saint-Thomé et plusieurs faciès du F14 (Rochemaure, Cruas), à différents degrés d'altération, encore présents dans les conglomérats de Rochemaure.

2.6.3. Le Mas Aquilhon

(V. DELVIGNE, P. GUILLERMIN, H. DJEMA)

Les données acquises cette année vont dans le sens des observations préliminaires de l'an passé, en confirmant l'existence de deux géotopes distincts : la vallée du Rhône et les bassins cénozoïques du sud de l'Ardèche.

Pour autant, si nous avons identifié une grande variété de silex du Barrémo-aptien, nous n'avons retrouvé cette année qu'un seul type (groupe 1.03 – cf. F0014) de cette variabilité. D'autres types collectés dans les terrasses du Rhône sont toutefois attestés, notamment le groupe 1.09 – silex sénonien du Vercors. Il en va de même de nos observations concernant les bassins de Barjac-Issirac-Ornac, où les hommes ont semble-t-il collecté dans les dépôts de pentes. Nous retrouvons ainsi une part de la variabilité identifiée l'an passé (groupes 2.01, 2.02, 2.04, 2.09) à laquelle deux nouveaux groupes se rattachent (2.10 et 2.11). Notons toutefois, que faute de temps nous n'avons pas eu le temps l'an dernier de documenter correctement les différents types identifiés et il est possible que les deux groupes inédits du Cénozoïques soient à réattribuer à des groupes de l'an dernier.

Ce travail de compilation devra être entrepris en 2020 afin de clarifier les groupes de matériaux en présence. Pareillement, il s'agira de bien identifier la variabilité géologique des silicites cénozoïques des bassins du sud Ardèche, ainsi que celle des terrasses du Rhône (travail en cours dans le cadre du PCR « Réseau de lithothèque en Auvergne-Rhône-Alpes », notamment par P.A. Beauvais et A. Kherdouche).

2.6.4 Champs Chalatras

(A. GIBAUD, V. DELVIGNE, J.P. BRACCO, J.F. PASTY)

L'objectif de ce travail qui s'inscrit dans le cadre de la thèse de l'un d'entre nous (AG) est de préciser les comportements techno-économiques des groupes de chasseurs-collecteurs du Laborien, sur les marges des deux grandes entités géographiques que sont le Massif central et le Bassin parisien. Cette zone correspond à la marge septentrionale des traditions laboriennes et à la zone d'influence la plus méridionale des traditions ahrensbourgiennes. Afin de répondre à cette problématique, nous avons fait le choix de mener différentes analyses sur le matériel lithique. D'une part, l'étude pétro-archéologique a pour but de retracer les lieux de collecte des géomatériaux. D'autre part, il convient de mener une étude typo-technologique vouée à la compréhension des chaînes opératoires, depuis le ramassage du bloc jusqu'à la fabrication du produit fini. Ces analyses permettent de développer des réflexions sur la paléogéographie des groupes humains et la gestion des géoressources, au sein des parcours de nomadisme

Fin 2019, il reste à finir l'étude pétroarchéologique du locus 2 et plus particulièrement les pièces regroupées sous l'appellation : «silex marin

crétacé». Il faudra aussi poursuivre l'étude des locus 1 et 3, pour ensuite, mener une analyse techno-économique du silex. Nous proposerons également une carte de l'origine des matières premières siliceuses ramenées et abandonnées sur le site. Suite à ce travail de détermination, un travail de recherche des remontages sera effectué, afin de compléter l'étude spatiale.

Dans un second temps, la question des différentes traditions culturelles et/ou fonction de site pourra être débattue grâce à la comparaison avec le site des Varennes (Pérignat-sur-Allier, Puy-de-Dôme) et le site cantalien des Baraquettes 4 (Velzic), rapproché du faciès « Belloisien », et pourtant plus méridional.

Enfin, nous nous intéresserons aux sites plus septentrionaux en Val de Loire, à des fins de comparaison et observation des schémas de débitage dits « Belloisiens ». Ils pourraient en effet être les sites fournisseurs en silex du Turonien inférieur, des sites laboriens. Nous serons également attentifs aux rares matériaux exogènes retrouvés sur ces sites réputés « fournisseurs en géomatériaux » car ils pourraient nous fournir des indices sur la provenance des tailleurs. Ainsi, à la fin de ce travail nous espérons pouvoir apporter de nouvelles données et interprétations sur les fonctions de site, les modes d'occupations de l'espace et d'appréhender les modèles territoriaux des derniers groupes de chasseurs-collecteurs nomades du Paléolithique.

2.7 AXE 7 : VERS UNE MUTUALISATION DES BASES DE DONNÉES ET UNE VALORISATION DES RÉSULTATS, AFIN D'ENRICHIR UN PÔLE DE COMPÉTENCES PLURIDISCIPLINAIRES RÉGIONAL INTÉGRABLE AU PROJET NATIONAL

(C. TUFFÉRY, C. BRESSY-LEANDRI, S. RENAULT, A. TOMASSO, A. PASQUALINI,
V. DELVIGNE, L. AUBRY, C. CALLOU, C. MARTIN, L. MANOLAKAKIS, A. CAILLO,
P. FERNANDES)

2.7.1 L'outil SIG

Cette année certains membres se sont concentrés sur la création d'un outil de simulation multi-agents (MAS), comme méthode d'exploration, visant à simuler des trajectoires théoriques potentielles de nodules de roches siliceuses, selon un modèle gravimétrique et des données topographiques issues de différentes bases de données IGN. Cette approche s'inscrit dans le cadre de projets de recherche sur l'exploitation des ressources géologiques et sur la territorialité des groupes humains, perspective qui est actuellement l'un des principaux enjeux de l'archéologie paléolithique et néolithique. En parallèle, ces mêmes collaborateurs ont créé sur Smartphone une application de saisie de données sur le terrain avec Survey123 for ArcGISOnline AGOL. Cette application cartographique permet la saisie de données depuis le terrain. Ces données deviennent accessibles en temps réel à tous les membres des PCR et du GDR.

2.7.2 Articulation du PCR par rapport au GDR SILEX

Le GDR « SILEX » fonctionne depuis le mois de janvier 2019. Il s'inscrit dans une perspective de coordination nationale des recherches sur les modes d'exploitation des ressources et la territorialité des groupes humains, perspective qui constitue actuellement un des principaux enjeux de la recherche sur les sociétés paléolithiques et néolithiques. Céline Bressy-Leandri est responsable administratif et scientifique du projet. Le CNRS, le Ministère de la Culture, l'Inrap et Paléotime s'associent à travers un portage scientifique partagé respectivement entre Didier Binder, Céline Bressy-Leandri, Françoise Bostyn et Paul Fernandes. Le projet s'appuiera sur un comité de pilotage d'une douzaine de spécialistes (dont plusieurs membres du PCR) qui se réunira trois fois par an.

Deux réunions ont déjà eu lieu. La première réunion plénière en avril 2019, durant laquelle le rapport entre les PCR et le GDR et les ateliers propres au GDR ont été définis. La seconde le 26 juin entièrement consacrée à la constitution d'une base de données. Ces données sont fournies par le PCR. Deux membres du GDR ont présenté une première version de la future base.

2.7.3 Diffusion auprès du grand public

Cette année le PCR a organisé avec le soutien de Paléotime deux journées visant à faire connaître auprès du grand public la Pétroarchéologie. Nous avons reçu dans les locaux de l'entreprise, pendant une journée deux classes d'un collège de Sassenage et les membres de l'Association AVDPA durant une matinée.

2.8. LISTE DES PUBLICATIONS

BODU, P., TAYLOR, A., CHESNAUX L., FERNANDES, P., RUÉ M. (2019) - On a caché des lames de silex dans l'Icaunais ! le gisement du Paléolithique supérieur de Chamois « hameau des bries » à Appoigny (Yonne, France). Approche préliminaire de l'industrie lithique provenant d'un amas. XXVIIe congrès préhistorique de France-Amiens, 30 mai-4 juin 2016. Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest : mobilités, climats et entités culturelles. p. 1-23.

DAUJEARD, C., BRUGAL, J.-P., MONCEL, M.-H., FERNANDES, P., DELVIGNE, V., LAFARGE, A., LE PAPE, J.-M., RAYNAL, J.-P. (2019)- Neanderthals, Carnivores and Caprines in two Upper Pleistocene sites of South-eastern France. Hommes et Caprinés : de la montagne à la steppe, de la chasse à l'élevage Humans and Caprines : from mountain to steppe, from hunting to husbandry XXXIXe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes Sous la direction de Lionel Gourichon, Camille Daujeard, Jean-Philip Brugal, Éditions APDCA, Antibes, 2019. P. 77-98.

DELVIGNE, V., FERNANDES, P., TUFFERY, C., ANGEVIN, R., LETHROSNE, H., AUBRY, T., CREUSILLET, M.-F., DEPONT, J., LE BOURDONNEC, F.X., LAFARGE, A., LIABEUF, R., MANGADO-LLACH, X., MONCEL, M.-H., PHILIPPE, M., PIBOULE, M., PRIMAULT, J., RAYNAL, J.-P., RECQ, C., SANCHEZ DE LA TORRE, M., TEURQUETY, G., VERJUX, C. (2019) - Grand-Pressigny was not alone: acquiring and sharing data about raw materials in the collective research project "Réseau de lithothèques en région Centre-Val de Loire" (France). Journal of lithic studies.

DELVIGNE, V., FERNANDES, P., PIBOULE, M., BINDON, P., CHOMETTE, D., DEFIVE, E., LAFARGE, A., LIABEUF, R., MONCEL, M.-H., VAISSIE, E., WRAGG-SYKES, R., RAYNAL, J.-P. (2019) - Barremian–Bedoulian flint humanly transported from the west bank of the Rhône to the Massif-Central Highlands—A diachronic perspective. Comptes rendus Palevol.

DELVIGNE, V., TOUZE, O., NOIRET, P. (sous presse) - How to place the site of Station de l'Hermitage in the Early Gravettian of Western Europe In : N. Goutas, H. Salomon, O. Touzé, P. Noiret (Dir.), North-western Europe during the Gravettian : contributions of recent research to the understanding of the societies and their environments, Acts of the international conference of Liège (Liège, 12-13 avril 2018). Liège : ERAUL (Ed.).

DELVIGNE, V., FERNANDES, P., BINDON, P., BRACCO, J.P., KLARIC, L., LAFARGE, A., LANGLAIS, M., PIBOULE, M., RAYNAL, J.P. (sous-presse) - Geo-resources and techno-cultural expressions in the south of the French Massif Central during the Upper Palaeolithic: determinism and choices. In: H. Collet, A. Hauzeur et F. Bostyn (Dir.) Acts of the 7th international conference of the UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric times. Mons and Spienne (Belgique), september 2016. Namur : SPW (Ed.) (Etudes & Documents Archéologie)

DELVIGNE, V., FERNANDES, P., TUFFERY, C., RAYNAL, J.-P., KLARIC, L. (soumis). Taphonomic method and database to establish the origin of silicites

from the Middle-recent Gravettian of La Picardie open-air site (Indre-et-Loire, France). *Journal of Archaeological Science Reports*.

DELVIGNE, V., FERNANDES P., NOIRET, P. (soumis) - Quand la pétroarchéologie questionne la notion de site : états de surface et taphonomie des objets lithiques de La Belle Roche (Sprimont, Prov. de Liège, Belgique). *Comptes rendus Palevol*.

DELVIGNE, V., FERNANDES, P., BINDON, P., ANGEVIN, R., LAFARGE, A., LANGLAIS, M., PESESSE, D., RAYNAL, J.P. (soumis) - Acquisition of lithic raw materials and territories in the southern part of France at the end of the Upper Paleolithic. In : L. Mevel, A. Maier, M.J. Weber (Dir.), *En mouvements. Mobilité des hommes, des objets et des idées entre le DMG et le début de l'Holocène. Actes de la table ronde de la SPF-HGO de Strasbourg (Strasbourg, 16-17 mai 2019)*. Paris : Société préhistorique française (Ed.).

FERNANDES, P., et TALLET, P. (2018) - Étude pétroarchéologique d'une série de silex du site des Baigneurs, à Charavines (Isère, France), in *L'Homme dans les Alpes, de la pierre au métal*, Collection EDYTEM - n° 20 – 2018, p. 73-108.

FERNANDES, P., DELVIGNE, V., DUBERNET, S., LE BOURDONNEC, F.- X., MORALA, A., MOREAU, L., PIBOULE, M., TURQ, A., RAYNAL, J.-P. (sous presse) - Flint studies revisited: the "chaîne évolutive" concept. In: H. Collet, A. Hauzeur et F. Bostyn (Dir.) *Acts of the 7th international conference of the UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric times. Mons and Spienne (Belgique), september 2016*. Namur : SPW (Ed.) (*Etudes & Documents Archéologie*)

FERNANDES, P., DELVIGNE, V., RAYNAL, J.-P. (soumis) - Primary or secondary sources? A dynamic methodology for characterization of flints, cherts and silcretes. *Journal of Method and Theory*.

GENESTE, J.-M., GÉLY, B., DELVIGNE, V., PLISSON, H. (sous presse) - Industrie lithique et osseuse. In : Geneste, J.-M. (Dir.), *La grotte Chauvet. Volume de monographie, Document d'archéologie française*.

MONCEL, M.-H., FERNANDES, P., WILLMES, M., JAMES, H., GRÜN, R. (2019) -Rocks, teeth, and tools: new insights into early Neanderthal mobility strategies in South-Eastern France from lithic reconstructions and strontium isotope analysis. *PLoS ONE*, 14 (4):e0214925. p. 1-30.

MONNEY, J., BOCCACCIO, G., FERNANDES, P. (2019) - Lez bloc à cupule en silex de la grotte aux Points d'Aiguèze, Analyse descriptive et mise en contexte d'un objet singulier. *Karstologia*, n° 73, 2019, p. 41-48 .

LAROCHE, M., FÉNÉON, L., LETHROSNE, H., RUÉ, M., BROUX, G., CASTETS, A., FERNANDES, P., ONFRAY, M. (2019) - Données nouvelles sur l'habitat de Néolithique final en marge du Grand-Pressigny : les apports du site du « fond d'arrêt et de la Pierre Levée » (Pussigny, Indre-et-Loire). *Actes des secondes rencontres Nord-Sud de Préhistoire récente - 2015- Habitations et habitat du Néolithique à l'âge du Bronze en France et ses marges*. P. 283-296.

TUFFERY, C., FERNANDES, P., DELVIGNE, V., BRESSY-LEANDRI, C., RENAULT, S. (2019) - Collecte, gestion et valorisation des données sur les formations et les gîtes à silex en France : pour des plateformes cartographiques et de publications partagées. Proceedings of the session n° III-3 (CA) of the XVIII° UISPP congress, Paris, June 2018 Session III-3 (CA). Construire des référentiels partagés : Webmapping et archéologie. Open Science-Published by ISTE Ltd. London, UK- Openscience.fr

2.9. BILAN DE L'OPÉRATION 2019

(P. FERNANDES, E. VAISSIÉ, V. DELVIGNE)

Comme déjà énoncé dans le chapitre présentation, le programme collectif de recherche « Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes » peut être considéré comme le noyau fédérateur de l'élan national qui se met peu à peu en place. Il est à l'initiative d'une expertise attendue par la communauté des archéologues. Il est l'exemple qui a servi à la création des nouveaux programmes de recherche sur l'origine des matériaux et a participé à la création du Groupement de recherche « SILEX », maillon nécessaire à la structuration d'un réseau national. Sa fonction reste essentielle dans la consolidation d'une structure coopérative opérationnelle à l'échelle régionale. Démarche nécessaire qui ouvre des perspectives nouvelles et irremplaçables dans le domaine des comportements techno-économiques, des circulations et des rapports intersites.

Cette année, le programme a bénéficié de la participation efficiente d'un groupe de jeunes chercheurs dynamiques et convaincus de l'importance d'une telle démarche collective. Encadrés depuis presque deux triennales, par les membres historiques du programme, ils représentent la seconde génération de chercheur en pétroarchéologie utilisant les méthodes et concepts de la chaîne évolutive. Leur contribution dans ce rapport et celles à venir permettent d'envisager la poursuite du projet avec confiance.

Aux deux tiers du parcours de cette triennale, le pôle recherche ainsi renforcé possède les personnes, les outils et les compétences nécessaires pour mettre en place une conception unitaire et dynamique des problématiques telles que : les lithothèques d'un territoire et la manière de les améliorer, l'inventaire des formations à silex, la recherche fondamentale sur la caractérisation des matériaux siliceux, la représentation des géoressources, la diffusion et la conservation des résultats.

Le programme est connecté aux autres PCR réseaux de lithothèques (Nouvelle Aquitaine, Centre-Val-de-Loire, Île-de-France), aux projets régionaux comme en PACA (sur les silex bédouliens, avec D. Binderet A. Tomasso) et partie prenante du projet national, le GDR SILEX coordonné par C. Bressy-Léandri. Ce montage basé sur une association de programmes régionaux chapotée par un groupe de recherche national nous semble le meilleur moyen de faire progresser les connaissances sur la question des comportements des Hommes préhistoriques par rapport aux géoressources. Cette synergie facilite aujourd'hui les contacts et les échanges d'informations sur une grande partie du territoire français et même dans plusieurs pays étrangers (Belgique, Pays-Bas, Italie, Allemagne, Maroc, Chili). La démarche à la fois unitaire et ouverte aux autres pratiques doit permettre à toutes les personnes concernées d'utiliser un bagage commun et en cela participer au développement de la pétroarchéologie, de la tracéologie, de la taphonomie et de la géoarchéologie en améliorant le dialogue entre les acteurs de ces différentes disciplines.

Ce programme est désormais bien positionné sur une démarche novatrice et en interaction forte avec des thématiques portées par plusieurs Universités et laboratoires représentant plusieurs disciplines (PACEA, CEPAM, LAMPEA, CReAHH, CRP2A, TRACES, Trajectoires, Institut NEEL, Maison de l'Orient

et de la Méditerranée, Université de Liège...). Il est en capacité d'assurer une articulation efficace entre recherche et formation, et de porter des projets de recherches régionaux. Son originalité est de présenter des qualités désormais reconnues dans les domaines de la recherche fondamentale, de la formation, de la mise en réseau et la mutualisation des bases de connaissance. Grâce à cet investissement et nos capacités à co-construire des projets avec nos partenaires, la pétroarchéologie peut bénéficier d'avancées significatives.

CONTRIBUTIONS

3.1 SILICITES DES BORDURES OUEST-CANTALIENNES: NOUVEAU REGARD SUR UN RÉSERVOIR D'UNE RICHESSSE INSOUÇONNÉE

(E. VAISSIÉ, A. GIBAUD, V. DELVIGNE)

Le Massif central, à cause de la nature de sa composante géologique majoritaire (terrains cristallins ou volcaniques), a longtemps été considéré comme une région pauvre en ressources siliceuses exploitables par les préhistoriques. Ce postulat tend néanmoins à disparaître devant la multiplicité des travaux livrant depuis plusieurs décennies un nouveau regard sur la richesse et la diversité en silicite de cet espace de moyenne montagne (e.g. Masson, 1981 ; Surmely et *al.*, 1998 ; Pasty et *al.*, 1999 ; Raynal et *al.*, 2006 ; Fernandes, 2006, 2012 ; Delvigne, 2016 ; Vaissié et *al.*, 2017). La dynamique actuelle de prospections et de caractérisations des ressources siliceuses (PCR « réseaux de lithothèques ») a ainsi permis de réinvestir ces espaces à la marge des grands ensembles riches en silex s.l (Bassin aquitain, Bassin parisien et Vallée du Rhône) et notamment, pour le Massif central, les nombreux bassins sédimentaires cénozoïques livrant une grande diversité de silicifications (opt. cit. ; rapports du PCR « réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes » 2006 à 2018).

Les formations marno-calcaires oligocènes du bassin d'Aurillac en sont un bon exemple et la présence de divers niveaux à silex ont été documentées anciennement (Rames, 1884 ; Boule, 1899, 1900 ; Rey, 1962 ; Brousse, 1980) dans les différentes carrières exploitées à proximité d'Aurillac. Même si l'unicité des différents ensembles sédimentaires reste encore débattue, des formations sédimentaires équivalentes à celles d'Aurillac ont également été renseignées sur toute la bordure ouest et sud du massif cantalien (Brousse, 1975, 1977, 1980 ; Murat et *al.*, 1976) et cette continuité semble donc offrir un réservoir prometteur pour l'approvisionnement en silicite par les préhistoriques.

L'utilisation de ces matériaux est d'ailleurs fréquemment mentionnée dans les travaux menés sur diverses séries, du Paléolithique au Néolithique dans un large espace autour du bassin d'Aurillac, qui montrent la fréquentation d'au moins une partie des gites primaires des environs d'Aurillac (Boule, 1887 ; Balsan, 1977 ; Fernandes, 1981 ; Surmely, 1998 ; Surmely et Pasty, 2003 ; Surmely et *al.*, 1911 ; Raynal et *al.*, 2007 ; Linton et *al.*, 2008 ; Fernandes, 2012 ; Lafarge, 2014 ; Caux, 2015 ; Delvigne, 2016 ; Vaissié et *al.*, 2017 ; Langlais et *al.*, 2018) ainsi que l'utilisation de nodules récupérés dans le réseau hydrographique de la Dordogne et de ces affluents (Demars, 1998 ; Turq, 2005 ; Faivre, 2006 ; Faivre et *al.*, 2006 ; Chalard et *al.*, 2007 ; Pesesse, 2011 ; Chiotti et *al.*, 2015 ; Sécher et *al.*, 2018). Ces résultats permettent d'aborder un espace frontière entre des entités préhistoriques dont les liens concrets n'ont que très peu été vérifiés : Massif central et Bassin aquitain.

Par son caractère d'espace intermédiaire et par son apparente richesse en matériaux d'intérêt pour les préhistoriques, le bassin d'Aurillac a fait l'objet de prospections d'intensité et d'ampleur variables par divers chercheurs

depuis les années 1970 (P. Fernandes, F. Surmely, J.F. Pasty, notamment) mais, si elles avaient déjà abouti à la réalisation d'une cartographie des zones livrant des ressources siliceuses, elles n'avaient pas permis de caractérisations géologiques précises. C'est dans l'objectif d'explorer et de caractériser la variabilité génétique et géologique des silicites tertiaires de l'ouest cantaliens que nous avons organisé de nouvelles prospections en septembre 2019. Les échantillons collectés ont fait l'objet de caractérisations pétrographiques exhaustives selon une double approche appliquée individuellement à chaque échantillon. En premier lieu une caractérisation méso/microscopique (loupe binoculaire, grossissement x20 à x100) de microfaciès adaptée de l'étude des roches calcaires employées en géologie. L'utilisation d'un certain nombre de critères (description de l'organisation de la phase siliceuse, description et identification des différents éléments figurés biotiques ou abiotiques, taille moyenne, tri, altération...) discutés et enrichis depuis les années 1980 (Masson, 1979, 1981, 1987 ; Demars, 1980, 1982 ; Torti, 1980 ; Mauger, 1985 ; Séronie-Vivien et *al.*, 1987 ; Séronie-Vivien et Lenoir, 1990 ; parmi d'autres) permet de renseigner les grands types d'environnement de dépôt et parfois des modalités plus précises de formations des silicifications.

La seconde approche intègre une vision dynamique 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 position de collecte, et développée depuis une dizaine d'année (Fernandes, 2006, 2012 ; Fernandes et Raynal, 2006 ; Thiry et *al.*, 2014 ; Delvigne, 2016).

Afin de permettre leurs consultations, l'ensemble des échantillons ont été répartis de manière équitablement représentative entre les lithothèques du laboratoire PACEA (Université de Bordeaux) et de Paléotime (Villard-de-Lans).

3.1.1 Cadre géologique général

A l'instar des Limagnes de la Loire et de l'Allier, du Bassin du Puy ou du Bassin d'Ambert, le bassin d'Aurillac trouve son origine dans la collision alpine débutant à l'Eocène (Boule, 1899, 1900 ; Foucault et Raoult, 1980) et induisant une fracture, principalement d'axe est – ouest, du Massif central en alternance de parties surélevées (horst) et affaissées (grabens ou fossés d'effondrement). Les fossés d'effondrement sont ensuite comblés lors de l'Oligocène : tout d'abord des éléments détritiques issues de l'altération de la chaîne hercynienne, puis par d'importantes étendues d'eaux saumâtres à lacustres suivant les alternances transgression / régressions marines. Les sédiments issus de cette période se trouvent principalement sous la forme de puissantes séries argilo-sableuses bariolées et d'alternances de marnes et calcaires (parfois dolomitiques) laguno-lacustres. Ces séries correspondent aux formations g2 des cartes géologiques : la distinction entre séries argilo sableuses et marno-calcaires sont généralement renseignées sous la forme de g2A et g2B.

Dans le cadre des bassins sédimentaires ouest cantaliens, les séries oligocènes sont partiellement recouvertes par des complexes de brèches volcaniques héritées des différents épisodes éruptifs du système volcanique cantalien survenus entre 13 et 2 MA.

Dans le cadre de ces prospections, nous nous sommes particulièrement intéressés aux formations oligocènes ayant livré en divers endroits des formations à silicites parfois de grandes importances et qui sont évoquées dans de nombreux travaux (Rames, 1884 ; Rey, 1962 ; Brousse, 1980 ; Pasty *et al.*, 1999 ; Fernandes, 2012).

3.1.2. Description des prospections

Les prospections décrites dans le présent rapport ont été effectuées du 16 au 20 septembre 2019 et ont concerné plusieurs secteurs de l'ouest cantalien : vallée de la Cère (avec la participation de V. Delvigne), de l'Auze, de la Maronne, de la Bertrande et de la Doire, de l'Authre, et du Goule. Dans un souci de clarté, nous avons opté pour une description des différentes zones prospectées suivant un axe nord-sud (figure 31.1). Les prospections menées cette année ont permis l'échantillonnage de 28 gîtes différents (22 gîtes positifs et 6 gîtes négatifs) pour un total de 136 blocs prélevés (tableau 31.1).

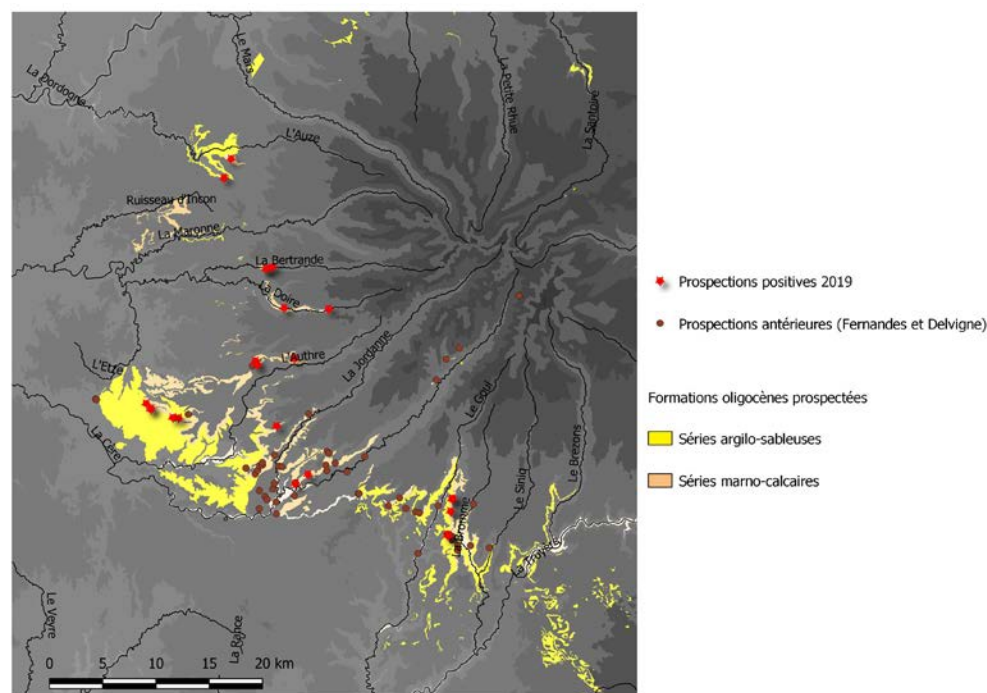


Figure 31.1 : vue générale des bassins sédimentaires oligocènes cantaliens et des points de collecte issues des opérations du PCR ARA.

3.1.2.1. Bassin versant de l'Auze

Les formations oligocènes de la vallée de L'Auze sont à la jonction des cartes géologiques de Pleaux (carte n°787) et de Mauriac (carte n°763). Ces formations se présentent essentiellement sous la forme de puissantes (environ 200 mètres d'épaisseur) séries argilo-marneuses présentant dans les fonds et versants incisés des vallées fluviales des affluents de l'Auze : ruisseaux de Drignac, de Custrac, de Carcal, de la Bouise et de Verlhac, rivière de la Sionne.

Sur la carte de Mauriac, les niveaux calcaires ne sont pas représentés (une seule notation g2 générale pour les terrains oligocène) mais la notice signale la présence de trois niveaux de calcaires blancs dans la partie supérieure de la séquence :

- Un niveau inférieur de calcaire dur, épais d'environ 1m, riche en planorbes et Linnées et affleurant en de rares points dans le lit de l'Auze ;

| Auteur de la collecte | Date de prélèvement | Nomenclature du gîte | Lieu-dit | Commune | Département | Pays | Lambert 93 Coordonnées X | Lambert 93 Coordonnées Y | Altitude (m) | Ere | Série | Etage | Nom de la formation | Libellés de la formation | Type de gîte | Type de silices | nombre d'échantillons |
|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|------|--------------------------|--------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|---|--------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------|
| EV6AG | 16/09/19 | 811-1 | carrière du four à chaux | Apajon-sur-Cère | Cantal | FR | 44,903878 | 2,465593 | 668 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | primaire | silice lacustre-silicé | 16 |
| EV6AG | 16/09/19 | 811-2 | Planesbôu | Apajon-sur-Cère | Cantal | FR | 44,911721 | 2,490393 | 645 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | sub-primaire-colluvion | silice lacustre-silicé | 8 |
| EV6AG | 16/09/19 | 811-3 | Veyrières | Railhac | Cantal | FR | 44,952562 | 2,442782 | 697 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | sub-primaire-colluvion | silice lacustre-silicé | 2 |
| EV6AG | 16/09/19 | 797-1 | Limagne | Marmathac | Cantal | FR | 45,003632 | 2,419281 | 668 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g2/g2b | sub-primaire-colluvion | silice lacustre-silicé | 5 |
| EV6AG | 16/09/19 | 797-1b6 | Limagne | Marmathac | Cantal | FR | 45,006626 | 2,416755 | 680 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g2/g2b | sub-primaire-colluvion | silice lacustre-silicé | 0 |
| EV6AG | 17/09/19 | 797-2 | Moulin de Cayrou | Drugeac | Cantal | FR | 45,177433 | 2,385987 | 627 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | g1/g2 | colluvions et alluvions | silices | 3 |
| EV6AG | 17/09/19 | 797-3 | Frugères | Drugeac | Cantal | FR | 45,181162 | 2,377726 | 640 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g2 | sub-primaire-colluvion | silices | 6 |
| EV6AG | 18/09/19 | 812-1 | Labouyguès | Railhac | Aveyron | FR | 44,89231 | 2,53222 | 732 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | série carbonatée de l'oligocène supérieur | g2 | primaire/subprimaire | silice lacustre-silicé | 9 |
| EV6AG | 18/09/19 | 812-2 | Labouyguès | Railhac | Aveyron | FR | 44,891364 | 2,652097 | 733 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | série carbonatée de l'oligocène supérieur | g2 | primaire/subprimaire | silice lacustre-silicé | 5 |
| EV6AG | 18/09/19 | 812-3 | La Vessières | Railhac | Aveyron | FR | 44,88124 | 2,65021 | 724 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | série carbonatée de l'oligocène supérieur | g2 | primaire/subprimaire | silice lacustre-silicé | 5 |
| EV6AG | 18/09/19 | 812-4 | carrière de Bellevue | Toussac | Aveyron | FR | 44,860964 | 2,647726 | 775 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | série carbonatée de l'oligocène supérieur | g2 | primaire/subprimaire | silice lacustre-silicé | 7 |
| EV6AG | 18/09/19 | 812-5 | carrière de Bellevue | Toussac | Aveyron | FR | 44,861243 | 2,646089 | 749 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | série carbonatée de l'oligocène supérieur | g2/g1 | primaire/subprimaire | silice lacustre-silicé | 11 |
| EV6AG | 19/09/19 | 797-4 | Cros | Saint-Cernin | Cantal | FR | 45,05168 | 2,45065 | 678 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | Fz | alluvions récentes | silice lacustre-silicé | 2 |
| EV6AG | 19/09/19 | 797-5 | Bezaudin | Tourmaire | Cantal | FR | 45,05107 | 2,50391 | 751 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | alluvions récentes | Fz | alluvions récentes | silice lacustre-silicé | 1 |
| EV6AG | 19/09/19 | 797-6 | Pont de l'Aulfrères | Saint-Chamant | Cantal | FR | 45,096052 | 2,49006 | 681 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | alluvions récentes | Fz | alluvions récentes | silice lacustre-silicé | 5 |
| EV6AG | 19/09/19 | 797-7 | La Grange du Pont | Saint-Chamant | Cantal | FR | 45,084712 | 2,42875 | 666 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | alluvions récentes | Fz | alluvions récentes | silice lacustre-silicé | 5 |
| EV6AG | 19/09/19 | 797-9 | La Grange du Pont | Saint-Chamant | Cantal | FR | 45,084658 | 2,428981 | 669 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | colluvions oligocènes | g2b | colluvions | silice lacustre-silicé | 5 |
| EV6AG | 19/09/19 | 811-4 | Le Rozier | Saint-Paul-des-Landes | Cantal | FR | 44,96621 | 2,29296 | 650 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | sub-primaire-colluvion | silice lacustre-silicé | 8 |
| EV6AG | 19/09/19 | 811-5 | Le Rozier | Saint-Paul-des-Landes | Cantal | FR | 44,965843 | 2,292706 | 622 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | sub-primaire-colluvion | silice lacustre-silicé | 5 |
| EV6AG | 19/09/19 | 811-6 | Lintillac | Saint-Paul-des-Landes | Cantal | FR | 44,970882 | 2,29725 | 618 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | sub-primaire-colluvion | silice lacustre-silicé | 8 |
| EV6AG | 19/09/19 | 811-7 | carrière du Puy de Toule | Saint-Paul-des-Landes | Cantal | FR | 44,95895 | 2,31904 | 617 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | primaire | silice lacustre-silicé | 8 |
| EV6AG | 19/09/19 | 811-8 | Le Brual | Grandelles | Cantal | FR | 45,09559 | 2,32594 | 645 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | marnes et calcaires dolomitiques | g3M | primaire/subprimaire/colluvions | silice lacustre-silicé | 8 |
| EV6AG | 16/09/19 | x | x | Messargues | Cantal | FR | 45,009056 | 2,463197 | 713 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | g2/g2b | x | x | x |
| EV6AG | 17/09/19 | x | Château de Mazarolles | Salins | Cantal | FR | 45,188326 | 2,380668 | 641 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | g2/g2b | x | x | x |
| EV6AG | 17/09/19 | x | Chambres | La Vigan | Cantal | FR | 45,18617 | 2,36002 | 610 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | g2/g2b | x | x | x |
| EV6AG | 17/09/19 | x | Moulins de Mazarolle | Salins | Cantal | FR | 45,1947 | 2,3752 | 575 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | g2/g2b | x | x | x |
| EV6AG | 17/09/19 | x | Moulins de Chambres | Drugeac | Cantal | FR | 45,18144 | 2,35226 | 550 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | g2/g2b | x | x | x |
| EV6AG | 17/09/19 | x | Beaugrenat | Pieux | Cantal | FR | 45,10046 | 2,27464 | 620 | Cénozoïque | Oligocène | Châtellen | argiles et sables oligocènes | g2/g2b | x | x | x |

Tableau 31.1 : tableau résumé des données collectées lors de la campagne de prospection 2019. En bleu, gîtes positifs ; en rose gîtes négatifs.

- Deux niveaux supérieurs de calcaires tendres riches en hydrobies et, dans une moindre mesure, en ostracodes et characées.

Sur la carte de Pleaux, la différence est faite entre la série basale du Stampien composée de conglomérat et de sables (g2b sur la carte) avec la série carbonatée supérieure (g2) composée à sa base de calcaires dolomitiques à Potamides surmontés de calcaires silicifiés à Planorbes et Limnées. Ces derniers sont figurés dans la vallée du Carcal et de la Sionne et sont coiffés par les brèches pyroclastiques du volcanisme cantalien.

Les prospections effectuées en 2019 nous ont conduits à explorer une grande partie des formations oligocènes, principalement les séries carbonatées, mais également les séries argilo-sableuses du Stampien inférieur (figure 31.2).

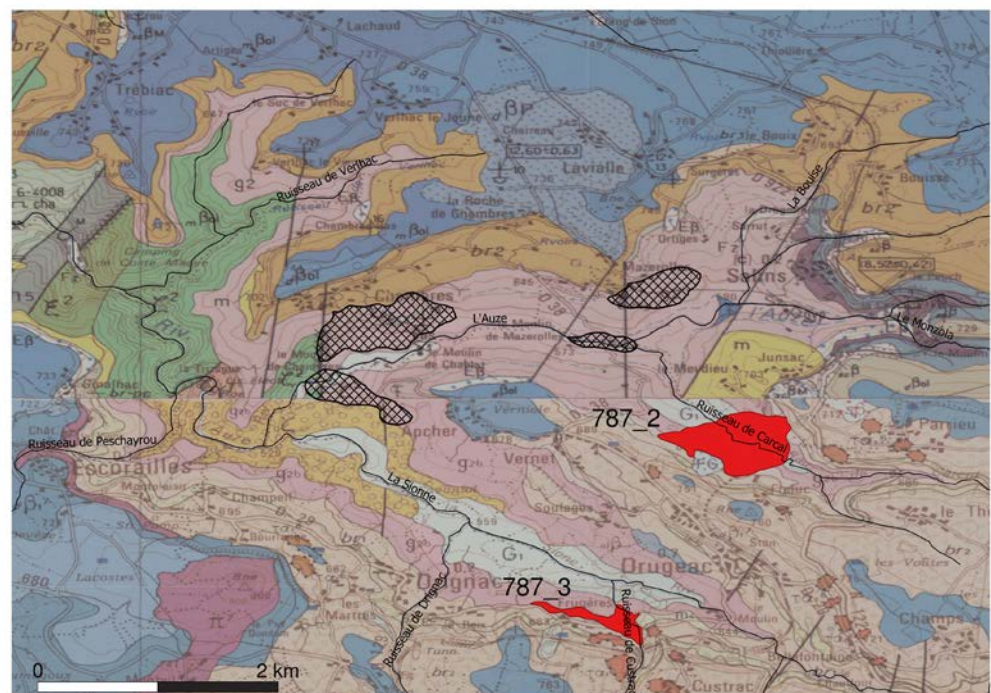


Figure 31.2 : Carte des zones prospectées dans la vallée de l'Auze

Zone de prospection positive

Zone de prospection négative

Gîte 787_2- vallée du Carcal (Drugeac)

Le premier arrêt a été effectué le long du ruisseau du Carcal : les formations oligocènes y sont incisées par le cours d'eau et, de part et d'autre, des formations la séquence série argileuse / série carbonatée est sensée être représentée sur une puissance d'une trentaine de mètres. Malheureusement, l'état actuel des affleurements autorise rarement une grande visibilité pour la lecture des formations marno-calcaires et nous n'avons retrouvé que des lambeaux calcaires très réduits, identifiés comme ceux appartenant à la séquence carbonatée supérieure (calcaires tendres à hydrobies et characées) mais dépourvue de silicifications.

L'exploration du fond de vallée a en revanche permis de retrouver 3 blocs de silicites dans les colluvions des formations argilo-sableuses. De dimensions assez limitées (entre 5 et 15 cm), ces volumes se présentent sous la forme

de rognons réguliers ne présentant pas de traces de transport (chocs, stries, etc...) et un cortex ou les traces d'altérations chimiques sont les seules visibles. La matrice présente un agencement de grains de quartz de tailles et de formes variées enchâssés dans un ciment siliceux mésocristallin. Il s'agit vraisemblablement d'une silcrète de type « grés silicifié » formée suite à la circulation de fluide dans la série argilo-sableuse du conglomérat de base oligocène (figure 31.3) mais une caractérisation plus aboutie doit être menée. Les alluvions récentes du ruisseau du Carcal, explorées sur une cinquantaine

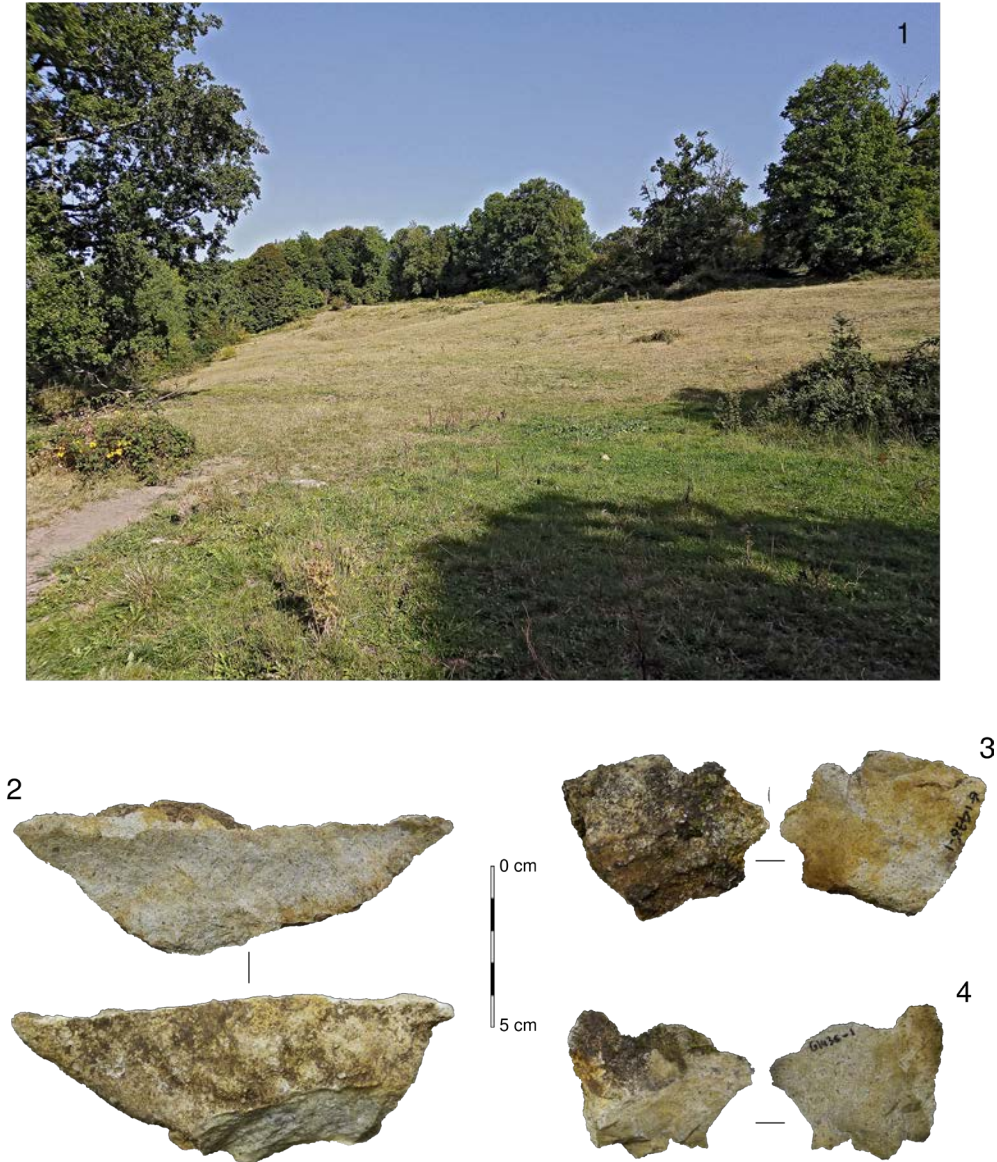


Figure 31.3 : Vue des colluvions du gîte 787_2 et aperçu macroscopique des silicites retrouvées.

de mètres, n'ont pas permis de retrouver de silicites : les galets retrouvés correspondant majoritairement à des galets de basaltes et de calcaires durs à planorbis (unité inférieure des calcaires blancs).

Gîte 787_3 – Frugères, vallée de la Sionne (Drugeac)

Le second arrêt a concerné un fond de vallée incisée par la Sionne, à proximité de Frugères et de la D29. Les formations oligocènes y sont recoupées sur une vingtaine de mètres d'épaisseur. Si nous n'avons pas pu retrouver les

affleurements de la série carbonatée supérieure tels que mentionnés sur la carte géologique de Pleaux, les colluvions à proximité de la Sionne et le lit de cette dernière ont livré un grand nombre de blocs de calcaires tendres ou indurés démantelés. Leurs dimensions, parfois très importantes (jusqu'à 3 m de diamètre) ainsi que leur état d'altération (blocs anguleux, aspects extérieurs crayeux, peu de traces de chocs) semblent indiquer une origine sub-primaire pour ces éléments calcaires et confirment donc la présence des séries carbonatées. Ces dernières sont aujourd'hui inaccessibles, certainement à cause de l'important colluvionnement affectant les versants des vallées.

Dans les formations secondaires à proximité de la Sionne (dépôts de pente et alluvions), nous avons également rencontré un grand nombre de blocs de silicites de dimensions variées (entre 10 et 20 cm en moyenne). Les volumes se présentent sous la forme de rognons irréguliers ou réguliers mais également de plaquettes et les surfaces naturelles, si elles témoignent généralement d'un séjour prolongé dans le réseau hydrographique, ne présentent que peu de traces de chocs signifiant un déplacement important. Les états de surfaces sont semblables à ceux observés sur les blocs calcaires et semblent donc indiquer une provenance identique pour les silicites. En l'absence de formations primaires observables, ces données nous incitent néanmoins à envisager une origine sub-primaire pour une grande partie de ces blocs. Les niveaux à silicites en aval de la Sionne n'ayant toutefois pas pu être observés.

Les échantillons observés présentent une structure majoritairement microbréchique et correspondent vraisemblablement à des silcrètes formées aux dépens des formations calcaires. Les échantillons calcaires (figure 31.4 - 2) et les silcrètes (figures 31.4 - 1 et 3 à 7) présentent une organisation similaire où l'on observe un ciment siliceux microcristallin gris opaque à conduits d'illuviations ou des traces de racines. Dans le cas des silcrètes, ces conduits se présentent sous la forme de silice translucide brune à jaune voire gris-bleu. Les calcaires comme les silcrètes sont pauvres en matériaux bioclastiques mais présentent fréquemment des éléments clastiques blancs issues de l'altération de la phase cimentée.

Les échantillons observés présentent une certaine variabilité mais semblent néanmoins tous provenir d'une même formation. Il s'agit probablement d'une silicification localisée au dépend des niveaux calcaires.

Gîtes négatifs - vallée de l'Auze

Les arrêts 3 à 6 ont concernés la vallée de l'Auze, entre Salins et Escorailles, mais n'ont pas permis la découverte de silicites.

Arrêt 4 – Moulin de Mazerolles

Les alluvions de l'Auze au niveau du Moulin de Mazerolles (le long de la D38) se sont révélées vides de silicites sur la cinquantaine de mètres prospectés. Le cortège de galet est essentiellement composé de galets de basaltes.

Arrêt 5 – Château de Mazerolles

Les dépôts oligocènes indifférenciés (g2 sur la carte de Mauriac) à l'est de Mazerolles n'ont livré aucun échantillon de silicites. Il s'agit de niveaux argilo-sableux puissants d'une cinquantaine de mètres avec en partie sommitale

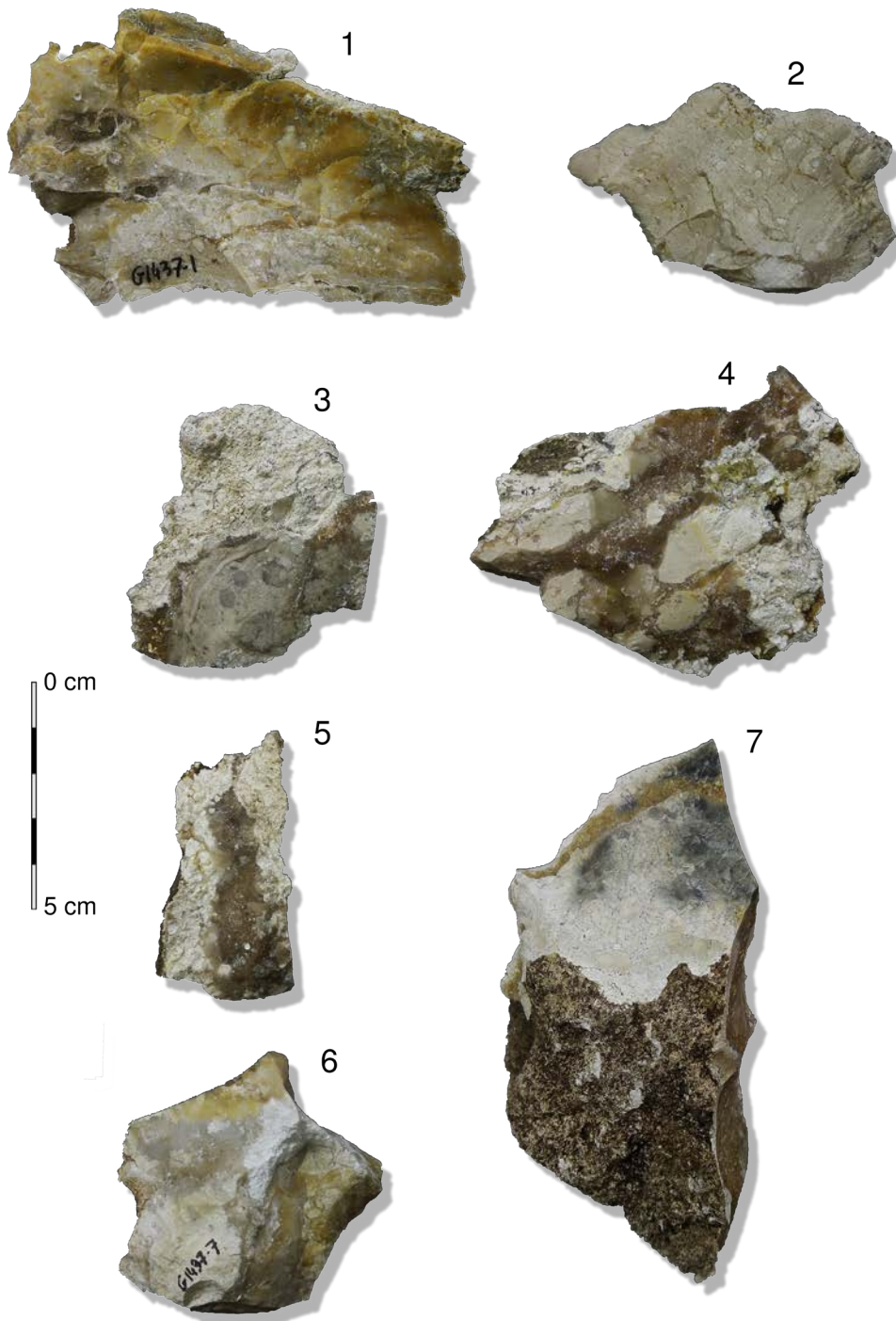


Figure 31.4 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_3

une séquence marno-calcaire d'environ 5 m d'épaisseur (Figure 31.5). Cette séquence correspond aux calcaires lacustres tendres à hydrobies mais aucun échantillon silicifié n'a pu être collecté, y compris dans les colluvions de pentes sous-jacents.

Arrêt 6 – Château de Chambres

La série oligocène des environs de Chambres a attiré notre attention en partie par la présence supposée d'une ancienne carrière (lecture carte géologique de Mauriac) ainsi que par la mention de « foraminifères signalés dans une meulière sous le château de Chambres » (notice de la carte Mauriac à 1/80 000 ; Rey, 1971). Nous avons prospecté une vaste zone sur près d'1 km² sans cependant retrouver trace de la carrière ou d'une « meulière » y compris dans les blocs



Figure 31.5 : Aperçu de la séquence marno-calcaire du Château de Mazerolles

colluvionnés (ces derniers provenant pour la plupart du démantèlement des brèches pyroclastiques sus-jacentes aux formations oligocènes).

Arrêt 7 – Moulin de Chambres

Les formations oligocènes entre Vernet et le Moulin de Chambres situées sur les berges de l'Auze n'ont livré aucun exemple de matériaux silicifiés. Dans la partie sommitale des formations nous avons retrouvé la séquence marno-calcaire observée au château de Mazerolles mais toujours dépourvue d'horizons silicifiés. Les colluvions de pentes, tout comme les alluvions de l'Auze, se sont révélées dépourvus de silicites et essentiellement composées de matériaux basaltiques des brèches pyroclastiques.

Les formations oligocènes du bassin versant de l'Auze se révèlent donc inégales en termes de silicifications. La rive droite de l'Auze semble principalement composée des séries argilo-sableuses colluvionnées ainsi que d'au moins un niveau marno-calcaire à hydrobie dépourvu d'horizon silicifié. L'absence de silicification dans les formations primaires ou sub-primaires (y compris des formations aujourd'hui démantelées) semble également confirmée par nos observations dans les alluvions de l'Auze, vides de silicites.

La rive gauche de l'Auze et ses affluents livrent en revanche des gites sub-primaires localisés. Les deux gites découverts lors de ces prospections (787_2 et 787_3) livrent des silicrètes différentes par la nature de leurs protolithes mais dont les processus de formation semblent identiques : il s'agit vraisemblablement de silicifications localisées au dépend des formations oligocènes (argiles sableuses dans le cas du gite 787_2 et calcaires indurés pour le gite 787_3), silicification qui s'opère par le biais d'une circulation de fluides enrichis en silice dont l'origine nous demeure inconnue.

3.1.2.2. Bassin versant de la Maronne

Le bassin versant de la Maronne n'a pas pu faire l'objet d'une prospection poussée dans le cadre de cette campagne 2019, à la fois par manque de temps, mais également par manque de visibilité sur le terrain : les formations oligocènes sont peu affleurantes en raison de la mise en pâturage intensive

observée dans cette région.

La seule zone réellement prospectée est la région du lieu-dit Beaujaret au nord-ouest de St-Christophe-les-Gorges (figure 31.6). C'est une zone de plateau surplombant la rive droite de la Maronne et où il est fait mention des deux formations oligocènes différenciées : série inférieure argilo-sableuse (g2b) et série carbonatée supérieure (g2). Sur les quelques trois km² concernés par notre prospection, nous n'avons pu observer d'affleurements marno-calcaires mais seulement les colluvions récentes de remaniement des formations argilo-sableuses. Les quelques blocs colluvionnés rencontrés se sont révélés être principalement des blocs de basaltes, ainsi que des quartz présents en assez grande quantité sur le plateau.

Les formations de versant jusqu'à la Maronne se sont également révélées être stériles de silicites. Quant aux alluvions de la Maronne, elles sont principalement composées de galets de basalte et de roches métamorphiques (schistes, gneiss...). Étant donné que la zone prospectée se situe à l'extrémité aval des formations oligocènes traversées par la Maronne, l'absence de silicites dans les alluvions pourrait signifier : soit une absence totale de silicites dans les formations oligocènes du Bassin de la Maronne ; soit une absence de transport des silicites à ce stade du réseau hydrographique (par fractionnement trop important des blocs ou par ce que les formations siliceuses ne sont pas affectées par le transport).

En l'état actuelle de nos connaissances, nous ne pouvons donc renseigner



Figure 31.6 : Carte géologique des formations oligocènes (g2 et g2B) de la vallée de la Maronne

l'existence de formations à silicites dans les terrains oligocènes de la vallée de la Maronne. De nouvelles prospections dans les zones non étudiées seraient cependant nécessaires pour valider ou infirmer ce constat.

3.1.2.3. Bassin versant de la Bertrande et de la Doire

Les prospections réalisées dans cette zone ont ciblé les formations oligocènes résiduelles des zones incisées par la Doire et la Bertrande (figure 31.7). Si la carte géologique de Pleaux ne figure pas de séries carbonatées dans cette région (seules les argiles g2b sont figurées), la notice fait toutefois mention de calcaires à planorbis dans la Bertrande, ainsi que des calcaires à oogones de characées en rive gauche de la Doire.

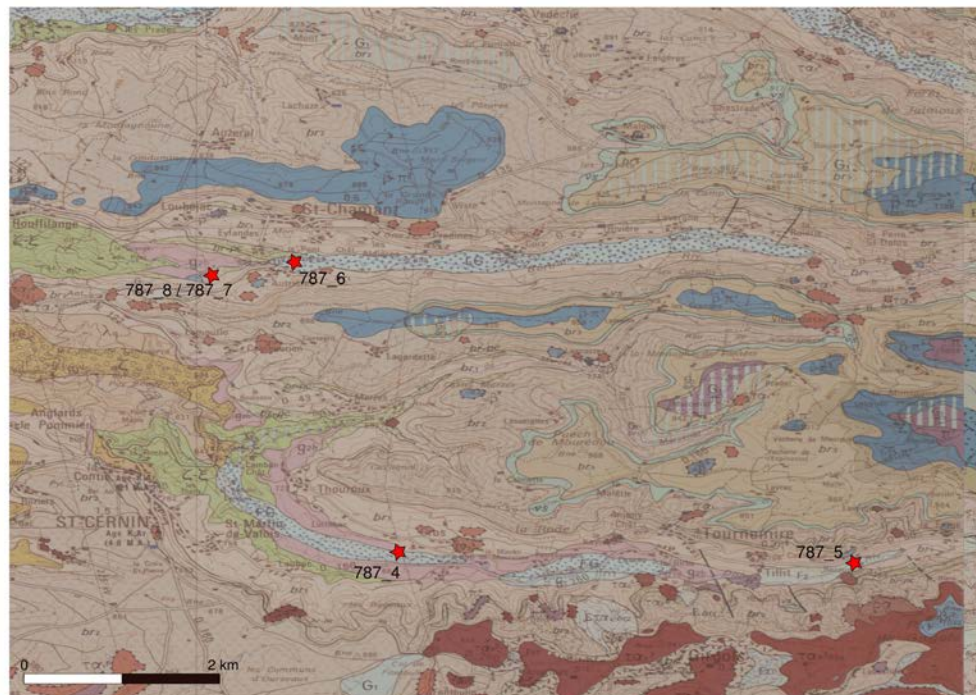


Figure 31.7 : Carte géologique des formations oligocènes (g2B) des vallées de la Bertrande et de la Doire.

Gîte 787_4 - Le Cros (Saint-Cernin)

Le premier gîte exploré se situe à proximité immédiate de la Doire, entre le moulin de Monraissac et le lieu-dit Laubac le long de la D160 (figure 31.8). A cet endroit, la Doire incise les formations oligocènes résiduelles de manière assez conséquente et permet l'observation d'affleurements dans les horizons de colluvions et d'alluvions anciennes des argiles oligocènes. L'observation des rives et des alluvions de la Doire sur une centaine de mètre nous a permis d'identifier un grand nombre de silicites. De morphologies (galets à néocortex lisse, éclats, géofacts) et de dimensions (quelques centimètres à une vingtaine de centimètres) variées, ces artefacts présentent néanmoins de manière assez homogène les stigmates d'un séjour prolongé hors des formations primaires (matrice évoluée ; imprégnation), ainsi qu'un transport fluvial évident (néocortex lisse, à dissolution forte et nombreuses traces de chocs).

Les faciès observés parmi les échantillons collectés sont variés : certains matériaux présentent une structure micro-bréchique avec des conduits d'illuviations, ou des traces de racines (figure 31.9 - 2 et 3) ; d'autres échantillons illustrent plutôt des silex lacustres à matrice siliceuse bioturbée par des traces de racines colmatées par de la silice limpide (figure 31.9 - 1 et 6) ; d'autres encore présentent un faciès bioclastique à nombreux fragments de gastéropodes (Hydrobies principalement ; figure 31.9 - 4), parfois lités (figure 31.9 - 7). Un échantillon évoque quant à lui une silicification d'origine palustre à matrice translucide, nombreuses traces de racines colmatées et fréquents fragments de characées et gyrogonites (figure 31.9 - 5).



Figure 31.8 : Aperçu des alluvions et colluvions incisés par la Doire du gîte 787_4

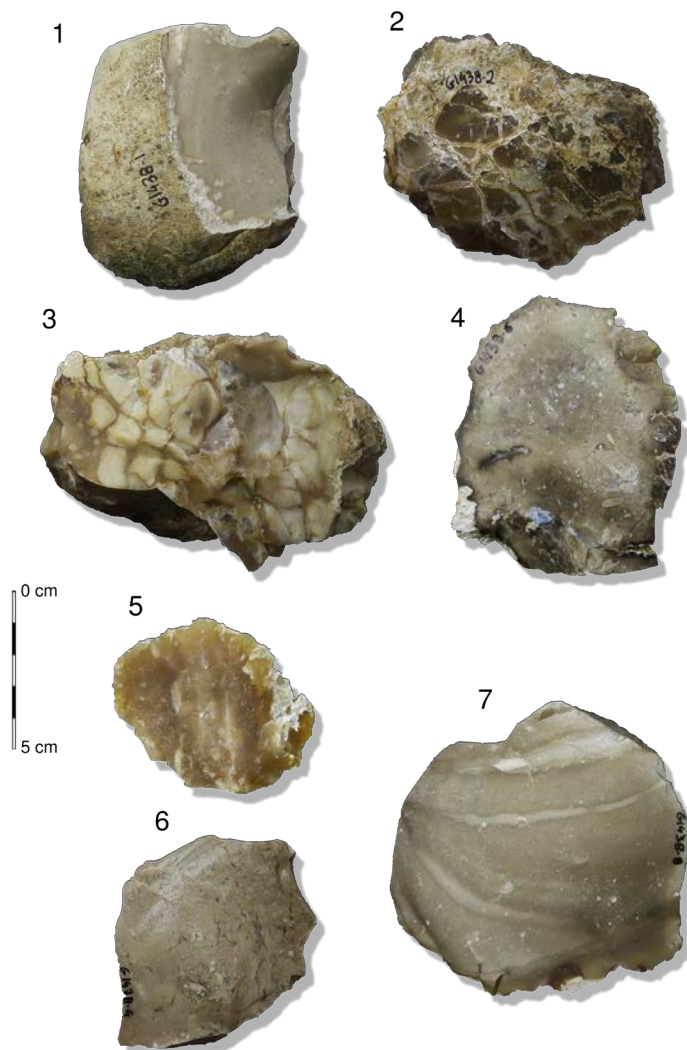


Figure 31.9 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_4

La relative diversité génétique associée à l'absence apparente de gîte primaire à proximité (traces de transports fluviale important) tend à démontrer l'existence de plusieurs formations (au moins 3 horizons silicifiés différents) en amont du gîte du Cros. Ces formations primaires n'ont cependant pas pu être identifiées au cours de cette campagne de prospection (voir *infra*).

Gîte 787_5 – Bezaudun (Tournemire)

Le deuxième arrêt avait pour objectif de vérifier la présence de silicites en amont de la zone prospectée au gîte 787_4. Aux environs du lieu-dit de Bezaudun, la Doire incise les versants colluvionnés des formations renseignées comme dérivées de la brèche pyroclastique. Or la prospection des alluvions de la Doire à cet endroit a révélé la présence de deux blocs de silicites beiges de faibles dimensions (entre 5 et 10 cm de diamètres). Les galets présentent les indices d'un séjour prolongé dans le réseau hydrographique avec des néocortex majoritairement lisses et présentant de nombreuses traces de chocs ainsi qu'une dissolution assez importante (figure 31.10).

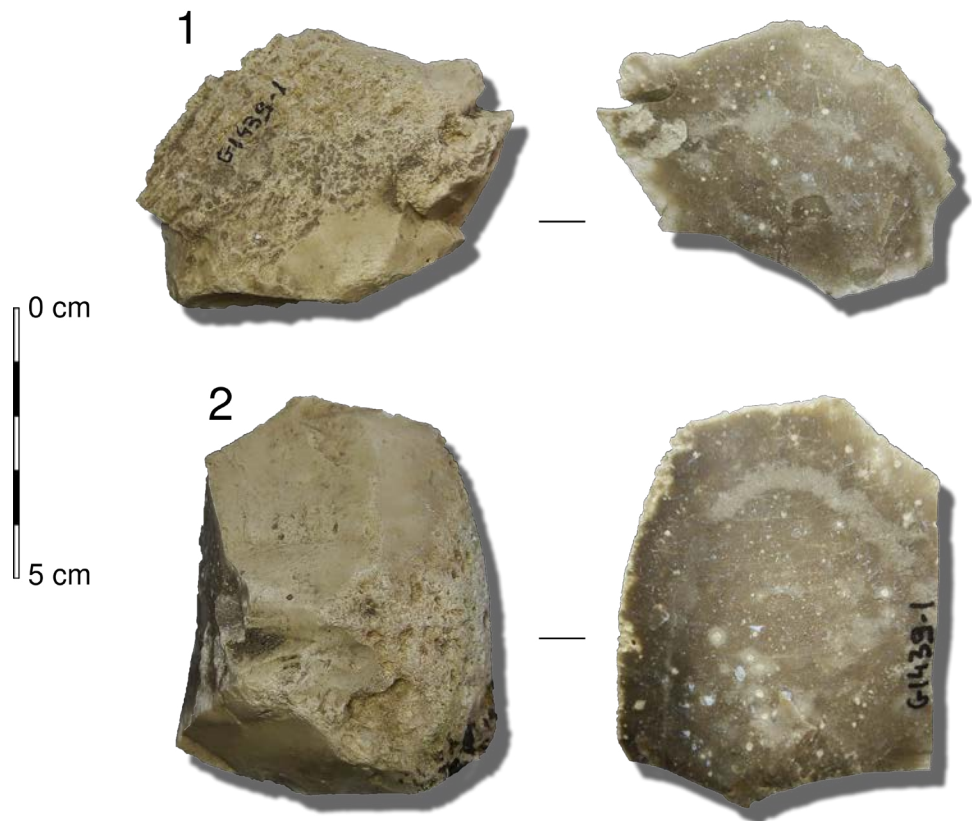


Figure 31.10 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_5

Les échantillons présentent une structure bioturbée à nombreux bioclastes (principalement des Hydrobies) à faible litage qui n'est pas sans rappeler certains échantillons du gîte 787_4 (figure 31.9 - 4 et 7).

Les dernières traces de formations oligocènes étant renseignées sur la carte géologique à l'est du lieu-dit Tillit, à plus d'un kilomètre à l'est de notre zone de prospections. La découverte de silicites autant en amont de la Doire signifie donc l'existence de formations oligocènes démantelées dans la haute vallée de la Doire et aujourd'hui disparues ou masquées par les brèches pyroclastiques ou les colluvionnements. Ce constat n'est pas surprenant d'autant que d'autres

travaux (Pasty *et al.*, 1999 ; Surmely et Pasty, 2003 ; Fernandes, 2006, 2012) mentionnent des blocs de silex repris dans les niveaux inférieurs des brèches pyroclastiques, notamment dans les vallées de la Cère et de la Jordanne.

Gîte 787_6 - Le pont d'Autrières (Saint-Chamant)

Le lieu-dit du Pont d'Autrières, le pont traverse la Bertrande en amont du lambeau de formations oligocènes renseignées à l'est de la Grange du Pont (gîte 787_7 et 787_8 ; voir *infra*). La prospection des alluvions sur une trentaine de mètres n'a livré qu'un seul échantillon de silicite (figure 31.11 - 1 et 2). Il s'agit d'un fragment de dalle d'une dizaine de centimètres, présentant un néocortex lisse à nombreuses traces de chocs typiques des alluvions. La structure interne du bloc, de couleur grise à noire, est zonée et très riche en fragments de bioclastes (principalement fragments de tiges de characées). Un tel faciès n'a pas été rencontré ailleurs que sur ce gîte secondaire.

Le constat est le même que pour le gîte 787_5 et traduit l'existence également dans la vallée de la Bertrande de formations oligocènes à silex aujourd'hui disparues ou masquées.



Figure 31.11 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_6

Gîtes 787_7 et 787_8 - La Grange du Pont (Saint-Chamant)

En aval du pont d'Autrières, la carte géologique de Pleaux fait mention d'un lambeau de formations oligocènes attribuées aux conglomérats de base d'argiles et de sables. La prospection des formations de versant en rive gauche de la Bertrande a permis de retrouver des silicites dans les colluvions (gîte 787_8) et dans les alluvions (gîte 787_7).

Les alluvions de la Bertrande se sont révélées assez riches en silicites et cinq blocs ont été prélevés sur une vingtaine de mètres. Si la majeure partie des blocs présentent un néocortex typique des gîtes alluviaux (lisse avec traces de chocs), au moins un échantillon (figure 31.12 - 1) présente encore un cortex avec un moindre degré d'altération illustrant un faible transport dans le réseau hydrographique.

On observe encore une fois une certaine variabilité des microfaciès représentés : silex lacustres à structures bioturbées à nombreuses traces de racines et fragments de bioclastes variés (principalement gastéropodes, characées et gyrogonites) à matrice beige et cœur brun (figure 31.12 - 1 et 4) ou matrice beige seule (figure 31.12 - 2 et 3) ; calcaire dolomitique silicifié avec quelques rares gyrogonites et fentes de dessiccation colmatée (figure 31.12 - 6) ; silex lacustre blanc altéré à rares traces de racines et grosses gyrogonites (figure 31.12 - 5).

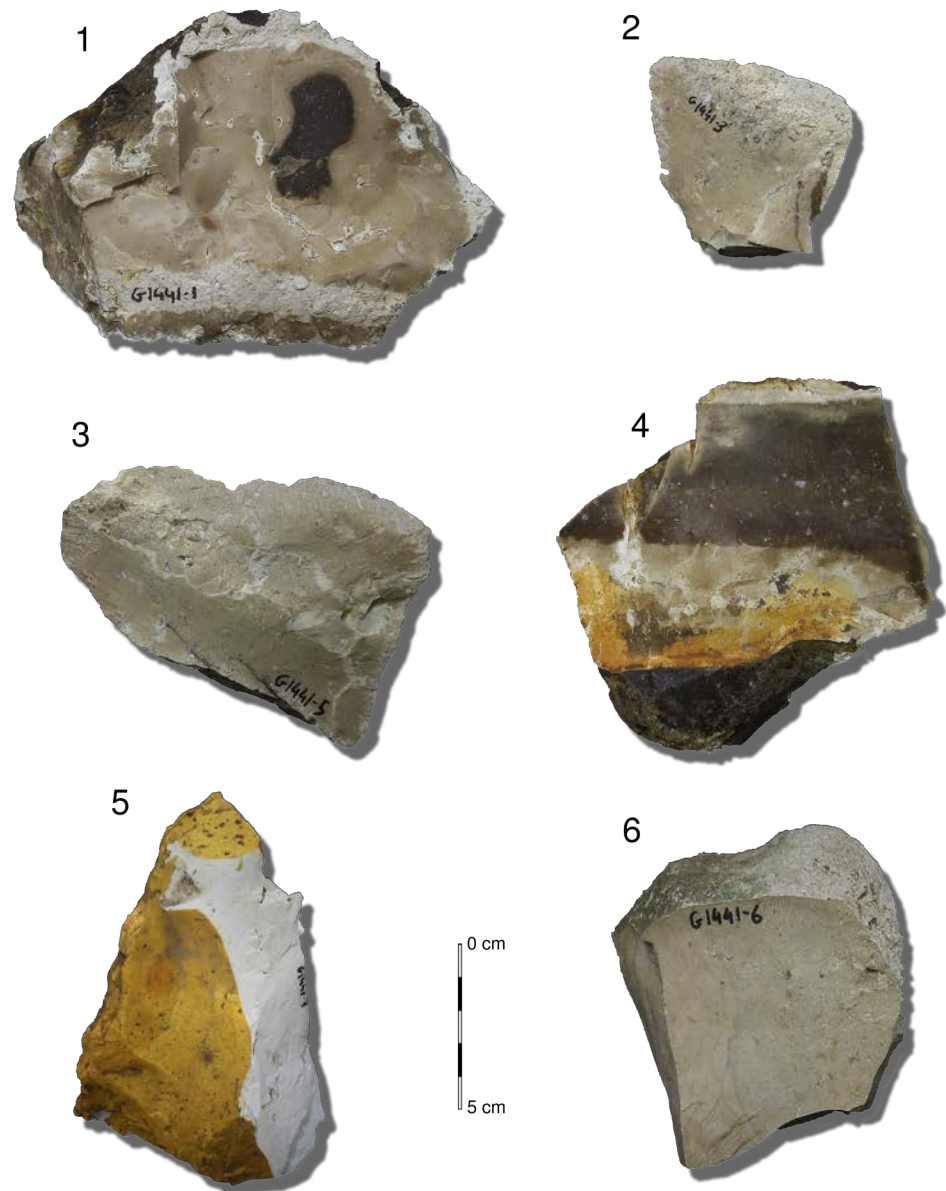


Figure 31.12 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_7

Les colluvions de versants des formations oligocènes situés à une trentaine de mètres du lit de la Bertrande ont également révélé quelques silicites remaniées dont les surfaces naturelles témoignent d'un séjour prolongé hors des formations primaires sans traces de transports évidentes.

Nous avons collecté quatre échantillons : une silicite gris-beige à structure bioturbée fortement impactée par les alternances de gel / dégel (figure 31.13 - 1) ; deux silicites à structure bréchique présentant des traces de racines (figure 31.13 - 2 et 3) et un silex lacustre beige à fréquents bioclastes fragmentés (gastéropodes, characées et gyrogonites).

La présence de silicites dans les formations remaniées de l'oligocène et le faible transport ayant apparemment subi les volumes indique vraisemblablement la présence de formations disparues sus-jacentes aux conglomérats de base

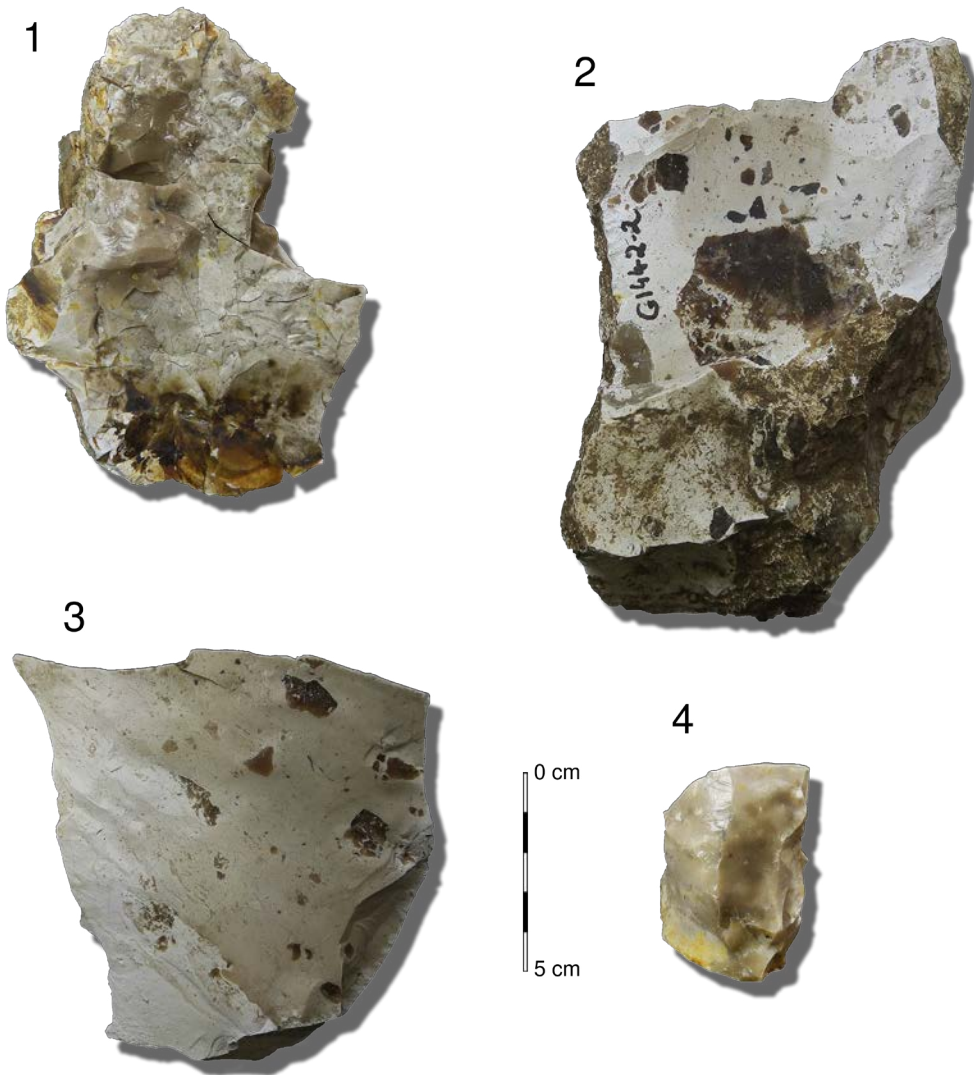


Figure 31.13 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_8

d'argiles et de sables. Ces formations devaient correspondre à la partie supérieure de l'oligocène (séries carbonatées localement silicifiées) et livrer plusieurs niveaux à silicites distincts.

Les prospections effectuées dans la vallée de la Bertrande et de la Doire ont révélé la présence de silicites dans ces deux réseaux hydrographiques malgré l'absence de formations primaires. Nous n'avons pas retrouvé de matériaux dans les colluvions de versants de la vallée de la Doire et la présence de blocs retrouvés dans les alluvions largement en amont des formations oligocènes résiduelles (gîte 787_5) semble indiquer un remplissage oligocène (aujourd'hui disparu ou non visible) assez conséquent dans cette vallée. La série supérieure carbonatée n'est aujourd'hui plus visible mais demeure potentiellement présente sous les brèches pyroclastiques du Cantal jusque dans la haute vallée de la Doire, à l'image de ce qui s'observe plus au sud dans les vallées de la Cère et de la Jordanne où les calcaires ont été moins impactés par le volcanisme. Le constat est semblable pour la vallée de la Bertrande et démontre bien, dans cette région, la présence de plusieurs niveaux à silicites aujourd'hui disparus ou invisibles mais qui continuent à alimenter les réseaux hydrographiques en matériaux. Une étude plus approfondie devrait nous permettre de caractériser plus en détail les silicifications rencontrées dans cette zone et statuer sur les relations, entre les formations de la Bertrande et de la Doire d'une part, et avec les autres bassins sédimentaires oligocènes de l'ouest cantalien, d'autre part.

3.1.2.4. Bassin versant de l'Authre

Les prospections effectuées dans le bassin versant de l'Authre se sont articulées autour de trois zones principales : au nord-est de Jussac dans la zone entre Cautrunes et Mezergues (figure 31.14 et 31.15), à l'est de Reilhac dans le ruisseau de Veyrières (figure 31.14 et 31.16) et au nord de St-Paul-des-Landes entre le Puy de Careizac et le Puech (figure 31.14 et 31.17).

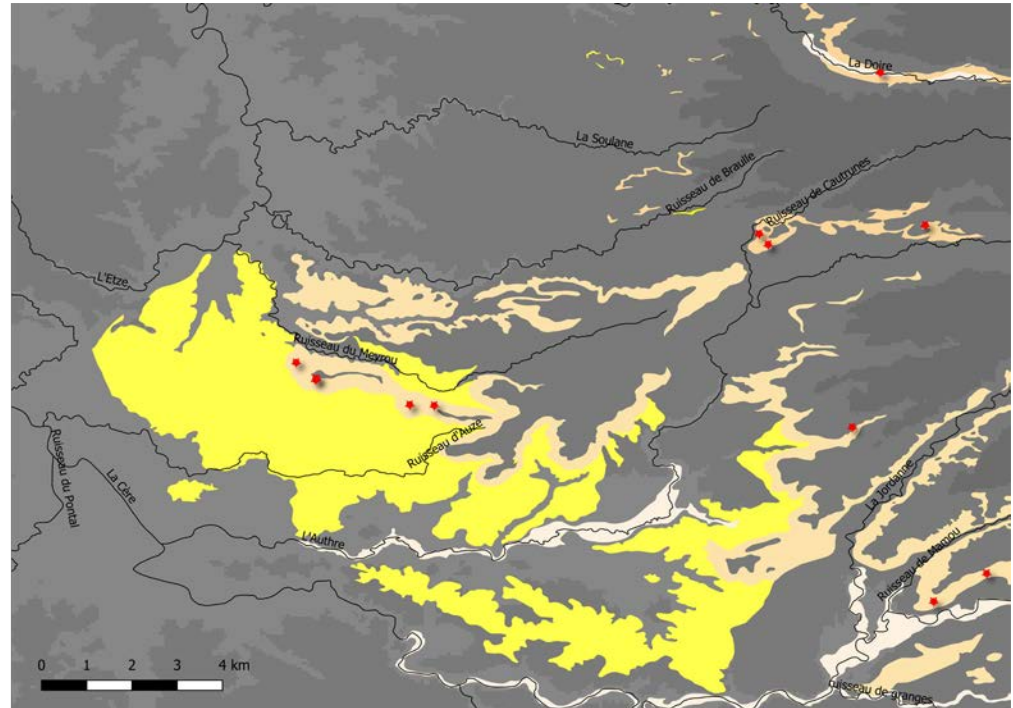


Figure 31.14 : aperçu général des formations oligocènes de la vallée de l'Authre

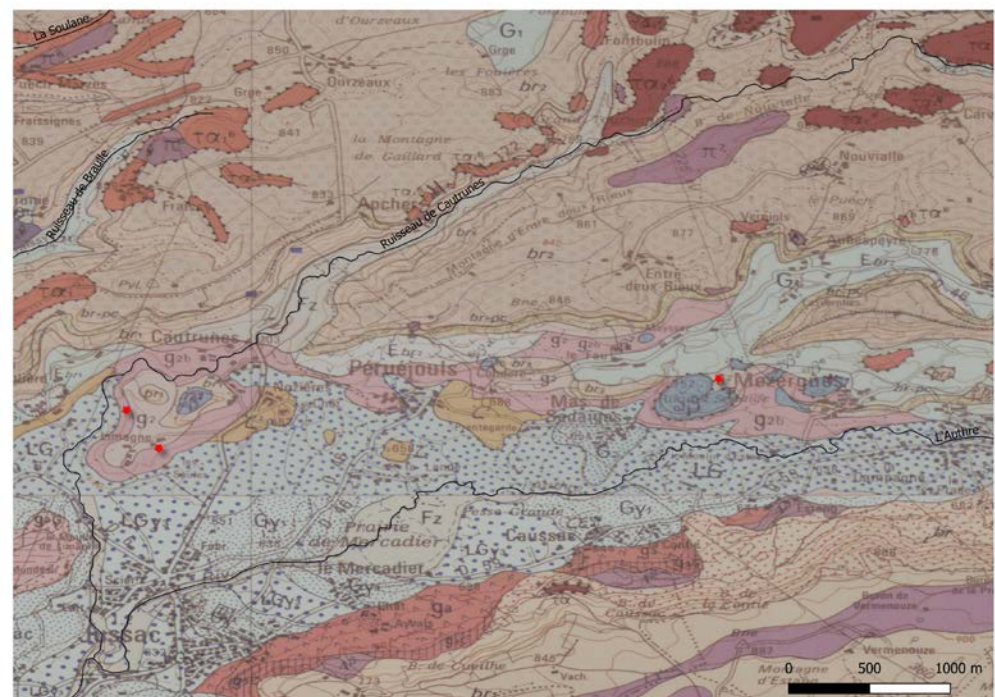


Figure 31.15 : carte géologique de la zone prospectée entre Cautrunes et Mezergues

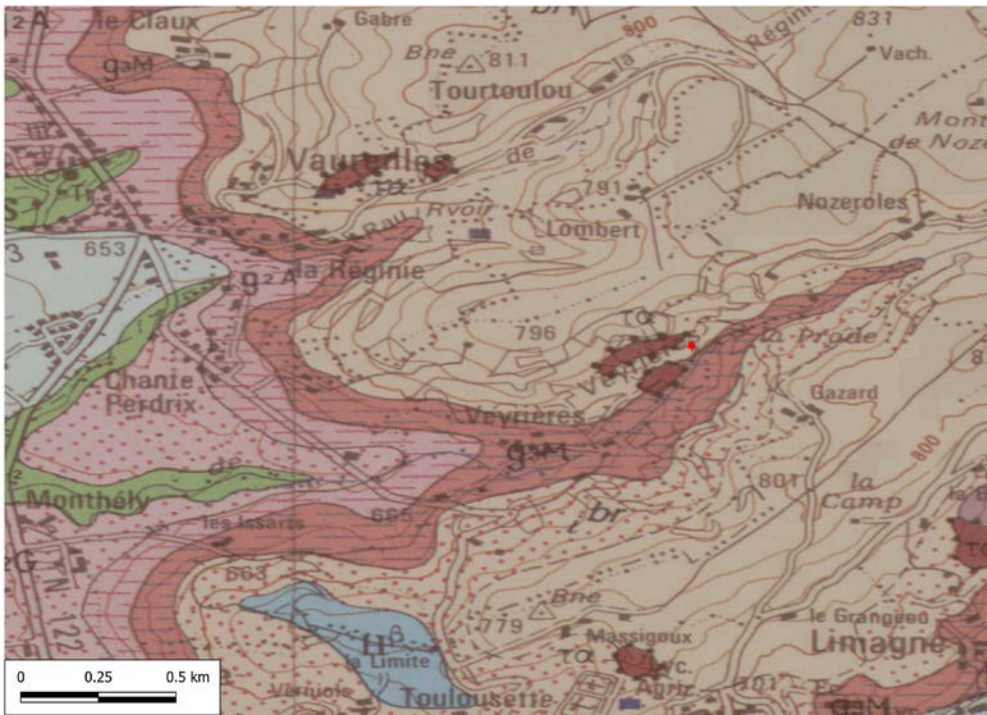


Figure 31.16 : carte géologique de la zone prospectée au ruisseau de Veyrières

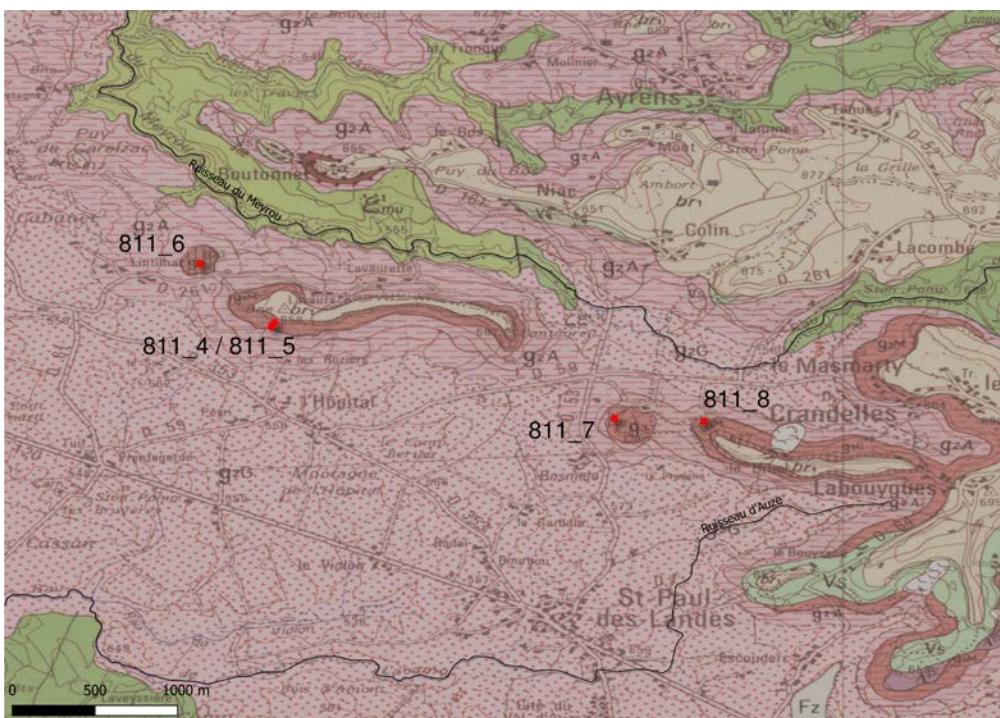


Figure 31.17 : carte géologique de la zone prospectée au nord de Saint-Paul-des-Landes

Gîte 787_1 - nord-est Jussac

Cette zone se trouve sur la carte géologique de Pleaux et il est fait mention de formations oligocènes présentant la superposition série argilo-sableuse (g2b) / série carbonatée (g2) surmontée des brèches pyroclastiques. Les séries carbonatées marquent ici des plateaux de faibles extensions entre les dépressions formées par les séries argileuses (en dessous) et les colluvions des brèches (au dessus). Nous avons prospecté la quasi-totalité des formations oligocènes présentes entre le lieu-dit Limagne (à l'ouest) et la commune de Mezergues (à l'est). Seul le petit plateau de Limagne (gîte 787_1) a révélé la présence de blocs de silicites dans les colluvions à la périphérie de la formation g2. Nous n'avons pas retrouvé les formations primaires des niveaux carbonatés

qui doivent actuellement avoir été en partie démantelés (voire totalement) ou masqués par les aménagements humains holocènes. Les formations colluvionnées de la partie supérieure des unités argilo-sableuses se sont en revanche révélées riches en blocs de dimensions parfois importantes (entre 20 et 50 cm en moyenne ; figure 31.18)



Figure 31.18 : exemple d'affleurement de blocs au sein des colluvions remaniés de l'Oligocène.

Les états de surfaces des blocs sont en accords avec notre interprétation : les cortex ne présentent que peu de traces de transports au détriment d'indices d'altérations chimiques (dissolution) plus élevés qui traduisent un séjour prolongé dans les formations résiduelles issues du démantèlement des séries carbonatées.

Trois principaux faciès ont été observés sur les échantillons : un faciès beige à matrice bioturbée présentant de nombreuses traces de racines colmatées par de la silice limpide avec quelques rares gyrogonites et characées (figure 31.19 - 1 et 2) ; un faciès gris à porosité faible présentant de fréquents gastéropodes (parfois centimétriques), gyrogonites et tiges de characées, entiers ou fragmentés ainsi que de rares traces de racines régulières (figure 31.19 - 3) ; et un faciès brun à matrice limpide homogène à fréquents gastéropodes (dont hydrobie), fragments de characées et gyrogonites ainsi que de nombreuses traces de racines colmatées (figure 31.19 - 4)

Les autres terrains oligocènes prospectés le long de cet axe est / ouest n'ont pas permis de découvrir de silicites malgré l'observation de quelques affleurements de calcaires marneux ou de l'observation d'une tranchée dans les colluvions d'argiles et sables réalisée sur un chantier à proximité de Pétaujeouls le long de la D046. Des prospections antérieures (V. Delvigne et A. Lafarge) avaient révélé la présence de quelques blocs d'un faciès particulier à très nombreux pellets et fragments de characées dans les colluvions à proximité du Mas de Sédaiges. Nous n'avons pas retrouvé ce faciès dans cette zone (voir *infra*). Un retour sur le terrain à la fortune d'une meilleure lisibilité du terrain (aménagement du territoire ?) permettrait peut-être d'expliquer cette absence.

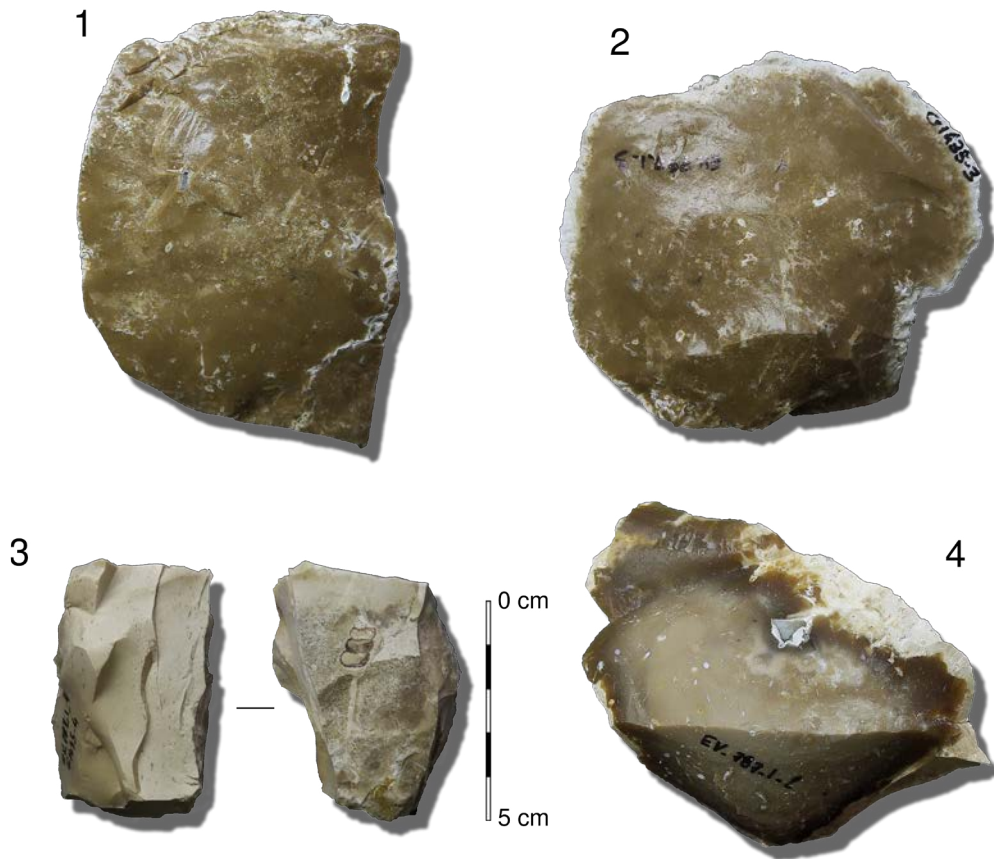


Figure 31.19 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_1

En l'état actuel de nos connaissances, seules les formations oligocènes en rive gauche du ruisseau de Cautrunes (aux environs du lieu-dit Limagne) livrent des silicites. Ces matériaux semblent se rencontrer dans les formations résiduelles issues du démantèlement de formations carbonatées à silicification (g2) ainsi que leurs colluvions mais cela reste localisé à la butte de Limagne.

Gîte 811_3 - Ruisseau de Veyrières (Naucelles)

La prospection de la vallée du ruisseau de Veyrières a permis de révéler la présence de quelques blocs de silicites de faibles dimensions : il s'agit de fragments de plaquettes de faibles épaisseurs (< 5 cm) retrouvés dans les colluvions de pentes en rive droite du ruisseau (figure 31.20). Le cortex des échantillons ne présente aucune trace de transport et seulement des altérations chimiques typiques des gîtes secondaires ou sub-primaires de type altéritique. Bien que nous n'ayons pas retrouvé de formations carbonatées (malgré la notation g3M, marnes et calcaires dolomitiques, des formations de prélèvement) correspondant à ces échantillons, il semble donc que ces blocs ne soient pas très éloignés de leur gîte primaire aujourd'hui (partiellement ?) disparu ou, encore une fois, recouvert par les colluvionnements et les brèches pyroclastiques.

Les trois échantillons collectés présentent un faciès très similaire (figure 31.21 - 1 et 2) : il s'agit d'un silex lacustre à palustre beige, bioturbé avec de nombreux fragments de tiges de characées et quelques rares grosses gyrogonites. Très abondant en composante clastiques (petits clastes blancs indéterminés, fragments de bioclastes), ce faciès n'est pas sans rappeler le type décrit par

V. Delvigne au Mas de Sédaiges (voir *supra*) que nous n'avons pas retrouvé. S'agit-il alors d'une variante litologique liée au contexte probablement sub-primaire (comparé aux gîtes secondaires) dans lequel nous avons collecté nos échantillons ? Il semble néanmoins que seul ce faciès soit présent dans cette vallée (seul découvert malgré la prospection des colluvions et des alluvions sur une centaine de m²).



Figure 31.20 : aperçu de colluvions remaniées de l'Oligocène du gîte 811_3

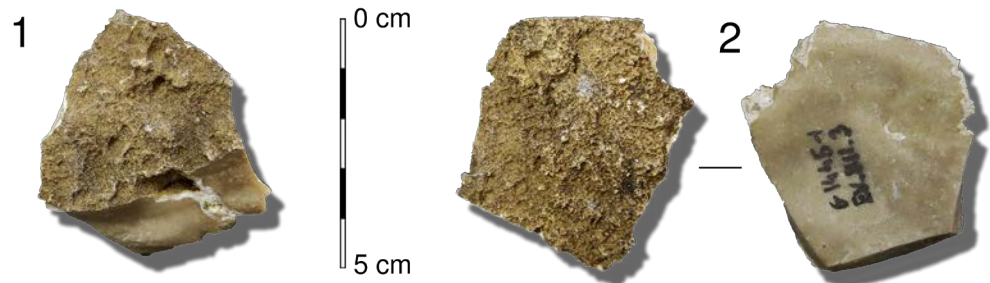


Figure 31.21 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_3

Gîtes 811_4 à 811_8 - Saint-Paul-les-Landes

La zone située au nord de Saint-Paul-les-Landes présente une succession de collines alignées suivant un axe est / ouest depuis le lieu-dit Lintilhac jusqu'à la commune de Labouygues et qui correspondent à des buttes résiduelles de calcaires g3M (marnes et calcaires dolomitiques de la carte géologique au 50 000 d'Aurillac ; figure 31.22). Nous avons prospecté ces reliefs en différents points afin d'observer la variabilité latérale de faciès de ces calcaires (renseignés comme à niveaux silicifiés sur la notice de la carte géologique) et de reconstituer la séquence sédimentaire ayant livré les niveaux à silicites (figure 31.22, log stratigraphique Puy de Toule).

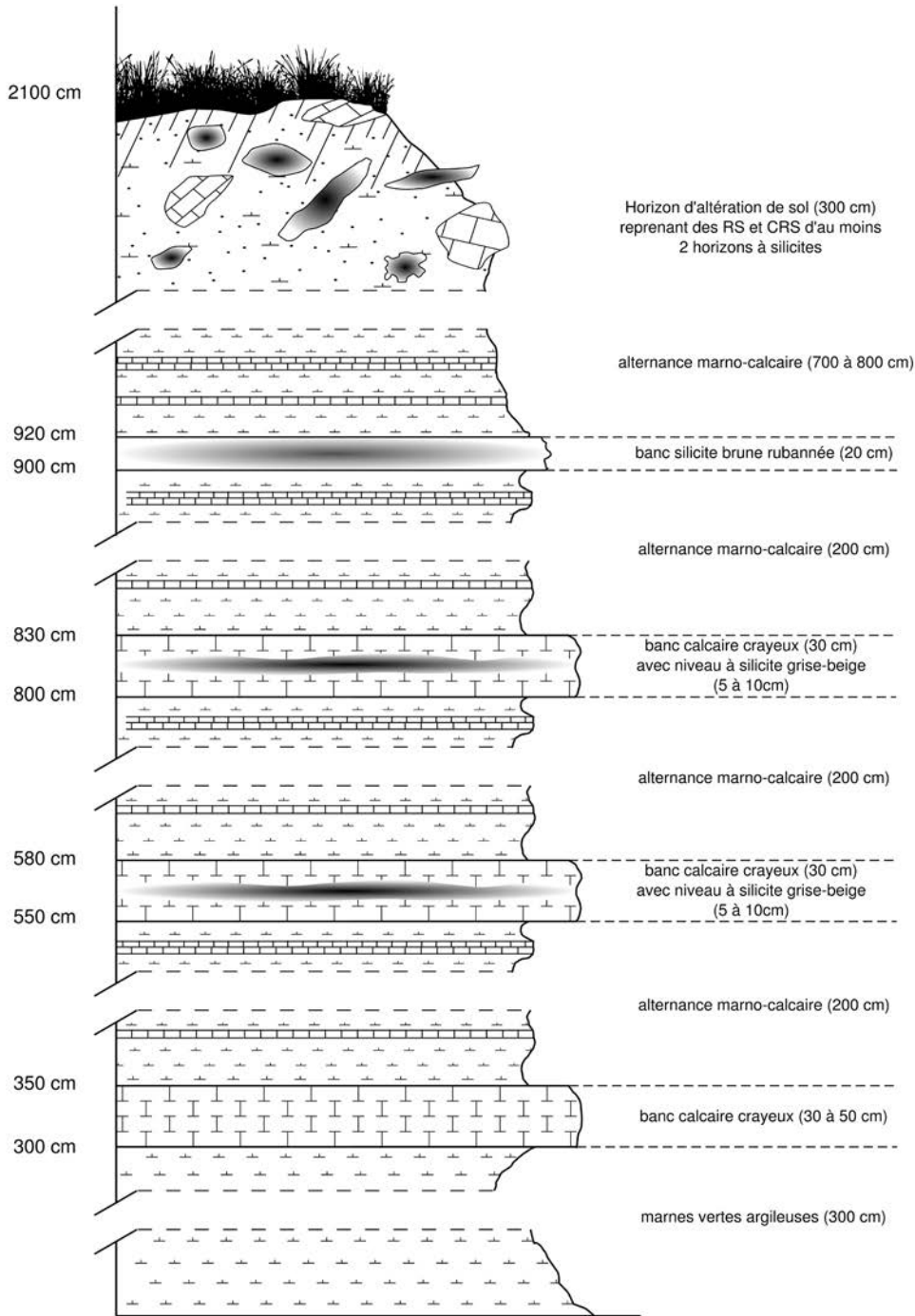


Figure 31.22 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire oligocène à silicite observée dans au nord de Saint-Paul-des-Landes.

Gîtes 811_4 et 811_5 - Lieu-dit Le Roziers (Saint-Paul-les-Landes)

Au nord du lieu-dit de l'Hopital s'élève une grande colline élancée suivant un axe est/ouest et étroite en nord/sud (figure 31.24). Ces pentes s'élèvent doucement sur une centaine de mètres (de 580 à 660 mètres environs) sans rupture majeure de relief des argiles bariolées oligocènes (g2A) jusqu'à la brèche pyroclastique (br) qui coiffent les formations des marnes et calcaires dolomitiques (g3M). Les pentes sont couvertes par le colluvionnement des argiles oligocènes qui rend difficile d'apprécier la transition avec les niveaux marno-calcaires si ce n'est par des légères variations de reliefs en marche d'escalier dans la partie supérieure de la séquence (à partir d'une altitude d'environ 620 mètres). Nous avons trouvé de nombreux blocs de silicites en positions secondaires dans les colluvions de pentes. De dimensions assez

variables moins de 5 cm à plus de 50 cm), les stigmates visibles sur les cortex traduisent un écoulement gravitaire assez marqué : les blocs les plus en bas de pentes présentant logiquement le plus grand nombre de traces de chocs qui diminuent au fur et à mesure que l'on se rapproche du sommet de la butte. Dans la partie supérieure de la séquence qui correspond à la partie boisée (figure 31.23 et 31.24 ; environ 640 mètres d'altitude), les blocs ne présentent plus de traces de chocs et semblent être préservés dans les formations résiduelles issues directement du démantèlement des calcaires aujourd'hui disparus ou invisibles.



Figure 31.23 : vue de la butte du lieu-dit le Roziers



Figure 31.24 : exemple de blocs retrouvés dans les colluvions.

Plusieurs faciès ont ainsi pu être collectés dans les formations résiduelles ou les colluvions des formations résiduelles :

- un faciès lacustre à palustre gris-beige à structure bioturbée présentant une zonation plus ou moins marquée (figure 31.25 - 1, 4, 5 et 7 ; figure 31.26 - 1 et 2). Il est riche en fragments de tiges de characées, gyrogonites et gastéropodes (dont Hydrobies), ainsi qu'en traces de racines plus ou moins colmatées par de la silice limpide. On observe des floculations blanches (parfois plurimillimétriques) de zones moins bien silicifiées ;
- un faciès blanc – brun mal silicifié à matrice microcristalline grossière (figure 31.25 - 2 et 6 ; figure 31.26 - 3) présentant des punctuations « rouilles » qui sont majoritairement d'anciennes traces de racines altérées. Ce faciès peut être finement lité en zone sous-corticale ;
- un faciès brun à matrice limpide et structure faiblement bioturbée (figure 31.25 - 3 et 8 ; figure 31.26 - 4 et 5). Il présente de rares à fréquents bioclastes typiques des milieux palustres à lacustres (characées, gyrogonites et gastéropodes) ainsi que de rares traces de racines colmatées.

De manière générale, les blocs semblent assez impactés par les altérations dues aux variations de température (alternance gel / dégel) et présentent fréquemment des cupules thermiques. La diversité de faciès représentée pourrait en ce sens témoigner de plusieurs degrés d'évolution pour un même type génétique (cf. *infra*).

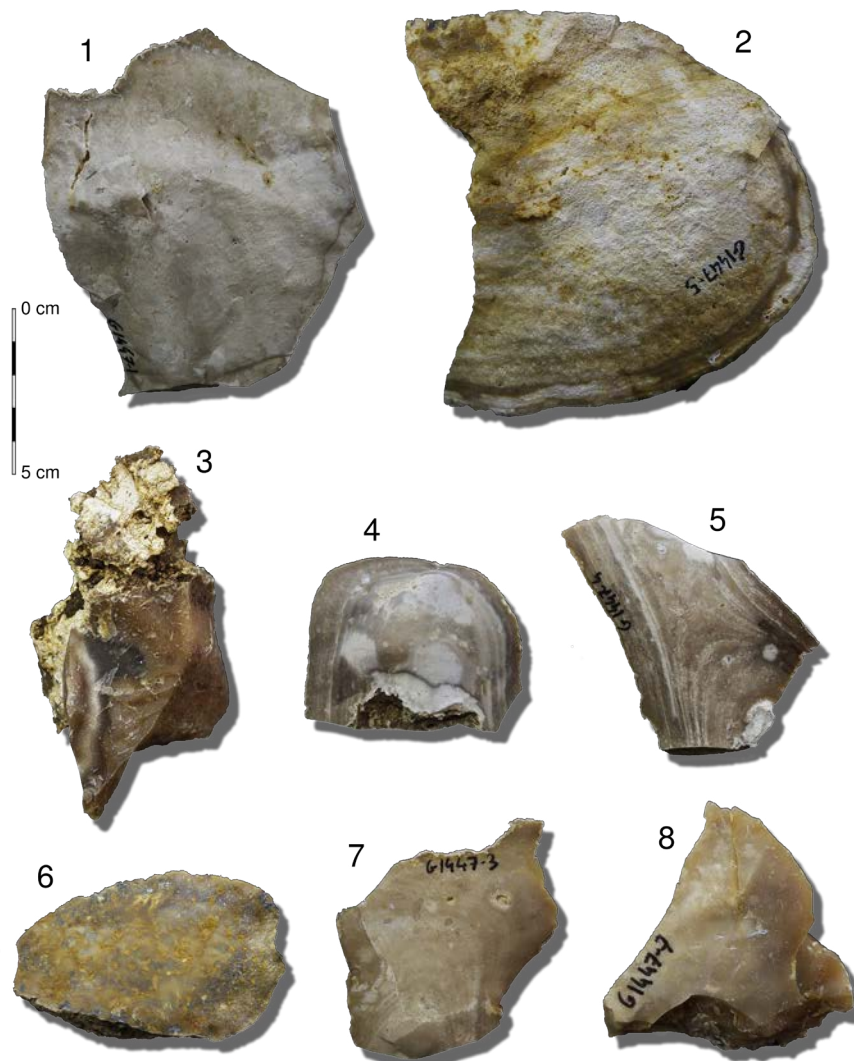


Figure 31.25 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_4

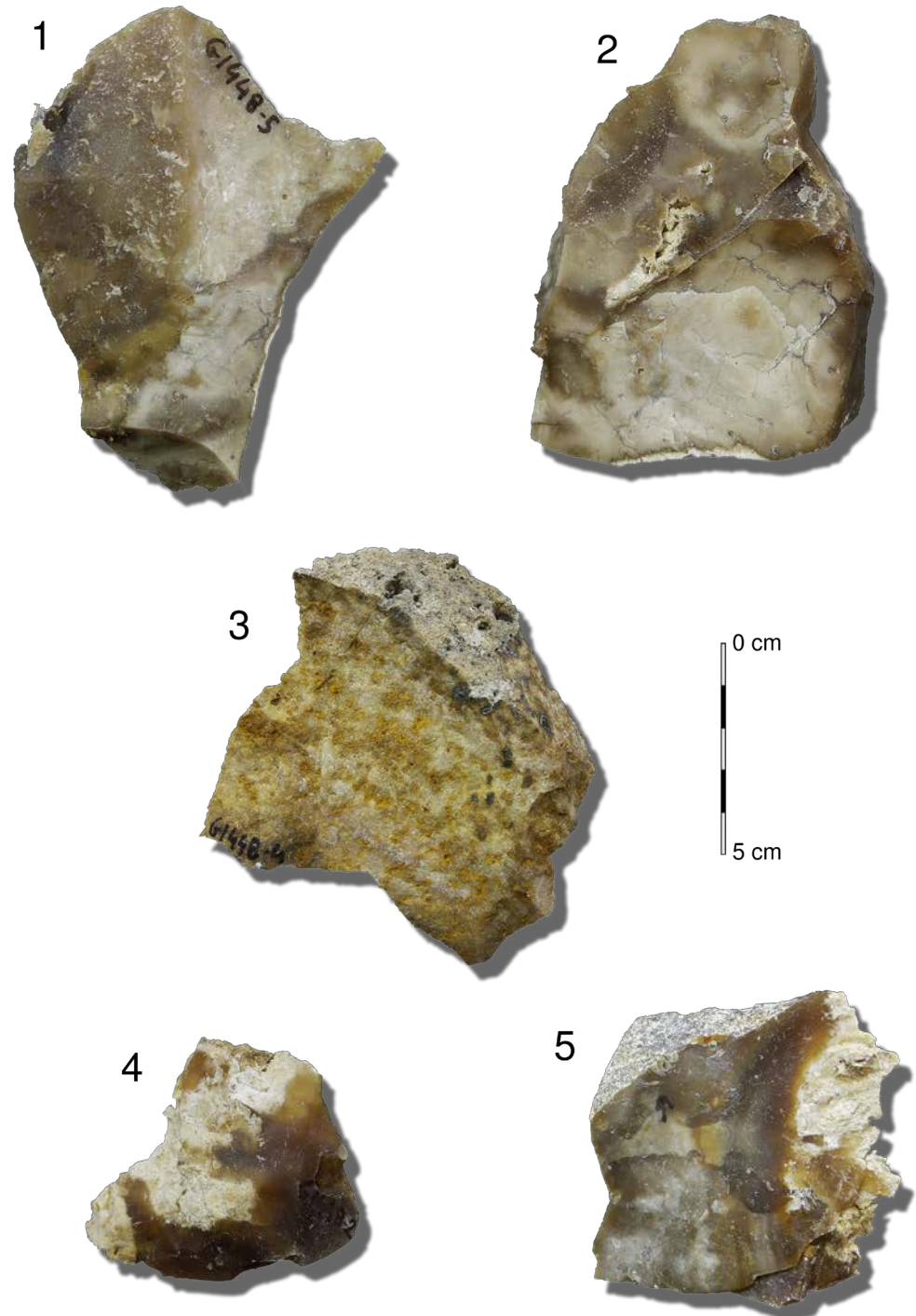


Figure 31.26 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_5

Gîte 811_6 - Lintilhac (Saint-Paul-les-Landes)

Au nord-est des gîtes 787_4 et 787_5 s'élève une petite butte dans la continuité de la colline du Rozier. Cette butte est également renseignée comme coiffée les formations oligocènes des calcaires dolomitiques. Nos observations sont similaires à celles du gîte précédent : les argiles et sables colluvionnés de l'Oligocène s'élèvent en pente douce jusqu'à un horizon très végétalisé (forêt) qui marque la transition avec les formations résiduelles dérivées des calcaires actuellement disparues.

Le sommet de la colline est riche en blocs de silicites parfois de grandes dimensions (entre 20 et 50 cm en moyenne) qui affleurent dans l'horizon

colluvionné supérieur du sol (hormis dans les parcelles servant aujourd'hui de pâturage où ils sont enfouis plus profondément du fait de l'activité holocène). Nous avons retrouvé la même diversité de faciès que sur les gîtes 787_4 et 787_5 ce qui illustrent la continuité de ces formations résiduelles.

Il s'agit de silex palustres à lacustres, gris à brun et de structures plus ou moins bioturbées. Les proportions en allochems sont faiblement variables suivant les échantillons et présentent le même cortège bioclastique : fréquentes tiges de characées et gyrogonites, fréquents gastéropodes (dont Hydrobies) et rares à fréquentes anciennes traces de racines colmatées. On observe une surreprésentation du faciès brun à matrice limpide (figure 31.27 - 2, 3, 4, 6 et 7) au détriment du faciès gris-beige (figure 31.27 - 1 et 5) sur ce gîte en comparaison des gîtes 787_4 et 787_5. Le faciès blanc-brun à « ponctuations rouilles » est quant à lui quasiment absent du gîte. Ces données témoignent d'un degré d'évolution des blocs généralement plus importants.

Les états de surfaces des blocs montrent en effet une altération plus importante des cortex (fréquentes « patine noire » des néocortex, dissolution parfois très importante) ce qui semble indiquer un séjour plus long de ces blocs dans les formations résiduelles. Ces données semblent en accord avec l'altitude plus basse de la colline (altitude maximale de 623 mètres) et témoignent d'une altération localement plus puissante des calcaires.

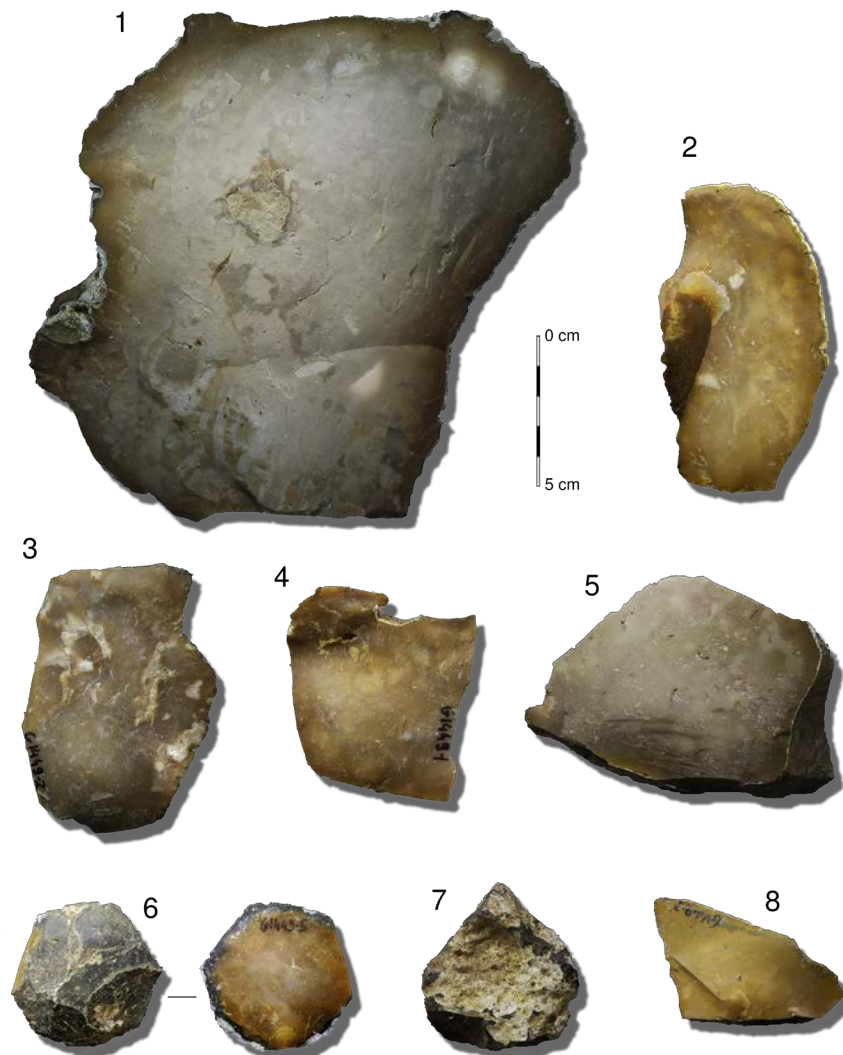


Figure 31.27 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_6

Gîte 811_7 – Carrière du Puy de Toule (Saint-Paul-les-Landes)

Plus à l'est des gîtes explorés précédemment se dressent d'autres collines qui semblent être dans la continuité des formations évoquées plus haut (figure 31.28). La colline correspondant au gîte 811_7 est actuellement exploitée comme carrière pour la fabrication de chaux. Les formations marno-calcaires y ont été largement décaissées jusqu'à une altitude de 605 mètres (soit près de 50 m depuis la création de la carte géologique d'Aurillac). Nous avons pu observer trois niveaux à silicites en gîtes primaires dans les affleurements de la carrière et ainsi pu dresser la partie inférieure du log en figure 23. Les formations observées sont ainsi de bas en haut :

- une épaisseur indéterminée (puissance observée 3 mètres) de marnes et argiles vertes en base de séquences. Ces formations correspondent vraisemblablement aux argiles bariolées (g2A) de la carte géologique d'Aurillac ;
- un banc de calcaire crayeux d'épaisseur relativement constante (30 à 50 cm) marquant la transition avec la série marno-calcaire supérieure ;
- une première alternance marno-calcaires de 2 mètres de puissance ou des alternances d'épaisseurs variables de calcaires marneux sont entrecoupées de plusieurs minces lits d'argiles vertes ;
- un premier banc à silicite correspondant à un horizon silicifié beige d'épaisseur variables (10 à 20 cm en moyenne) à l'intérieur d'un banc de calcaire crayeux d'environ 50 cm d'épaisseur ;
- une deuxième alternance marno-calcaire (2 mètres de puissance) équivalente à la première ;
- un deuxième banc de silicite avec un nouvel horizon silicifié beige de nature et d'épaisseur identique au premier ;
- un lambeau résiduel d'environ 2 mètres d'alternance marno-calcaires au sein duquel ont été retrouvés plusieurs fragments de bancs de silicites rubanées. Etant donné l'état d'altération de ce lambeau il nous est apparu dans un premier temps difficile de statuer sur le caractère sub-primaire ou primaire de ces fragments de bancs (voir *infra*).



Figure 31.28 : vue des niveaux marno-calcaires à silicite de la carrière du Puy-de-Toule

L'étude des microfaciès a confirmé la ressemblance macroscopique des deux premiers bancs de silicites : il s'agit d'une silicite (probablement silcrète) formée au détriment d'un sédiment argileux lacustre à rares tiges de characées. La structure est finement litée et traduit un milieu de dépôt relativement calme.

Le second faciès correspond à des bancs de silex palustres rubanés : la structure est finement litée en lits hétérométriques généralement festonnés qui correspondent vraisemblablement à des constructions stromatolithiques. Les limites entre les lits sont nettes et irrégulières. On observe une alternance entre des lits clairs majoritairement carbonatés et des lits sombres (bruns à noirs) plus riches en matrices siliceuses.

Gîte 811_8 - Le Bruel (Saint-Paul-les-Landes)

Le gîte du lieu-dit le Bruel est situé à quelque centaine de mètres de la carrière du Puy de Toule et nous a permis de faire le lien entre la séquence sédimentaire observée au Rozier / Lintilhac (gîte 811_4 à 6) et à la carrière (gîte 811_7). La prospection des versants a permis de mettre en évidence successivement les niveaux marno-calcaires à bancs de silicite beige (gîte 811_7) en position sub-primaire puis de retrouver le niveau à banc de silex rubané en position primaire (figure 31.29) et enfin les niveaux de formations résiduelles à silex observés au Roziers et à Lintilhac mais absent au Puy de Toule du fait de l'exploitation de la carrière. Ces informations nous ont permis de compléter le log stratigraphique de la séquence sédimentaire de cette partie du bassin versant de l'Authre (figure 31.23). L'épaisseur des formations résiduelles contenant les silex est ici estimée à une dizaine de mètres au-dessus du niveau à silex rubané.

Les faciès retrouvés sur ce gîte correspondent à ceux décrits précédemment sur les gîtes 811_4 à 811_7.



Figure 31.29 : vue du banc de silex rubané en position primaire

Les prospections menées dans la zone de Saint-Paul-les-Landes ont ainsi pu mettre en évidence la continuité des formations et des séquences sédimentaires à silicite entre le lieu-dit Lintilhac et la commune de Labouygues et ainsi reconstituer le log stratigraphique des formations carbonatées oligocènes les plus à l'ouest du Bassin de l'Authre. Cette séquence sédimentaire s'avère différente de celles observées en d'autres points des bassins sédimentaires de l'ouest cantalien et semble confirmer l'hypothèse de plusieurs lacs / lagunes en partie isolés au cours de l'Oligocène. Ces bassins sédimentaires peuvent avoir été tour à tour reliés ou séparés en fonction des phases de régression ou de transgression marines.

La question demeure néanmoins de l'extension de chacun de ces bassins sédimentaires et de leurs zones de recouvrement. En ce qui concerne les formations oligocènes situées au nord de Saint-Paul-les-Landes, de nouvelles prospections semblent nécessaires pour vérifier l'extension orientale de la séquence sédimentaire décrite ici : les formations calcaires situées à l'est de la commune de Labouygues et qui semblent en continuité avec celles décrites ici relèvent-elles de la même dynamique sédimentaire et y retrouve-t-on les mêmes formations à silicite ?

3.1.2.5. Bassin de la Cère

Les prospections effectuées dans la vallée de la Cère (figure 31.30 ont été principalement menées autour de la séquence type du Puy de Vaur à la faveur d'une ancienne carrière dans les formations carbonatées de l'oligocène supérieur (gîte 811_1) ainsi que dans les colluvions de la rive droite de la Cère à proximité de la commune de Couderc (gîte 811_2).

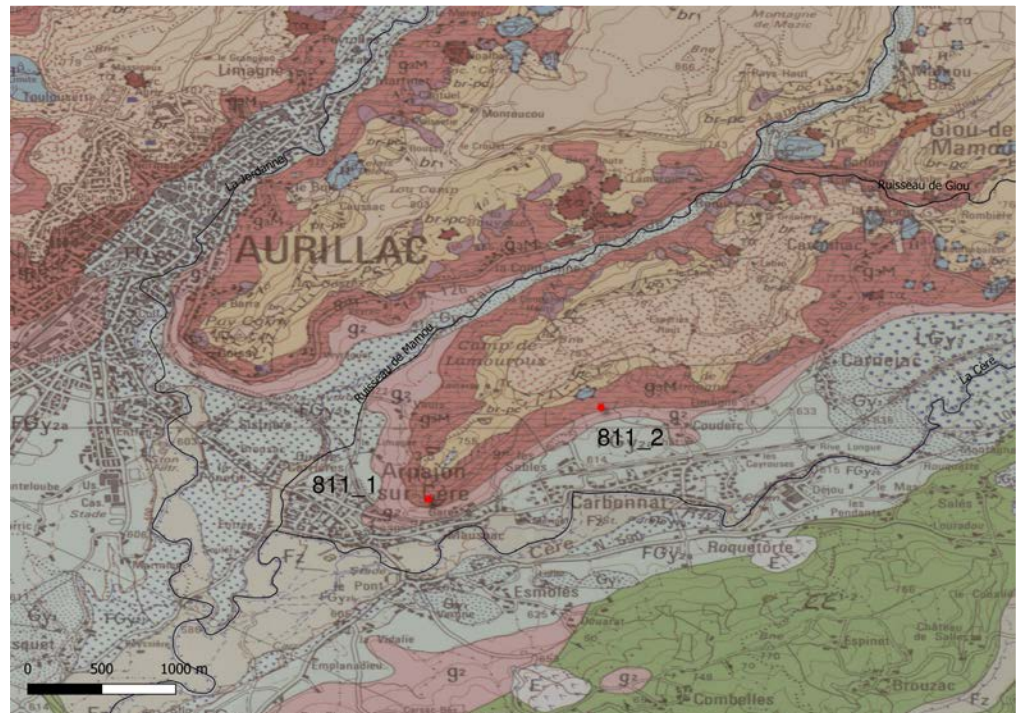


Figure 31.30 : carte géologique de la zone prospectée dans la vallée de la Cère

Gîte 811_1 - Carrière du Four à Chaux (Arpajon-sur-Cère)

Située sur la commune d'Arpajon-sur-Cère au nord du lieu-dit de Maussac, l'ancienne carrière du Four à Chaux traverse toute la séquence carbonatée de l'oligocène supérieur sur près de 30 mètres de puissance. L'observation de

cette carrière a permis la reconstitution d'un log stratigraphique (figure 31.31) pour la séquence sédimentaire de cette zone et notamment la succession des différents niveaux à silicites (pour une description détaillée des différentes silicites observées, nous renvoyons aux fiches descriptives associées). On observe ainsi, de la base au sommet :

- une première alternance de sédiments marno-calcaires à tendance verdâtre (120 cm de haut environ) à niveaux d'argiles vertes ;
- un premier banc (niveau 1) à silex lacustre brun à gris d'environ 30 cm d'épaisseur à niveaux à thanatocénose de gastéropodes ;
- une deuxième alternance marno-calcaire verte d'un peu moins d'un mètre (80 cm d'épaisseur) ;
- un deuxième banc de silex lacustre gris à *Potamides lamarcki* (niveau 2) de 20 centimètres d'épaisseur ;
- une alternance calco-marneuse fréquemment indurée (environ 3 mètres d'épaisseur) ;
- une succession de deux bancs de silex palustre brun opalescent entrecoupés d'une faible (10 cm) épaisseur de marnes blanches. Le premier banc (niveau 3) est plus épais que le second (niveau 4) et ne présente pas la même continuité latérale ;
- une nouvelle alternance marno-calcaire blanche fortement indurée (environ 3 mètres) ;
- un banc de silicite brune opalescente (niveau 5) d'épaisseur variable (10 à 30 cm). Ce banc n'a pas pu faire l'objet d'un prélèvement mais semble identique à celui du niveau 3 ;
- une nouvelle alternance marno-calcaire blanche fortement indurée (environ 3 mètres) ;
- un nouveau banc de silicite brune opalescente (niveau 6) d'épaisseur variable (10 à 30 cm). Comme le niveau 5, ce banc n'a pas pu faire l'objet d'un prélèvement mais semble identique à celui du niveau 3 ;
- une faible épaisseur (30 cm) de marnes blanches ;
- une succession de deux bancs à silex palustre brun-beige opalescente superposés (niveau 7 et 8). La relative homogénéité de faciès sur les différents niveaux de ce faciès brun-beige opalescent est à noter ;
- une faible épaisseur de marnes blanches (10 cm) ;
- un niveau à gros rognons de silex lacustres bruns (niveau 9) plus ou moins continus et d'épaisseur variables (30 cm en moyenne) ;
- une nouvelle séquence marneuse blanchâtre d'environ 1 mètre d'épaisseur ;
- un nouveau niveau à rognon de silex lacustre beige opalescent (niveau 10) très riches en gros gastéropodes (dont *Hydrobies*) ;
- un niveau d'altération de sol d'épaisseur variable (environ 1,50 mètres) correspondant aux colluvions quaternaires vient clore la séquence sédimentaire observable.

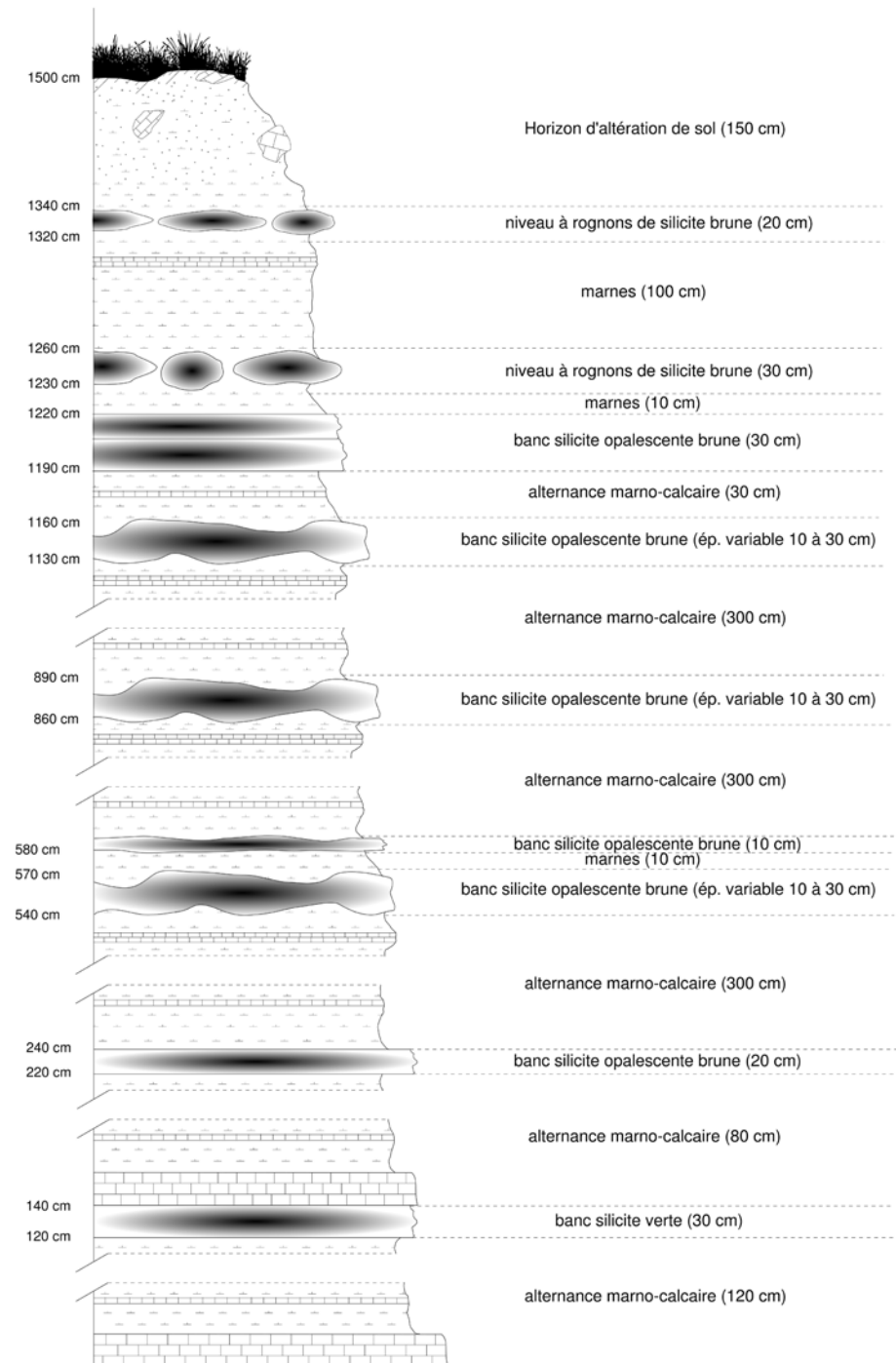


Figure 31.31 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire oligocène à silicite du Puy-de-Vaurs

Pour la description précise de chaque faciès échantillonné, nous renvoyons aux fiches descriptives associées à la fin de cette contribution. On notera néanmoins quelques tendances générales dans l'évolution des silicites, à savoir :

- les deux premiers niveaux de silicites sont très riches en gastéropodes (niveaux à thanatocénose) dont *Potamides lamarcki* qui témoigne d'un milieu de formation en partie lagunaire et est concomitant de l'ouverture des bassins sédimentaires aux eaux saumâtres de l'oligocène (Alimen, 1948). Dans la suite de la séquence, *Potamides lamarcki* est remplacé par *Hydrobies* et témoignent de la mise en place d'un système continental lacustre ;
- la zone médiane de la séquence est composée de différents niveaux

de silicites brunes opalescentes qui sont assimilés à des silex palustres beige à nombreuses traces de racines colmatées. Ce faciès semble être le plus ubiquiste parmi les silicifications de l'ouest cantalien puisque nous l'avons retrouvé en d'autres gîtes (avec toutefois des variations, notamment en termes de fréquence des traces de racines) ;

- de manière générale, les silicites retrouvées dans cette séquence sont très riches en gastéropodes (*Potamides lamarcki* en base de séquence et *Hydrobies* ensuite), y compris pour les silex lacustres (notamment le niveau 9) qui montrent également le cortège classique de characées et gyrogonites.

Gîte 811_2 - Planestiou (Arpajon-sur-Cère)

Le gîte de Planestiou est situé au nord-ouest de la commune de Couderc sur les versants colluvionnés des formations oligocènes aujourd'hui utilisés pour les pâturages des troupeaux. L'état de ces versants limite fortement la prospection mais les nombreux petits cours d'eaux qui entaillent les colluvions parfois assez profondément nous ont permis de découvrir un certain nombre de blocs parfois d'assez grandes dimensions (entre 20 et 50 cm en moyenne).

Les faciès retrouvés dans les colluvions correspondent majoritairement aux silex palustres brun opalescents à nombreuses traces de racines qui composent le cœur de la séquence observée à la carrière du Four à Chaux. On observe une variabilité assez importante en termes de fréquence des traces racinaires ou des fentes de dessiccation mais étant donné que nous n'avons pas pu prélever des référentiels dans tous les niveaux de silicites, nous préférons ne pas attribuer de niveaux précis à ces échantillons.

Un seul échantillon présente un faciès différent de ceux précédemment décrits (figure 31.32) : il s'agit d'un silex palustre brun à rouge, à structure microbrèche et bioturbée présentant de rares tiges de characées et gyrogonites. Il semble fortement affecté par des circulations secondaires sous formes de chenaux d'illuviation et est assez pauvre en trace de racine. Nous n'avons pas observé de tels faciès dans la carrière du Four à Chaux (ni ailleurs) et, vu son positionnement assez haut dans les colluvions, il doit probablement s'agir de formations démantelées situées au-dessus des niveaux à rognons (niveaux 9 et 10 du gîte 811_1).

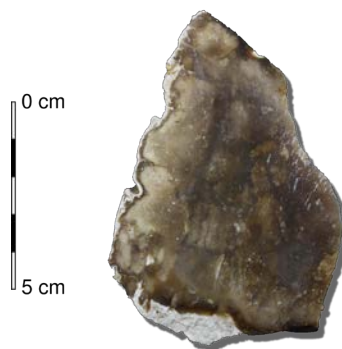


Figure 31.32 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_2

Les prospections effectuées dans le Bassin de la Cère se sont retrouvées limitées à une zone relativement restreinte (rive droite de la Cère vers Arpajon-sur-Cère). Etant donnée la relative diversité observée en d'autres endroits des bassins oligocènes de l'ouest cantalien, la question demeure de l'extension géographique de la séquence sédimentaire observée au puy de Vaurs. Il paraît légitime de se demander si les

formations carbonatées en rive droite du Rau mais également celles de la vallée de la Jordanne présentent une séquence semblable compte tenu des faciès retrouvés à Saint-Paul-les-Landes (gîte 811_4 à 8) ou plus encore à Veyrières (gîte 811_3) qui, malgré un faible éloignement géographique, ne trouvent pas de correspondances avec les faciès identifiés à la carrière du Puy de Vours. Malgré la difficulté d'accès aux formations liée à la forte urbanisation de la zone, une meilleure compréhension des dynamiques sédimentaires et de l'histoire respective des différents bassins sédimentaires semble donc être indispensable à l'établissement d'une cartographie fiable quant à l'extension géographique précise (du moins en contexte primaire) des différents faciès observés au cours de ces prospections.

3.1.2.6. Bassin du Goul

La dernière zone prospectée au cours de cette campagne concerne les formations comprises entre les vallées du Goul et de la Bromme, au nord de la commune de Mur-de-Barrez (figure 31.33). On retrouve la succession classique sables argileux et argiles bariolées (g2b), série carbonatée (g2) et brèches pyroclastiques qui forment les reliefs inter fluviaux. On notera une différence cependant par rapport aux séries carbonatées analogues du bassin d'Aurillac observées précédemment : d'une puissance relativement constante (30 mètres) de la vallée de la Cère jusqu'au puy de Morzières (au nord de la commune de Cros-de-Ronesque), l'épaisseur de la formation passe à environ 70 mètres dans la vallée de la Goul qui fait présumer de l'existence d'un haut-fond, séparant les bassins d'Aurillac et du Goul, situé probablement entre la Rasthène et l'Embène. Cette séparation des deux bassins se traduit également par l'absence de dolomies dans le bassin du Goul et par une séquence sédimentaire à silicite différente (voir *infra*). Les prospections réalisées en différents points ont permis de reconstituer le log stratigraphique de la séquence sédimentaire à silicite de cette région (figures 31.34 et 31.35).

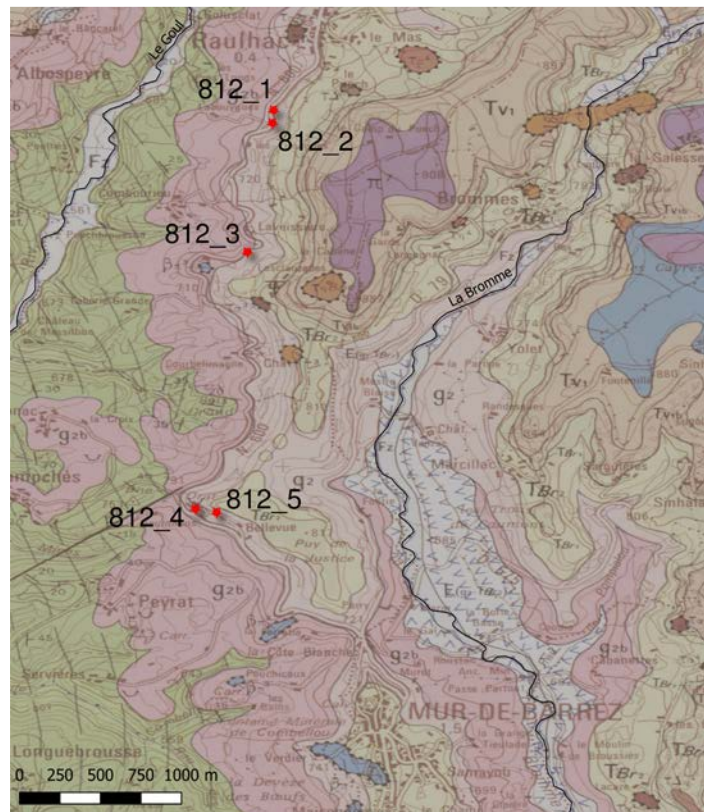


Figure 31.33 : carte géologique de la zone prospectée dans le Bassin du Goul

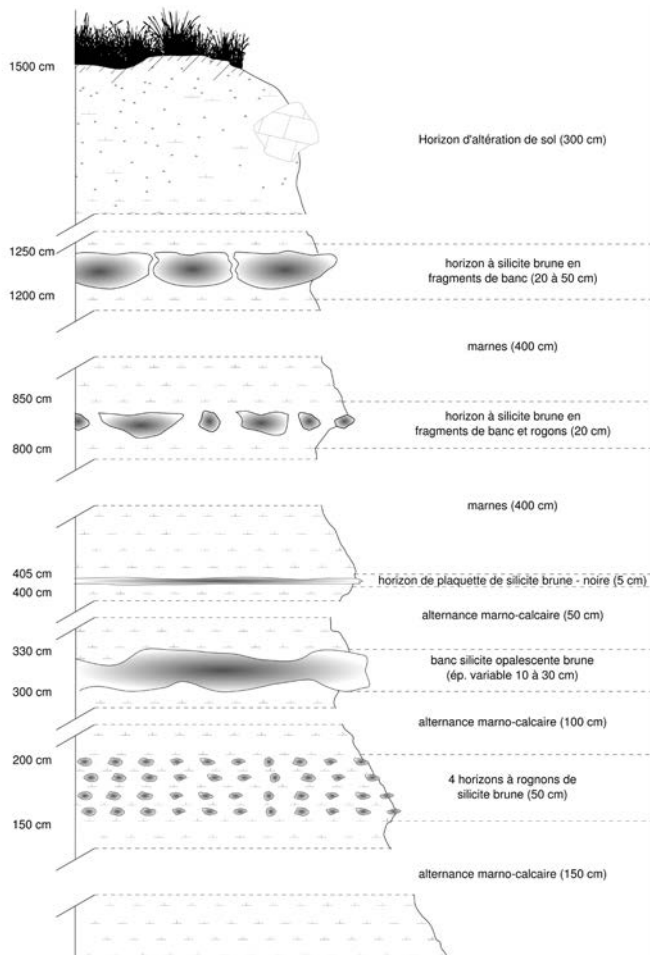


Figure 31.34 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire inférieure oligocène à silicite du Mur-de-Barrez

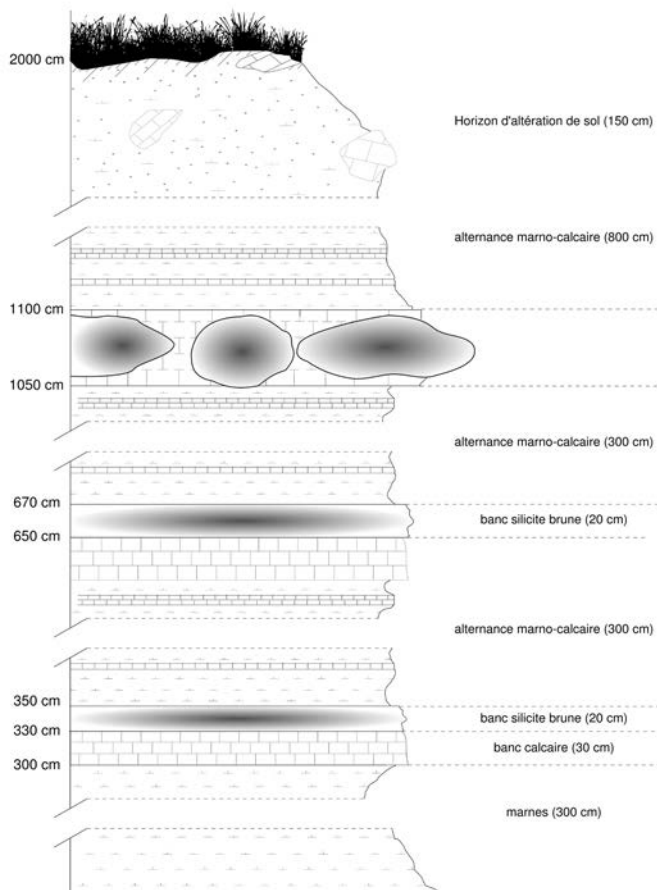


Figure 31.35 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire supérieure oligocène à silicite du Mur-de-Barrez

Gîte 812_1 – Labouygues (Raulhac)

Ce gîte est situé au sud de la commune de Raulhac, au bord de la N 800, qui traverse et longe les formations carbonatées jusqu'à Mur-de-Barrez et mets donc à jours de nombreux affleurements (voir *infra*). Dans le gîte 812_1, la route recoupe deux niveaux à silicites en positions primaires / sub-primaires ainsi que les colluvions des formations sus-jacentes qui ont livrés de nombreux blocs de matières premières. Les volumes observés sont variés mais généralement de grandes dimensions (entre 20 et 50 cm en moyenne jusqu'à plus d'un mètre) et se présentent sous la forme de rognons réguliers, fragments de blocs ou fragments de bancs d'épaisseur décimétriques.

Nous avons observé deux faciès principaux parmi les échantillons recueillis :

- un faciès à rognons réguliers (niveau 1, figure 31.36 - 2 et 3) pluri décimétriques, à cortex crayeux centimétriques dont la limite avec la phase siliceuse est nette et irrégulière. Il s'agit d'un silex palustre beige à cœur fréquemment brun (d'importance variable) et dont la différence de couleur traduit deux structures différentes : la structure majoritaire (correspondant à la zone beige) est bioturbée à nombreuses traces de racines et conduits d'illuviations colmatés par de la silice limpide et dont la composante carbonatée s'altère en petits clastes arrondis blancs assez nombreux. Cette phase est faiblement bioclastique et présente quelques rares fragments de tiges de characées et gyrogonites ; la structure minoritaire (cœur brun) est homogène à nombreuses floculations blanches et clastes arrondis dérivés du protolithe carbonaté ainsi qu'une composante bioclastique plus abondante sous la forme de gyrogonites, tiges de characées et gastéropodes (dont Hydrobies et Hélicidés) ;
- un faciès en fragments de bancs (niveau 2, figure 31.36 - 1 et 4) de grandes dimensions (supérieurs à 50 cm), à cortex crayeux millimétriques et dont la limite avec la phase siliceuse est nette et irrégulière. Il s'agit de nouveau d'un silex palustre beige à cœur brun à deux structures distinctes dont la proportion varie suivant les blocs. La structure beige est bioturbée à microbrèche au fur et à mesure de la progression vers le cœur du bloc. Les traces de racines et conduits d'illuviations sont nombreux et favorisent le démantèlement de la structure carbonatée initiale remplacée par une matrice plus siliceuse en fractions millimétriques anguleuses. La phase brune présente une structure homogène semblable à celle décrite pour le premier faciès : composante bioclastique relativement abondante (characées, gyrogonites et gastéropodes) et floculations / clastes blancs arrondis hérités de la phase carbonatée.

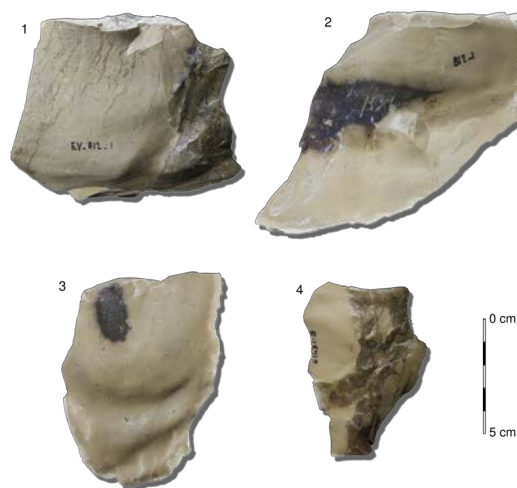
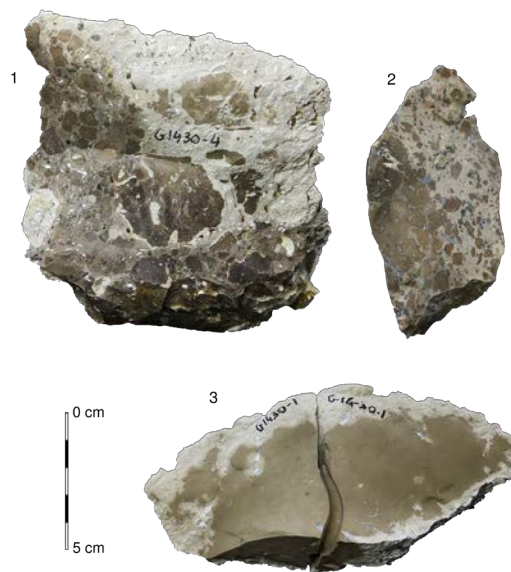


Figure 31.36 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_1

Gîte 812_2 – Labouygues (Raulhac)

Le gîte 812_2 est situé à une centaine de mètres au sud du gîte précédent toujours le long de la N 800 à une altitude équivalente (environ 730 mètres d'altitude). Les formations oligocènes carbonatées sont en partie masquées par le colluvionnement récent mais les alternances marno-calcaires se devinent par les micro-variations de relief en « marche d'escalier » (figure 31.37). De nombreux blocs de silicites, de dimensions variables (entre 10 et 50 cm), ont pu être retrouvés. Deux faciès principaux se distinguent parmi les échantillons collectés :

- un faciès beige bioturbé à nombreuses traces de racines semblables à la phase beige du premier faciès décrit pour le gîte 812_1 (figure 31.38 - 3). Bien que nous n'ayons pas retrouvé de nodules à cœur brun, ce faciès semble s'intégrer dans la variabilité de celui décrit précédemment ;
- un faciès à structure bréchique à microbréchique (figure 31.38 - 1 et 2). Les blocs retrouvés dans les colluvions en bas de pente, parfois de grandes dimensions (plus de 50 centimètres) semblent issus du démantèlement d'un horizon à faciès de blocs bréchifiés. Le microfaciès sédimentaire illustre deux phases distinctes. D'une part, les éléments clastiques bréchifiés, de tailles variables (micrométriques à centimétriques) qui sont composés majoritairement de matrice siliceuse attribuée à un silex lacustre. De couleur brune à beige suivant le degré d'altération, ils présentent des caractéristiques similaires aux faciès brun décrit pour le gîte 812_1 : structure homogène, fréquents éléments bioclastiques (characées, gyrogonites et gastéropodes) ainsi que des clastes blancs carbonatés. D'autres parts, les clastes bréchifiés sont repris par un ciment siliceux blanc opaque qui peut être homogène ou présenter des traces de racines colmatées et des fragments de gastéropodes suivant les zones concernées. Bien que nous n'ayons pas retrouvé ces formations primaires au cours de ces prospections, les données observées incitent à attribuer ce faciès aux horizons de l'Oligocène remanié par les brèches pyroclastiques inférieures qui se situent à une trentaine de mètre plus haut.



A gauche - Figure 31.37 : aperçu des formations oligocènes recouvertes par le colluvionnement

A droite - Figure 31.38 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_2

Gîte 812_3 - Laveissière (Raulhac)

Le gîte 812_3 est situé à environ 1 km au sud des gîtes 812_1 et 2, toujours sur la N 800 mais à une altitude légèrement inférieure de 720 mètres. La base de la série carbonatée (g2) peut y être observée à l’affleurement sur le bord de la route (figure 31.39). Il a servi de base pour la description du log stratigraphique en figure 34. On retrouve successivement de la base au sommet :

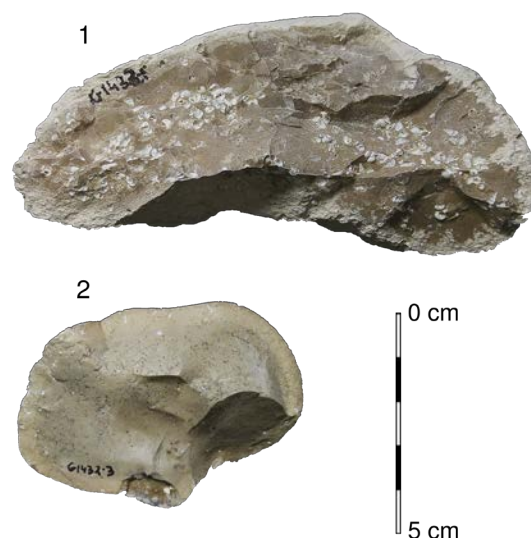
- une alternance marno-calcaire de 5 mètres de puissance visible ;
- un premier niveau à rognons de silex palustre à lacustre beige à cœur brun identique à celui décrit pour le gîte 812_1 (niveau 1) ;
- une faible épaisseur de marnes indurée (20 cm) ;
- un niveau à bancs de silex palustre à lacustre beige à cœur brun identique à celui décrit pour le gîte 812_1 (niveau 2) ;
- une alternance marno-calcaire d’épaisseur variable (entre 1 et 2 mètres) ;
- une succession de niveaux (entre 3 à 4 lits ; niveaux 3 à 6 sur le log) à lits de petits (5 à 10 cm en moyenne) rognons réguliers de silex opalescents palustres beiges (figure 31.40 - 1 et 2). Le cortex, d’épaisseur millimétrique est blanc crayeux et présente une porosité assez forte due à des traces de racines ainsi que de fréquents moules de gastéropodes. La texture du microfaciès est bioturbée et le ciment carbonaté initial présente de nombreuses traces de racines et fentes de dessiccation colmatées par de la silice limpide. On retrouve également de très nombreux gastéropodes (dont Hydrobies et Hélicidés) qui peuvent parfois se regrouper en niveau de thanatocénose au sein de certains blocs (figure 31.40 - 2) ;
- un épais horizon de marnes colluvionnées vient recouvrir le haut de l’affleurement et empêche la description des unités sus-jacentes.

La fenêtre de lecture s’élève sur une quinzaine de mètres de haut et nous a permis de repositionner notamment les éléments retrouvés dans le gîte 812_1 au sein de la partie inférieure de la séquence carbonatée. Nous n’avons pas retrouvé d’échantillons du faciès bréchique rencontrés sur le gîte 812_2 mais cela peut s’expliquer en partie par une distance plus grande par rapport aux niveaux de brèches pyroclastiques.



A gauche - Figure 31.39 : aperçu des séries marno-calcaires oligocènes affleurantes.

A droite - Figure 31.40 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_3



Gîtes 812_4 et 812_5 – Carrière de Bellevue, Puy de la Justice (Mur-de-Barrez)

Toujours le long de la N 800, les formations carbonatées de l'Oligocène supérieur sont exploitées par une carrière pour la production de chaux (figure 31.41). Cette exploitation nous a offert une fenêtre de lecture sur près de 50 mètres de puissance et donc sur la majorité de la de la séquence carbonatée. Nous avons ainsi pu observer de nombreux niveaux de silicites au sein de leurs formations primaires et établir les logs stratigraphiques des figures 31.34 et 31.35.



Figure 31.41 : Vue des formations marno-calcaires oligocènes actuellement en cours d'exploitation.

Le premier log stratigraphique correspond au gîte 812_5 et à la partie médiane de la série carbonatée.

Il se compose de la base au sommet des unités suivantes:

- un premier niveau composé essentiellement de marnes et dont la faible épaisseur visible (environ 1 mètre 50) ne traduit pas nécessairement toute l'épaisseur réelle de la couche (voir *infra*) ;
- un premier horizon à silicite qui se compose d'une succession de plusieurs niveaux de lits de petits rognons réguliers. Cet horizon, et les faciès des silex palustres beiges observés, sont identiques à ce qui a été décrit précédemment pour le gîte 812_4 (figure 31.42 – 1). Cette information permet de faire la jonction avec le log stratigraphique décrit sur cet affleurement (figure 31.34) ;
- une faible épaisseur (environ 1 m) d'alternance marno-calcaire ;
- un second horizon à silicite (niveau 7) correspondant à un banc irrégulier de silex palustres à lacustres beiges à cœur brun. Les cortex observés sont blancs crayeux et grumeleux, centimétriques et la limite avec la phase siliceuse est nette et irrégulière. Ce faciès est semblable à celui décrit précédemment au gîte 812_1 (niveau 2 ; figure 31.42 - 2) et comprend également deux phases de structures différentes. Le cœur brun est identique à celui décrit pour les échantillons du gîte 812_1. La phase beige présente également une structure bioturbée avec nombreuses traces de racines et conduits d'illuviations mais on notera la proportion et les dimensions plus importantes de ces derniers par rapport aux faciès décrits précédemment. On retrouve également quelques rares éléments bioclastiques (tiges de characées et gyrogonites principalement) dans cette phase beige ;
- une nouvelle alternance marno-calcaire de faible épaisseur (50 cm) ;

- un troisième horizon à silicite (niveau 8) correspondant à un niveau de plaquettes de silex lacustre brun-noir de faible épaisseur (inférieure à 5 cm en moyenne ; figure 31.42 - 3). Le cortex des plaquettes est crayeux, d'épaisseur *infra*-millimétrique et fortement impacté par la dissolution y compris au sein des formations marneuses primaires. Il présente fréquemment des moules de gyrogonites. La limite avec la phase siliceuse est nette et régulière, soulignée par un liseré brun clair *infra*-millimétrique. L'organisation de la phase siliceuse est homogène à faiblement bioturbée et présente de très abondantes tiges de characées (entières ou fragmentées) ainsi que de rares à fréquentes gyrogonites. On notera également la présence de rares traces de racines à colmatage de silice limpide ou festonnée, ainsi que celle de possibles ostracodes fragmentés ;
- une forte épaisseur (environ 8 mètres) de niveaux marneux qui passent localement à des calcaires marneux. Au sein de cette forte épaisseur, à peu près à mi hauteur, nous avons discerné des silicites brunes opalescentes en fragments de bancs et rognons irréguliers que nous n'avons malheureusement pas été en mesure de prélever. Cette séquence marneuse clôt la fenêtre de lecture accessible (voir *infra*).

La partie supérieure de la séquence accessible à cet endroit est en grande partie impactée par l'activité de la carrière. Au-dessus des niveaux marneux se dresse un horizon assez épais (5 à 10 mètres) de niveaux remaniés et colluvionnés qui empêche sa lecture. Il s'agit du palier sur lequel se dresse actuellement un hangar utilisé par les exploitants de la carrière et dont les versants ont été consolidés à l'aide de blocs de calcaires extraits au cours de l'exploitation ce qui explique le hiatus entre les logs stratigraphiques des figures 31.34 et 31.35.

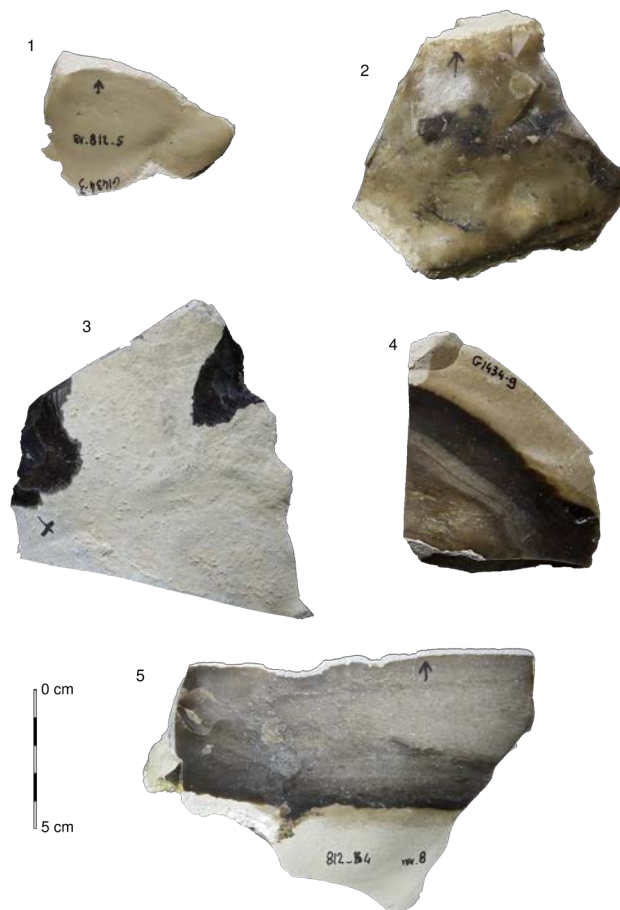


Figure 31.42 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_4

Le log de la figure 31.35 a lui été décrit dans la partie supérieure de la séquence carbonatée qui correspond aux niveaux exploités actuellement par la carrière (gîte 812_4). A l'inverse de la séquence inférieure et médiane, la séquence supérieure est plus riche en horizons calcaires. Nous avons pu y déceler 3 niveaux à silicites (log 35) au sein de la séquence suivante :

- une première épaisseur (environ 3 m) de marnes ;
- un horizon de calcaire blanc induré (30 cm) qui marque la transition entre les parties inférieures et médianes (majoritairement marneuses) et supérieures (majoritairement carbonatée) de la série carbonatée de l'Oligocène ;
- un premier banc de silicite brune (niveau 9 ; figure 31.43 - 2) d'environ 20 cm d'épaisseur. Il s'agit d'un horizon mal silicifié au sein des calcaires lacustres. Le cortex est blanc et carbonaté, millimétrique et présente fréquemment des moules de gastéropodes ou de gyrogonites. La limite avec la phase siliceuse est nette et irrégulière. La phase siliceuse est microcristalline, à mésocristalline, majoritairement homogène et présente de fréquents gastéropodes (Hydrobies), tiges de characées et gyrogonites ainsi que des floculations et clastes blancs carbonatés ;
- une forte épaisseur (3 m) de calcaires blancs à rares niveaux marneux ;
- un second banc de silicite beige (niveau 10 ; figure 31.43 - 1) d'environ 20 cm d'épaisseur. Il s'agit d'un horizon faiblement silicifié au sein des calcaires lacustres. Il ne présente pas de cortex à proprement parlé mais on observe un passage diffus pluricentimétrique de la zone calcaire à la zone silicifiée. La structure de la phase silicifiée est bioturbée à microbrèche, majoritairement azoïque et présente de nombreuses fentes de dessiccations ainsi que des traces d'anciennes racines colmatées par un ciment siliceux plus clair que la matrice principale ;
- une nouvelle épaisseur (environ 3 m) de calcaire blancs à rares niveaux marneux ;
- un dernier horizon à silicites (niveau 11 ; figure 31.43 - 3 et 4) présents sous la forme d'un banc de silex lacustre brun – noir d'épaisseur variable (entre 30 et 50 cm en moyenne). Le cortex est crayeux, blanc, millimétrique et présente de fréquents fragments de tiges de characées ou gyrogonites. La limite avec la phase siliceuse est nette et régulière, sans liseré sous cortical. L'organisation de la phase siliceuse est majoritairement homogène à faiblement litée et très riche en bioclastes, particulièrement aux abords du cortex : abondants fragments de tiges de characées (degré de fragmentation variable), fréquentes gyrogonites, rares à fréquents gastéropodes (dont Hydrobies). On note également la présence de fréquents reliquats crayeux au sein de la phase siliceuse ainsi que de nombreuses floculations blanches et clastes blancs carbonatés faiblement anguleux. Des zones moins bien silicifiées peuvent également être rencontrées ;
- le reste de la séquence, visible sur une dizaine de mètre, se compose de nouvelles alternances marno-calcaires sans horizon à silicites visibles avant d'arriver à l'horizon d'altération de sol.

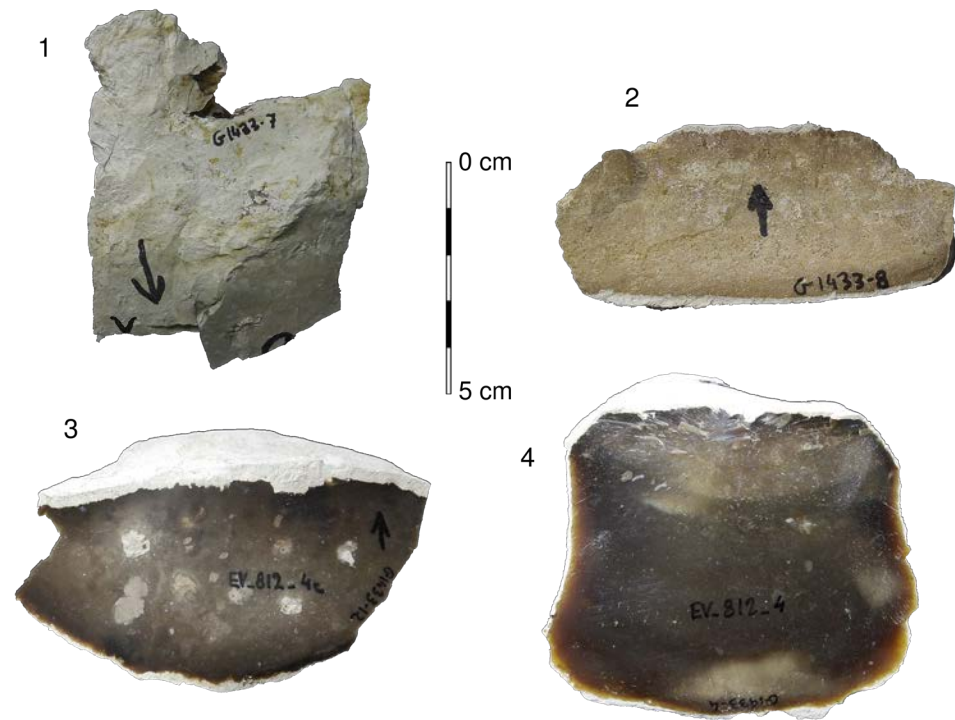


Figure 31.43 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_5

En complément des observations faites dans les niveaux exploités par la carrière, nous avons également pu prospecter les versants à proximité non impactés par la carrière. A une altitude équivalente au hiatus entre les deux logs, nous avons constaté la présence en position sub-primaire d'un autre faciès encore non documenté : il s'agit d'un horizon à fragments de bancs rognoneux de silex lacustres de dimensions assez importantes (20 à 50 cm en moyenne ; figure 31.42 - 4 et 5). Le cortex est blanc crayeux, millimétrique et présente une limite nette et régulière avec la phase siliceuse sans liseré sous-cortical. On y observe la présence de nombreuses gyrogonites. La structure est majoritairement homogène mais on distingue trois phases différentes au sein des rognons : une phase brun-beige à litage progressif (résultant de la variation des proportions phase carbonatée / phase siliceuse), une phase brune principalement siliceuse homogène correspondant au cœur des rognons, une phase beige à ciment carbonaté et à faciès bioturbé. Le cortège bioclastique est globalement identique dans les différentes phases et se compose de fragments de bioclastes indéterminés, fréquentes gyrogonites et tiges de characées, rares fragments de gastéropodes mais dont les proportions varient selon la zone considérée.

Ce faciès correspond au niveau 8 des logs stratigraphiques en figures 31.34 et 31.35 a été remplacé par rapport aux altitudes recueillies avec les échantillons.

Les prospections menées dans la vallée du Goul ont permis de révéler la présence de nombreux niveaux à silicites à faciès variés et de dresser le log stratigraphique de la séquence sédimentaire associée. Les gîtes des environs de Mur-de-Barrez livrent en effet de nombreux matériaux dont la qualité, les volumes et l'accessibilité était bien connus des préhistoriques qui les ont exploités sur une échelle de temps assez longues (Boule, 1887 ; Balsan, 1977 ; Pasty *et al.*, 1999). Les différents faciès prospectés ici se démarquent de manière assez notable des faciès observés dans les précédents bassins sédimentaires et permettent encore une fois de mettre en avant l'indépendance et l'originalité de la plupart des grands ensembles carbonatés oligocènes de l'ouest cantalien.

3.1.3. Fiches descriptives des échantillons

Suite à la campagne de prospection menée en septembre 2019, seuls les échantillons collectés dans la carrière du Puy de Vaur (gîte 811_1) ont pu faire l'objet d'une fiche de caractérisation complète. Ces fiches sont présentées dans ce paragraphe. La caractérisation approfondie des échantillons prélevés dans les autres gîtes est en cours et les résultats seront présentés dans le prochain rapport.

Dénomination : Silex lacustre gris à brun à thanatocénose de gastéropodes.

Type : 811_1_4 (D0055.1)

Origine stratigraphique primaire : Oligocène supérieur (Chattien)

Origine stratigraphique secondaire : Oligocène à Holocène

Origine géographique primaire : Puy-de-Vaurs (niveau 1), Arpajon-sur-Cère (Cantal).

Origine géographique secondaire : Bassin de la Cère en aval d'Arpajon-sur-Cère.

Type de silicification : silex lacustre.

Encaissant : Marnes vertes.

Milieu de dépôt : Milieu lagunaire assez calme

Habitus : bancs d'épaisseur décimétrique.

Surface naturelle : cortex crayeux blanc centimétrique en face supérieur et millimétrique en face inférieur. Le cortex inférieur est plus induré et présente de nombreux restes de gastéropodes pluricentimétriques.

Limite surface naturelle / matrice : la limite entre cortex et zone silicifiée est généralement franche mais présente parfois des invaginations en face supérieure. Un liseré sous-cortical millimétrique beige à gris est présent.

Matrice :

Couleur : gris foncé à brune en cœur de banc, beige dans la partie sous-corticale.

Aspect macroscopique : brillant en cœur de banc et aspect plus mat en zone sous-corticale moins bien silicifiée.

Rugosité : faible à moyenne.

Porosité : intraclastique.

Poronécrose : silice limpide.

Organisation : hétérogène, bioclastique litée. On observe une alternance régulière entre des lits micritiques centimétriques azoïques et des lits millimétriques riches en clastes soulignés par des horizons de thanatocénoses de gastéropodes.

Abondance des éléments : abondants (entre 30 et 40%).

Taille moyenne des éléments : deux classes dimensionnelles : millimétriques et entre 100 et 200µm
Tri : faible.

Composante bioclastique : fréquents gastéropodes entiers de dimensions variables (500µm à centimétriques) répartis en niveaux de thanatocénoses : majoritairement *Potamides lamarcki* et plus rares *Hydrobia dubuissoni* et *elongata*. Rares ostracodes. Fréquents fragments de bioclastes indéterminés. Traces de racines à remplissage d'argile.

Composante clastique et minéralogique :

Héritée : fréquents petits (< 100µm) éléments noirs arrondis (sph. 0,7 ; arr. 0,7), fréquents petits (< 100µm) clastes blancs anguleux (sph. 0,5 ; arr. 0,5)

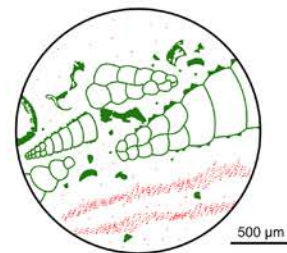
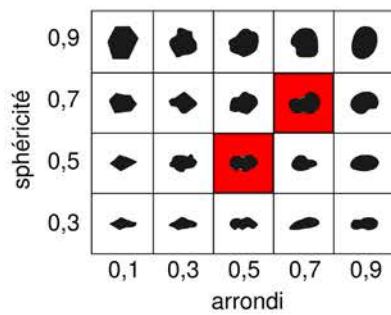
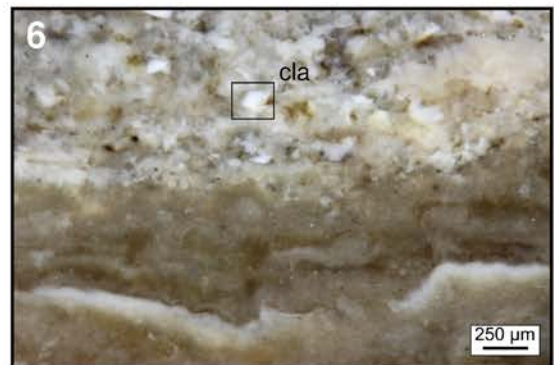
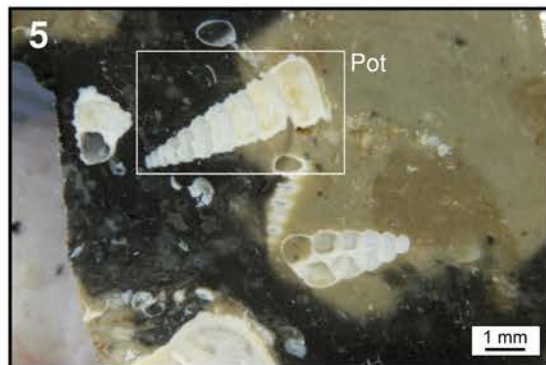
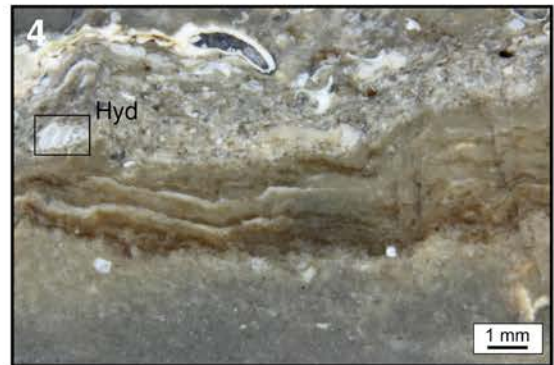
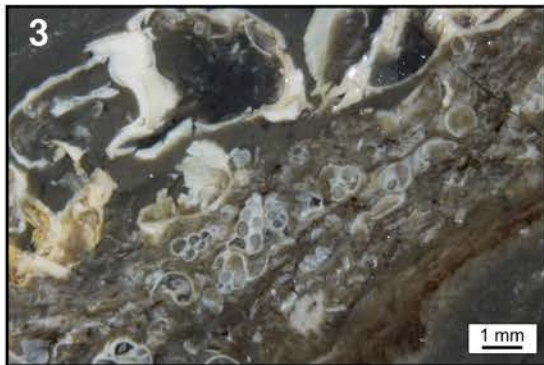
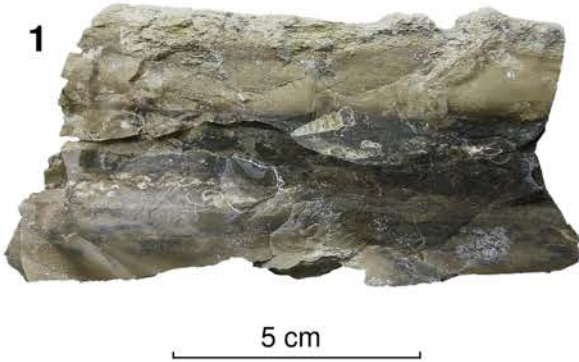
Acquise : remplissage de silice limpide des vides laissés dans les bioclastes.

Altération : inconnue

Bibliographie : Rey, 1962 ; Brousse et *al.*, 1980 ; Pasty et *al.*, 1999 ; Fernandes et *al.*, 2008 ; Fernandes 2012 ; Delvigne, 2016.

Dénomination : Silex lacustre gris à brun à thanatocénose de gastéropodes.

Type : 811_1_4



Schémas interprétatif
composante bioclastique (■), non bioclastique (■), acquise (■)

1. Vue macroscopique échantillon géologique de comparaison

2 à 6. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : *Hydrobia sp.* (**Hyd**), *Potamides lamarcki* (**Pot**), bioclaste indéterminé (**cla**).

Dénomination : Silex lacustre gris à Potamides lamarcki.

Type : 811_1_7 (D0055.2)

Origine stratigraphique primaire : Oligocène supérieur (Chattien)

Origine stratigraphique secondaire : Oligocène à Holocène

Origine géographique primaire : Puy-de-Vaurs (niveau 2), Arpajon-sur-Cère (Cantal).

Origine géographique secondaire : Bassin de la Cère en aval d'Arpajon-sur-Cère.

Type de silicification : silex lacustre.

Encaissant : Dolomicrite.

Milieu de dépôt : Milieu lagunaire assez calme.

Habitus : bancs d'épaisseur décimétrique.

Surface naturelle : cortex crayeux blanc à verdâtre millimétrique. Le cortex inférieur est plus induré et présente de nombreux restes de gastéropodes pluricentimétriques.

Limite surface naturelle / matrice : dans la partie supérieure du banc la limite entre cortex et zone silicifiée est nette et irrégulière et soulignée par un liseré sous-cortical gris. Dans la partie inférieure la limite est diffuse et régulière sur plusieurs millimètres.

Matrice :

Couleur : gris à verdâtre.

Aspect macroscopique : mat.

Rugosité : faible à moyenne.

Porosité : intraclastique.

Poronécrose : silice limpide, certains vides laissés vaquant par la disparition des bioclastes ont également été colmaté par un remplissage d'argile verte.

Organisation : hétérogène, bioclastique litée. On observe une alternance régulière entre des lits micritiques pluricentimétriques azoïques à composante clastiques très fine (< 50 µm) et des lits millimétriques plus riches en clastes granoclassés de plus grandes dimensions (50 à 150 µm) et en gastéropodes.

Abondance des éléments : faibles (entre 10 et 20 %).

Taille moyenne des éléments : deux classes dimensionnelles : millimétriques et entre 100 et 200µm

Tri : faible.

Composante bioclastique : rares gastéropodes entiers ou fragmentés de dimensions variables (500µm à centimétriques ; Potamides lamarcki). Rares ostracodes. Fréquents fragments de bioclastes indéterminés. Traces de racines à remplissage d'argile.

Composante clastique et minéralogique :

Héritée : fréquents petits (< 100 µm) éléments noirs arrondis (sph. 0,7 ; arr. 0,7), fréquence variables de petits (entre 50 et 150 µm) clastes blancs anguleux (sph. 0,5 ; arr. 0,5), fréquents petits (< 100 µm) éléments allongés indéterminés.

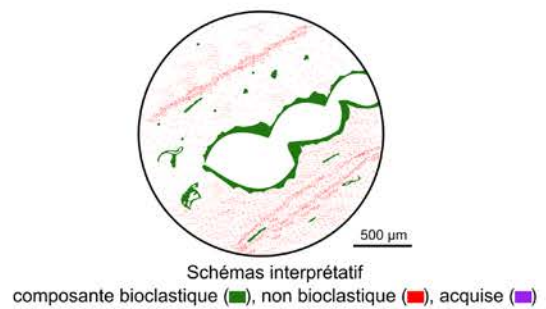
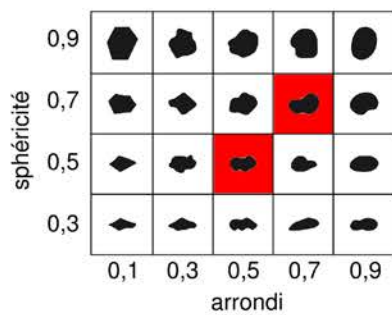
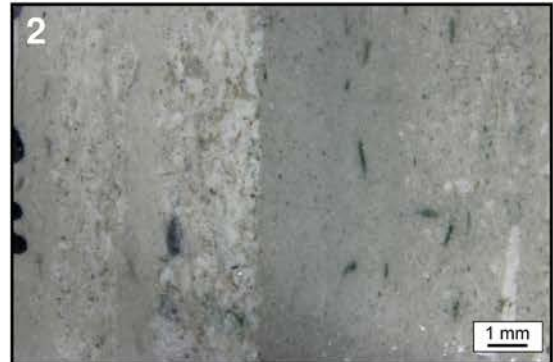
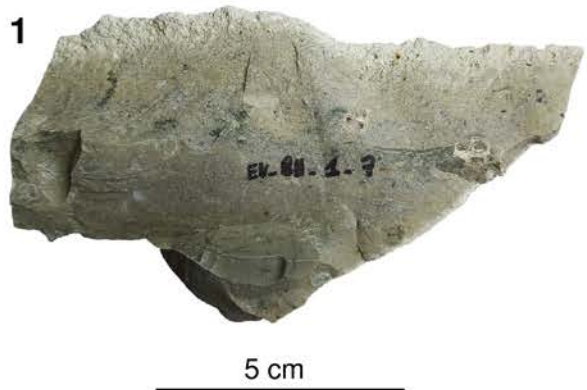
Acquise : remplissage de silice limpide des vides laissés dans les bioclastes.

Altération : Imprégnation verdâtre qui souligne régulièrement les éléments allongés indéterminés.

Bibliographie : Reyr, 1962 ; Brousse et *al.*, 1980 ; Pasty et *al.*, 1999 ; Fernandes et *al.*, 2008 ; Fernandes 2012 ; Delvigne, 2016.

Dénomination : Silex lacustre gris à *Potamides lamarcki*.

Type : 811_1_7



1. Vue macroscopique échantillon géologique de comparaison
2 à 6. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : *Potamides lamarcki* (Pot).

Dénomination : Silex palustre gris-beige à nombreuses traces de racines

Type : 811_1_10

Origine stratigraphique primaire : Oligocène supérieur (Chattien)

Origine stratigraphique secondaire : Oligocène à Holocène

Origine géographique primaire : Puy-de-Vaurs (niveau 3), Arpajon-sur-Cère (Cantal).

Origine géographique secondaire : Bassin de la Cère en aval d'Arpajon-sur-Cère.

Type de silicification : silex palustre.

Encaissant : Dolomicrite.

Milieu de dépôt : Lacustre à palustre calme.

Habitus : bancs d'épaisseur décimétrique.

Surface naturelle : cortex crayeux blanc millimétrique.

Limite surface naturelle / matrice : nette et régulière avec liseré sous-cortical blanc-beige pluricentimétrique.

Matrice :

Couleur : gris à beige.

Aspect macroscopique : lisse et brillant.

Rugosité : faible à moyenne.

Porosité : vacuolaire.

Poronécrose : les vides laissés vacants par les racines sont colmatés par de la silice limpide. Organisation : bioturbée.

Abondance des éléments : abondants (> 50%).

Taille moyenne des éléments : 100 à 200µm.

Tri : bon.

Composante bioclastique : fréquentes anciennes traces de racines de dimensions variables (100 µm à millimétrique) ; rares fragments de tiges de characées (100 à 200 µm) ; rares petites gyrogonites (100 µm).

Composante clastique et minéralogique :

Héritée : fréquents petits (100 à 200 µm) clastes bruns arrondis (arr. 0,7 ; sph. 0,9) ; rares petits (< 50 µm) clastes noirs anguleux (arr. 0,3 ; sph. 0,5). Le fond matriciel micritique initial est encore bien préservé.

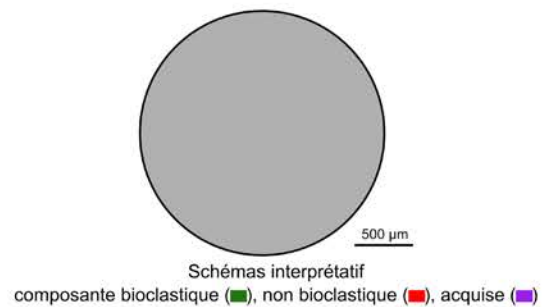
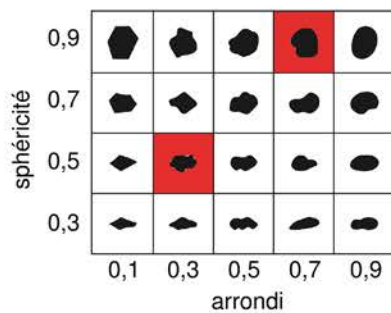
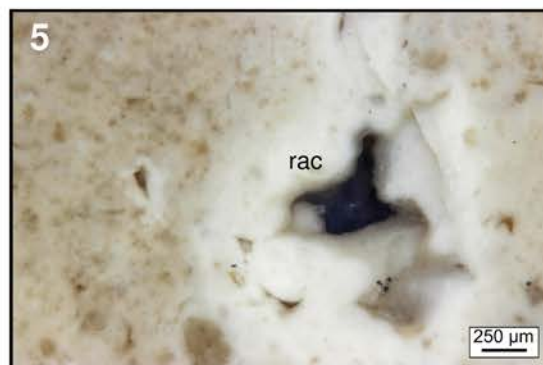
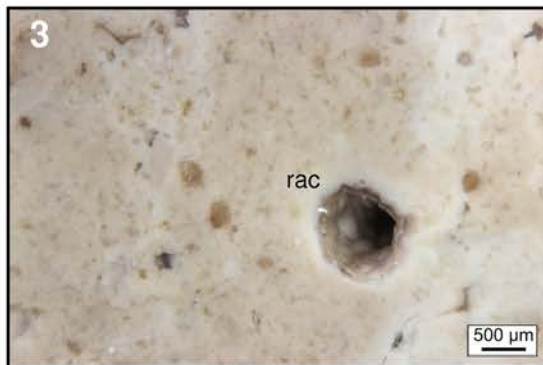
Acquise : remplissage de silice limpide des vides laissés dans les bioclastes ; rares à fréquents conduits d'illuviations.

Altération : indéterminée

Bibliographie :

Dénomination : Silex palustre beige à nombreuses traces de racines

Type : 811_1_10



1. Vue macroscopique échantillon géologique de comparaison (inconnu)

2 à 6. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : anciennes traces de racines (rac)

Dénomination : Silex palustre beige à nombreuses traces de racines.

Type : 811_1_15

Origine stratigraphique primaire : Oligocène supérieur (Chattien)

Origine stratigraphique secondaire : Oligocène à Holocène

Origine géographique primaire : Puy-de-Vaurs (niveau 4), Arpajon-sur-Cère (Cantal).

Origine géographique secondaire : Bassin de la Cère en aval d'Arpajon-sur-Cère.

Type de silicification : silex lacustre.

Encaissant : Dolomicrite.

Milieu de dépôt : palustre.

Habitus : bancs d'épaisseur décimétrique.

Surface naturelle : cortex crayeux blanc millimétrique.

Limite surface naturelle / matrice : nette et régulière avec liseré sous-cortical blanc-beige pluricentimétrique.

Matrice :

Couleur : brun à beige.

Aspect macroscopique : lisse et brillant.

Rugosité : faible à nulle.

Porosité : vacuolaire.

Poronécrose : les vides laissés vacants par les racines sont colmatés par de la silice limpide. Organisation : bioturbée.

Abondance des éléments : abondant (> 50 %).

Taille moyenne des éléments : 100 à 200 µm

Tri : bon.

Composante bioclastique : fréquentes traces de racines de dimensions variables (100 µm à millimétrique) ; rares fragments de tiges de characées (100 à 200 µm) ; rares petites gyrogonites (100 µm).

Composante clastique et minéralogique :

Héritée : fréquents petits (100 à 200 µm) clastes bruns arrondis (arr. 0,7 ; sph. 0,9) ; rares petits (< 50 µm) clastes noirs anguleux (arr. 0,3 ; sph. 0,5). Le fond matriciel micritique initial est encore bien préservé.

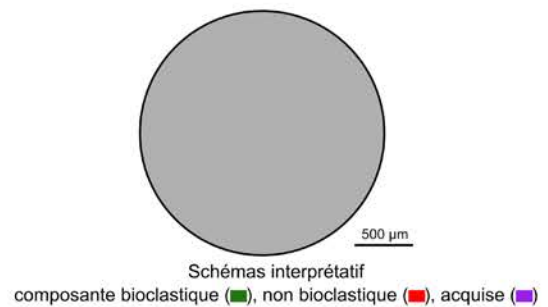
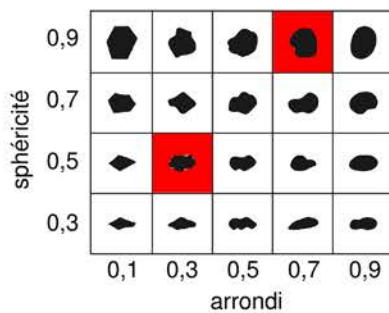
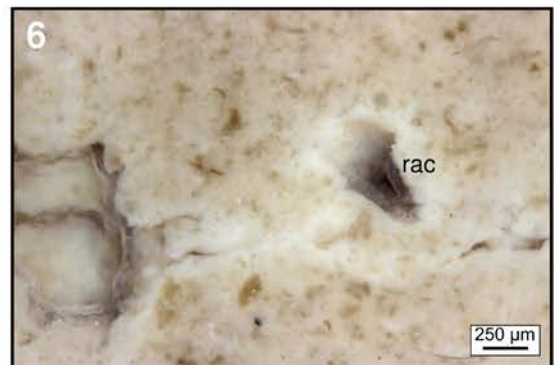
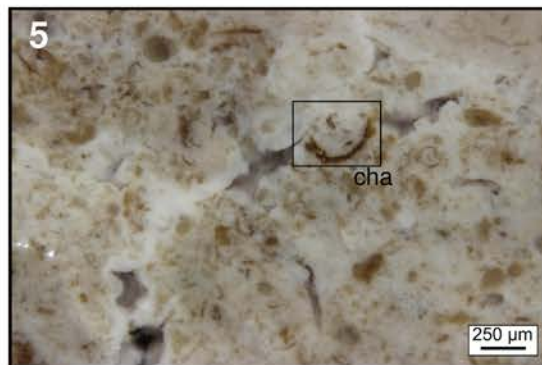
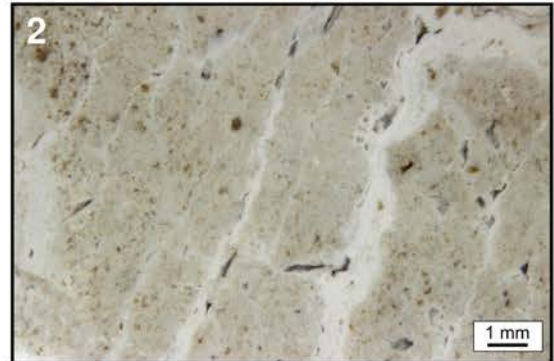
Acquise : remplissage de silice limpide des vides laissés par les anciennes racines ; fréquents conduits d'illuviations (plus abondants que pour le niveau 3 de la carrière du Puy-de-Vaurs).

Altération : indéterminée

Bibliographie :

Dénomination : Silex palustre gris nombreuses traces de racines.

Type : 811_1_15



1. Vue macroscopique échantillon géologique de comparaison

2 à 6. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : anciennes traces de racines (**rac**), conduits d'illuviations (**ill**), fragments de tiges de characées (**cha**).

Dénomination : Silex brun zoné du Puy de Vaux.

Type : 811_1_13

Origine stratigraphique primaire : Oligocène supérieur (Chattien)

Origine stratigraphique secondaire : Oligocène à Holocène

Origine géographique primaire : Puy-de-Vaux (niveau 8), Arpajon-sur-Cère (Cantal).

Origine géographique secondaire : Bassin de la Cère en aval d'Arpajon-sur-Cère.

Type de silicification : silex lacustre.

Encaissant : Dolomicrite.

Milieu de dépôt : lacustre.

Habitus : rognons pluridécimétriques.

Surface naturelle : cortex crayeux blanc pluricentimétrique plus épais en partie supérieure. La zone corticale porte de fréquents moules de characées, gyrogonites et gastéropodes.

Limite surface naturelle / matrice : nette et régulière soulignée par liseré sous-cortical centimétrique beige.

Matrice :

Couleur : brun à beige.

Aspect macroscopique : lisse à mat suivant les zones considérées.

Rugosité : nulle à moyenne suivant les zones considérées.

Porosité : intraclastique.

Poronécrose : silice limpide à bleuté.

Organisation : zonée et pseudo-bréchiq. Dans leur partie supérieure, les rognons présentent un horizon beige avec une grande concentration de fragments de characées et de nombreuses fentes de dessiccations colmatées par de la silice limpide témoins de la structure initiale du sol. Les rognons présentent une zonation régulière avec alternance entre des niveaux bruns plus riches en composante bioclastiques et des niveaux beiges plus riches en composante détritique présentant localement la structure pseudo-bréchiq avec les fentes de dessiccations.

Abondance des éléments : abondant (> 50 %).

Taille moyenne des éléments : deux classes dimensionnelles ; < 100 µm pour la composante détritique ; 250 µm à centimétrique pour la composante bioclastique.

Tri : modéré.

Composante bioclastique : fréquents gastéropode (*Hydrobia* sp.) entiers et fragmentés de dimensions variables (200 µm à centimétrique) ; fréquents fragments de tiges de characées (Ø 100 à 200 µm) ; rares petites gyrogonites (Ø 100 µm).

Composante clastique et minéralogique :

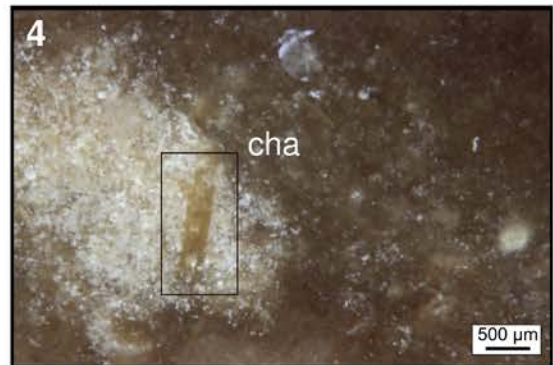
Héritée : fréquents petits (< 100 µm) intraclastes blancs arrondis (arr. 0,5 - 0,7 ; sph. 0,7) ; fréquentes floculations de tailles variables (250 µm à centimétriques) présentes dans les zones mal silicifiées.

Acquise : remplissage de silice limpide dans les vides intraclastiques.

Altération : disparition des allochems suite aux phénomènes d'épigénie du silex.

Dénomination : Silex brun zoné du Puy de Vaux

Type : 811_1_13



| | | | | | | |
|------------|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
| sphéricité | 0,9 | | | | | |
| | 0,7 | | | | | |
| | 0,5 | | | | | |
| | 0,3 | | | | | |
| | | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| | | arrondi | | | | |



Schémas interprétatif
composante bioclastique (■), non bioclastique (■), acquise (■)

1. Vue macroscopique échantillon géologique de comparaison (inconnu)

2 à 6. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : fragment de characée (**cha**) et *Hydrobia* sp. (**Hyd**).

3.1.4. Conclusion temporaire et perspectives

Les prospections réalisées au cours de cette campagne 2019 ont porté sur de nombreuses formations oligocènes à fortes potentialités gîtologiques pour les formations à silicites. Excepté les formations de la vallée de la Maronne, constat qu'il faut cependant nuancer étant donné la zone limitée prospectée, toutes les principales vallées ont livré un cortège plus ou moins varié de matériaux siliceux. Bien que les milieux de formations des différents faciès soient relativement semblables, les premières données relatives aux variabilités géographiques de faciès permettent d'envisager la définition de types marqueurs suivants les espaces considérés. Nous n'avons ainsi pas retrouvé de faciès identiques entre les bassins versants de l'Auze, de la Bertrande et de la Doire, de l'Authre, de la Cère ou du Goul. Ce constat réaffirme encore l'intérêt de mener des caractérisations fines sur la variabilité des matériaux siliceux tertiaires souvent laissés pour compte au détriment des silicifications crétacée ou jurassique.

Bien que les données géologiques relatives aux relations existantes ou non entre les différents bassins sédimentaires soient maigres, la caractérisation des silicites des différents ensembles tend à confirmer l'individualité paleoenvironnementale des différents grands bassins laguno-lacustres dont les extensions géographiques restent cependant à définir. En ce sens, il nous faudra poursuivre la caractérisation des échantillons collectés au cours de la campagne 2019 ainsi qu'envisager de nouvelles prospections, dans les espaces encore inexplorés et limitrophes des différents bassins, sont à envisager afin de cerner au mieux l'espace concernés par les différentes séquences sédimentaires proposées ici.

Cette campagne 2019 permet déjà de repositionner le bassin d'Aurillac et les formations oligocènes de l'ouest cantalien comme un point d'intérêt majeur dans le paysage gîtologique d'un grand sud de la France. Que ce soit par la variété de faciès disponibles, la qualité des matériaux ou les volumes des blocs observés. Ce géotope présente un potentiel géologique et archéologique de première importance pour la compréhension et la reconnaissance de types marqueurs dans la circulation des matières premières du Paléolithique au Néolithique. Un retour sur le matériel archéologique des nombreuses séries où l'utilisation de matériaux de ce géotope est soupçonnée permettra, nous l'espérons un nouveau regard sur la fréquentation de cet espace, point de passage potentiel pour le lien entre les différents grands ensembles préhistoriques d'un grand sud de la France.

3.2. UN EXEMPLE DE DIVERSITÉ DES RESSOURCES SILICEUSES SUR LA MARGE SEPTENTRIONALE DU MASSIF CENTRAL, LE CAS DU BOURBONNAIS ORIENTAL.

(ALIX GIBAUD, M. PIBOULE, V. DELVIGNE, E. VAISSIÉ, R. GUILLON)

Ce projet de prospection s'inscrit dans le cadre d'une thèse de doctorat en contrat CIFRE, encadré par le laboratoire du LAMPEA et le Conseil départemental de l'Allier. La thèse est dirigée par Jean-Pierre Bracco et le doctorant (EV) est accueilli par David Lallemand dans les locaux du Service d'Archéologie Préventive du Département de l'Allier (SAPDA). Ce travail est soutenu et intégré au PCR « Réseau de lithothèque en Auvergne-Rhône-Alpes » et en constitue un sous-axe, concernant le nord du Massif central. Signalons que le département de l'Allier est à l'interface des problématiques des PCR Réseau de lithothèque en Auvergne-Rhône-Alpes et en Centre-Val-de-Loire.

3.2.1. Histoire géologique du Nord du Massif central et roches siliceuses associées.

La morphologie du Massif central hérite de l'orogénèse hercynienne (séries métamorphiques et granites) mais aussi de la géodynamique du rift ouest-européen qui s'active à l'Eocène (Wattine, 2004). L'orogénèse hercynienne commence au début du Paléozoïque et l'érosion du massif est en cours depuis la fin du Carbonifère. Celle-ci engendre le remplissage des bassins sédimentaires stéphaniens, nombreux dans le Massif central. Au Permien, des bassins s'ouvrent sur les marges du massif, où des sédiments fluvio-lacustres se déposent. Les premières silicifications connues en Bourbonnais sont associées à ces dépôts (e.g. silicification de dolomies, d'origine lacustre, de l'Autunien gris du bassin de l'Aumance ; Turland et *al.*, 1990).

A la suite des changements climatiques globaux, le Massif central se retrouve en partie ennoyé au Mésozoïque et des silicifications marines se forment notamment au Jurassique. Néanmoins, à l'actuel, il ne subsiste quasiment plus que des formations résiduelles de ces dépôts (formations sidérolithiques, altérites, argiles à silex ; Donzeau et *al.*, 2006). Ce n'est qu'à la fin du Crétacé que la mer se retire définitivement.

Il en résulte des dépôts d'altération et la mise en place d'un réseau hydrographique descendant des reliefs (formations sidérolithiques de l'Eocène ; Thiry et *al.*, 1985). À la fin de cette époque, des fossés d'effondrements s'ouvrent dans le Massif central. Ils créent de grands domaines fluvio-lacustres, comme en témoignent les remplissages sédimentaires carbonatés et argileux de l'Oligo-miocène. C'est durant cette période que se forment les silcrètes et silex lacustres des Limagnes en Auvergne. Les géologues ayant travaillé sur la séquence carbonatée mettent en évidence une unité basale détritique et d'origine fluviale (Giot et *al.*, 1976a). Précisons que c'est vraisemblablement de ces niveaux que proviennent les silicites du golfe d'Ebreuil et du bassin de Montluçon-Domérat. Alors que le sommet de la séquence est quant à lui coiffé par une strate carbonatée dont le milieu de formation est laguno-lacustre (Aquitainien, S5 ; Wattine, 2004), notons que les silicites de la Forterre semblent

provenir de ces niveaux. Ces dépôts s'étendent depuis la Limagne méridionale (Limagnes de Brioude et Issoire) jusqu'au Nord de la Limagne bourbonnaise, au niveau de Couleuvre (Guilot, 1991). Succédant à ces faciès lacustres se mettent en place, au Plio-Quaternaire, de grands épandages alluviaux, que sont les sables et argiles du Bourbonnais. Plusieurs études, s'intéressant à l'âge de ces formations, proposent une date au tout début du Pléistocène, située aux alentours de 2.5-2 Ma (Gélasien ; Tourenq, 1989). Ils remobilisent toutes les formations antérieures dont principalement les roches du socle (quartz, roches métamorphiques etc.), des roches volcaniques (issus du volcanisme actif de cette période) et les dépôts jurassiques, et par conséquent les chailles associées. Plusieurs sous-ensembles peuvent être distingués (Tourenq, 1989 ; Delfour et *al.*, 2009) : - une formation basale constituée de sables riches en galets (principalement des quartz et des silex) - un ensemble de sables grossiers - une alternance de lits fins, tantôt sableux tantôt argileux.

Cependant, les auteurs (Delfour et *al.*, 2009) précisent que l'établissement d'une coupe- type est très délicat car il y a des grandes variations d'épaisseur et de successions des niveaux selon les zones considérées. L'unité qui intéressera notre travail correspond à la formation basale de la série, puisque les auteurs s'accordent à dire qu'il s'agit d'un ensemble sableux à cailloutis riche en galets siliceux.

Cette brève synthèse rend compte de l'enregistrement sédimentaire complexe et de la diversité des terrains affleurant en Bourbonnais. La frange septentrionale du Massif central apparaît donc relativement diversifiée en ressources géologiques. Nous nous intéressons ici aux roches siliceuses aptes à la taille et présentons un bref aperçu de celles présentes dans le département de l'Allier.

3.2.1.1 Revue de la diversité des roches siliceuses en Bourbonnais

Nous savons d'après les travaux de nos prédécesseurs (Piboule et *al.*, 2018) que les plus anciennes silicites sont datées de la fin du Paléozoïque (Dévonien-Carbonifère-Permien), il s'agit :

- des silicifications hydrothermales de la fin du Dévonien et du début du Carbonifère, sans appellation pour le moment car la carte de Lapalisse (n°647) n'est pas encore publiée.
- des « lydiennes » (jaspe coloré de noir par de la matière carbonneuse) du Carbonifère (Viséen). Il n'existe pas non plus de notations pour ces formations car la carte géologique n'est pas encore disponible (Lapalisse, n°647).
- des sinters de Meillers, notés « QM » et appelé « Quartzites de Meillers : silicifications hydrothermales dérivées de l'Autunien gris » (carte de Bourbon l'Archambault, n°597) datées de l'Asselien.
- des « chailles noires » de Gipy, notées r1-2 et dénommées « Unité inférieure : grès grossiers feldspathiques à biotite, localement conglomérats, Autunien gris » (sur la carte de Bourbon l'Archambault, n°597), datées de l'Asselien également.

Les deux premières sont présentes à l'extrémité Nord de la Montagne bourbonnaise (com. pers. P.-J. Debriette et M. Piboule). Alors que les quartzites et les chailles sont présentes dans le bassin de l'Ours (Figure 32.1).

Silicifications du Paléozoïque en Allier.

- Point de prospection positif (numéro d'échantillon)
- Bassin de Bourbon-L'Archambault : Formation de Buxières s.s. : Grès grossiers à passées pélitiques, schistes bitumineux, calcaires, et veines de charbon ("Autunien gris").
- Bassins de l'Aumance, Bourbon-L'Archambault : Formation de Buxières s.l ("Autunien gris") : Membre des Quartzites de Meillers (niveaux hydrothermalisés).
- Formation volcano-sédimentaire du horst de Saint-Léon : Intercalations de conglomérats à galets de quartz, quartzite, lydienne, localement de calcaire.

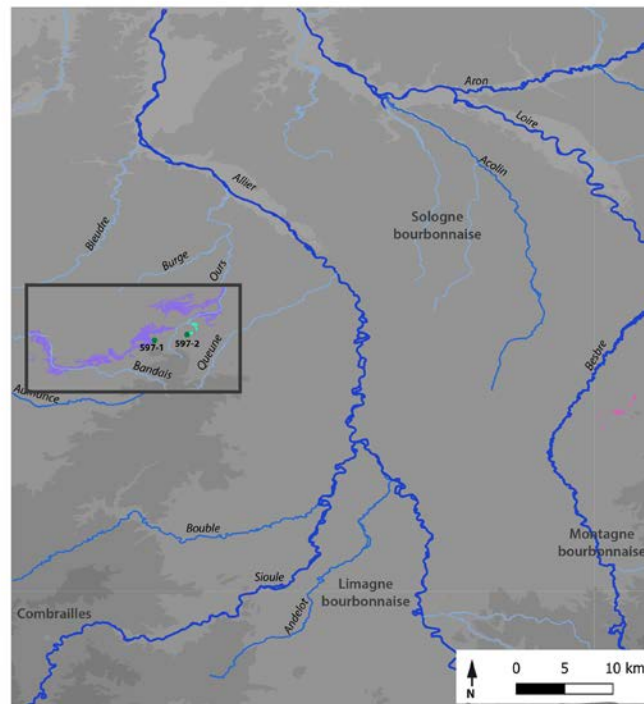


Figure 32.1 : Carte des formations primaires des silicifications du Paléozoïque de l'Allier (données issues de la carte géologique harmonisée du département de l'Allier) et des zones prospectées.

Nous connaissons également des silicifications du Trias dans le bassin de Coulevre, notées et dénommées « Trias : grès, sables, argiles et dolomies calcaires » (carte Lurcy-Lévis, n°574), nous prévoyons de prospecter cette zone en 2020 afin de compléter les observations de nos collègues (Angevin, 2007 ; com. pers. M. Piboule). La silicification de ces niveaux a une origine diagénétique et elle pourrait être d'origine hydrothermale ou climatique (Fleury et *al.*, 1989).

Les autres silicites, en position primaire, sont datées de la fin de l'Eocène au début du Miocène, il s'agit de formations associées aux bassins des Limagnes. Citons à titre d'exemple : les formations éo-oligocènes de la moyenne vallée du Cher (bassin Montluçon-Domérat), les formations oligocènes du bassin de la Bieudre (région de Coulevre), les formations oligo-miocènes de la basse vallée de la Sioule (région d'Ébreuil), les formations oligo-miocènes de la Limagne bourbonnaise et de la Forterre (région de Gannat et de Montaigu-le-Blin) et les formations oligo-miocènes de la Sologne bourbonnaise (basse vallée de la Besbre, moyenne vallée du Roudon et basse vallée de la Vouzance).

Enfin, d'autres géorressources sont disponibles sur le territoire, ce sont les galets siliceux issus des épandages alluviaux Plio-pléistocène (formation des sables du Bourbonnais). En effet, elles sont présentes sur une zone large couvrant l'interfluve Allier-Loire, du nord de la Montagne bourbonnaise (Allier) à la région de Sancerre (Cher).

Précisons que l'ensemble de ces silicites sont transportées dans le réseau fluvial et se retrouvent dans les alluvions récentes et anciennes.

3.2.2. Méthodologie : du terrain au laboratoire

3.2.2.1 Échantillonnage et description des gites :

Lors de la phase de terrain nous avons utilisé la méthode de prélèvement du PCR, à savoir : décrire le gîte à l'aide des fiches terrains (cf. fiche terrain version 4.0), indiquer la polarité de l'échantillon lorsque celui-ci est encore dans son encaissant (pour les gites primaires à sub-primaires) et effectuer un échantillonnage le plus systématique possible. En ce qui concerne la numérotation des blocs nous avons utilisé une notation simple : le numéro de la carte géologique suivi d'un numéro (de 1 à n), comme par exemple : 599-1 (pour le premier gîte situé sur la carte de Dompierre-sur-Besbre, n°599).

3.2.2.2 Réduction et numérotation des blocs :

Ensuite lors de la réduction des blocs, nous avons fait le choix de débiter l'ensemble des blocs récoltés. Ainsi nous avons cherché à produire des éclats plutôt allongés et plats pour faciliter l'observation et avoir des objets représentatifs de l'ensemble du bloc. Nous avons sélectionné des éclats corticaux, des éclats du cœur et des éclats traversant le bloc, afin de pouvoir décrire précisément les différentes zones (1 à 5). Les échantillons ont été numérotés au sein de chaque gîte par des lettres, selon le code suivant : 599-1A, 599-1B etc.

3.2.2.3 Description des échantillons et regroupement par types :

Les échantillons ont été décrits de la manière suivante :

- rappel des informations issues de la fiche descriptive du gîte (auteur de la collecte, date de prélèvement, numéro du gîte, numéro échantillon, lieu-dit, commune, département, pays, coordonnées X, Y, Z, ère/époque/étage géologique, nom et libellé de la formation encaissante, protolithe, habitus, polarité génétique et zones)
- description génétique de l'échantillon (la zone silicifiée) : structure, pétrofabrique, composante détritique, chimique et biogénique, minéralogie, tri, répartition des allochems et couleur initiale.
- description gîtologique : type de néocortex, liseré sous-cortical zones, couleur acquise, porosité, rugosité, altération de la matrice et des composants.

Enfin, nous proposons une interprétation du milieu et de l'âge de la formation, du type de néocortex et de l'itinéraire prépositionnel. Ainsi, les types identifiés font l'objet de fiches descriptives détaillées ainsi que de planches photos (voir chapitre 3.2.4.).

3.2.3. Description des sessions de prospection

Plusieurs sessions ont eu lieu : une première phase au début du mois avril, accompagné de M. Piboule, V. Delvigne et E. Vaissié, a permis une première approche du terrain. Le but la mission était de se familiariser avec les méthodes de prélèvements établis par le PCR (fiches terrains), de visiter des gites à l'Ouest de Moulins (Meillers, Gipy et Souvigny) et dans l'Est du département (moyenne vallée de la Loire). Puis nous nous sommes attachés à rechercher les gites primaires des « chailles du Bourbonnais », dans le Brionnais, le Charollais

et le Roannais. Enfin, nous nous sommes arrêtés dans le bassin du Forez sur un affleurement de silcrètes pédogénétiques, dans la région de Montbrison (Loire). L'ensemble des échantillons prélevés sont stockés dans la lithothèque de Laussonne. Ils n'ont malheureusement pas fait l'objet d'analyses, par manque de temps.

Ensuite, une deuxième session de prospection (fin août) dans le golfe d'Ebreuil, a permis de vérifier la présence de « calcaires silicifiés », mentionnés par L. Guillot dans un article dans la revue scientifique du Bourbonnais et du centre de la France, de 1981. Dans un second temps (début novembre), nous sommes retournés dans cette zone en compagnie de Jean-Christophe Thénot, géologue local (responsable du musée de WOLFRAMINES, à Echassières) afin de vérifier quelques affleurements supplémentaires et prospector les alluvions récentes des cours d'eau actifs.

La troisième session était focalisée sur les formations oligocènes de la Forterre (fin août) et de l'interfluve Besbre-Loire. Nous avons repéré des carrières à prospector (Guillot, 1981) ainsi qu'une zone présentant des silicifications, indiquées par un « S » sur la carte géologique (Saint-Pourçain-sur-Sioule_621) aux lieux-dits les Communes et les Ruets à Montaigu-le-Blin. Nous avons également visité des carrières, toujours sur cette même carte, certaines d'entre elles ont été localisées notamment la carrière Vicat (les Pérauds, Montaigu-le-Blin) mais nous n'avons pas observé de niveaux siliceux. Il était prévu que nous retournions sur le terrain en compagnie de D. Lallemand (responsable du SAPDA) car il connaît très bien cette région, mais cela n'a pas été possible pour des raisons d'emploi du temps. Néanmoins, cette zone devra faire l'objet de nouvelles prospections, car des niveaux siliceux ténus, nous ont été signalés récemment (com. pers. A. Wattine) dans deux carrières : à Montaigu et à Créchy.

La quatrième session de prospection a porté sur les sables du Bourbonnais (courant septembre, avec R. Guillon, géomorphologue du SAPDA). L'objectif était d'effectuer un échantillonnage des niveaux à cailloutis présents à la base des sables du Bourbonnais, afin d'avoir une idée de la diversité des faciès siliceux présents.

Nos prospections ont été menées sur un total de 27 gites et nous avons collecté 106 échantillons (tableau 32.1). Nous détaillerons par la suite le type d'échantillonnage, le nombre de blocs collectés, les morphologies et dimensions de ceux-ci et les faciès siliceux rencontrés sur chacun des gites.

| Code-gîte | lieu-dit | commune | libellé formation | nombre de blocs collectés |
|-----------|----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|
| 597-1 | carrière de Meillers | Meillers | QM | 10 |
| 597-2 | Messargues | Gipcy | r1a2 | 5 |
| 621-1 | Les Communes | Montaigu-le-Blin | g3-m1a (4) | 12 |
| 622-1 | La Rue | Le Bouchaud | FL (1) | 18 |
| 622-2 | Les Chenots | Le Pin | FL (1) | 4 |
| 599-1 | Les Chartiers | Molinet | FL (1) | 3 |
| 599-2 | Le Veme | Coulanges | FL (1) | 13 |
| 599-3 | Estrées | Molinet | FL (1) | 6 |
| 599-4 | Les Blaisons | Coulanges | FL (1) | 9 |
| 599-5 | Les Piéguts | Coulanges | FL (1) | 13 |
| 599-6 | La loge Pucet | Monétay-sur-Loire | FL (1) | 11 |
| 599-7 | Tilly | Saligny-sur-roudon | g3-m1a (2) | 4 |
| 599-8 | Bornat | Saligny-sur-roudon | FL (1) | 7 |
| 599-9 | Les Gaillards | Saligny-sur-roudon | FL (1) | 6 |
| 599-10 | Les Poiriers neuf | Diou | FL (1) | 10 |
| 599-11 | Les Perrons | Vaumas | FL(5) | 5 |
| 599-12 | Les Grands brûlés | Pierrefitte-sur-Loire | FL(1) | 12 |
| 599-13 | La Reverdite | Pierrefitte-sur-Loire | FL(1) | 10 |
| 645-1 | le Chrioulet | Vicq | g2-3 | 1 |
| x | les Margots | Ebreuil | g2-3 | 0 |
| x | Arçon | Vicq | g2-3 | 0 |
| x | l'Etang | aint-bonnet-de-Rochefr | g2-3 | 0 |
| x | Vroumat-est | Vicq | g2-3 | 0 |
| x | Pontillard | Bellenave | g2-3 | 0 |
| x | les Pérads | Montaigu-le-Blin | g3-m1a | 0 |
| x | Peublanc | Sorbier | g3-m1a | 0 |
| x | les Torchats | Chatelperron | m1CM | 0 |
| x | les Echets | Lenax | FL1 | 0 |
| x | le Gatet | Le Bouchaud | FL1 | 0 |
| x | les Meniaux | Lenax | FL1 | 0 |
| x | les Vemes | Lenax | FL1 | 0 |
| x | rue de Beugney | Chassenard | FL1 | 0 |
| x | le Buisson | aint-léger-sur-Vouzanc | FL1 | 0 |
| x | Bellevue | aint-léger-sur-Vouzanc | FL1 | 0 |
| x | Bois de Beugney | Chassenard | FL1 | 0 |
| x | Laudebary | Saligny-sur-Roudon | FL1 | 0 |
| x | Les Justices | aint-Pourçain-sur-Besb | FL1 | 0 |
| x | Les Oyas | aint-Pourçain-sur-Besb | FL1 | 0 |
| x | Santigny le bas | Beaulon | FL1 | 0 |
| x | les Bagnettes | Ebreuil | g3 | 0 |
| x | Ste-Foy | Ebreuil | g4 | 0 |
| x | le Mercuriol | Ebreuil | Cb-si | 0 |
| x | la Bourse | Vicq | g2-3 | 0 |
| x | Rousset | Vicq | g2-3 | 0 |
| x | les Georges | Vicq | g2-3 | 0 |
| x | Vodot | Vicq | g2-3 | 0 |
| x | Coutapoux | Vicq | g2-3 | 0 |
| x | la Mangonnette | Taxat-Senat | g2-3 | 0 |

Tableau 32.1 : Tableau récapitulatif des zones prospectées au sein du département de l'Allier.

3.2.3.1 Les silicites permienes du Bassin de l'Ours

Dans un premier temps, nous sommes allés dans le bassin de l'Ours, afin d'échantillonner des silicites très anciennes. Il s'agit de la carrière des « quartzites de Meillers » (encore en exploitation pour l'électrometallurgie), où il existe un complexe de sites d'atelier de taille (com. pers. M. Piboule). Le gisement est découvert en 1972 par Maurice Piboule, il effectue un ramassage de surface suivi d'une opération de sauvetage (à la suite de l'avancée de la carrière), puis R. Renard réalise une seconde opération de sauvetage (en 1982). Ensuite, P. Bertrand réalise trois opérations de sauvetage (de 1983 à 1985). Le matériel issu des fouilles de P. Bertrand a fait l'objet d'une étude par J.-F. Pasty (Pasty, 2000) qui effectuera également des opérations de sauvetage

On distingue deux niveaux dans la coupe de la carrière, une couche inférieure sombre (riche en pyrite) et une couche supérieure plus claire. Les silicifications correspondent à des sinters, nous ne reviendrons pas sur leur description puisqu'elles ont déjà été décrites dans un rapport précédent (Piboule et al., 2018 ; Fernandes et al., 2017). Une dizaine d'échantillons a été prélevée dans le niveau supérieur clair (Figure 32.2), afin d'alimenter et de représenter la

diversité du faciès (pour la lithothèque de Laussonne).



Figure 32.2 : Affleurement des quartzites de Meillers en coupe artificielle (photo A. Gibaud, le marteau sert d'échelle).

A la suite de ce premier arrêt, nous avons prospecté les champs labourés au lieu-dit Messargues (ferme le Jarry, forêt de Grosbois, commune de Gipy). Les « chailles noires » sont des silex détritiques, riches en boxwork de dolomites et présentant : des stromatolithes encroûtants, de rares valves d'ostracodes et des débris ligneux. Il s'agit probablement de silicifications d'origine lacustre (Piboule et *al.*, 2018). Ici aussi, nous avons prélevé quelques échantillons pour alimenter les lithothèques. Comme il a été rappelé précédemment, les silex n'ont pas fait l'objet de fiches descriptives car ces types ont d'ores et déjà été décrits par M. Piboule dans un rapport précédent (Fernandes et *al.*, 2017).

3.2.3.2 Les silicites des sables du Bourbonnais sur l'interfluve Besbre-Loire

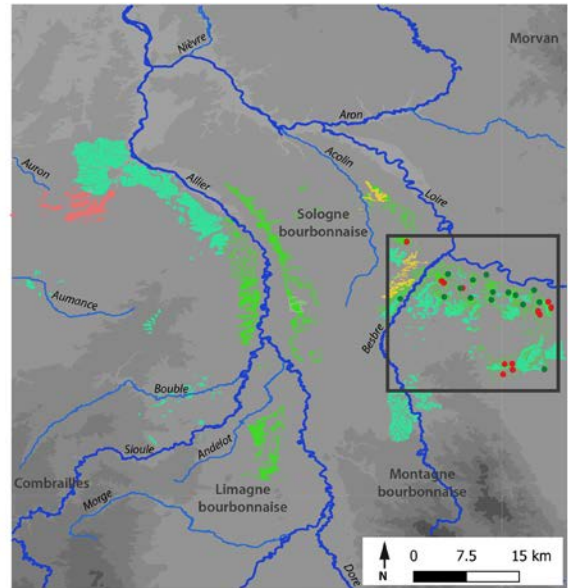
C'est au sein de la Sologne bourbonnaise que nous avons prospecté le plus intensément, puisque nous avons échantillonné sur une quinzaine de gites. Nous nous sommes intéressés à la formation des sables du Bourbonnais et plus particulièrement à sa base, à savoir, le niveau nommé : « FL1 - Formation du Bourbonnais : sables et argiles - sables quartzo-feldspathiques, argiles, cailloutis : fluvio-lacustre : formation à galets (cailloutis de base) » sur la carte géologique de Dompierre-sur-Besbre (n°599). Ces niveaux sont riches en galets de « chaille », nous avons échantillonné ces formations afin de renseigner la diversité des géomatériaux drainés au sein des systèmes fluviaux de la transition du Pliocène au Pléistocène. Ils sont souvent attribués aux « chailles » du Jurassique mais nous pensons que différents faciès de silicites peuvent être caractérisés. Cela grâce à une étude mésoscopique fine des échantillons, à la loupe binoculaire (grossissement x20 à x120).

La formation étant très étalée dans l'espace (« polygone Sancerre / Saint-Pourçain-sur-Sioule / Roanne / Digoin / Nevers » ; Piboule et al., 2018 : 184), nous avons fait le choix de nous concentrer (pour cette année 2019) sur l'interfluve Besbre-Loire, au Nord de la Montagne bourbonnaise (Figure 32.3).

Figure 32.3 : Carte des formations des sables et argiles du Bourbonnais à galets (données issues de la carte géologique harmonisée du département de l'Allier) et de la zone prospectée.

Carte des affleurements des sables du Bourbonnais à galets, pouvant contenir des blocs siliceux.

- Point de prospection positif
- Point de prospection négatif
- Formation des Sables et argiles du Bourbonnais : Sables, sables quartzo-feldspathiques, galets, argiles, silts, indifférenciés.
- Formation des Sables à quartz blanc, sables à chailles, avec graviers.
- Formation des Sables et argiles du Bourbonnais : Niveau à sables grossiers à galets et graviers (silex, granite, etc.).
- Formation des Sables et argiles du Bourbonnais : Sables fins, argiles +/- à niveaux de sables grossiers argileux à galets.



Ainsi nous avons visité 27 zones d'affleurement (supposées) et échantillonné sur 15 gîtes différents (Figure 32.4). Les zones prospectées où l'on n'a pas pu collecter sont généralement liées à la nature du terrain (Le Bourbonnais étant principalement constitué de prés et de pâturages, les formations quaternaires sont souvent recouvertes d'une épaisse couche de colluvions en lien avec le piétinement des bovins et l'action anthropique ; de plus, les habitants nous ont signalés que les labours sont de plus en plus rares car il existe un déclin des cultures, conséquence des politiques agricoles actuelles). Les zones les plus propices à l'échantillonnage étant l'affleurement de la couche recherchée, nous nous sommes concentrés sur : les anciennes carrières, les lits des cours d'eau et les coupes naturelles et artificielles.

Géolocalisation des prospections des sables du Bourbonnais, réalisées sur l'interfluve Besbre-Loire.

- Point de prospection positif (numéro d'échantillon)
- Point de prospection négatif
- Formation des sables et argiles du Bourbonnais : Sables, sables quartzo-feldspathiques, galets, argiles, silts, indifférenciés.
- Formation des sables et argiles du Bourbonnais : Niveau à sables grossiers à galets et graviers (silex, granite, etc.).
- Formation des sables et argiles du Bourbonnais : Sables fins, argiles +/- à niveaux de sables grossiers argileux à galets.

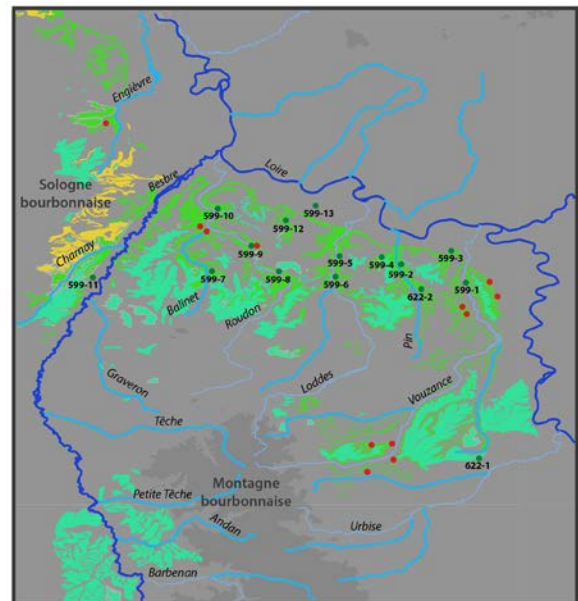


Figure 32.4 : Zoom sur l'interfluve Besbre-Loire et géolocalisation des points d'échantillonnages (données issues de la carte géologique harmonisée du département de l'Allier).

C'est lors de la session d'avril que nous avons visité l'ancienne carrière de Pierrefitte-sur-Loire (les Grands brûlés ; Figure 32.5), nous avons effectué un échantillonnage systématique des galets siliceux présents dans la coupe et dans l'éboulis de bas de pente. Ainsi, 12 blocs ont été prélevés (gite 599-12) et restent à décrire. Ils ont été stockés dans la lithothèque de l'association Archéo-logis à Laussonne.



Figure 32.5 : Affleurement des niveaux à galets des sables du Bourbonnais, dans la carrière des Grands-Brûlés (Pierrefitte-sur-Loire ; photo A. Gibaud).

Nous nous sommes également arrêtés au lieu-dit la Reverdite, parce qu'un affleurement des niveaux FL (1) a été repéré. Grâce à la présence rare, d'un champ cultivé (Figure 32.6), nous collectons une dizaine de blocs (gite 599-13).



Figure 32.6 : Zone de récolte de galets issus des formations des sables du Bourbonnais, dans un champ à la Reverdite (Pierrefitte-sur-Loire ; photo A. Gibaud).

Signalons également la présence d'un faciès silicifié des sables du Bourbonnais, en effet à Vaumas (lieu-dit Les Perrons ; Figure 32.7) nous avons pu en observer quelques blocs. Il s'agit de plaquettes et de bancs et ce sont des blocs en position sub-primaire (formations superficielles à silex, probable). Compte tenu de l'âge des sables du Bourbonnais (Plio-pléistocène ; Tourenq, 1989), ces silicites sont d'un âge très récent puisqu'elles se forment probablement au cours du Pléistocène moyen/supérieur (com. pers. M. Piboule).



Figure 32.7 : Zone de récolte de blocs siliceux issus des formations des sables du Bourbonnais silicifiés, en bordure d'un champ aux Perrons (Vaumas; photo A. Gibaud).

Nous présenterons la suite de nos prospections selon les quatre bassins versants principaux. Ces affluents en rive gauche de la Loire, recoupent les sables du Bourbonnais, ce sont donc autant d'affleurements potentiels. Nous avons commencé par prospector les formations les plus au sud de la zone (sur la carte géologique Le Donjon, n°622). Elles sont dénommées : « Formations Plio-Quaternaires. Formation du Bourbonnais : sables et argiles - sables quartzo-feldspathiques, argiles, cailloutis : fluvio-lacustre : formation à galets (cailloutis de base) ».

Vallée de la Vouzance :

Notre premier arrêt (gite 622-1), au lieu-dit La Rue, fut très concluant puisque nous avons pu ramasser 18 galets. La forte pente (ainsi que l'activité anthropique, présence d'une ferme avec des chevaux) a probablement permis l'érosion du versant et la mise au jour de galets issus de la formation sableuse. La quasi-totalité des blocs (à l'exception d'un échantillon) sont à rapprocher du faciès G2, riche en pelloïdes et bioclastes (voir fiche descriptive 622-1/G2), précisons que les faciès siliceux sont très peu altérés (d'un point de vue matriciel). La taille des blocs est assez variable, car nous avons observé des blocs de 10 à 50 cm. En revanche, les quatre arrêts suivants (voir figure 32.4) ont été beaucoup moins fructueux, puisque nous n'avons pas trouvé de galets, à l'endroit où les formations étaient pourtant indiquées sur la carte géologique. Nous proposons d'expliquer cela par la présence de dépôts superficiels

holocènes (probablement en lien avec l'activité humaine : champ cultivé, pâturages) recouvrant les formations du Plio-Pléistocène.

Nous descendons ensuite la vallée de la Vouzance, jusqu'au lieu-dit les Chartiers (à Molinet ; gîte 599-1) et prélevons dans une coupe artificielle, probablement une ancienne carrière. Les trois blocs que nous ramassons présentent une matrice orangée et un liseré sous-cortical noir, il s'agit pour deux d'entre eux du faciès G3 et pour le troisième du faciès G2 (voir chapitre 3.2.4.). Cette altération orangée de la matrice est très commune, nous pensons qu'elle est liée à un temps de résidence (plus ou moins long) dans les argiles à silex. Lors de notre remontée sur le plateau, nous cherchons une ancienne carrière (indiqué sur la carte géologique ; au nord du bois de Beugney) mais nous ne retrouvons pas l'affleurement.

Lors d'une seconde session de prospection, nous nous intéressons à des affleurements sur le plateau au Nord de Saint-Léger-sur-Vouzance (lieux dits : le Buisson et Bellevue). Cependant, nous ne trouvons pas d'affleurements des formations sur cette zone, probablement à cause de la mise en pâture du plateau et l'absence de labours. Nous repérons une autre zone située plus à l'Est, au sud du bois de Beugney. Nous cherchons donc un affleurement dans le bois, ou un chablis aurait pu arracher la terre végétale et mettre au jour les sables du Bourbonnais, mais ce ne sera pas concluant puisque les seuls silicites retrouvées sont sur le chemin (en contexte incertain).

Nous choisissons donc d'abandonner cette zone (basse vallée de la Vouzance) où peu de carrières semblent exister et remontons plus au Nord, sur le plateau d'Estrées (Molinet ; gîte 599-3). Ainsi, nous repérons une marre asséchée ou gisent quelques galets. Une collecte systématique (n = 6) est effectuée. Un bloc siliceux sort du lot car ce n'est pas un galet et il n'a pas la même teinte. En effet, lors de l'étude nous décrivons un bloc anguleux au cortex colluvionné, c'est un silcrète pédogénétique riches en gravelles (voir chapitre 3.2.3.3 et G4 dans chapitre 3.2.4.) alors que les autres blocs sont à rapprocher du faciès G3.

Vallée du Pin :

Lors de notre visite de vallée voisine (le Pin), nous repérons une petite marre asséchée (car visitée après l'été très sec de 2019) au lieu-dit les Chenots, sur la commune le Pin (gîte 622-2). Effectivement, nous collectons quatre blocs aux néocortex fluviatiles dont les dimensions sont comprises entre 10 et 20 cm. Il s'agit de chailles jurassiques dont la matrice est évoluée et les allochems fortement altérés. Cependant deux faciès se distinguent : G2 et G3. L'un présente un faciès bioclastique (G2) alors que l'autre est un type nettement plus évolué mais aussi moins riche en bioclastes. De plus, les microfossiles sont plus fragmentés, nous supposons donc que le milieu de dépôt est plus agité que le type précédent.

L'affleurement suivant est une carrière (le Verne, Coulanges ; gîte 599-2), maintenant réinvestie par la forêt. Nous repérons une rupture de pente et effectuons un échantillonnage (13 blocs ramassés). Il s'agit de petits galets (5-10 cm) au néocortex lisse. Ils peuvent être rattachés au type G3, excepté un galet du type G2.

Les carrières étant des lieux propices à l'échantillonnage, nous nous concentrons sur ces zones d'affleurement privilégié. Ainsi, nous visitons une seconde carrière au lieu-dit les Blaisons (Coulanges ; gîte 599-4). Nous effectuons un ramassage de neuf blocs et lors de l'étude nous observons une grande diversité des faciès, puisque nous identifions une chaille remobilisée devenant un silcrète (voir fiche descriptive du type G5), présentant des circulations d'eau et des fentes d'illuviations. Le deuxième type est un silex marin blond translucide (au cœur), dont la matrice est homogène et les éléments sont rares. Nous émettons l'hypothèse qu'il pourrait s'agir d'un silex crétacé, issu de formations démantelées ou recouvertes par les dépôts de la Limagne de la moyenne vallée de la Loire (bassin de Roanne). Néanmoins, nous resterons prudents à ce sujet et pensons que cela devra être contrôlé ultérieurement avec des données micropaléontologiques indéniables. De plus, il n'existe pas -à notre connaissance- de silicites cétaqués sur le versant occidental du département de la Saône-et-Loire, contrairement au versant orientale (Rué, 2000). Nous identifions également les deux autres types G2 et G3, plus communs.

Vallée de la Loddès :

Ensuite, nous continuons vers l'Ouest, jusqu'à arriver sur la vallée du Loddès. Une ancienne carrière a été repérée préalablement (les Piéguts, gîte 599-5) et en effet une coupe importante est présente en bordure d'un pâturage. La coupe fait environ 5 à 10 m de puissance, c'est l'affleurement le plus important qui nous a été donné de voir dans la formation basale des sables du Bourbonnais (Figure 32.8).



Figure 32.8 : Pied de la coupe artificiel dans les niveaux à galets des sables du Bourbonnais, au Piéguts (Coulangesn photo A. Gibaud).

Par conséquent, le pied de coupe est très riche en galets de taille hétérométrique (allant de 5 à 50 cm en longueur), nous effectuons donc un ramassage systématique (n = 13). Lors de l'étude, nous déterminons une majorité de blocs se rapprochant du faciès G3, deux blocs du faciès G2 et un nouveau type de chaille oolithique (voir fiche descriptive G6). C'est un bloc de petite dimension, présentant une forte concentration d'oolithes mononuclés *inframillimétriques* et quelques rares valves d'ostracodes et fragments de coquille de bivalves (voir fiche descriptive G6). Le second gîte que nous visitons au sein du bassin versant du Loddès, est celui de la loge Pucet (599-6), il s'agit d'une petite coupe artificielle (Figure 32.9).



Figure 32.9 : Coupe artificielle des niveaux à galets des sables du Bourbonnais à la loge pucet (Monétay-sur-Loire, photo A. Gibaud).

Les galets siliceux sont homométriques, mais de taille plutôt modestes (5-10 cm en moyenne), nous collectons 11 blocs dont 5 sont attribués au faciès G2 et 6 au faciès G3.

Vallée du Roudon

Enfin, nous nous intéressons au bassin du Roudon, le premier échantillonnage est effectué dans une ancienne carrière abandonnée, au milieu d'un pré (Bornat, Saligny-sur-Roudon ; 599-8). Les galets collectés ($n = 7$) sont homométriques de dimensions plutôt réduites (5-10cm), cinq galets sont caractéristiques du faciès G3 alors que les deux autres sont à rapprocher du type G2 (Figure 32.10).

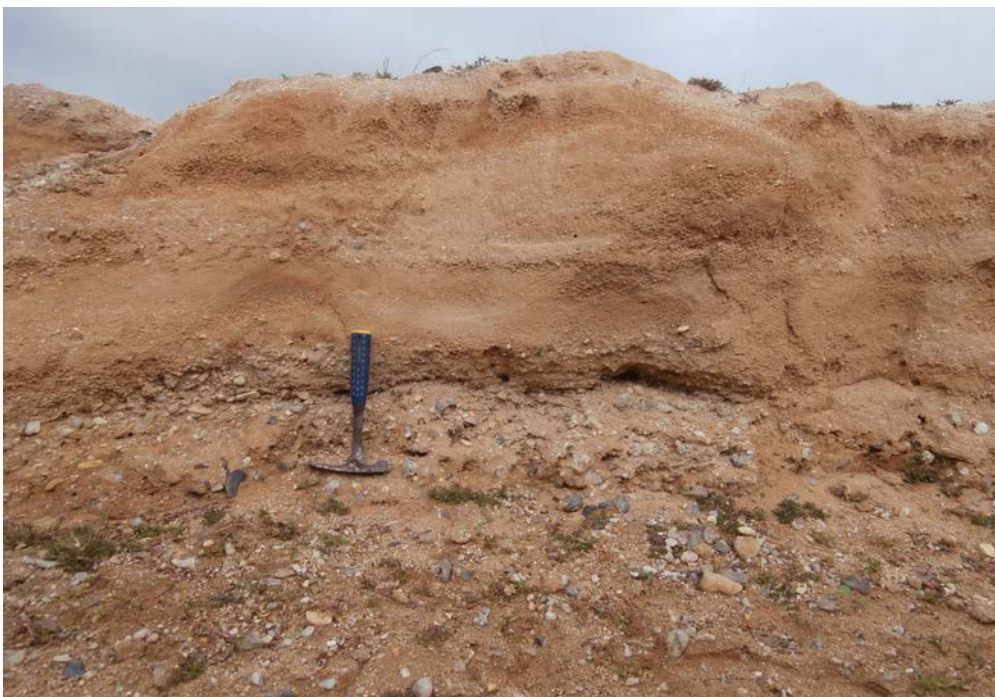


Figure 32.10 : Coupe artificielle des niveaux à galets des sables du Bourbonnais au Bornat (Saligny, photo A. Gibaud).

Nous visitons ensuite une seconde carrière abandonnée (Laudebarry, Saligny), mais nous ne collectons pas de blocs car ils sont de dimensions trop réduites (inférieurs à 5 cm). Afin de tester la présence de galets siliceux au sein des alluvions actuelles du Roudon, nous faisons un arrêt au niveau du pont à la sortie de Saligny (route D15 ; gite 599-9) (Figure 32.11). Nous retrouvons les chailles jurassiques probablement alluvionnées ou colluvionnées des formations basales des sables du Bourbonnais. Nous prélevons six blocs et discernons : cinq galets du type G3 et un bloc du type G2. Il s'agit d'une collecte sélective par classe de taille, puisque nous collectons uniquement des blocs décimétriques et délaissions les galets pluricentimétriques.



Figure 32.11 : Plage alluvial le long de la rivière du Roudon (photo A. Gibaud).

Toujours dans l'optique de prospector les alluvions actuelles, nous souhaitons tester le ruisseau du Balinet. Nous nous intéressons donc au vallon des Nauds (Tilly, Saligny-sur-Roudon), affluent du Balinet, qui lui-même conflue avec le Roudon près du lieu-dit la Cropte (Saligny-sur-Roudon). Ainsi, dans la pente surplombant le ruisseau des Nauds nous collectons essentiellement des échantillons du « silex de Tilly » (type G7, voir 3.2.3.3 silicites de Limagne) et quelques chailles jurassiques à rapprocher du faciès G3. Mais nous n'identifions pas de galets au sein du ruisseau des Nauds.

Nous effectuons donc un second arrêt au niveau du pont de la D55 (les Justices, Saint-Pourçain-sur-Besbre), malheureusement la végétation est dense, le cours d'eau très étroit et en eau, on ne peut donc pas accéder aux plages. Nous réalisons un arrêt supplémentaire au niveau d'une carrière indiquée sur la carte (les Oyats, Saint-Pourçain-sur-Besbre), il y a de grands épandages de galets (dont quelques chailles) (Figure 32.12) et des fragments d'un calcaire détritique probablement riche en fer, il s'agit sûrement des couches g3-m1a, cartographié dans cette zone. Nous cherchons si des silicites sont associées à ces niveaux oligo-miocènes mais ce n'est pas le cas. Concernant les galets de chailles, nous décidons de ne pas les prélever car les dimensions en sont fortement réduites (pluricentimétriques).



Figure 32.12 : Épandages de galets de chailles et calcaires roulés aux Oyats (Saint-Pourçain-sur-Besbre, photo A. Gibaud).

Le dernier gîte prospecté dans cette zone est situé plus au Nord, en aval dans la vallée du Roudon (Figure 32.13). Il s'agit d'une carrière ancienne d'après la carte géologique (datant de 1989) mais récemment réhabilitée (les Poiriers neufs, Diou ; gîte 599-10) car elle semble en activité lors de notre passage, à l'automne 2019. La coupe artificielle met en évidence une succession de dépôts fluvio-lacustres (alternance de niveaux sableux et argileux) présentant, selon les niveaux, une densité plus ou moins importante de galets. Nous collectons, en coupe et dans l'éboulis en pied de coupe, un total de 10 blocs. Après caractérisation, nous déterminons 8 galets à rapprocher du type G3 et 2 galets du type G2. Les blocs sont de dimensions assez réduites (5-10 cm, en moyenne), ce qui pose la question de la variabilité de la taille des blocs au sein de l'unité FL(1).



Figure 32.13 : Coupe artificielle des niveaux à galets des sables du Bourbonnais au Poirier neuf (Diou, photo E. Boyancé).

La notice de la carte de Dompierre nous apprend que la taille des galets diminue du bas vers le haut de la séquence au sein de l'unité FL(1). Mais aussi d'amont en aval, par rapport au fleuve Loire (orienté globalement Sud-est/Nord-ouest). En effet, on observe une variabilité assez marquée puisque les altitudes des gites sont comprises entre 230 et 290 mètres NGF. Nous pensons que ceci pourrait être lié à un pendage des couches car ces-dernières reposent soit sur les dépôts oligo-miocènes soit sur le socle, or dans les deux cas les surfaces ne sont pas horizontales.

De plus, la notice (Dompierre_599) précise qu'un second niveau à galets est présent, il s'agit de FL(5) : « Sables et galets (cailloutis supérieur) ». Il est également indiqué que dans la zone la plus au sud de la carte, ce niveau repose directement sur FL(1), il est donc quasiment impossible de différencier les deux unités. Cependant la dimension des galets diffère d'une unité à l'autre : les géologues nous indiquent que le cailloutis supérieur présente des galets de taille pluricentimétrique alors que le cailloutis inférieur présente des galets pluridécimétriques (Delfour et *al.*, 1989). De fait, si nous avons prélevé dans le cailloutis supérieur, cela expliquerait les différences dimensionnelles des blocs et altitudinales des gites.

L'unité FL(5) (cailloutis supérieur) correspond également au faciès silicifié que nous avons identifié à Vaumas (cf. *supra*). Ce faciès devra donc faire l'objet d'une étude plus approfondie, lors d'investigations futures. Notamment au lieu-dit Formelay (à Vaumas) où le cailloutis supérieur repose sur le socle et a subi une silicification. Ce phénomène est probablement d'origine pédologique, il implique un climat aride et une formation sous une colonne d'eau (Delfour et *al.*, 1989). Il s'agit donc d'une silcrète phréatique qu'il serait fort intéressant de décrire, à l'avenir.

L'importante quantité de galets de chailles au sein de ces formations alluviales implique des gites fournisseurs en géomatériaux, en amont. Nous nous sommes donc questionnés sur la ou les formation(s) sources des galets, nous suspectons une origine depuis le Brionnais, le Charollais et le Roannais (com. pers. M. Piboule). Lorsque nous consultons la carte géologique harmonisée du département de la Saône-et-Loire (71) et de la Loire (42), nous identifions plusieurs formations pouvant être à l'origine des chailles :

- « Calcaire bioclastique à entroques (Aalénien), oolithes ferrugineuses, marnes et calcaires marno-siliceux (Aalénien-Bajocien inf.) ; j1-2a »
- « Calcaires et marnes silicifiés (Bajocien sup.-Bathonien) ; j2-3 »
- « Marnes et calcaires lumachelliques à *Praeexogyra acuminata* (Bajocien sup.), latéralement faisceau oolitique, localement faciès siliceux à chailles ; j2b »
- « Silicifications massives notamment sur les calcaires jurassiques ; ± »

Ces formations, potentielles fournisseuses en chailles, affleurent principalement sur l'interfluve Arçonce – Sornin ainsi que plus au Nord, dans la vallée de l'Oudrache (j1a et j2b) et plus au Sud, dans la vallée de Chandonnet et Jarnossin (±). Ces couches ont subi de fortes altérations/érosions au Crétacé inférieur ou à l'Eocène (d'après la carte géologique) puisque des formations résiduelles à matériaux siliceux sont également présentes dans cette même région. Ces gites sub-primaires (argiles à silex) couvrent de vastes surfaces, ils ont donc vraisemblablement alimenté massivement les sables du Bourbonnais

en chailles, du moins les unités à fort hydrodynamisme (FL(1), niveaux à cailloutis). Nous avons visité quelques-uns de ces affleurements lors de notre prospection du mois d'avril (avec M.P., V. D. et E.V.) et avons collecté plusieurs matériaux issus des formations primaires et sub-primaires. Les matériaux sont entreposés à Laussonne et restent à étudier pour effectuer des comparaisons avec les chailles issues des sables du Bourbonnais. Ce travail permettrait de mieux comprendre la chaîne évolutive des silex du Jurassique et leur évolution depuis l'encaissant calcaire à leur remaniement dans les sables alluviaux du Plio-Pléistocène, en passant par les argiles à chailles résultant de phases d'altérations latéritiques du Crétacé inférieur et/ou de l'Eocène (Donzeau et al., 2006).

3.2.3.3 Les silicites de la Limagne d'Allier :

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, l'Allier est riche en silex lacustres/palustres et silcrète du Paléogène au Néogène (Eo-oligo-miocène). Ces formations se sont déposées dans des bassins bien distincts (Delfour et al., 2009) (Figure 32.14):

- bassins de la moyenne vallée du cher (bassin de Montluçon-Domérat et bassin de Saulzais-le-Potier) - Grande Limagne (bassin de Clermont-Vichy et bassin d'Ebreuil)
- Limagne bourbonnaise (divisé en deux sous-bassins : Allier et Loire).

Carte des affleurements des bancs carbonatés de l'Oligo-miocène de l'Allier, pouvant contenir des niveaux siliceux.

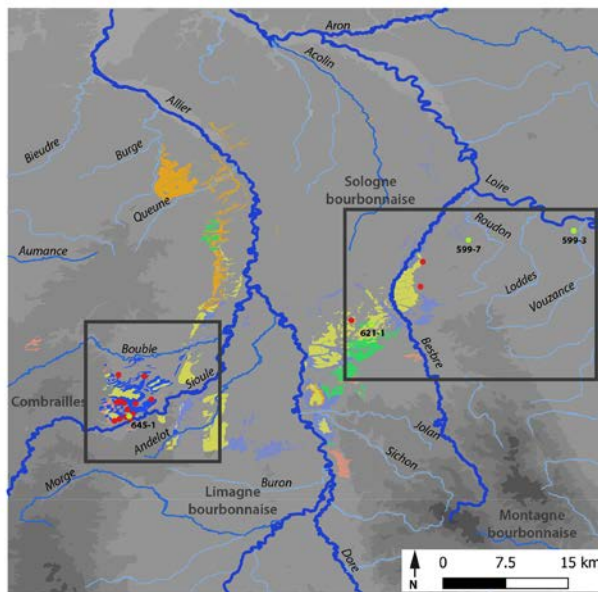


Figure 32.14 : Carte des formations calcaires de l'Oligo-miocène pouvant contenir des silicites (données issues de la carte géologique harmonisée du département de l'Allier) et des zones prospectées.

Les silicifications associées à ces formations sont bien connues dans la partie occidentale du département (Piboule et al., 2018 ; Fernandes et al., 2018) mais beaucoup moins à l'Est. En effet, il existe plusieurs zones présentant un intérêt certain, citons :

- les couches de l'Eocène du bassin de la Bieudre (noté e7-g2, « Ludien à Stampien : marnes verdâtres, grisâtres, ocre à beige blanchâtre. Inclusions calcaires granuleuses ou poudreuses. Calcaires à pâte fine. Silicification locale. » ; Fleury et al., 1989) dans la région de Coulevre, qui restent mal connus. L. Guillot mentionne également la présence de silex dans la région (Guillot, 1991).

- les couches de l'Oligocène supérieur du bassin de Marigny (noté g2, « Calcaires de St-Menoux : calcaires et marnes, parfois sableux Stampien » ; Giot et *al.*, 1976b) près de Saint-Menoux. M.-C. Boulanger mentionne la présence de silex dans cette zone (Boulanger, 1844).
- les couches de l'Oligocène supérieur de l'interfluve Bouble-Sioule (noté g2-3, « Marnes alternativement beiges et verdâtres, à bancs calcaires, parfois oolithiques Oligocène » ; Grolier et al., 1975) dans la région d'Ebreuil. L. Guillot note la présence d'un « calcaire silicifié » dans le golfe d'Ebreuil (Guillot, 1981).
- les couches de l'Oligo-miocène de la Forterre (interfluve Allier-Besbre ; noté g3-m1a, « Marnes et calcarénites à grosses masses concrétionnées Oligo-miocène » ; Giot et *al.*, 1976a) dans la région de Montaigu-le-Blin. Les géologues indiquent des silicifications très localisées sur la carte.
- les couches de l'Oligo-miocène du nord de la Montagne bourbonnaise (interfluve Besbre-Loire ; noté g3-m1a-2, « Marnes et argiles vertes, beiges, blanchâtres ou jaunâtres ; accessoirement calcaires, localement détritiques. Petits édifices récifaux. » ; Delfour et *al.*, 1989) dans la région de Saligny-sur-Roudon. Ces formations livrent le fameux « silex de Tilly » (Bailleau, 1872 ; Delporte, 1968 ; Piboule et *al.*, 2018) et probablement d'autres roches siliceuses (Boulanger, 1844).

En premier lieu, nous nous sommes intéressés aux formations marno-calcaires de la région d'Ebreuil (Figure 32.15), et plus précisément aux « calcaires silicifiés » (Guillot, 1981). Nous avons donc visité les affleurements indiqués dans l'article :

- le bord de la route D43 (les Margots, Ebreuil), un affleurement est bien visible, il s'agit d'un calcaire lacustre (blanc, très friable et pulvérulent) riche en gastéropodes (probablement Potamides sp.) mais non siliceux.
- le bord de la D35 (Arçon, Vicq), plusieurs petits affleurements (50-100 cm de puissance) ont été observés : un calcaire lacustre friable, un calcaire lacustre riche en fragments de coquilles et un calcaire détritique riche en sable et fragments de galets centimétriques (quartzite).
- l'embranchement des routes D35 et D68 (au sud de l'Etang, Saint-Bonnet-de-Rochefort), présence d'un champ cultivé (maïs), ce qui engendre une visibilité très réduite, nous repérons malgré cela quelques blocs épars de calcaire.
- la bordure d'un champ (à l'est de Vroumat, Saint-Bonnet-de-Rochefort), observation de plusieurs amoncellements de blocs calcaires disposés sur la périphérie du champ, par l'agriculteur.
- au Nord de Bellenaves, observation d'une coupe artificielle au bord de la route D68 (proche du lieu-dit Pontillard), alternance marno-calcaire (2m de puissance).

Cependant, nous n'avons trouvé aucune roche siliceuse ou silicification locale du calcaire. Suite à cette première approche avec le terrain, nous nous questionnons sur la présence de calcaire silicifié, nous pensons qu'il pourrait s'agir de la base de la formation « g2-3_3 » (com. pers. M. Piboule), cette hypothèse sera vérifiée lors de prospections ultérieures.

Lors de la seconde session dans le bassin d'Ebreuil (accompagné de J.-C. Thénot), nous prévoyons de visiter des carrières et des cours d'eaux afin de retrouver des zones où les couches concernées affleurent. D'après ce que l'on connaît des silicifications des bordures lacustres (voir Fernandes et *al.*, 2018),

Géolocalisation des prospections réalisées dans le bassin d'Ebreuil.

- Point de prospection positif (numéro d'échantillon)
- Point de prospection négatif
- Bassins des Limagnes, bassin d'Ebreuil - Oligocène indifférencié : Marnes à passées de sables, de calcaires et calcarenites brunes bitumeuses, et à accumulations coquillères.
- Bassins des Limagnes, bassins d'Ebreuil, Moulins : Calcaires, calcaires construits, calcaires dolomitiques, calcaires siliceux, marnes.
- Bassins des Limagnes, bassins d'Ebreuil, d'Olby : Formation des Argiles et sables argileux quartzo-feldspathiques barioles rouges et verts.

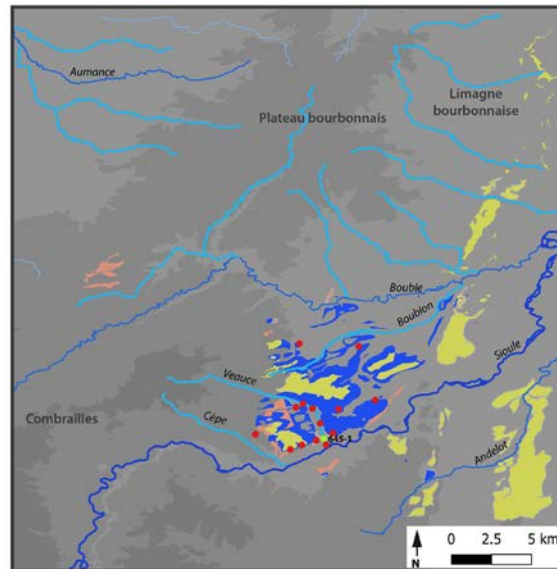


Figure 32.15 : Zoom sur le bassin d'Ebreuil et géolocalisation des points prospectés (données issues de la carte géologique harmonisée du département de l'Allier).

nous pensons que des silcrètes pourraient être associées aux formations basales (de la série carbonatée), qui sont en contact direct avec le socle cristallin. C'est le cas notamment à Saint-Bonnet-de-Four (la butte des Mats) et dans le bassin de la moyenne vallée du Cher (bassin de Montluçon-Domérat ; Fernandes *et al.*, *op. cit.*). Nous savons, d'après la notice de la carte géologique, que le niveau basal est constitué d'une lumachelle à Cyrènes (faciès coquillé), accompagné d'un fort détritisme et attribué au Rupélien. Ces niveaux sont signalés dans le centre du bassin (Arçon et Vodot) et nous suspectons leur présence également sur la frange bordière occidentale du golfe d'Ebreuil (com. pers. M. Piboule). Afin de trouver ces zones de contact entre les formations basales du calcaire oligocène et le socle nous visitons un affleurement près du lieu-dit le Mercuriol (Ebreuil), mais malheureusement, nous sommes déjà dans la zone d'affleurement du socle. Les quelques zones visitées (noté g2-3) étant en pâturage, nous décidons de nous concentrer sur les alluvions récentes des ruisseaux recoupant les formations.

Ainsi, nous effectuons plusieurs points de prospections dans les lits des cours d'eau (sur une centaine de mètres) :

- sur le ruisseau du Grand Vallon, qui passe en contrebas de Sussat (au niveau du lieu-dit la Bourse, Vicq) ;
- à la confluence entre le ruisseau du Grand Vallon et la Veauce (au niveau du lieu-dit les Georges, Vicq) ;
- le long de la D43, au niveau du pont qui traverse la Veauce (à l'ouest du lieu-dit Foulignage, Vicq) ;
- sur un tronçon important de la Veauce car les formations basales sont présentes dans la zone (entre le lieu-dit Vodot et les Serviers, Vicq) ;
- sur un long tronçon de la Veauce, car les formations basales sont présentes dans la zone (au Sud du lieu-dit le Chiroulet), où nous ramassons un bloc de « calcédoine ». En effet, il s'agit d'une silicite présentant de nombreuses cavités de dissolution (visibles à l'œil nu) recristallisées. Le cortex présente une forte charge détritique composée de quartz, de paillettes de mica et de divers fragments de roches métamorphiques roulés. Aucun microfossile n'a été identifié au sein de la zone siliceuse, en revanche nous notons la présence de clastes sub-arrondis. Nous pensons qu'il pourrait s'agir d'une silicification des couches basales de la série carbonatée du bassin d'Ebreuil (libellé : g2-3_3) ;

- sur le tronçon allant de la D35 à la confluence de la Veauce et de la Sioule (à l'Est du lieu-dit Coutapou, Ebreuil).

D'après cette prospection du bassin versant de la Veauce, nous pensons qu'il existe bien des niveaux siliceux dans le bassin d'Ebreuil. Notre hypothèse de départ semble se confirmer puisque les niveaux basaux de l'Oligocène affleurent dans des zones très localisées (environs de Vodot et Arçon) et cela correspond à la zone de récolte de l'unique bloc siliceux. D'autres prospections permettront probablement de retrouver d'autres silicites afin de décrire la diversité des faciès présents dans le golfe d'Ebreuil. Malheureusement, les carriers s'intéressant plutôt aux niveaux supérieurs de la série carbonatée (calcaire beiges massifs), les formations basales ne sont que très peu recoupées.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés aux formations de l'Oligo-miocène de la Forterre. Lorsque nous consultons la carte géologique (Saint-Pourçain-sur-Sioule, n°621), nous repérons au sein de ces formations (sous-niveaux 4- Marnes et calcarénites à grosses masses concrétionnées) une notation « S » indiquant la présence de silicifications locales (entre les lieux-dits les Communes et les Ruets sur la commune de Montaigu-le-Blin). Ainsi, nous trouvons des silicites vertes (dénommées opale par M. Piboule, qui avait déjà prospecté cette zone quelques années auparavant) et ramassons 12 blocs. Deux types ont pu être identifiés : le type G1 : il s'agit d'un silex palustre riche en bioclastes (fragments de stromatolithes, gastéropodes, ostracodes) et présentant des traces de racines (voir fiche descriptive G1). Et le type G1-1, un silex rubané à formations bioconstruites (stromatolithes) et rares ostracodes. Bien que nous ayons séparé ces deux types, ils sont très probablement issus d'un même protolithe, dont le milieu de formation est un contexte de bordure de bassin (limite orientale de la Limagne bourbonnaise), en milieu lacustre à palustre. Tout près de cette zone, nous prospectons aux environs de la carrière Vicat (les Pérards, Montaigu-le-blin) et sur une ancienne carrière (lieu-dit les Tureaux, Saint-Gérard-le-Puy ; indiqué sur la notice de la carte) mais nous ne trouvons pas de silicification. Nous avons prévu de retourner dans cette région, car d'autres carrières où affleurent ces formations ont été repérées, mais nous n'avons malheureusement pas eu le temps cette année.

Ensuite, nous nous sommes intéressés à une région située plus au Nord-est, sur la marge septentrionale de la Montagne bourbonnaise, car « un calcaire peu siliceux » (lieu-dit Peublanc, Sorbier) est signalé (Guillot, 1981), il s'agit d'une ancienne carrière (en partie comblé) que nous ne retrouvons pas sur le terrain. D'autres affleurements de ce même faciès sont indiqués à Châtel Perron (les Torchats). Il s'agit des formations sommitales de la séquence carbonatée de la bordure orientale de la Limagne d'Allier, daté de l'Aquitanién (« m1S » et « m1CM » ; séquence S5 ; Wattine, 2004). Précisons que c'est le calcaire dans lequel est creusé la grotte des Fées (gisement de Châtel Perron). Malgré notre prospection des carrières suggérées et des alluvions des ruisseaux environnants, nous ne retrouvons pas de roches siliceuses, dans cette région.

Dans l'intérêt de mieux connaître la diversité des faciès de silicites de la Limagne septentrionale (Figure 32.16), nous avons prospecté les formations oligo-miocènes du val de Besbre (Figure 32.17), et plus particulièrement un gîte situé dans le bassin versant du Roudon. Il s'agit du fameux gîte du vallon de Nauds (Tilly, Saligny-sur-Roudon ; indiqué par M. Piboule). Dans cette zone, les formations g3-m1a-2 sont indiquées sur la carte mais il n'existe pas

d'affleurements à proprement dit (Piboule et *al.*, 2018). Ces formations sont situées sous les sables du Bourbonnais et nous retrouvons que de très rares blocs siliceux épars. Il s'agit d'un silex lacustre présentant de nombreuses oncolithes, de fréquents gastéropodes (Limnées et Planorbes) et quelques rares stromatolithes (voir fiche descriptive G7). Néanmoins, nous n'avons pas retrouvé le faciès de silcrète, identifié par d'autres (Piboule et *al.*, 2018).

| Séquences | Age | Lithologie |
|-----------|---------------------|-----------------------------|
| S5 | Aquitainien | Marne et récif |
| | | Détritique |
| C | S4 | Marne et concrétion algaire |
| | | Marne verte |
| | | Détritique |
| B2 | S3 | Série salifère |
| B1 | | Marne et schiste papyracé |
| | Rupélien (Stampien) | Détritique |

Figure 32.16 : Niveaux siliceux replacés au sein de la séquence carbonatée du bassin des Limagnes (1 : type G1 et G1-1, 2 : type G7 et G4, 3 : type 645-1 du bassin d'Ebreuil ; Wattine, 2004, modifié).

Géolocalisation des prospections des formations de l'Oligo-miocène, réalisées en Forterre et Sologne bourbonnaise.

- Point de prospection positif (numéro d'échantillon)
- Point de prospection négatif
- Bassins des Limagnes : Marnes et argiles beiges à vertes, calcaires argileux, à Cypris.
- Bassins des Limagnes, bassins d'Ebreuil, Moulins : Calcaires, calcaires construits, calcaires dolomitiques, calcaires siliceux, marnes.
- Bassins des Limagnes, bassins d'Ebreuil, d'Olby : Formation des Argiles et sables argileux quartzo-feldspathiques bariolés rouges et verts.

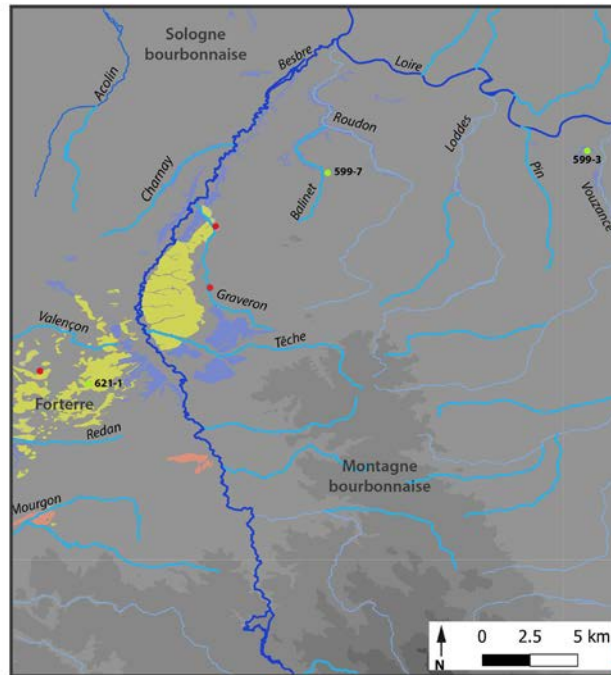


Figure 32.17 : Zoom sur la basse vallée de la Besbre et géolocalisation des points prospectés (données issues de la carte géologique harmonisée du département de l'Allier).

Enfin, nous avons retrouvé un faciès de silcrète pédogénétique à gravelles hétérométriques, probables formes stromatolithiques et fragments de tiges de végétaux (voir fiche descriptive G4), dans la formation des sables du Bourbonnais (à Estrées, sur la commune de Molinet). Cependant, nous pensons que ce bloc est issu des formations environnantes (couches g3-m1a-2) affleurant sur la bordure du plateau d'Estrées (d'après la carte géologique de Dompierre-sur-Besbre). Le bloc pourrait être colluvionné ou avoir été désolidarisé, du calcaire, lors du dépôt des sables du Bourbonnais.

Les faciès siliceux issus des formations de bordure des bassins des Limagnes semblent bien localisés en Limagne et Sologne bourbonnaises. La recherche de ces faciès sera donc perpétuée l'an prochain afin de définir les zones d'affleurements et les types de silex/silcrètes présents. Ce travail de caractérisation permettra, à coup sûr, d'identifier des types de silex jusque-là indéterminés dans les séries archéologiques régionales (p. ex. : Châtelperron).

3.2.4. *Fiches descriptives et planche des types de silex*

Nous présentons dans cette partie les fiches descriptives et planches associées aux différents types de silicites caractérisées suite à cette prospection.

Type : G2 (622-1).

Dénomination : silex marin bioclastique des sables du Bourbonnais.

Origine stratigraphique primaire : Aalénien-Bajocien.

Origine stratigraphique secondaire : Plio-Quaternaire (Sable du Bourbonnais).

Origine géographique primaire : région du Charollais-Brionnais-Roannais probable.

Origine géographique secondaire : La Rue, Le Bouchaud (interfluve Besbre-Loire).

Type de silicification : silex marin.

Encaissant : bio-calcarénite.

Milieu de dépôt : plate-forme externe, peu agitée.

Habitus : galets pluri-centimétrique à décimétrique.

Cortex : *inframillimétrique* à millimétrique, usure et cimentation fortes, présence fréquente de cupules de choc, racines de coup d'ongle et cônes de pression (7). Nous avons observé également une rugosité faible à nulle, un encroutement néocortical couvrant (plage de silice rosée) et des lustrés fluviaux moyen à fort.

Néocortex : alluvions anciennes.

Limite cortex / zone silicifiée : diffuse pour le faciès peu évolué mais nette sur le faciès évolué (3 ; avec zone sous-corticale noire ou rouge).

Zones : 2 à 3 zones (1 et 5 ou 1, 3 et 5).

Zone silicifiée :

Épaisseur : pluricentimétrique.

Pétrofabrication : 40-50%

Structure : homogène et bioclastique.

Composante détritique : rares quartz sub-arrondis (sph. 0,7 à 0,9 et arr. 0,5 à 0,7)

Composante chimique : rares pelloïdes (150-200 µm ; sph. 0,5 ; arr. 0,9)

Composante biologique : (30-40%) fréquents spicules mono-axones entiers ou en encore en architecture, rares fragments anguleux de radioles et ossicules d'échinides, fréquents foraminifères benthiques unisériel (*Nodosaria* sp.), bisériel (*Textularia* sp.), planispiralé (*Lenticulina* sp., *Ammonia* sp., *Spirulina* sp.) et milliolidés (*Nummofalotia* sp.), rares ostracodes et fragments de bivalves (millimétriques). Les microfossiles sont entiers ou peu fragmentés.

Autre : tubes creux indéterminés.

Minéralogie : fréquents intraclastes blancs plutôt anguleux (100-150 µm ; sph. 0,7 ; arr. 0,3), rares petits intraclastes blancs sub-arrondis (<50 µm ; sph. 0,3 ; arr. 0,3)

Tri : bon.

Répartition : homogène.

Couleur initiale : inconnue.

Couleur acquise : blonde à rouge.

Porosité et poronécrose : intraparticulaire fréquente (remplissage par de la silice limpide) et plus rarement interparticulaire.

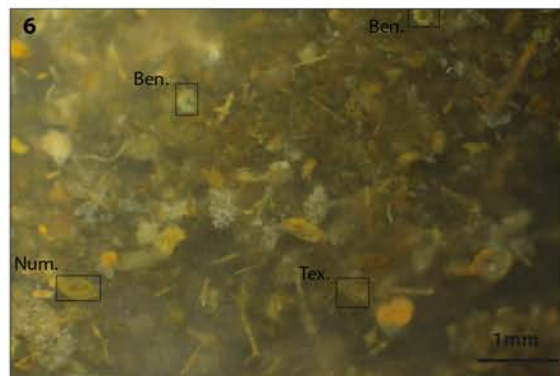
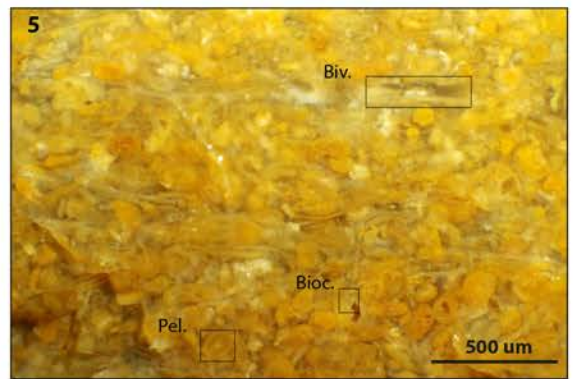
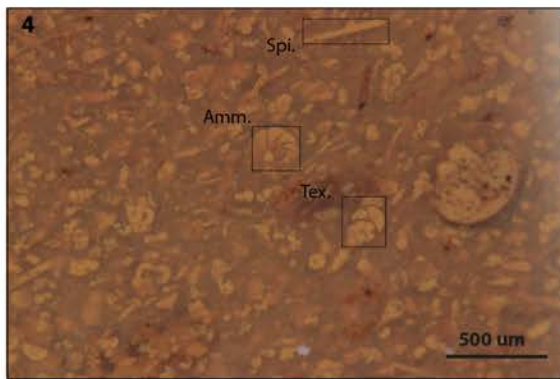
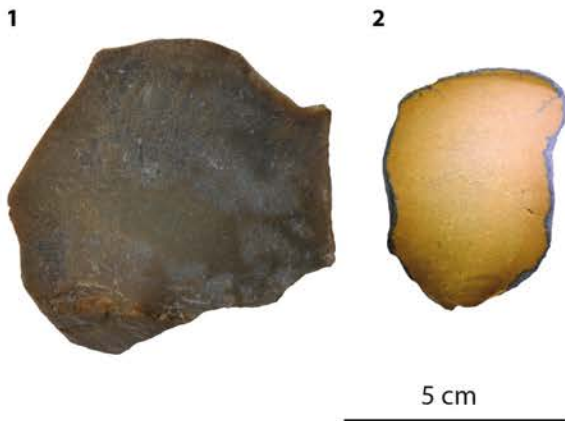
Rugosité : faible

Altération : matrice souvent altérée (2), l'évolution se fait de l'extérieur vers l'intérieur du bloc (3 ; cœur souvent moins évolué), présence de zones moins bien silicifiées (centimétrique à pluri-centimétrique). Nous pensons que l'altération rouge à orangé de la matrice (3) pourrait être liée à un temps de résidence dans les argiles à silex.

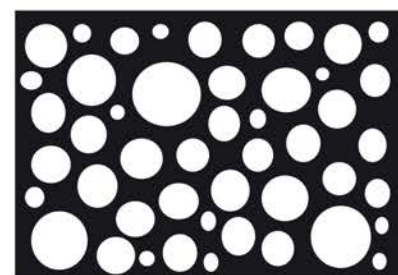
Bibliographie :

Dénomination : silex marin bioclastique des sables du Bourbonnais

Type : 622-1 (G2)



| | | | | | |
|------------|---------|-----|-----|-----|-----|
| | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| 0,9 | | | | | |
| 0,7 | | | | | |
| 0,5 | | | | | |
| 0,3 | | | | | |
| sphéricité | | | | | |
| | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| | arrondi | | | | |



bon

1-2. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.

3-7. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : spicules de spongiaires (**Spi.**), foraminifères benthiques (**Ben.**, **Textularia**, **Ammonia**, **Nummofalotia**), bivalves (**Biv.**), bioclastes indéterminés (**Bioc.**) et pelloïdes (**Pel.**).

Type : G3 (622-2), correspondance probable avec le type D202 (Delvigne, 2016).

Dénomination : silex marin évolué des sables du Bourbonnais.

Origine stratigraphique primaire : Aalénien-Bajocien.

Origine stratigraphique secondaire : Plio-Quaternaire (Sable du Bourbonnais).

Origine géographique primaire : région du Charollais-Brionnais-Roannais probable.

Origine géographique secondaire : Les Chenots, Le Pin (interfluve Besbre-Loire)

Type de silicification : silex marin.

Encaissant : bio-calcarénite.

Milieu de dépôt : plate-forme externe, assez agitée.

Habitus : galets pluri-centimétrique à décimétrique et rognon thalassinoides.

Cortex : *inframillimétrique* à millimétrique, usure et cimentation forte, présence fréquente de cupules de choc, racines de coup d'ongle et cônes de pression. Nous avons observé également une rugosité faible à nulle et des lustrés fluviaux moyen à fort. Certains échantillons présentent un néocortex gris très épais (pluri-centimétrique), poreux et présentant des taches d'oxydations, la zone silicifiée est alors très réduite.

Néocortex : alluvions anciennes.

Limite cortex / zone silicifiée : nette, présentant fréquemment un liseré sous-corticale (5 ; noire ou rouge ; millimétrique à *inframillimétrique*).

Zones : 3 à 4 zones (1, 4 et 5 ou 1, 3, 4 et 5).

Zone silicifiée :

Épaisseur : centimétrique à pluricentimétrique.

Pétrofabrication : 30-40%

Structure : homogène.

Composante détritique : absente.

Composante chimique : rares pelloïdes (150-200 µm ; sph. 0,5 ; arr. 0,9).

Composante biologique : fréquents débris de spongiaires (*inframillimétrique*), très rares fragments millimétriques de polypiers, rares fragments de radioles, très rares foraminifères benthiques unisériés, bisériés (*Textularia* sp.) et planispiralés (*Lenticulina* sp. ou *Rotaliina* sp.) et fragments de bivalves (millimétriques). Les microfossiles sont souvent fragmentés.

Autre : rien à signaler.

Minéralogie : fréquents intraclastes blancs plutôt anguleux (150-200 µm ; sph. 0,7 ; arr. 0,3), rares petits intraclastes blancs sub-arrondis (<50 µm ; sph. 0,3 ; arr. 0,3)

Tri : bon

Répartition : homogène

Couleur initiale : inconnue.

Couleur acquise : brune à orangé (blonde)

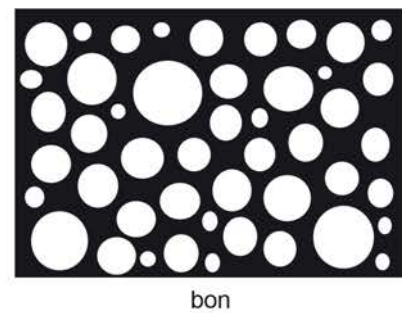
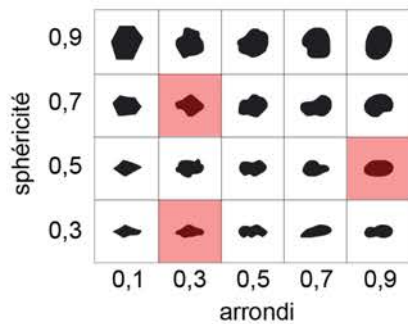
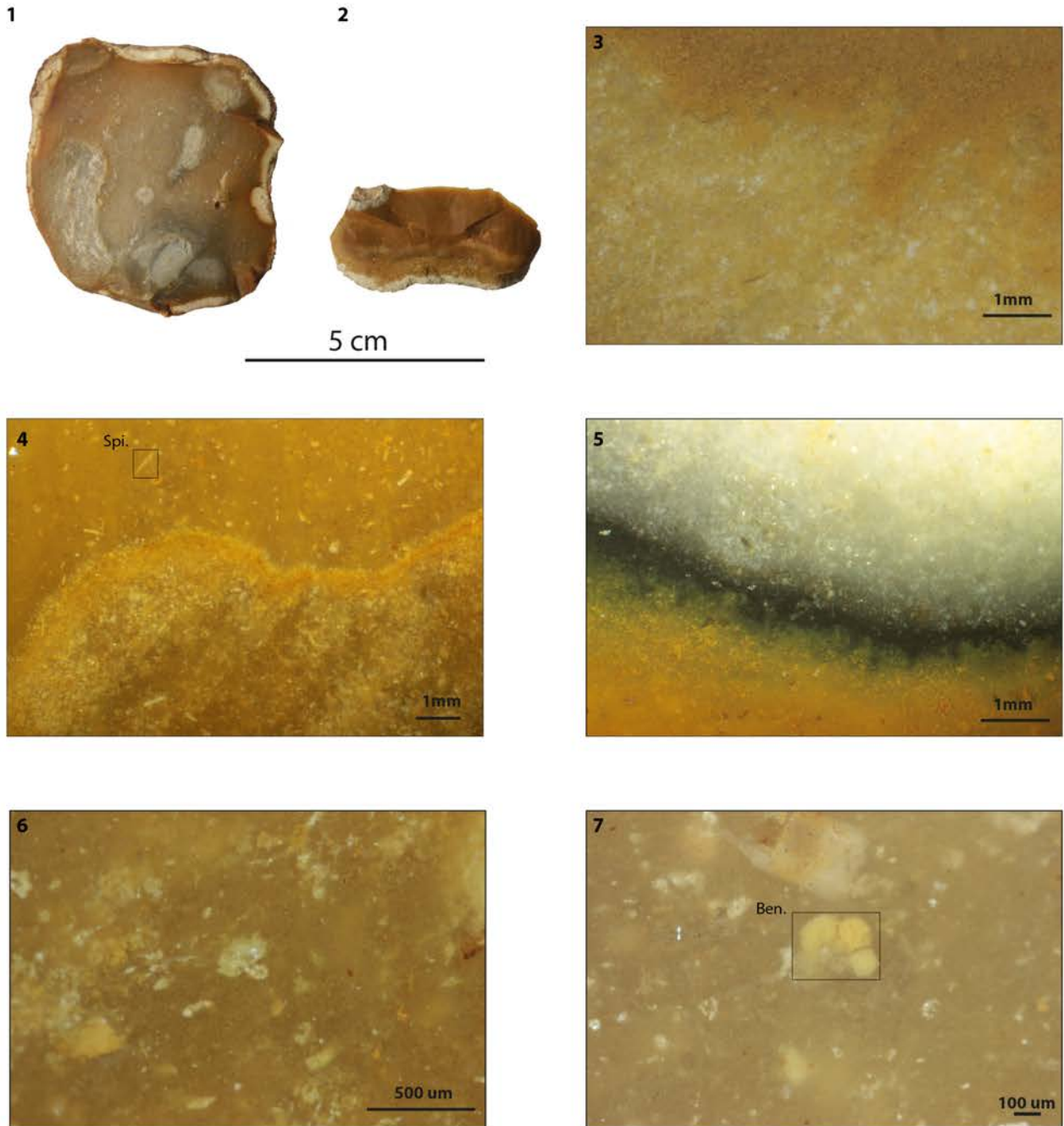
Porosité et poronécrose : intraparticulaire fréquente (remplissage par de la silice limpide).

Rugosité : moyenne à faible.

Altération : matrice souvent très altérée (jaunissement de la matrice et des éléments), présence de zones moins bien silicifiées (4 ; centimétrique à pluri-centimétrique). Nous pensons que l'altération rouge à orangé de la matrice pourrait être liée à un temps de résidence dans les argiles à silex, la présence de zonations à proximité du cortex étaye également cette hypothèse. Notons la présence (sur certains blocs) d'une dissolution partielle de la matrice siliceuse remplacée par une trame à micro-quartz, cela avait déjà été signalés par M. Piboule (Piboule et al., 2018 ; Delfour et al., 1990).

Bibliographie : Delvigne, 2016 ; Delfour et al., 1990 ; Piboule et al., 2018.

Dénomination : silex marin évolué, correspond probablement au type D202 (Delvigne, 2016)
Type : 622-2 (G3)



1-2. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.

3-7. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : spicules de spongiaires (**Spi.**) et foraminifère benthique (**Ben.**).

Type : G5 (599-4-1)

Dénomination : silex marin remobilisé.

Origine stratigraphique primaire : Aalénien-Bajocien.

Origine stratigraphique secondaire : Eocène, Plio-Quaternaire (Sable du Bourbonnais).

Origine géographique primaire : Brionnais probable (région de Charlieu).

Origine géographique secondaire : Moyenne vallée de la Loire.

Type de silicification : silex marin (remobilisé en silcrète pédogénétique).

Encaissant : bio-calcarénite.

Milieu de dépôt : plate-forme externe, assez agitée (remobilisé en domaine continental).

Habitus : galets décimétriques.

Cortex : millimétrique, usure et cimentation forte, rugosité nul, présence de cupules de choc, racines de coup d'ongle et cônes de pression. Nous avons observé également des lustrés fluviaux fort.

Néocortex : alluvions anciennes.

Limite cortex / zone silicifiée : nette.

Zones : 2 zones (1 et 5).

Zone silicifiée :

Épaisseur : centimétrique à pluricentimétrique.

Pétrofabrication : 40-50%.

Structure : homogène, clastique.

Composante détritique : fréquents quartz sub-arrondis (sph. 0,5 ; arr. 0,7).

Composante chimique : absente.

Composante biologique : fréquents débris de spongiaires (200-500µm), rares filaments de lithophyllum (inframillimétrique), rares fragments de radioles (millimétrique), très rares foraminifères benthiques unisériés (*Nodosaria* sp.) et rares fragments de bivalves et ostracodes (fragments *inframillimétriques*). Les microfossiles sont souvent fragmentés.

Autre : fentes de dessiccations, circulation d'eau au sein de la matrice.

Minéralogie : fréquents petits intraclastes blancs (50-150 µm ; sph. 0,7 ; arr. 0,5).

Tri : bon

Répartition : homogène

Couleur initiale : inconnue.

Couleur acquise : brun-gris à orangé (blonde).

Porosité et poronécrose : intercrystalline, de fracture (remplissage par de la silice limpide) et fenestré. La macroporosité est issue de la remobilisation de la matrice lors de phase postérieur, affleurement de la formation et remobilisation de la silice par des phénomènes d'infiltration d'eau (domaine continental, à l'Eocène ?).

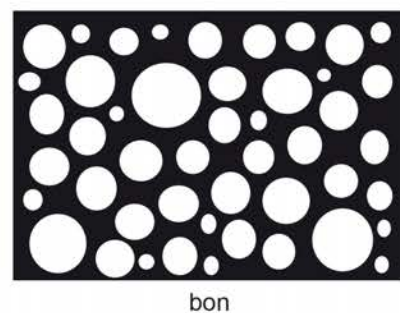
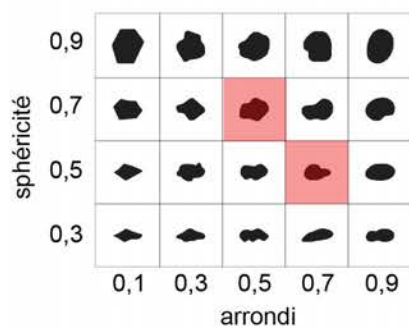
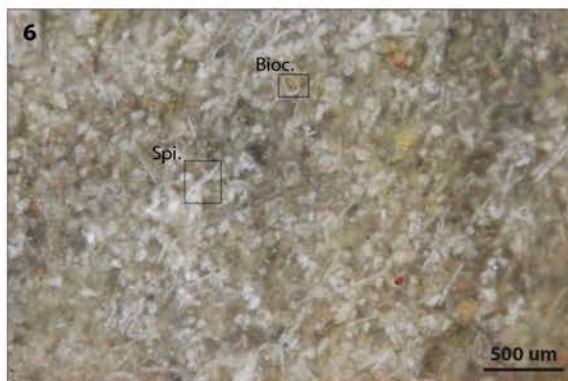
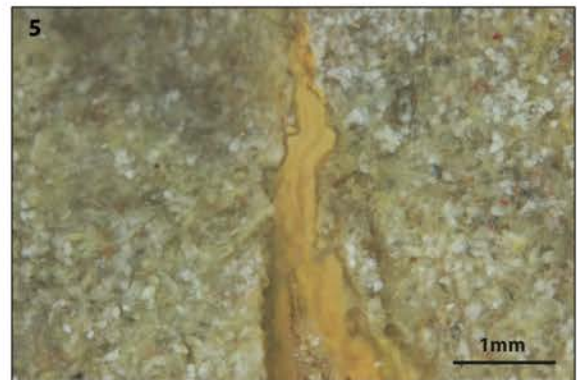
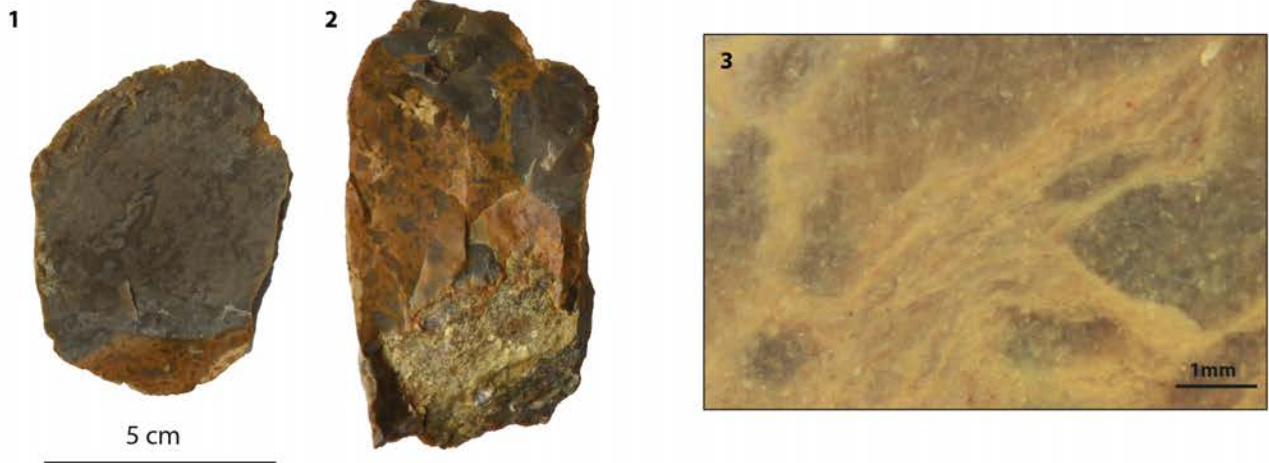
Rugosité : faible.

Altération : matrice souvent altérée (jaunissement de la matrice et des éléments) et remobilisation de la zone siliceuse postérieurement à sa formation (observation de fentes d'illuviations).

Bibliographie :

Dénomination : silex marin remobilisé (transformé en silcrète)

Type : 599-4-1 (G5)



1-2. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.

3-7. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : spicules de spongiaires (**Spi.**) et bioclastes indéterminés (**Bioc.**).

Type : G6 (599-5)

Dénomination : silex marin oolithique des Sables du Bourbonnais.

Origine stratigraphique primaire : Aalénien-Bajocien.

Origine stratigraphique secondaire : Plio-Quaternaire (Sable du Bourbonnais).

Origine géographique primaire : régions du Charollais-Brionnais-Roannais probable.

Origine géographique secondaire : Les Piéguts, Coulanges (interfluve Besbre-Loire probable).

Type de silicification : silex marin.

Encaissant : oo-calcarénite.

Milieu de dépôt : plate-forme interne, peu profond et assez agité (barrière oolithique).

Habitus : galets pluri-centimétrique.

Cortex : *inframillimétrique*, usure et cimentation forte, présence fréquente de cupule de choc, racine de coup d'angle et cône de pression. Nous avons observé également une rugosité de la surface naturelle : faible à nulle et des lustrés fluviaux moyen à fort.

Néocortex : alluvions anciennes.

Limite cortex / zone silicifiée : nette.

Zones : 2 zones (1 et 5).

Zone silicifiée :

Épaisseur : centimétrique.

Pétrofabrication : 40-50%

Structure : oolithique.

Composante détritique : clastes blancs peu roulés (200-500 μm ; sph. 0,7 ; arr. 0,3-0,5).

Composante chimique : abondants oolithes homométrique (300-500 μm) monoclésés, morphologie ovoïde à sphérique.

Composante biologique : rares valves d'ostracodes isolées et fragments de bivalves (fragments *inframillimétriques*).

Autre : rien à signaler.

Minéralogie : absente.

Tri : très bon.

Répartition : homogène

Couleur initiale : indéterminée.

Couleur acquise : brune à orangé (blonde).

Porosité et poronécrose : intraclastique fréquente (le cœur des oolithes est fréquemment dissous et rempli par des micro-quartz).

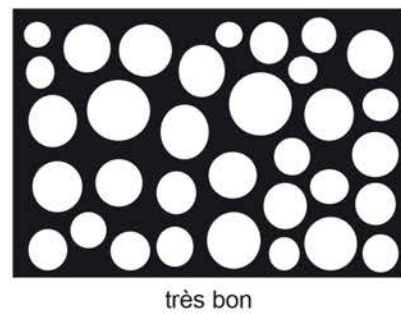
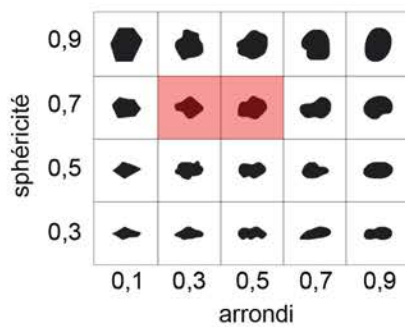
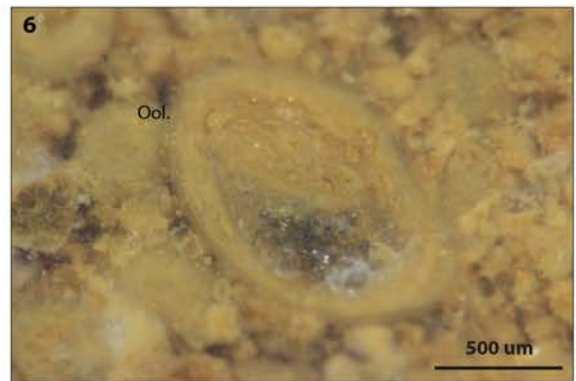
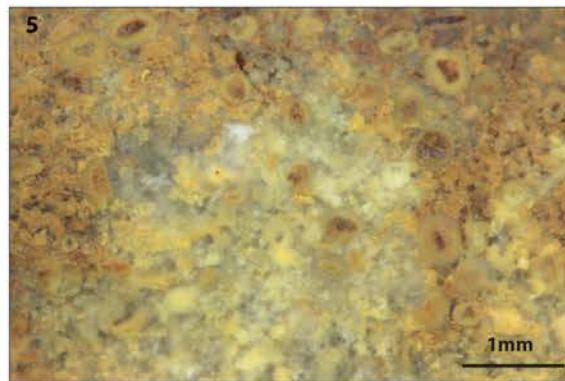
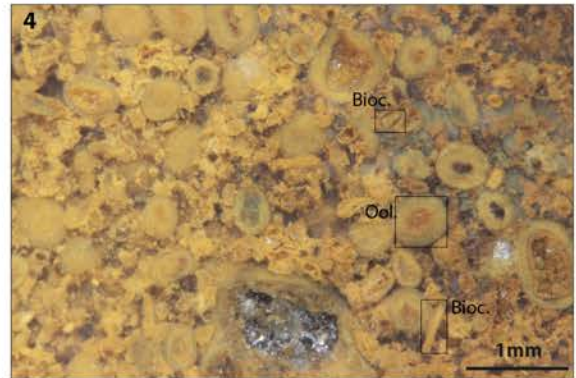
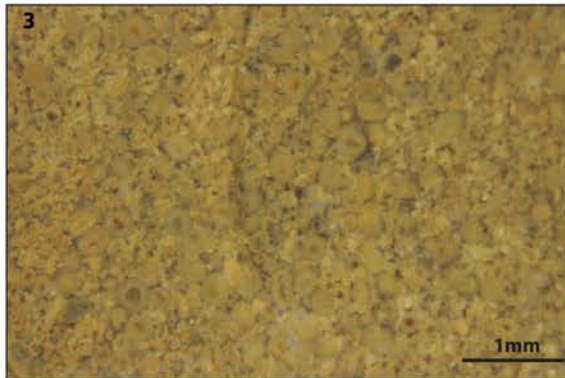
Rugosité : moyenne à forte.

Altération : matrice et oolithes altérée (jaunissement). Nous pensons que l'altération rouge à orangé de la matrice pourrait être liée à un temps de résidence dans les argiles à silex.

Bibliographie :

Dénomination : silex marin oolithique, des sables du Bourbonnais.

Type : 599-5 (G6).



1. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.

2-6. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : oolithes (**Ool.**) et bioclastes indéterminés (**Bioc.**).

Type : G1 (621-1-1)

Dénomination : silex bioclastique de Montaigu-le-Blin, dénommé opale verte par M. Piboule.

Origine stratigraphique primaire : Miocène inférieur (Aquitaniens).

Origine stratigraphique secondaire : indéterminée.

Origine géographique primaire : région de la Forterre, les Communes, Montaigu-le-Blin (Allier).

Origine géographique secondaire : région de La Forterre, les Communes, Montaigu-le-Blin (Allier).

Type de silicification : silex palustre.

Protolithe : calcarénites à masses concrétionnées.

Milieu de dépôt : palustre assez calme, bord de bassin, peu profond.

Habitus : rognon régulier pluri-décimétrique

Cortex : fin (inframillimétrique), blanc, siliceux, porosité moyenne et azoïque. Notons également une usure et une cimentation forte.

Néocortex : de colluvion.

Limite cortex / zone silicifiée : diffuse, pas de liseré sous corticale.

Zones : 2 zones (1 et 5).

Zone silicifiée :

Épaisseur : pluricentimétrique à décimétrique.

Pétrofabrication : 30-40%

Structure : bioclastique à micro-bréchiue (témoin de l'ancienne structure de sol).

Composante détritique : nombreux quartz arrondis (sph. 0,9 ; arr. 0,7) et intraclastes sub-arrondis (sph. 0,7 ; arr. 0,5 ; 100 à 200 µm).

Composante chimique : rares concentrations de pelloïdes (100-200 µm ; sph. 0,9 ; arr. 0,9)

Composante biologique : rares fragments de stromatolithes de type LLH-S (probable), fréquents gastéropodes (Hélicidés) entiers ou fragmentés (millimétriques) et ostracodes entiers, présence de très rares typhas (traces de racines probables).

Autre : rien à signaler.

Minéralogie : clastes blancs (4 ; carbonates probables ; 50-100 µm ; sph. 0,7 ; arr. 0,5) et formes dendritiques indéterminés (millimétriques).

Tri : modéré.

Répartition : hétérogène, zones de concentrations en bioclastes.

Couleur initiale : grise.

Couleur acquise : verte.

Porosité : intraparticulaire fréquente (remplissage par de la silice limpide).

Rugosité : faible à moyenne.

Altération : très fréquentes gélidissjonction des blocs, rares patine orangée (1) reprenant les fentes de dessiccations et structures stromatolithiques, fréquents encroutements noirs (2 ; ponctuations et dendrites).

Bibliographie :

**Dénomination : silex lacustre bioclastique de Montaigu-le-Blin, dénommé opale verte par M. Piboule.
Type : 621-1-1 (G1)**



1-2. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.

3-7. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : ostracodes (**Ost.**), traces de racines (**Rac.**), péloïdes (**Pel.**) gastéropodes (**Helicidés**) et stromatolithes (**Str.**).

Type : G1-1 (621-1-2)

Dénomination : silex rubané à formations stromatolithiques de Montaigu-le-Blin.

Origine stratigraphique primaire : Miocène inférieur (Aquitaniens).

Origine stratigraphique secondaire : indéterminée.

Origine géographique primaire : région de la Forterre, les Communes, Montaigu-le-Blin (Allier).

Origine géographique secondaire : région de La Forterre, les Communes, Montaigu-le-Blin (Allier).

Type de silicification : silex lacustre.

Protolithe : calcarénites à masses concrétionnées.

Milieu de dépôt : lacustre assez calme, bordure de bassin.

Habitus : rognon régulier pluri-décimétrique.

Cortex : fin (inframillimétrique), blanc, siliceux. Notons également une usure et cimentation forte.

Néocortex : de colluvion.

Limite cortex / zone silicifiée : diffuse, pas de liseré sous corticale.

Zones : 2 zones (1 et 5)

Zone silicifiée :

Épaisseur : pluricentimétrique.

Pétrofabrique : 30-40%

Structure : litée, lits bioconstruits (1 et 2 ; imprégné d'oxydes de fer) et matrice verte homogène.

Composante détritique : rares quartz détritiques arrondis (sph. 0,9 ; arr. 0,7) et intraclastes anguleux (sph. 0,7 ; arr. 0,5 ; 100 à 200 µm).

Composante chimique : absente.

Composante biologique : fréquents stromatolithes encroûtant de type LLH-C (probable) et rares ostracodes entiers.

Autre : rien à signaler.

Minéralogie : clastes blancs (carbonates probables ; 50-100 µm ; sph. 0,7 ; arr. 0,7) et formes dendritiques indéterminés (millimétriques).

Tri : faible.

Répartition : homogène.

Couleur initiale : grise.

Couleur acquise : verte.

Porosité : intraparticulaire fréquente (remplissage par de la silice limpide et des oxydes de fer).

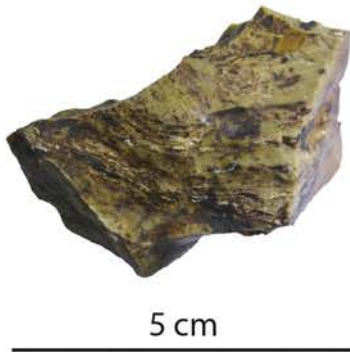
Rugosité : faible.

Altération : très fréquentes gélidissjonction des blocs et imprégnations des structures stromatolithiques par des oxydes de fer (1 et 4).

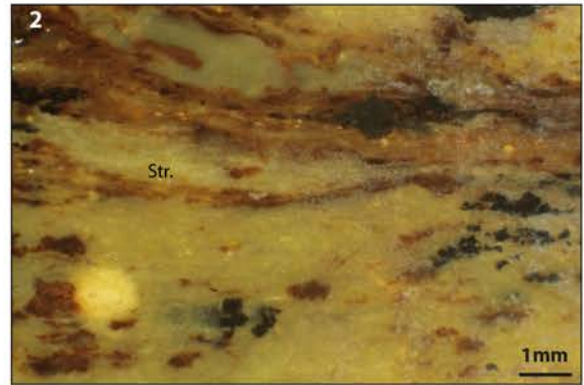
Bibliographie :

Dénomination : silex rubanée stromatolithique de Montaigu-le-Blin
Type : 621-1-2 (G1-1).

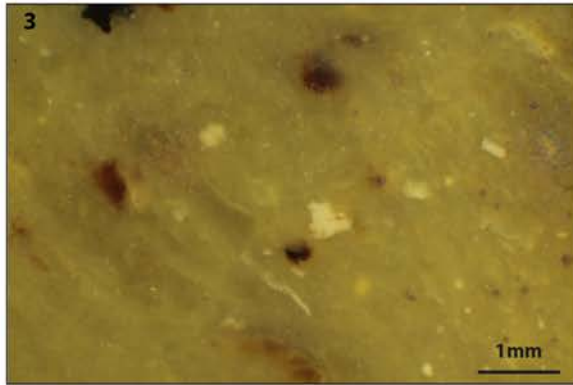
1



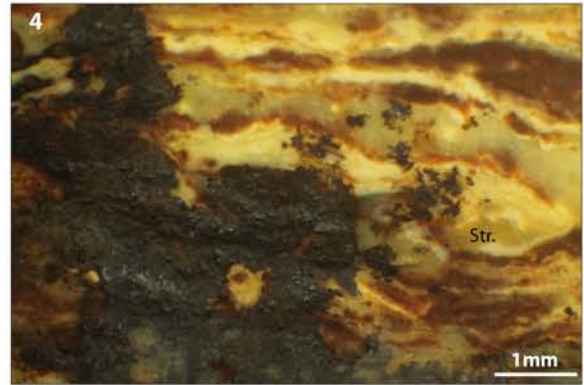
2



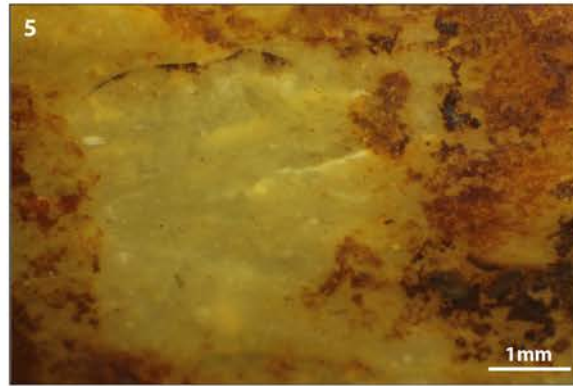
3



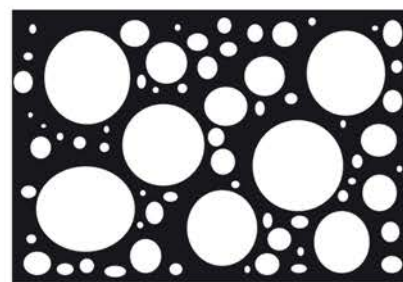
4



5



| | | | | | | |
|------------|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
| sphéricité | 0,9 | | | | | |
| | 0,7 | | | | | |
| | 0,5 | | | | | |
| | 0,3 | | | | | |
| | | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| | | arrondi | | | | |



faible

1. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.
 2-5. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : stromatolithes (**Str.**).

Type : G4 (599-3-1)

Dénomination : silcrète pédogénétique à gravelles hétérométriques.

Origine stratigraphique primaire : fin-Oligocène/début-Miocène.

Origine stratigraphique secondaire : Plio-Quaternaire (Sables du Bourbonnais et alluvions de la Vouzance et probablement de la Loire).

Origine géographique primaire : environ d'Estrées, Molinet.

Origine géographique secondaire : Estrées, Molinet ; basse vallée de la Vouzance et moyenne vallée de la Loire (probable).

Type de silicification : silcrète pédogénétique.

Encaissant : calcarénite.

Milieu de dépôt : domaine continental.

Habitus : rognon régulier.

Cortex : épaisseur *inframillimétrique*, usure et cimentation moyenne, présence très rares cupules de choc. Nous avons observé également une rugosité de la surface naturelle moyenne. Le néocortex présente des taches d'oxydations et un encroutement ferreux.

Néocortex : de colluvions.

Limite cortex / zone silicifiée : nette.

Zones : 2 zones (1 et 5).

Zone silicifiée :

Épaisseur : pluricentimétrique.

Pétrofabrication : 40-50%

Structure : bréchique.

Composante détritique : fréquents quartz arrondis (200-500 μm ; sph. 0,7 ; arr. 0,7)

Composante chimique : fréquentes gravelles (millimétriques à pluri-millimétriques ; sph. 0,9 ; arr. 0,9) et oncolithes (millimétriques).

Composante biologique : probables formes stromatolithiques encroustantes (concrétions algales ?) et très rares tiges de végétaux (characées et typha probable).

Autre : rien à signaler.

Minéralogie : fréquents intraclastes blancs peu arrondis (100-200 μm ; sph. 0,7 ; arr. 0,5), lithoclastes calcaires anguleux (pluri-millimétriques ; sph. 0,7 ; arr. 0,3), rares regroupement de très petits cristaux de pyrite (<50 μm).

Tri : modéré

Répartition : homogène

Couleur initiale : noire à grise.

Couleur acquise : absente.

Porosité et poronécrose : intraclastique fréquente (remplissage par de la silice limpide), plus rarement géodique (tapissé de quartz automorphes), fenestrée et de fracture.

Rugosité : moyenne à forte.

Altération : absente.

Observation : nous pensons que ce type appartient aux mêmes formations que le type G7 (silex de Tilly ; brièvement décrits dans Piboule et al., 2018), à savoir g3-m1a(2) dénommé : « Marnes et argiles vertes, beiges, blanchâtres ou jaunâtres, accessoirement calcaires localement détritiques (Oligo-miocène) » par les géologues.

Bibliographie : Piboule et al., 2018.

Dénomination : silcrète pédogénétique à gravelles hétérométriques

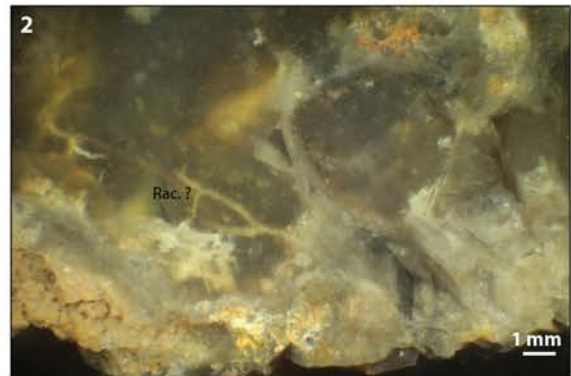
Type : 599-3-1 (G4)

1



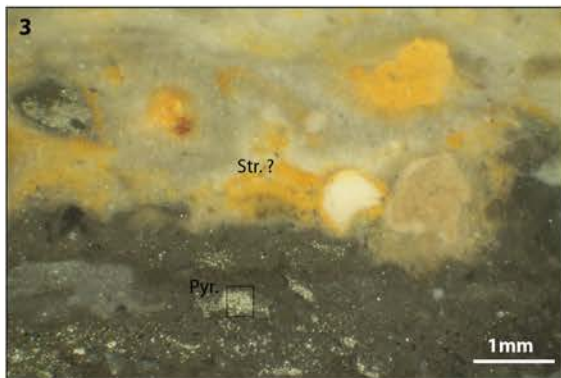
5 cm

2



1 mm

3



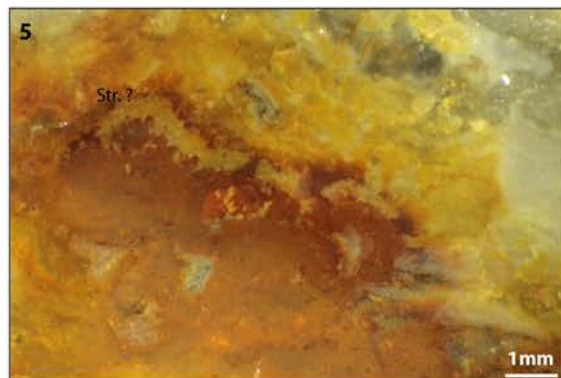
1 mm

4



1 mm

5



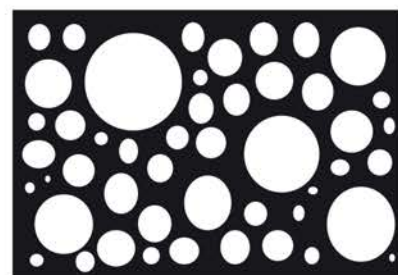
1 mm

6



1 mm

| | | | | | | |
|------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0,9 | | | | | |
| sphéricité | 0,7 | | | | | |
| | 0,5 | | | | | |
| | 0,3 | | | | | |
| | | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| | arrondi | | | | | |



modéré

1. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.

2-5. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : traces de racines (**Rac.**), stromatolithes (**Str.**) et cristaux de pyrite (**Pyr.**).

6. Vue mésoscopique, échantillon géologique : néocortex (probablement de colluvions).

Type : G7 (599-7).

Dénomination : silex lacustre à oncolithes et gastéropodes ; dits « silex de Tilly » (Bailleau, 1872 ; Delporte, 1968 ; Piboule et al., 2018).

Origine stratigraphique primaire : fin-Oligocène/début-Miocène.

Origine stratigraphique secondaire : Plio-Quaternaire.

Origine géographique primaire : environ de Tilly, Saligny-sur-Roudon.

Origine géographique secondaire : Tilly, Saligny-sur-Roudon (ruisseau du Balinet) ; basse vallée du Roudon et moyenne vallée de la Loire (probable).

Type de silicification : silex lacustre.

Encaissant : calcarénite.

Milieu de dépôt : domaine lacustre peu profond et peu agité.

Habitus : rognon régulier.

Cortex : centimétrique à millimétrique, détritique, présence d'oncolithes, dissolution hétérogène du cortex carbonaté (présence de vide de dissolution), plages de silice néoformées, pas de trace de remaniement ou de choc.

Néocortex : de colluvion.

Limite cortex / zone silicifiée : nette.

Zones : 3 zones (1, 4 et 5).

Zone silicifiée :

Épaisseur : pluricentimétrique.

Pétrofabrication : 40-50%

Structure : pélétoïde à clastique.

Composante détritique : fréquents éléments arrondis blancs (200-500 µm ; sph. 0,9 ; arr. 0,5-0,9), fréquents petits clastes blanc sub-arrondis (100-150 µm ; sph. 0,5 ; arr. 0,9).

Composante chimique : abondantes oncolithes ovoïdes à sphériques (millimétrique à plurimillimétrique).

Composante biologique : fréquents gastéropodes (500 µm à 1 mm, Limnées sp. et Planorbes sp.) et rares formes stromatolithiques encroûtantes (concrétions algales probables).

Autre : floculations blanches de formes variables.

Minéralogie : fréquents intraclastes blancs peu arrondis (500 µm à 1 mm ; sph. 0,7 ; arr. 0,3), il s'agit probablement de clastes calcaires.

Tri : modéré

Répartition : homogène

Couleur initiale : variable (blanche-grise à jaune-orangé).

Couleur acquise : inconnue.

Porosité et poronécrose : intraclastique (remplissage par de la silice limpide) et plus rarement géodique (tapissé de quartz automorphe).

Rugosité : moyenne à forte.

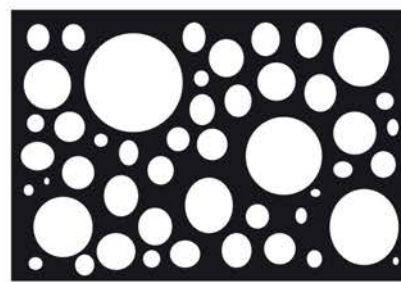
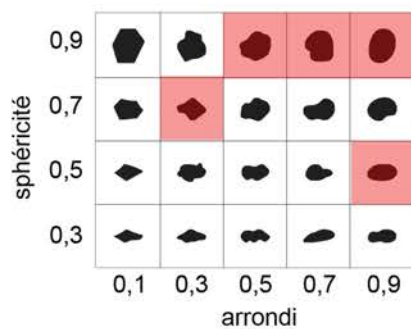
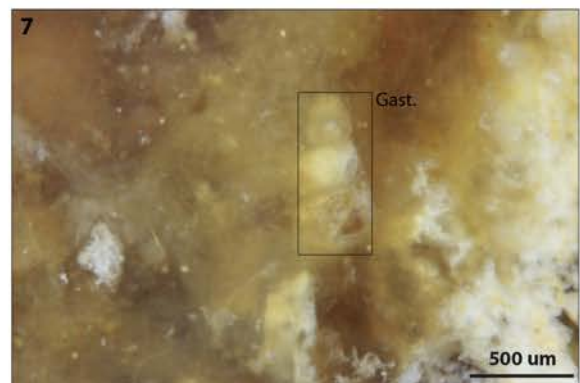
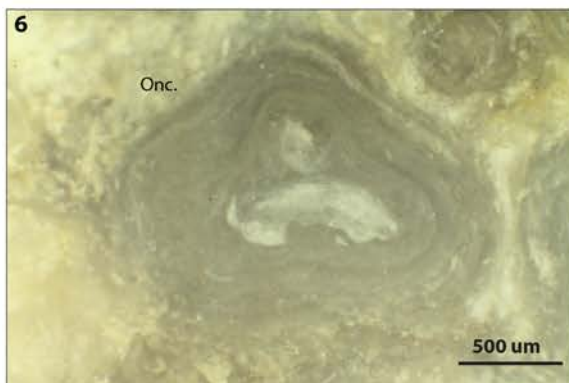
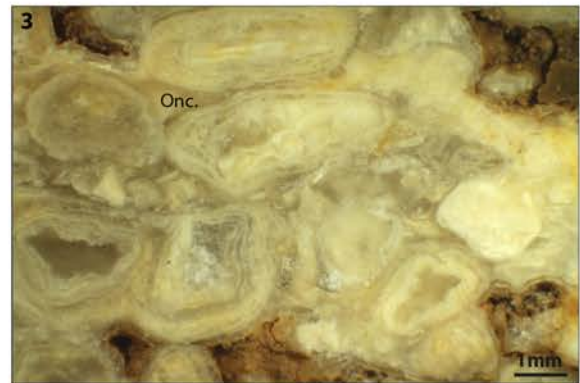
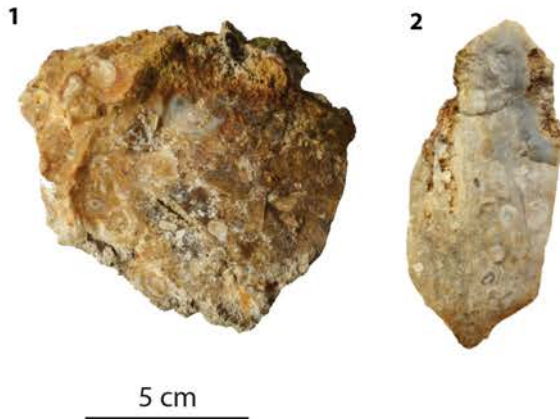
Altération : jaunissement probable de la matrice dans les colluvions.

Observation : nous pensons que ce type appartient aux mêmes formations géologiques que le type G4, à savoir g3-m1a(2) dénommé : « Marnes et argiles vertes, beiges, blanchâtres ou jaunâtres, accessoirement calcaires localement détritiques (Oligo-miocène) » par les géologues.

Bibliographie : Bailleau, 1872 ; Delporte, 1968 ; Piboule et al., 2018.

Dénomination : silex lacustre à oncolithes et gastéropodes ; dits « silex de Tilly » (Bailleau, 1872 ; Delporte, 1968 ; Piboule *et al.*, 2018)

Type : 599-7 (G7)



modéré

1-2. Vue macroscopique, échantillon géologique de comparaison.

3-7. Vue mésoscopique, échantillons géologiques : oncolithes (**Onc.**) et gastéropodes (**Gast.**).

3.2.5. Conclusion temporaire et perspectives

Les travaux de terrain réalisés dans le cadre de cette prospection 2019 apportent de nouvelles données sur les matières premières siliceuses en Allier. Nous avons effectué un échantillonnage systématique des galets issus des niveaux à cailloutis, des sables et argiles du Bourbonnais sur l'interfluve Besbre-Loire, ce qui a permis de mettre en évidence quatre types de silicites (G2, G3, G5 et G6). Ainsi, cela réhabilite ces galets siliceux, jusqu'alors connus sous le terme générique de « chailles jurassiques ». Nous montrons également une origine plurielle des galets et proposons, comme hypothèse de travail, des sources relativement proximales. Notamment la zone située sur l'interfluve Arçonce-Sornin (affluents en rive droite de la Loire) et limitée à l'Est par les monts du Beaujolais. Nous prévoyons pour l'an prochain un travail similaire à celui-ci mais localisé dans le val d'Allier, depuis la confluence Sioule-Allier (Monétay-sur-Allier) et jusqu'aux environs de la confluence Bieudre-Allier (le Veudre). Celui-ci permettra de comparer les types de galets entre les deux sous-bassins : Allier et Loire.

Des niveaux siliceux issus des formations de l'Oligo-miocène ont également été identifiés : dans le golfe d'Ebreuil, en Limagne bourbonnaise, en Forterre et en Sologne bourbonnaise et 4 types (G1, G1-1, G4, G7) ont pu être caractérisés. Il s'agit de silicifications d'origine continentale à lacustre, sur les marges des grands bassins tertiaires. Les silicites proviennent tantôt de la base de la séquence oligocène (S3 ; Wattine, 2004) pour le faciès de silcrète identifié à Ebreuil, tantôt du sommet (S5-S4 ; Wattine, 2004), dans le cas des silex lacustres de Forterre (G1 et G1-1) et de Sologne bourbonnaise (G4 et G7). Nous pensons continuer cette recherche de silicites en Limagne bourbonnaise l'an prochain. Mais nous souhaitons également prospecter les niveaux calcaires de la région de Saint-Menoux et de Coulevre.

Ce travail de caractérisation analytique des géomatériaux porte ses fruits puisque plusieurs types de silicites ont pu être caractérisés à la suite de ces prospections. Nous continuerons donc ces recherches lors des années futures et souhaitons investir spécifiquement la région de Coulevre (carte géologique Lurcy-Lévis, n°574) puisque plusieurs niveaux siliceux sont signalés, allant du Trias à l'Oligocène en passant par le Jurassique. Nous chercherons également à suivre la chaîne évolutive de ces matériaux à travers le réseau hydrographique (bassin de la Bieudre) et les formations quaternaires, qui contiennent vraisemblablement ces roches siliceuses.

3.3. RAPPORT DE REPRISE DE LITHOTHÈQUE, CITÉ DE LA PRÉHISTOIRE D'ORGNAC L'AVEN : INVENTAIRE ET CARACTÉRISATIONS.

(P.A. BEAUVAIS, A. KHERDOUCHE)

Ce travail fait suite aux premiers résultats d'Inventaire et de Caractérisation de la lithothèque de la Cité de la Préhistoire d'Orgnac l'Aven, fournis l'année passée (Fernandes *et al.*, 2018). Il a été effectué sous la direction de P. Guillermin avec la collaboration de P. Barth et F. Prudhomme et sous le suivi scientifique de membres du PCR (P. Fernandes et V. Delvigne). Il avait comme premier objectif de livrer un état actualisé des différents échantillons disponibles. Un premier travail de caractérisation des échantillons barrémo-bédouliens d'Ardèche a été réalisé au cours de l'année 2018 en prenant appui sur la documentation scientifique préexistante (Fernandes 2012 ; Fernandes *et al.*, 2011 ; 2014 ; Delvigne 2016). Ce premier travail nous a permis d'acquérir les bases d'une formation en pétroarchéologie sous la direction de P. Fernandes et V. Delvigne ; cette dernière devant se poursuivre au cours des années à venir. L'objectif de ce récolement était non seulement d'approfondir les données sur les échantillons de gîtes déjà disponibles en lithothèque, mais aussi de renouveler certains échantillons au sein des mêmes faciès gîtologiques. Ces nouvelles caractérisations ont été menées en aval suite à de nouvelles prospections.

3.3.1. Méthode

Le bilan 2019 du volet « Inventaire » concerne la documentation préexistante et dresse un état général des échantillons disponibles à l'étude. Il s'agissait de reprendre le rangement de ces gîtes, vérifier la pertinence des échantillons et leur niveau de traitement. Tous les gîtes retenus suite à ce travail ont été intégrés dans un seul et même inventaire général qui servira pour l'ensemble de la lithothèque : CPO_Inventaire général 2019 (Figure 33.1). Cet inventaire général est à la base de toutes les informations de classement et de récolement de la lithothèque. Il est destiné à être actualisé en permanence au fil des travaux.

| Colonne | Plateau | Département | Nom du Plateau | n° de gîte CPO | Commune | Echantillon F. Prudhomme | N Echantillons | Auteur de la collecte |
|---------|---------|-------------|--|--|----------------|--------------------------|----------------|--|
| 2 | 26 | Ardèche | Larnas, Montbeau; Saint-Montan, Elieux | CPO_LNS_028 Montbeau-Serre de Vinson CPO_ELX_036 | Larnas, Elieux | | 8 | B. Gely; Inconnu |
| 2 | 27 | Ardèche | Rochecolombe, Les Baux | CPO_RCLB_012 Les Baux | Rochecolombe | 07_org_061 | 13 | P. Barth |
| 2 | 28 | Ardèche | Lagorce Le Charnier-Le Coulet | CPO_LG_013 Le Charnier; CPO_LG_017 Le Coulet | Lagorce | 07_org_062 07_org_075 | 28 | P. Barth |
| 2 | 29 | Gard | Rochemaure Chenevari-Château | CPO_RCM_018 Chenevari; CPO_RCM_019 Château | Rochemaure | | 40 | M.-H. Moncel, P. Fernandes; A. Kherdouche, P.-A. Beauvais, P. Guillermin |
| 2 | 30 | Ardèche | Rochemaure Meysse, Les Videaux | CPO_RCM_020 Meysse CPO_RCM_021 Les Videaux | Rochemaure | | 7 | M.-H. Moncel, P. Fernandes |

Figure 33.1 : Extrait du fichier d'inventaire général des gîtes (CPO_Inventaire_général), Lithothèque Cité de la Préhistoire, Orgnac l'Aven.

L'axe méthodologique qui a été mis en place s'inscrit dans la lignée des travaux développés par l'école Thématique Silex (D. Binder et P. Fernandes dir.) autour de la création de fiches (fiche terrain et fiches de caractérisation pétrographique, gîtologique). L'harmonisation de ces méthodes a ainsi permis de distinguer des gîtes comme point de départ des référentiels. Cette approche gîte-centrée a été adaptée au système préexistant d'Orgnac reposant sur des échantillons ; l'objectif étant de faire le lien entre le système de classement réalisé à la



Figure 33.2 : Numérotation de gîte de la lithothèque CPO (photo A. Kherdouche).

lithothèque d'Orgnac et le système homogénéisé du PCR ARA autour de trois fiches. Un fichier général d'inventaire a donc été créé à partir de numéros de gîte comprenant les 3 lettres du gîte et son numéro (p. ex. CPO_LG_013 ; ici, Figure 33.2). A chaque gîte correspond une liste d'échantillons qui font eux-mêmes l'objet d'un numéro de classement prenant en compte le numéro de gîte (p.ex. CPO_LG_013) et un numéro de 1 à l'infini (p.ex. CPO_LG_013.1).

Pour chaque gîte est disponible un relevé IGN de la zone de collecte, un relevé de carte BRGM de la zone concernée et parfois différentes photos de mise en contexte du gîte. Pour chaque numéro d'échantillon est disponible une ligne d'entrée dans la BDD réunissant la fiche gîtologique et pétrographique, une fiche terrain, une photo macroscopique de l'échantillon et parfois une à plusieurs photos mésoscopiques des surfaces corticales et de la zone interne.

L'ensemble des échantillons rangés par gîtes et regroupés en tiroirs d'un meuble portoir divisé en deux parties. Les colonnes 1 à 4 concernent les gîtes des départements de Gard-Ardèche, les colonnes 5 à 7 concernent des gîtes d'autres départements (Figure 33.3). La documentation est disponible sur demande dans le serveur général de la Cité de la Préhistoire, mais également en archives papier.

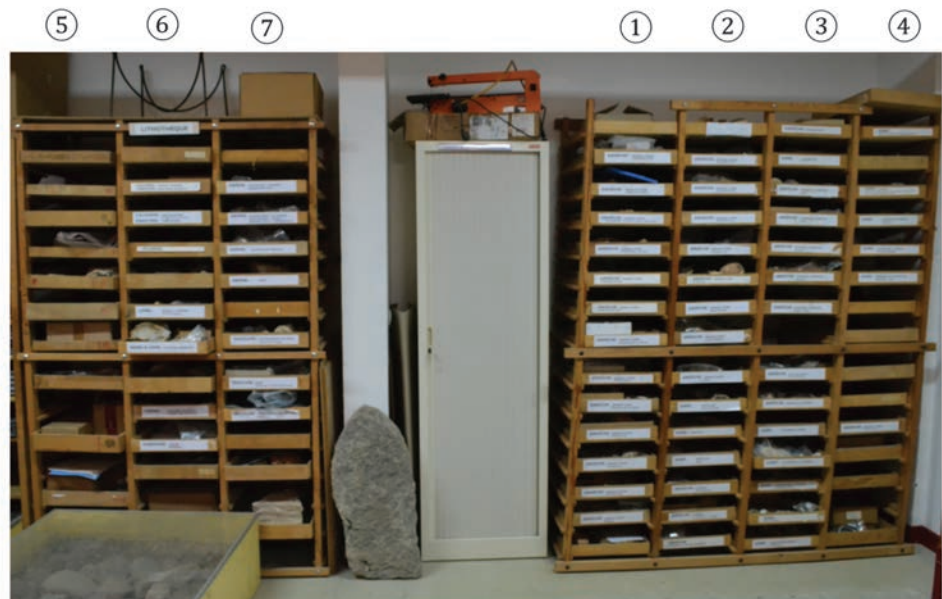


Figure 33.3 : Rangement physique des échantillons et agencement de la Lithothèque CPO (photo A. Kherdouche).

Nous choisissons ici de présenter l'ensemble des résultats issus du volet « caractérisation » des échantillons disponibles en lithothèque ou renouvelés au fil des prospections durant l'année 2019. L'étude met en pratique les méthodes classiques de caractérisation des matériaux siliceux à partir d'une observation macroscopique et mésoscopique à la loupe binoculaire des surfaces corticales et de la zone interne. Les photographies en mésoscopie ont été réalisées au laboratoire TRACES de Toulouse (axiocam zeiss 105).

3.3.2. Résultats

Les caractérisations d'échantillons au cours des années 2018-2019 ont porté sur les gîtes de matériaux barrémo-bédouliens lato sensu d'Ardèche. Cette étude donne une rétrospective de ces caractérisations portant sur différents gîtes en fonction de leur positionnement au sein de la chaîne évolutive des cortèges siliceux barrémo-bédouliens. Nous pouvons ainsi distinguer :

- Les gîtes à silex barrémo-bédouliens en position sub-primaire : Lagorce (Le Charnier CPO_LG_13, Terre du Charnier), Rochedolombe (Les Baux CPO_RCLB_12) ; Larnas (Mouredon, Serre de Vinson, Montbeau CPO_LNS_28)
- Les gîtes en position primaire : Vallon Pont d'Arc (La Sompe, Gorges de l'Ardèche CPO_VPA_30).
- Les gîtes en position secondaire multiple : Ensemble de Rochemaure-Cruas-Meyssse : Rochemaure (Pic de Chenevari CPO_RCM_18, Le Château CPO_RCM_19, L'Eygue CPO_RCM_29). Ensemble de Saint-Marcel d'Ardèche (Salaman-Lafare CPO_SMA_22, Belvezet-Chapelle Saint-Joseph CPO_SMA_23, Parot CPO_SMA_24, Trignan CPO_SMA_25).

Différents échantillons non contextualisés ont été écartés de l'étude : Chateaubourg (Grotte aux Ours), La Payre (Ruisseau), Saint Vincent-de-Barrès (Pierre à feu). Pour ces échantillons, l'existence d'un gîte n'est pas avérée et/ou les matériaux ont été prélevés dans des contextes anthropisés.

3.3.2.1. Gîtes en position sub-primaire de Lagorce et Rochedolombe (CPO_LG_13 ; CPO_RCLB_12)

Les gîtes des communes de Lagorce et Rochedolombe déjà référencés dans la littérature (Les Baux, référencé n°490bis in Fernandes, 2008 ; Ceysette – Le Gras – Le Bois, référencé 07-02 in Fernandes et *al.*, 2011), ont été prospectés entre 2005 et 2008 par P. Barth lors d'une campagne d'échantillonnage pour la lithothèque de la Cité de la Préhistoire d'Ornac-l'Aven (Bressy et *al.*, 2008).

Sur les trois gîtes référencés en lithothèque, deux renvoient à des matériaux barrémo-bédouliens en position sub-primaire (CPO_LG_13, Terre du Charnier ; CPO_RCLB_12, Les Baux). Le gîte du Coulet à Lagorce (CPO_LG_017) concerne des matériaux issus d'alluvions anciennes d'origine jurassique ou barrémo-bédoulien de médiocre qualité (chailles). Pour les deux premiers gîtes, les matériaux sont présents dans les calcaires à silex (n4abS) sous la forme de rognons décimétriques cérébroïdes (0865N Elmi et *al.*, 1996). L'altération corticale (faible émoussé et cimentation) et la gélifraction fréquente indiquent une collecte en position sub-primaire. La majorité des échantillons présente des surfaces fragmentées par contraintes mécaniques tectofractées

(macro-lancettes en marches d'escalier). Des stigmates (fragmentation et concassage) sont liés aux activités des dépôts de pente et au contexte de ramassage (pierriers).

On différencie au sein de ces cortèges de matériaux deux types génétiques :

- Un faciès du Barrémien supérieur montrant plusieurs stades d'évolution : la matrice originale gris-beige évolue vers une teinte blanche à forte porosité ; dans les faciès les plus évolués, la matrice est rose, à forte porosité. La teinte des allochems diffère selon les faciès d'évolution. Pour les faciès d'origine, la matrice est cryptocristalline ; l'abondance des clastes est de 20 à 40%. Les allochems (10 à 500 µm) sont répartis de manière homogène et de bon classement à intraclastes fréquents de 50 à 100 µm (sphéricité et arrondi 0.5-0.9) et fréquents rhomboédres. On signale la présence rare (1%) de quartz détritiques (100µm). Les bioclastes sont représentés par des spicules, de rares foraminifères, de possibles fragments algaux et éléments sub-sphériques. Un grand nombre d'éléments biogéniques reste indéterminé. On signale la présence importante de débris noirs identifiés comme des fragments de tiges de matière organique (tubes ligneux en section), tapissés d'éléments brun-jaune-noirs. Ces associations d'allochems correspondent à des microfaciès de bordures de plateforme externe de type F14 à foraminifères (Fernandes 2012 ; Fernandes *et al.*, 2011 ; 2014 et 2016, Delvigne 2016). Les faciès d'altération s'expriment à l'échelle macroscopique par une évolution de la structure interne : la zone interne du faciès d'origine à coloration brun-gris se réduit progressivement avec la présence progressive d'un noyau désilicifié. La teinte des allochems varie du blanc total au jaune-noir (tapissage d'éléments). Cette épigénie résulte d'une forte porosité intraclastique et d'une circulation d'éléments au cœur de la structure interne.
- Un microfaciès proche des silex bédouliens d'Ardèche est aussi représenté par un nombre réduit d'échantillons : les cortex sont *inframillimétriques* à faible altération, la matrice est bleu-grise à forte porosité et à légères zonations. La matrice est microcristalline, l'abondance est de 30%, les allochems blancs sont majoritairement représentés par des bioclastes dont des fragments de spongiaires (spicules), des foraminifères benthiques à patine noire de type *Glomospira*, *Incertae sedis* et éléments indéterminés (algues). Ces échantillons s'apparentent aux silex bédouliens de plateforme de type F121 de Viviers et Rocherenard.

3.3.2.2. Gîte sub-primaire de Larnas (Mouredon, Serre de Vinson, Montbeau CPO_LNS_28)

Les échantillons provenant de la commune de Larnas, référencés à la CPO, rassemblent 11 échantillons dont 10 rognons de silex et un bloc de calcaire siliceux. Ces échantillons proviennent de trois opérations « terrain » différentes :

Une prospection menée par B. Gély en 2007 (?) au lieu-dit Mouredon le long du chemin à l'ouest du plateau. Cette zone correspond à la bordure nord des calcaires à silex (n4aS) dans les faciès marneux du Barrémien inférieur (n4aM). La collecte systématique d'un bloc silicifié et d'un rognon très altéré a été effectuée en bordure de chemin.

Une prospection menée probablement par des membres du PCR (Bressy *et al.*, 2008 ; Fernandes *et al.*, 2011) avec la collecte de six échantillons entre

les lieux-dits Mouredon et Serre de Vinson (Figure 33.4). Les échantillons correspondent à des rognons cérébroïdes et branchus pluricentimétriques de qualité variable (fracturation interne fréquente).

Il nous a semblé important de revenir sur le terrain pour compléter les informations quant aux contextes de prélèvement, accessibilité et qualité du gîte 028 mentionné entre les lieux-dits Mouredon, Montbeau et Serre de Vinson (Bressy et *al.*, 2008).

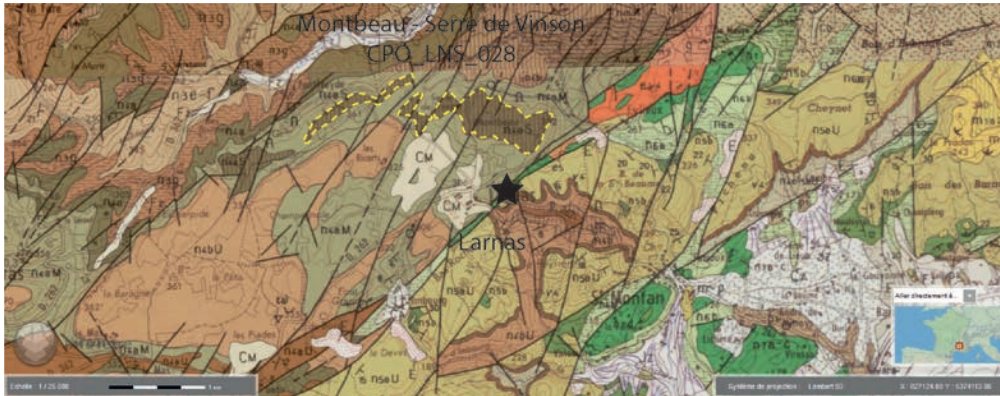


Figure 33.4 : Carte géologique de Larnas (carte BRGM modifiée)

Prospections Larnas 07/05/2019 (C. Chapignac, S. Marzin, P.-A. Beauvais, A. Lefebvre) : La zone prospectée correspond aux abords du chemin qui part du lieu-dit les Croix le long des parcelles 345 et 357 en bordure de plateau du lieu-dit Montbeau jusqu'à la Serre de Vinson (versant est). Cette zone correspond à la formation des calcaires à silex de Larnas-Fontfreyde du Barrémien supérieur n4aS (0889N Pascal et *al.*, 1989) ; le faciès marneux à Ammonites n4aM se développe tout autour. La végétation est dense (herbacées, arbustes) ; aucune coupe ni affleurement n'ont pu être identifiés. Les matériaux siliceux sont présents en surface en position sub-primaire dans deux zones :

- Au lieu-dit Montbeau, le silex est présent dans les pierriers, murs et le chemin sous la forme de petits rognons cérébroïdes ou branchus de taille pluricentimétriques. Ces rognons sont souvent dans leur encaissant calcaire. Les volumes sont irréguliers, souvent fracturés. Aucun rognon de taille décimétrique n'a pu être identifié.
- Dans la zone du Serre de Vinson située à l'ouest dans la continuité du chemin, des matériaux identiques se retrouvent aux abords du chemin et dans les pierriers.

Synthèse des données gîtologiques : ces échantillons correspondent aux matériaux siliceux du Barrémien inférieur de la formation des calcaires à silex de Larnas-Fontfreyde. Ces matériaux ont déjà fait l'objet d'un référencement de gîte : 07-02 a (Fernandes et *al.*, 2011). A première vue, les matériaux sont semblables aux rognons que l'on peut trouver à Lagorce et Rochecolombe en position sub-primaire. L'ensemble des informations relatives aux trois collectes montrent une homogénéité dimensionnelle sous forme de rognons centimétriques à décimétriques, branchus ou cérébroïdes, disponibles en position sub-primaire en surface du plateau. Le couvert végétal actuel empêche de visualiser le potentiel gîtologique et rend les conditions de collecte actuelles difficiles. Les matériaux présentent globalement une aptitude limitée à la taille : les rognons sont souvent fracturés et les dimensions des volumes s'en trouvent réduites. Les échantillons étudiés possèdent de 75 à 100% de la

surface corticale d'origine. Les cortex *inframillimétriques* à centimétriques à faible altération (cimentation absente et émoussé absent à moyen) témoignent d'une position gîtologique sub-primaire.

Synthèse des données pétrographiques : la structure interne est fréquemment partagée en deux ou trois zones séparées parfois par zonations concentriques. La couleur d'origine de la matrice est grise ; elle évolue vers des teintes beiges-brunes voire rosées avec une épigénie des allochems. Pour les faciès d'origine collectés en position primaire, la matrice est présente de rares éléments figurés répartis de manière homogène selon un tri très bon avec une abondance de 30% et une forte porosité intercrystalline (Figure 33.5). D'autres faciès issus d'une même collecte en position sub-primaire présentent une abondance de 30 à 50% et une oxydation de matrice jaune-brune. La matrice cryptocristalline est composée de petits intraclastes blancs (10 à 150µm) et de fréquents rhomboédres parfois transformés en boxworks recristallisés, et de rares grains de quartz détritiques de 20µm. La composante biogénique comprend des débris de spongiaires, de foraminifères benthiques de formes bisériés et indéterminés, et des débris noirs (Figure 33.6). On observe sur certains échantillon une dominance en foraminifères benthiques qui confirme les tendances d'enrichissement observées du Nord au Sud pour les silex barrémiens de plateforme externe du type F14 à foraminifères (Delvigne 2016 ; Fernandes 2012 ; Fernandes et *al.*, 2014 et 2016).

CPO_LNS_028_03

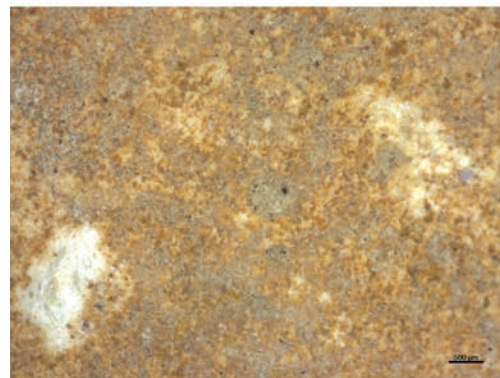


Photo 1 : Néocortex à émoussé et cimentation faibles



Photo 2 : Néocortex à émoussé et cimentation moyens à forts

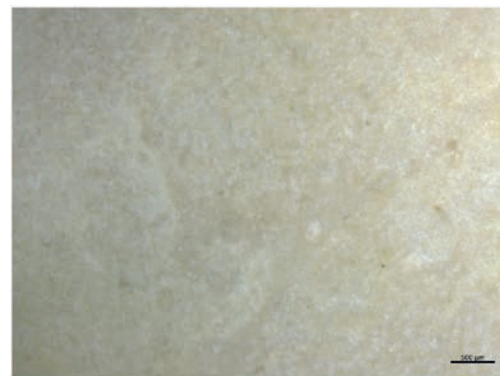


Photo 3 : Texture mudstone

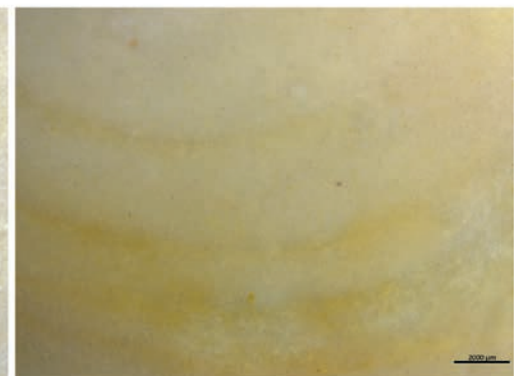


Photo 4 : Texture mudstone à zonations

Figure 33.5 : Échantillon géologique, silex barrémien en position sub-primaire (type F14), Montredon, Larnas (Clichés : P.-A. Beauvais, DAO : A. Kherdouche)

CPO_LNS_028_10

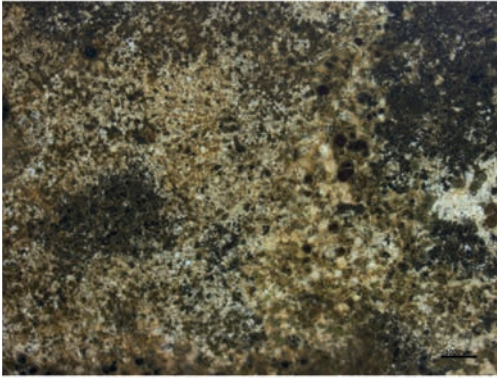


Photo 1 : Néocortex encrouté à émoussé et cimentation faibles

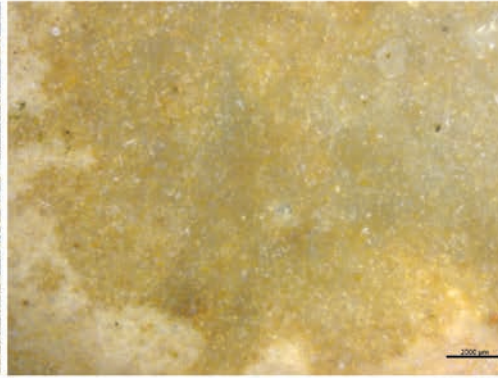


Photo 2 : Texture wackestone

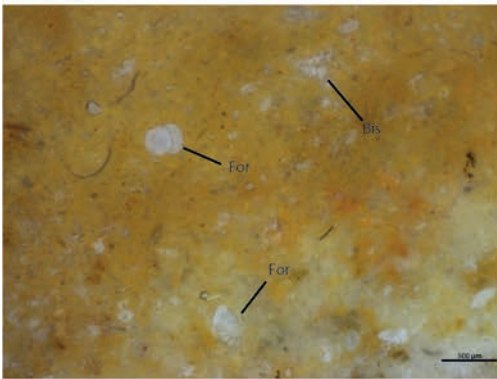


Photo 3 : Zone endo-corticale, foraminifère bisérié et foraminifères indéterminés



Photo 4 : Foraminifère bolivinitida

Figure 33.6 : Échantillon géologique, silex barrémien en position sub-primaire (type F14 à foram), Montredon, Larnas (Clichés : P.-A. Beauvais, DAO : A. Kherdouche)

3.3.2.3. Formation primaire des Gorges de l'Ardèche, Vallon Pont d'Arc (CPO_VPA_30)

Le substrat calcaire qui affleure dans les Gorges de l'Ardèche à proximité de la Grotte du Colombier (Vallon Pont d'Arc) signale un passage progressif des calcaires à rudistes et calcarénites de l'Urgonien. Les calcaires à rudistes surmontent une vire marneuse importante qui marque la limite entre Barrémien supérieur et Bédoulien inférieur (0889N Pascal et *al.*, 1989). A cet endroit des Gorges, l'emprise des calcaires urgoniens est marquée à sa base par les niveaux du Bédoulien inférieur où l'on retrouve des rognons de silex mal silicifiés (P. Barth comm. pers.). Deux échantillons ont été collectés au niveau de la Grotte du Colombier par P. Fernandes et G. Boccaccio. Il s'agit d'un fragment de rognon tectofracté et d'un bloc, tous deux mal silicifiés. Le premier échantillon ramassé sur le site du Colombier a été caractérisé par P. Fernandes (note jointe à l'échantillon) : « il s'agit d'un silex barrémo-bédoulien à cortex sub-primaire ; la texture mudstone, amas de spicules et géode de

quartz». Le second échantillon à néo-cortex et altération de dissolution n'a pas fait l'objet de caractérisation.

3.3.2.4. Formation du fossé d'effondrement de Rochemaure-Cruas. Gîtes secondaires multiples de Rochemaure (Pic de Chenevari CPO_RCM_18, Le Château CPO_RCM_19, L'Eygue CPO_RCM_29)

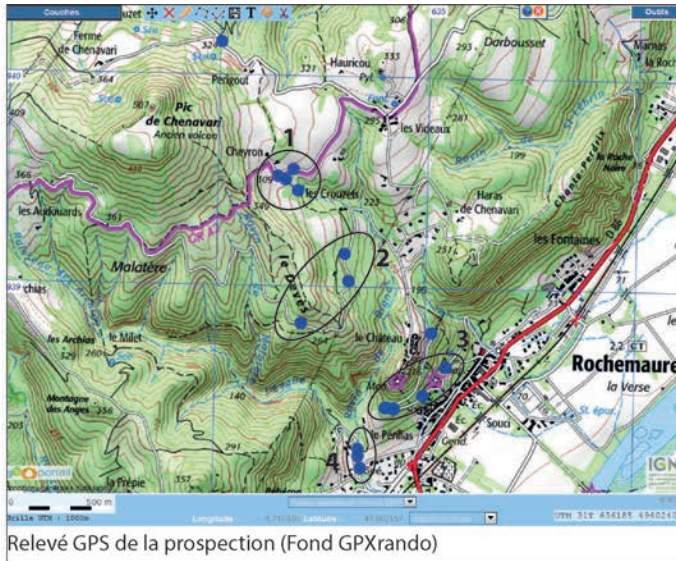
L'ensemble des échantillons issus de ces gîtes sont regroupés dans un même ensemble gîtologique correspondant au remplissage du fossé d'effondrement de Rochemaure-Cruas. Des échantillons géologiques issus de quatre gîtes (Chenevari, Meysse, Château, Les Videaux) prélevés entre 2005 et 2017 ont été inventoriés et caractérisés lors d'un premier inventaire (Fernandes et *al.*, 2018). Ces échantillons incontextualisables au regard des informations de collecte et de localisation ont été remplacés par de nouveaux échantillons lors d'une prospection systématique sur la commune de Rochemaure en 2019. Cela justifie une remise en contexte de cet ensemble gîtologique et une caractérisation complète de nouveaux échantillons. Les gîtes de Rochemaure correspondant aux secteurs de Meysse et les Videaux (Meysse CPO_RCM_20 ; Les Videaux CPO_RCM_21) ont été traités sans figurer pour autant dans la synthèse générale, ces derniers n'ayant pas fourni d'échantillons significatifs et contextualisés.



Figure 33.7 : Carte géologique de Rochemaure (carte BRGM modifiée)

Prospections Rochemaure 07/02/2019 (A. Kherdouche, P.-A. Beauvais, P. Guillermin) : L'ensemble gîtologique référencé correspond à des matériaux remobilisés en position secondaire multiple dans le remplissage du fossé d'effondrement de Rochemaure-Cruas d'âge Oligocène (Figure 33.7). Cette formation continentale est divisée en deux secteurs entre Cruas, Rochemaure et Meysse (Bressy et *al.*, 2008). La zone prospectée à Rochemaure correspond au secteur ouest de la commune le long de la route D 86. Les lieux-dits concernés sont Le Château-versant Est, le Pic de Chenevari, Les Videaux. La zone correspondant au conglomérat oligocène est coiffée par les dépôts de pente basaltiques du Pic de Chenevari. Le remplissage du fossé d'effondrement s'est effectué en plusieurs dépôts continentaux saccadés de poudingues, sables et argiles rouges (0865N Elmi et *al.*, 1996), dont une partie est encore visible dans le secteur est du Château (Figure 33.8). Nous avons pu observer et collecter plusieurs échantillons entre le secteur du Château versant-Est et le Pic de Chenevari. Les matériaux sont présents en grande quantité dans les dépôts de pente superficiels, à même le conglomérat, le long du chemin du Château. Il est possible d'observer les différents matériaux remobilisés dans le conglomérat à partir d'une coupe récente réalisée pour des travaux

d'aménagement (Figure 33.8). Autour du Pic de Chenevari et le long des versants on retrouve, à plusieurs altitudes différentes, des matériaux dans le couvert végétal (pierriers, chemins), mais aussi dans le conglomérat lui-même visible au lieu-dit Les Cruzets (Figure 33.8).



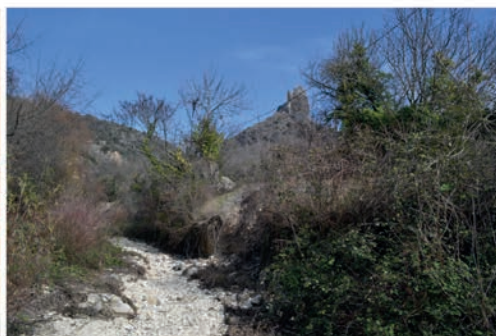
1 - Conglomérat Oligocène, lieu-dit Les Cruzets



2 - Chemin et talus sous le pic de Chenevari



3 - Coupe artificielle le long de la route menant au Château



4 - Cours d'eau l'Eygue (à sec en cette période mais toujours actif) qui entaille le conglomérat et les calcaires urgoniens en amont

Figure 33.8 : Planche photo des gîtes prospectés à Rochemaure et relevé GPS (relevé GPX rando)

Synthèse générale : les matériaux siliceux barrémo-bédouliens disponibles dans le conglomérat de Rochemaure-Cruas sont disponibles sous forme de rognons, nodules et blocs ainsi que des galets alluviaux pédogénisés. Les volumes disponibles sont multiples : du simple rognon pluricentimétrique au bloc pluridécimétrique ; à noter un bloc collecté au pic de Chenevari dans un dépôt de pente mesurant 41 cm de long (Figure 33.9). La taillabilité des échantillons est très bonne : textures à grain fin parfois fragmentées au sein du

conglomérat. Les surfaces corticales sont dominées par du néo-cortex stricto sensu présent à 40-80 %. On observe fréquemment des chocs et des concassages d'arêtes avec plus ou moins d'intensité, associés à des traces de géliruption et plus rarement de cryosuccion. L'altération corticale est forte : émoussé moyen à fort et cimentation avec la présence de lustrés légers fréquents et plus rarement de patines partielles blanches (Figures 33.10, 33.11 et 33.12). Les polarités gîtologiques correspondent majoritairement à de l'encroutement et plus rarement à des lustrés et patines.



Figure 33.9 : Bloc pluridécimétrique en dépôt de pente, Les Crouzets-Chenevari, Rochemaure (cliché A. Kherdouche)

La caractérisation des échantillons issus du conglomérat de Rochemaure-Cruas signale plusieurs stades d'évolution au sein du même cortège des silex barrémo-bédouliens. A partir du type d'origine en position primaire/sub-primaire correspondant au faciès du Barrémien supérieur type F14 à spicules de St Vincent de Barrès (col de Duranne) et Cruas, la teinte matricielle est grise avec une coloration blanche-jaune des allochems. Plusieurs échantillons de ce type sont visibles au sein du conglomérat (Pic de Chenevari) et dans le lit du ruisseau de l'Eygue. Il s'agit de matériaux remobilisés en position secondaire dans le cours d'eau actif de l'Eygue sous forme de blocs et rognons mal silicifiés. La matrice est crypto à microcristalline ; la texture est comprise entre 2 et 20% d'allochems à très bon classement et répartition homogène. Ces allochems de 10 à 100 μm sont répartis entre de rares intraclastes blancs <50 μm , de rares grains de quartz détritiques de 20 μm et des fragments de spongiaires.

Les faciès évolués sont présents majoritairement au sein du conglomérat sous forme de blocs, rognons ou galets alluviaux, mais également dans un réseau hydrographique actif (l'Eygue) qui entaille le conglomérat (Figure 33.8). Ces faciès présentent parfois des stades évolutifs intermédiaires avec notamment plusieurs zones observées en structure interne et plus rarement des zonations concentriques. La teinte grise d'origine de la matrice est progressivement

remplacée par une teinte brune virant au brun total brun-rouge (Figure 33.10, 33.11 et 33.12). La nouvelle matrice est cryptocristalline ; La texture contient 30-40 % d'éléments figurés bien triés, leur répartition est homogène ; les allochems sont répartis entre de rares grains de quartz détritiques de 10 à 50µm, de fréquents petits rhomboèdres recristallisés et dissous dans des formes en boxworks. La composante biogénique est représentée par de fréquents éléments de spongiaires (spicules mégasclères et microsclères) présentant parfois invaginations en zone sous-corticale, de fréquents fragments de bioclastes indéterminés (débris alguaires ? macrofaune ?), de rares foraminifères benthiques bisériés (non identifiés) et des débris noirs. On observe pour une majorité de ces échantillons une forte imprégnation rouge de la teinte matricielle due aux apports massifs d'oxydes ferriques. Ce type F14 à spicules de Rochemaure-Cruas correspond à un faciès génétique de plateforme externe riche en spicules. Des faciès barrémo-bédouliens très évolués sont également représentés au sein du conglomérat de Rochemaure-Cruas : la teinte matricielle est beige à zonations ; la matrice est méso à micro-cristalline à disparition quasi-totale des éléments figurés. Ces matériaux sont impropres à la taille.

CPO_RCM_019_22

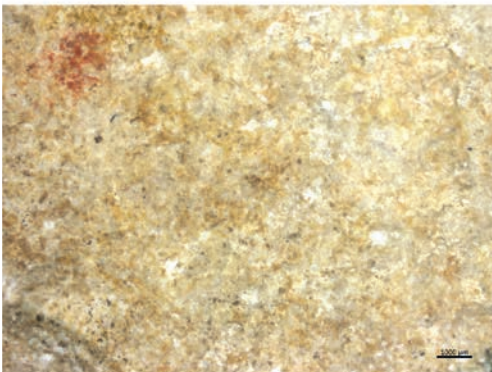


Photo 1 : Néo-cortex de conglomérat, émoussé moyen, cimentation forte (face reposante)

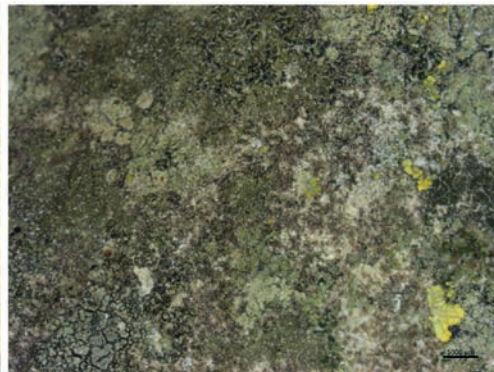


Photo 2 : Néo-cortex de conglomérat, émoussé moyen, cimentation forte (face exposée, encroutement)



Photo 3 : Porosité intercristalline

Figure 33.10 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien (type F14) du conglomérat oligocène de Rochemaure-Cruas, Le Château – versant Est, Rochemaure (clichés : P.-A. B., DAO : A. K.)

CPO_RCM_019_26



Photo 1 : Néo-cortex de conglomérat à émoussé moyen et cimentation forte



Photo 2 : Texture pauvre en bioclaste de grande taille

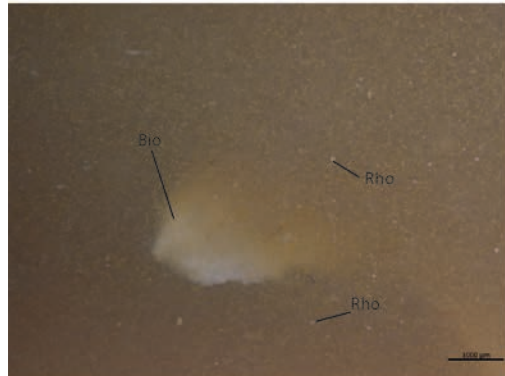


Photo 3 : Débris bioclastique indéterminé et rhomboédres

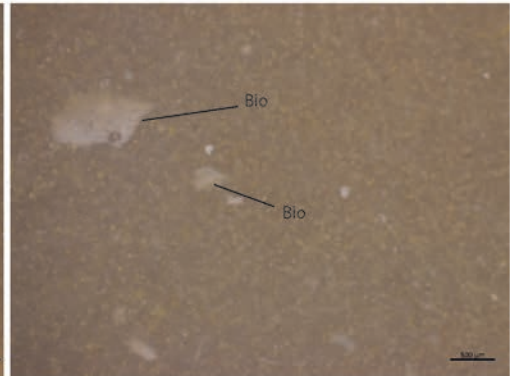


Photo 4 : Débris clastiques indéterminés et fraction fine

Figure 33.11 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien (type F14) du conglomérat oligocène de Rochemaure-Cruas, Le Château – versant Est, Rochemaure (clichés : P.-A. B., DAO : A. K.)

D'autres matériaux sont présents au sein du conglomérat. Il s'agit des galets de jaspe jurassique jaune et rouge remobilisés dans les poudingues précédemment décrits et référencés comme type F128a F128b (Fernandes 2014 ; Fernandes et *al.*, 2011 ; 2014 et 2018). Ces galets pluricentimétriques, rarement décimétriques, à néo-cortex alluvial ancien pédogénisé à altération totale et marques de dissolution fréquentes, associent des racines de chocs et des surfaces lustrées. La majorité de ces échantillons présente une forte teinte acquise jaune, voire rouge violacée. En zone interne, la matrice est cryptocristalline, à texture bioclastique, présentent 50% d'éléments figurés de 30 à 50 μm, au sein desquels se mélangent foraminifères benthiques (notamment évolués, planispiralés, déroulés ainsi que *Hyperammina*), débris d'algues indéterminées et de spongiaires (spicules moxanes et triaxones). Les *allochems* sont peu anguleux (0.5/0.7 – 0.9), bien classés et de répartition homogène. Les parts détritiques et chimiques sont plus confidentielles, quelques formes péloïdes (très rares) sont à noter.

CPO_RCM_018_06



Photo 1 : Néo-cortex de conglomérat à émoussé moyen, cimentation forte et golfes de dissolution



Photo 2 : Texture wackestone, rhomboédres et boxworks

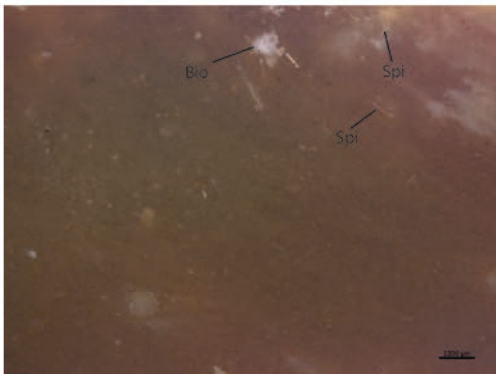


Photo 3 : Invagination de spicules (monaxes et triaxones)

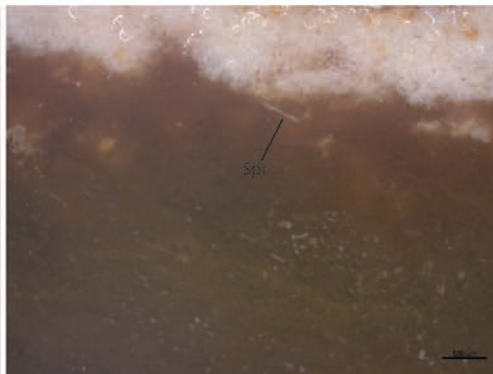


Photo 4 : Zone endo-corticale, débris bioclastiques indéterminés et spicules

Figure 33.12 :
Échantillon géologique,
silex barrémo-bédoulien
(type F14) en position
secondaire multiple,
Pic de Chenevari,
Rochemaure (clichés :
P.-A. B., DAO : A. K.)

3.3.2.5. Alluvions Villafranchiennes du Rhône. Gîte secondaire multiple des hautes terrasses alluviales de Saint-Marcel d'Ardèche (Salaman-Lafare CPO_SMA_22, Belvezet-Chapelle Saint-Joseph CPO_SMA_23, Parot CPO_SMA_24, Trignan CPO_SMA_25).

Cet ensemble gîtologique des hautes terrasses du Rhône d'âge Pliocène correspond à des apports fluviaux importants au cours du Villafranchien. Les différentes terrasses sont marquées par des épandages de galets centimétriques à pluridécimétriques. On retrouve en majorité des galets de quartzite et quartz, de roches alpines et de galets siliceux. La proportion de galets de silex dans les terrasses pouvant constituer une source d'approvisionnement en matière première est faible, de l'ordre de 5%.

Un programme de prospection mené par M.-H. Moncel et *al.* au cours des années 2003-2006 a permis d'enrichir la lithothèque de la Cité de la Préhistoire d'Orgnac. Une première étude (M.-H. Moncel dir.) dénombrait les échantillons correspondant à plusieurs collectes systématiques menées sur

quatre terrasses : Secteur des lieux-dits Lafare-Salaman, Belvezet-Chapelle-Saint-Joseph, Parot et Trignan (Figure 33.13). Ces prospections ont livré une première documentation en bases de données correspondant à la description morphométrique des volumes associés à une première caractérisation des échantillons en 15 sous-types (Moncel et al., 2006). Une reprise de la documentation et un retour ponctuel sur le terrain ont été effectués en février 2019. Concernant le contexte gîtologique, l'ensemble des échantillons proviennent des hautes terrasses alluviales formant des épandages de galets dans plusieurs zones correspondant à différentes altitudes (M.-H. Moncel comm. pers.).



Figure 33.13 : Carte géologique de St-Marcel-d'Ardèche et localisation des différentes terrasses (carte BRGM modifiée)

Une synthèse des observations pétrographiques comprenant une sélection d'échantillons correspondant au quatre secteurs des terrasses a été effectuée. Ces échantillons ont été caractérisés et regroupés par sous-types sans numérotation :

- Silex barrémo-bédoulien évolué d'Ardèche : Ces silex sont présents sous la forme de galets ou fragments de bloc à néo-cortex alluvial ancien pédogénisés présentant des chocs anciens (racines de chocs, concassage des arêtes). Une majeure partie des échantillons (environ 50%) présente une aptitude à la taille quasi nulle (fragmentation et altération totale de la matrice). Les surfaces corticales d'origine sont souvent absentes. L'altération néocorticale est totale (émoussé et cimentation), à golfes ou plages de dissolution fréquents. La majorité des échantillons présentent un néo-cortex plurimillimétrique à centrimétrique sans liseré, à patine blanche-jaune millimétrique partielle ou totale. La matrice est beige-brune à brun total de type cryptocristalline, à texture *wackestone* de 30 à 40 %. Les éléments figurés <10µm à 50µm sont bien triés à répartition homogène. La zone interne est composée de fréquents rhomboèdres recristallisés en boxworks, et de rares grains de quartz détritiques > 10µm. La composante biogénique est dominée par de fréquents intraclastes blancs interprétés comme des débris de bioclastes et rares fragments de macrofaune indéterminés ; des fragments de spongiaires et de rares fragments de foraminifères indéterminés associés à de rares débris noirs ont été identifiés. Ces silex correspondent aux faciès barrémo-bédouliens évolués de type F14 lato sensu (Figure 33.14 et 33.15). La proportion variable des foraminifères vis-à-vis des spicules marquant un gradient d'enrichissement Nord-Sud entre types génétiques n'a pas été observée sur ces matériaux en position secondaire.

CPO_SMA_022_03

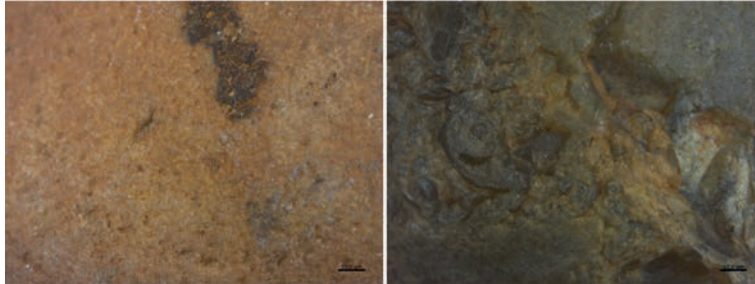


Photo 1 : Néo-cortex alluvial ancien, émoussé et cimentation forts

Photo 2 : Néo-cortex alluvial, chocs anciens

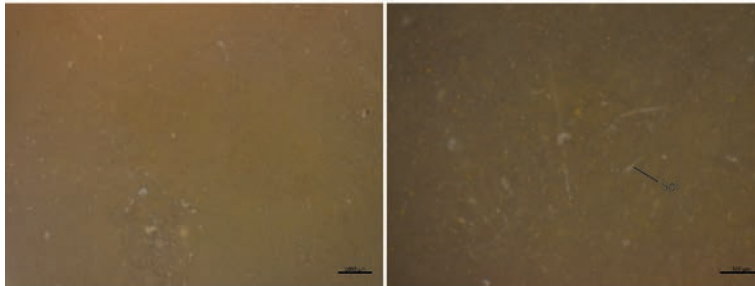


Photo 3 : Texture wackestone

Photo 4 : Débris biogéniques et spongiaires (spicules)

CPO_SMA_022_80

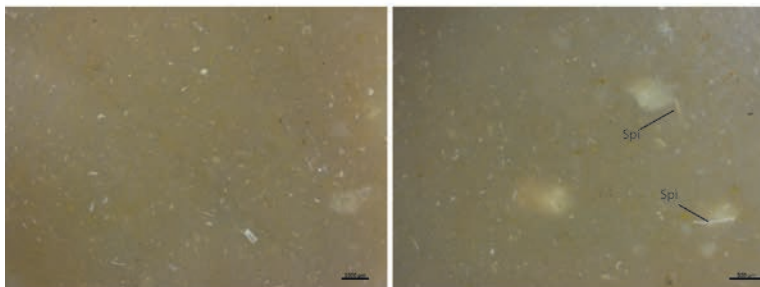


Photo 1 : Texture wackestone à débris bioclastiques

Photo 2 : Texture wackestone et spicules

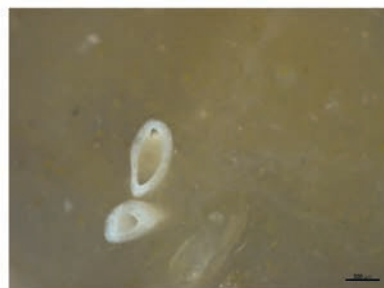


Photo 3 : Macrofaune indéterminée

Figure 33.14 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien type F14 évolué en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche, (clichés : P.-A. B., DAO : A. K.)

Figure 33.15 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien type F14 évolué en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche, (clichés: P.-A. B., DAO : A. K.)

- Silex barrémo-bédoulien à spicules : silex à matrice brun translucide, à grains fins, sur galet alluvial pédogénisé à néocortex de patine blanche-jaune et altération totale (Figure 33.16). La matrice est cryptocristalline, à texture à intraclastes de 40 à 500µm pour une taille moyenne de 50µm. Les intraclastes sont représentés par de fréquents grains de quartz détritiques de 40µm. La composante biogénique est dominée par des fragments abondants sub-entiers et débris de spicules mégasclères, de fragments indéterminés de bioclastes et de rares débris noirs. Ces échantillons peuvent être rapprochés des faciès barrémo-bédouliens proches du type génétique F14 à spicules (Fernandes et al., 2014 et 2016).

CPO_SMA_023_24



Photo 1 : Texture wackestone à spicules



Photo 2 : Texture wackestone à spicules

Figure 33.16 :
Échantillon géologique,
silex barrémo-
bédoulien type F14 à
spicules en position
secondaire multiple,
Belvezet-Chapelle St
Joseph, Saint-Marcel-
d'Ardèche, (clichés :
P.-A. B., DAO : A. K.)

- Silex Crétacé d'origine génétique inconnue : ce cortège de silex rassemble plusieurs échantillons à coloration macroscopique gris-noir bleu-nuit, parfois à coloration brune fréquemment observée dans les terrasses rhodaniennes (Boccaccio 2005). Ces éléments sont présents sur l'ensemble des trois terrasses des secteurs Lafare-Salaman, Belvezet, Trignan et Parot sous la forme de rognons ou fragments de blocs décimétriques présentant une bonne aptitude à la taille. Les surfaces néo-corticales sont altérées de la même manière avec émoussé et cimentation forte à totale, racines de chocs. Pour certains éléments les surfaces corticales sont partielles, à cortex épais centimétrique sans liseré et à limites sous-corticales diffuses. Des porosités de fracture sont fréquemment observées. Ces silex présentent de manière générale une forte porosité intercrystalline en zone interne. La matrice homogène est cryptocristalline. La texture contient 30 à 40% d'allochems, ils sont bien triés et répartis de manière homogène leur taille oscille entre 10 et 500 μ m. La composante chimique n'a pas été identifiée ; on observe de fréquents quartz détritiques < à 100 μ m et des fréquents éléments < à 20 μ m interprétés comme des formes dissoutes en boxworks. La composante bioclastique (Figure 33.17) signale des fragments de spongiaires, de fréquents foraminifères benthiques à patine noire

CPO_SMA_022_21

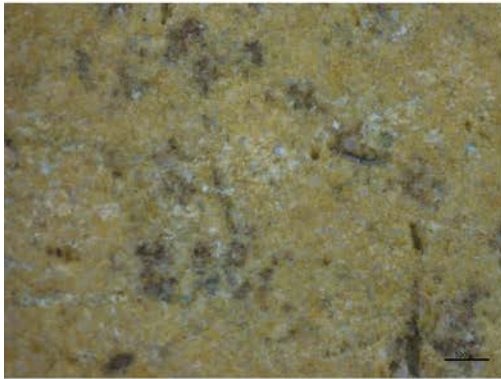


Photo 1 : Néo-cortex alluvial ancien



Photo 2 : Texture wackestone et débris bioclastiques indéterminés



Photo 3 : Porosité intercrystalline



Photo 4 : Glomospira et incertae sedis en section

Figure 33.17 : Échantillon géologique, microfaciès du Crétacé (type D0036) en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche (clichés : P.-A. B., DAO : A. K.)

(*glomospira*, autres non identifiés) et *incertae sedis*. La taille des éléments figurés est fréquemment < à 100µm mais varie selon les échantillons. Il est encore difficile de tracer une origine génétique pour ce type de silex. Le cortège micropaléontologique et la texture suggèrent une correspondance avec des types génétiques barrémo-bédouliens du Diois (Delvigne 2016), le Rhône ayant pu drainer des matériaux depuis la Drôme et les affluents voisins. Une origine génétique des silex bédouliens de Rocherenard-Viviers type F121 qui suppose une abondance en foraminifères benthiques et une différence de texture est moins envisagée. Il convient cependant de s'interroger sur les composantes minéralogiques (quartz détritiques, formes rhomboédriques) et la taille des éléments figurés pour affiner la détermination. Nous considérons ce type de silex crétacé de plate-forme issu des terrasses rhodaniennes sous l'appellation type F 440b2, et D0036 retenue dans la littérature (Fernandes et *al.*, 2014 ; 2016 ; Delvigne 2016 ; Delvigne et *al.*, 2016).

- Silex Crétacé d'origine génétique inconnue : Quelques échantillons de silex gris-noir-bleu se distinguent des précédents groupes par leur texture et composition. Il s'agit de fragments de blocs roulés associant des stigmates caractéristiques d'un itinéraire alluvial ancien (fragmentation ancienne des nervures et chocs), une altération forte des surfaces néocorticales (émoussé et cimentation fort à total). La matrice est gris-bleue à porosité intercristalline. La texture contient 30% d'éléments figurés très bien triés et à répartition homogène. Les intraclastes de 10 à 200µm sont représentés par de fréquents grains de quartz détritiques, des débris de bioclastes indéterminés, des débris de foraminifères à patine noire *glomospira* et des *incertae sedis* (Figure 33.18). L'origine génétique de ce silex est inconnue. Il s'agit probablement d'un silex évolué barrémo-bédoulien de plateforme externe provenant d'apports rhodaniens.

CPO_SMA_022_66

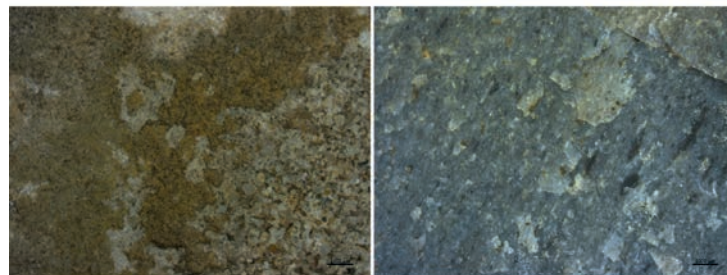


Photo 1 : Néo-cortex avec recimentation de grains

Photo 2 : A sec, porosité intercristalline

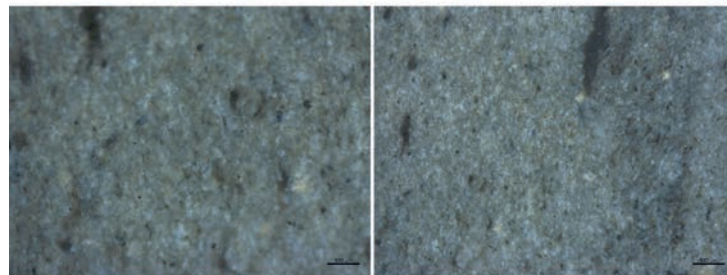


Photo 3 : Texture wackestone et porosité

Photo 4 : Débris bioclastiques indéterminés

Figure 33.18 :
Échantillon géologique,
silex du Crétacé
d'origine génétique
inconnue (type F121
évolué ?) en position
secondaire multiple,
Lafare-Salaman,
Saint-Marcel-d'Ardèche
(clichés : P.-A. B.,
DAO : A. K.)

- Silex barrémo-bédoulien d'origine génétique inconnue : Il s'agit de galets de silex pluricentimétriques à grains fins de bonne aptitude à la taille. Le néo-cortex alluvial ancien à altération totale et patine blanche-jaune. La coloration est gris-brun mat et mouchetée par la teinte des allochems blanc-noirs. La texture contient 40-50 % d'éléments figurés, à répartition homogène bien triée. Les intraclastes de 10 à 1000 μm ou 1 mm sont parfois orientés à rares quartz détritiques et boxworks rhomboédriques recristallisés. La composante chimique est présente avec de fréquents pelloïdes. La composante biogénique est représentée par de rares éléments de spongiaires, de fréquents bioclastes interprétés comme des résidus algaux, de fréquents foraminifères à patine noire *Glomospira* et de fréquentes *Incertae sedis* noirs (Figure 33.19). On signale aussi la présence d'oïdes noirs de 400 à 700 μm . Cet assemblage d'allochems peut supposer un rapprochement de faciès avec des silex barrémo-bédouliens du Diois (type 478 Le Pilhon, Diois in Fernandes et al., 2012).

CPO_SMA_022_86

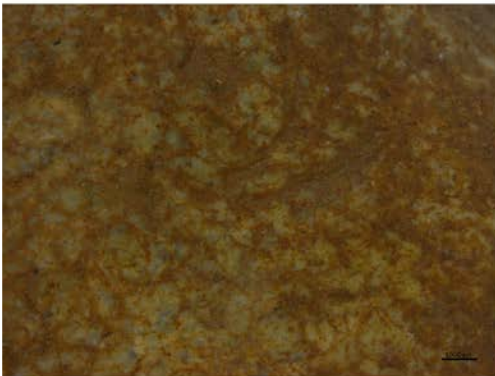


Photo 1 : Néo-cortex alluvial ancien

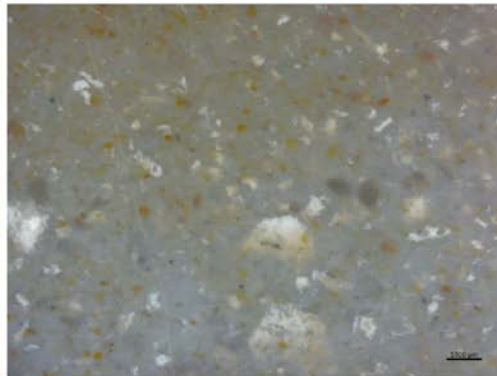


Photo 2 : Texture wackestone à bioclastes et pelloïdes

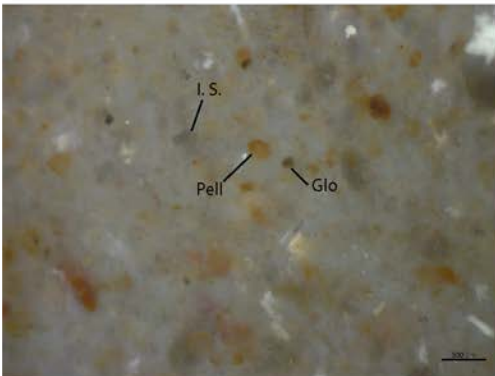


Photo 3 : *Glomospira*, *incertae sedis* et pelloïde



Photo 4 : Oïde noir

Figure 33.19 : Échantillon géologique, silex du Crétacé d'origine génétique inconnue (origine Vercors-Diois ?) en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche (clichés : P.-A. B., DAO : A. K.)

- Silex Crétacé d'origine génétique inconnue : silex à coloration gris-brun opaque d'aspect moucheté blanc (Figure 33.20). Galet alluvial ancien à altération totale (émoussé, cimentation) des surfaces néo-corticales. Il s'agit d'un silex à matrice crypto à microcristalline et texture homogène, à porosité intercrystalline fréquemment observée. Les intraclastes bien triés selon une répartition homogène et une abondance de 40 à 50% se composent de fréquents grains de quartz détritiques de 30 à 60µm, de fréquents intraclastes blancs à sphéricité 0.3-0.7 et arrondi 0.1-0.5. La composante biogénique est dominée par de fréquents débris bioclastiques indéterminés, à spongiaires, macrofaune, foraminifères indéterminés et rares débris noirs interprétés comme des fragments d'incertae sedis et de possibles foraminifères benthiques de type *Glomospira*. Il s'agit d'un silex crétacé à bioclastes dont l'origine génétique reste à identifier.

CPO_SMA_022_16



Photo 1 : Néo-cortex alluvial ancien pédogénéisé



Photo 2 : Texture bioclastique et porosité intercrystalline



Photo 3 : Débris bioclastiques indéterminés

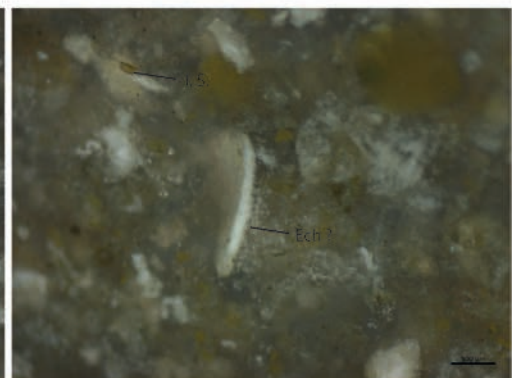


Photo 4 : Débris bioclastique (plaque d'échinide ?)

Figure 33.20 :
Échantillon géologique,
microfaciès crétacé à
bioclastes d'origine
génétique inconnue
en position secondaire
multiple, Lafare-
Salaman, Saint-Marcel-
d'Ardèche (clichés :
P.-A. B., DAO : A. K.)

- Jaspe jurassique : galets centimétriques à néo-cortex de type alluvial ancien. La matrice jaune orangée est microcristalline, la texture est à

éléments jointifs et abondance supérieure à 60% bien triés. Les intraclastes de 10 à 200µm sont dominés par des bioclastes : fréquents fragments de spongiaires, débris de faune marine (bivalves), alguaire indétérminés et débris de foraminifères indétérminés (Figure 33.21). Ce faciès à rapprocher des jaspes jurassiques a déjà été observé dans le conglomérat oligocène de Rochemaure-Cruas et correspond au faciès des type F128a F128b (Fernandes 2012 ; Fernandes et *al.*, 2014). On signale également de rares galets de jaspe rouge centimétriques dont la détermination pétrographique n'a pu être effectuée.

CPO_SMA_023_57



Photo 1 : Néo-cortex alluvial ancien pédogénéisé à émoussé et cimentation forts

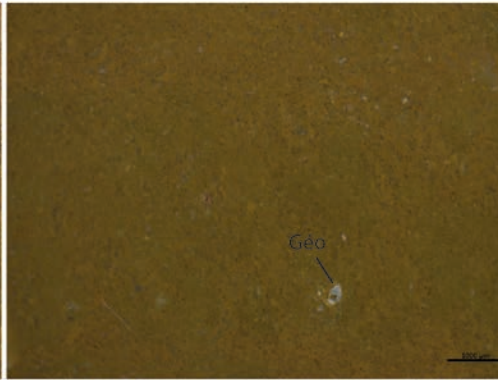


Photo 2 : Matrice à sec, géode de quartz

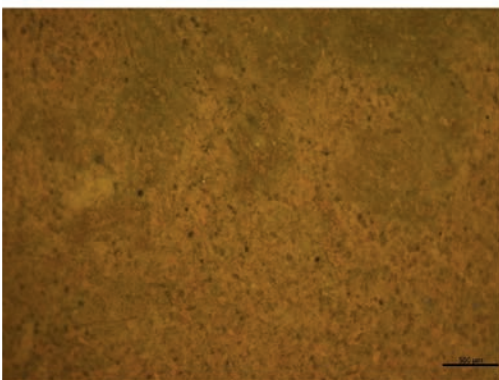


Photo 3 : Texture bioclastique packstone

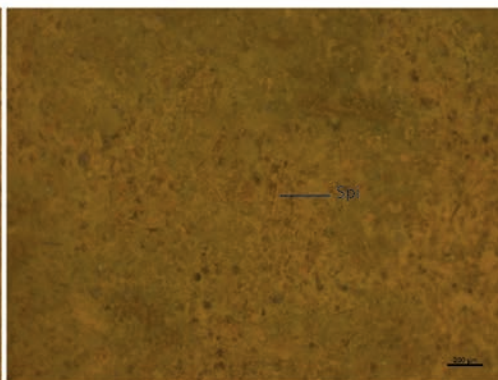


Photo 4 : Bioclastes indétérminés et spicules

Figure 33.21 : Échantillon géologique, jaspe jurassique (type F128b) en position secondaire multiple, Belvezet-Chapelle St Joseph, Saint-Marcel-d'Ardèche (clichés : P.-A. B., DAO : A. K.)

- Silex lacustres et silicites d'origine génétique inconnue : cette catégorie correspond à un faible nombre d'échantillons présents dans les terrasses de Saint Marcel. Les matériaux présents sous la forme de galets décimétriques ou de fragments de blocs roulés sont majoritairement impropres à la taille. On distingue plusieurs silicites et silex d'origine lacustre. Un galet alluvial pédogénéisé présente une forte patine et lustré ;

la matrice est micro-cristalline, la texture de 20 à 30% d'éléments figurés est dominée par des intraclastes blancs de 100 à 500µm. La composante bioclastique est représentée par des débris alguaire (thalles de characées ?) et de fréquents gastropodes indéterminés (Figure 33.22). Un échantillon unique à surface néocorticale de patine et altération totale associée à des chocs et racines de coups témoigne d'un transport dans un réseau hydrographique ancien. La matrice est cryptocristalline, la texture laminée est composée d'intraclastes de 400 à 800µm de quartz exogènes de porosité intraclastique. La structure interne est dominée par des figures d'encroutements alguaire associées à des gastropodes à macroquartz et des débris de thalles de characées. Cet échantillon peut correspondre à un type génétique proche des silex oligocènes ludiens du bassin de Barjac-Issirac, supposant un transport dans un réseau hydrographique fossile de l'extrémité orientale du bassin de Barjac-Issirac vers le Rhône pour être ensuite remobilisé dans les terrasses villafranchiennes de Saint-Marcel.

CPO_SMA_022_26

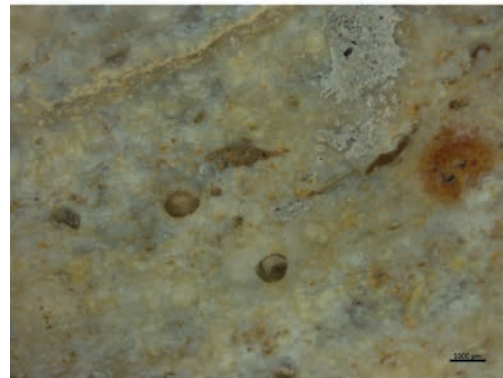


Photo 1 : Néo-cortex alluvial à altération totale



Photo 2 : Porosité intercrystalline et intraclastique

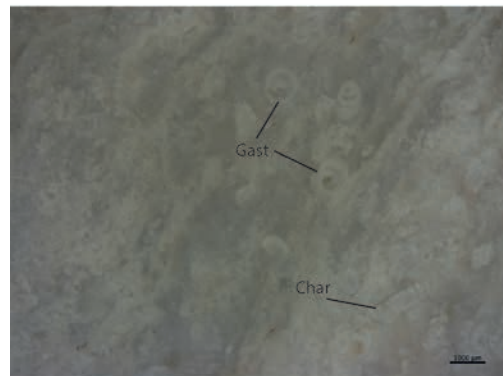


Photo 3 : Texture wackestone et bioclastes (gastéropodes et charophytes)

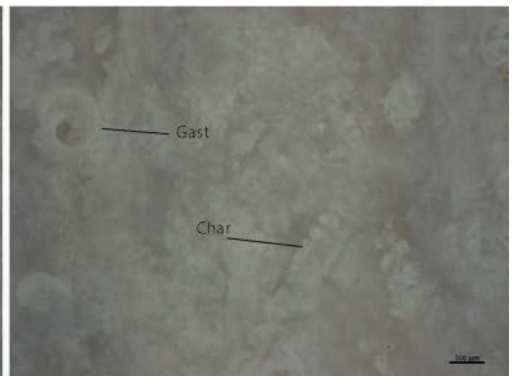


Photo 4 : Gastéropodes et charophytes (détail)

Figure 33.22 :
Échantillon géologique,
silex lacustre en position
secondaire multiple,
Belvezet-Chapelle St
Joseph, (clichés : P.-
A. B., DAO : A. K.)

Un silex très altéré à coloration beige est caractérisé par une matrice cryptocristalline, une texture wackestone à abondance entre 30 et 40%. Structure composée d'intraclastes supérieurs à 50µm à forte porosité (poronécrose macroscopique à tapissage de quartz). Les éléments biogéniques sont composés d'intraclastes indéterminés, de fréquentes ostracodes et gastropodes de taille millimétrique (Figure 33.23). On distingue également un silex à matrice crypto-cristalline à fréquents quartz détritiques anguleux < à 20µm. La texture est wackestone à abondance de 40% d'intraclastes blancs de 10 à 500µm à répartition hétérogène. La composante bioclastique à fragments de débris alguaire non identifiés (Figure 33.24)

CPO_SMA_022_17



Photo 1 : Néo-cortex alluvial à émoussé et cimentation forts et golfes de dissolution

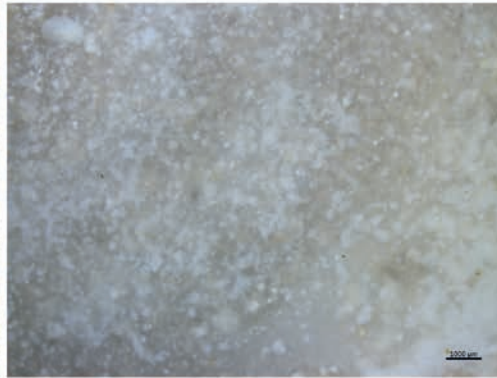


Photo 2 : Texture wackestone à intraclastes indéterminés

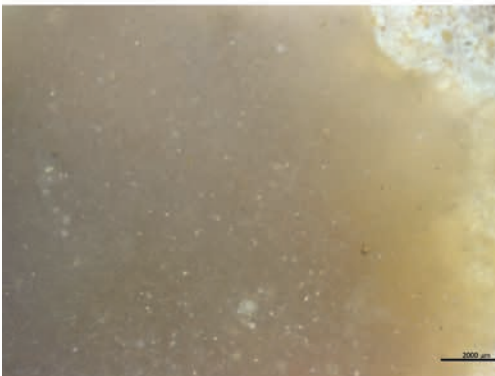


Photo 3 : Texture wackestone, zone endocorticale

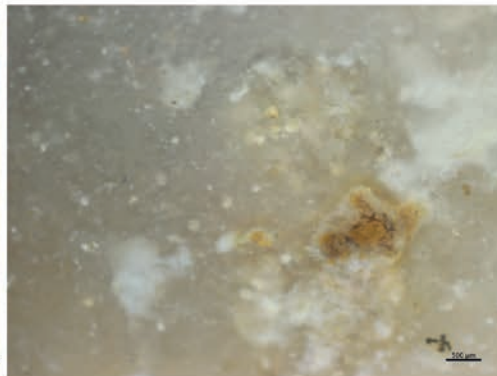


Photo 4 : Bioclastes indéterminés et poronécrose

Figure 33.23 : Échantillon géologique, microfaciès à ostracodes d'origine inconnue en position secondaire multiple Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche (clichés : P.-A. B., DAO : A. K.)

CPO_SMA_022_74



Photo 1 : Néo-cortex alluvial

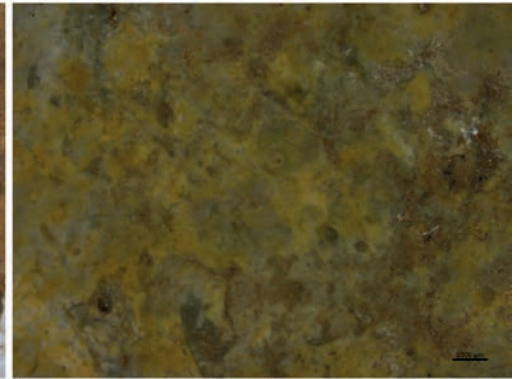


Photo 2 : Néo-cortex alluvial

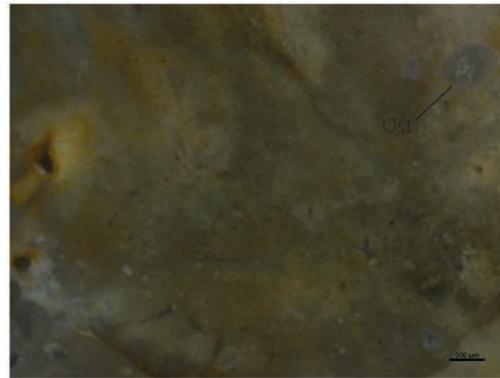


Photo 3 : Ostracode

Figure 33.24 :
Échantillon géologique,
silicite d'origine
inconnue en position
secondaire multiple
Lafare-Salaman,
Saint-Marcel-d'Ardèche
(clichés : P.-A. B.,
DAO : A. K.)

- Groupe des silex très évolués, impropres à la taille : cet ensemble majoritaire sur l'ensemble des échantillons disponibles en lithothèque rassemble plusieurs galets alluviaux et fragments de blocs roulés de silicite présentant des états d'altération multiples en surface et en structure interne. Les matrices sont microcristallines et les caractérisations n'ont pas été effectuées. Ces matériaux siliceux sont de très mauvaise qualité (volumes multifracturés et d'aspect chailleux), impropres à la taille. On signale toutefois la présence d'un matériau siliceux très évolué à cortex grésoglaucconieux. Il s'agit de fragments de blocs et de galets à néo-cortex altéré à grain grossier impropre à la taille. La matrice est méso-cristalline à fortes porosités et la texture à 50% d'éléments figurés. Des quartz détritiques sont présents ainsi que de fréquents grains de glauconie de 20µm à sphéricité et arrondi 0.9-0.7, avec dominance de spongiaires parmi la composante bioclastique indéterminée. Ces échantillons sont rapprochés des faciès détritiques issus des calcaires grésoglaucconieux en rive droite du Teil à Rochemaure des types F145c et F216 (Fernandes et *al.*, 2014).

3.3.2.6. Diversité des microfaciès au sein des différentes terrasses et secteurs prospectés :

L'ensemble des matériaux siliceux des hautes terrasses de Saint Marcel rend compte de la diversité des matériaux disponibles pour les populations préhistoriques. Une première observation soulignait la faible présence de galets de silex stricto sensu au sein des épandages de galets. Outre cette faible représentation, la majorité des matériaux présente de mauvaises aptitudes à la taille et s'expriment par des volumes réduits (pluricentimétriques à décimétriques). Les échantillons de silex sont dominés par le cortège de matériaux barrémo-bédouliens d'Ardèche (type F14 évolué lato sensu) sur l'ensemble des 4 secteurs de terrasses identifiés (Figure 33.25).

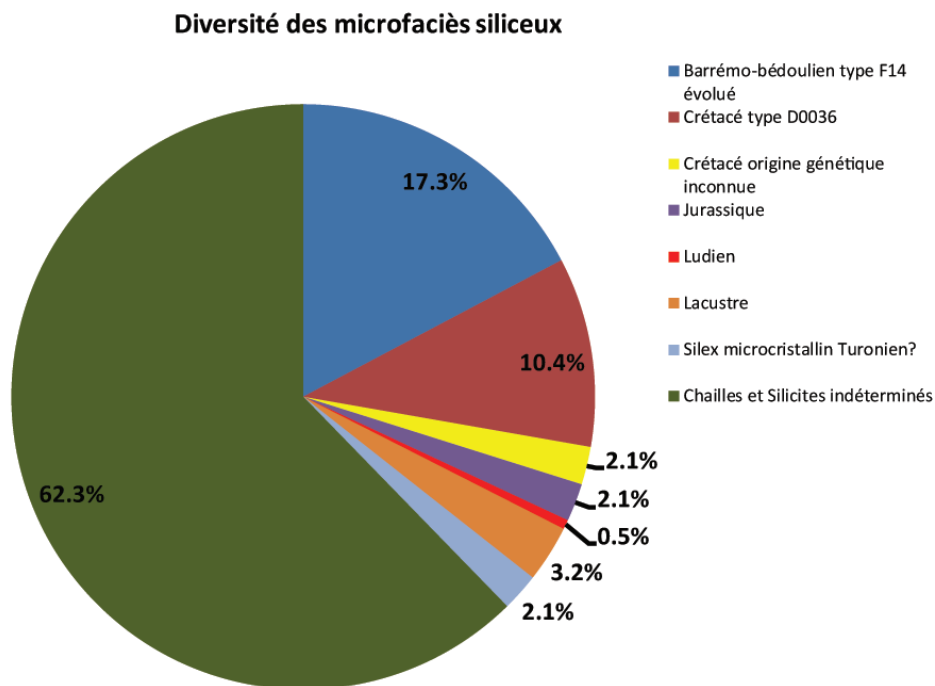


Figure 33.25 : Diversité des microfaciès siliceux des terrasses de St-Marcel (graph A. K.)

Ces galets présentent des faciès évolués (disparition des éléments figurés) voire très évolués. Pour le secteur de terrasses du lieu-dit Parot, seuls sont représentés les silex barrémo-bédouliens évolués d'Ardèche. L'étude en amont des silex barrémo-bédouliens de Rochemaure a permis d'affiner la caractérisation des faciès évolués des terrasses de Saint Marcel. A contrario, la caractérisation des autres silex crétacés reste imprécise : pour cause, l'origine génétique de ces matériaux siliceux est souvent attribuée à des silex drômois ou alpins (Boccaccio, 2005) et communément rattachée au type F440b2 (Fernandes et *al.*, 2014 et 2016 ; Delvigne 2016 ; Delvigne et *al.*, 2016). Cela nécessite une meilleure connaissance de notre part de la variété des types génétiques et gîtologiques du Vercors-Diois. La présence de matériaux lacustres reste anecdotique à l'échelle des échantillons. Cette présence suggère parfois des apports anciens de la part d'un réseau hydrographique fossile venant du synclinal de Barjac-Issirac. Notons aussi la présence à Parot d'une silcrète pédologique qui possède un cortex colluvial qui diffère des néo-cortex de galets à forte altération reconnus sur les terrasses d'alluvions villafranchiennes.

3.3.3. Conclusion et perspectives

Cette deuxième année de Récolement de lithothèque de la Cité de la Préhistoire d'Orgnac l'Aven dans le cadre des activités du PCR a permis d'approfondir la documentation concernant les matériaux barrémo-bédouliens d'Ardèche. Ce panel des différents matériaux barrémo-bédouliens rend compte des étapes de la chaîne évolutive à travers différents contextes gîtologiques, depuis le plateau urgonien ardéchois jusqu'aux terrasses rhodaniennes. Ces éléments sont désormais mis à profit dans l'étude des collections archéologiques de sites d'Ardèche et du Gard en particulier dans le cadre de nos thèses de doctorats respectives en cours sur l'industrie lithique du Paléolithique supérieur récent et du Néolithique final en moyenne vallée du Rhône. Le recours à ces référentiels d'étude a déjà été effectué dans le cadre de diagnostics et études d'industries lithiques des sites des Gorges de l'Ardèche. Dans une perspective à venir, des échantillons supplémentaires seront intégrés à la lithothèque, concernent plus particulièrement des gîtes déjà référencés (Bressy et *al.*, 2008 ; Fernandes et *al.*, 2011 et 2014) : matériaux barrémiens de Saint-Vincent-de-Barrès, de Cruas et du secteur de Rochemaure-Meysse, matériaux bédouliens de Viviers-Rocherenard. De nouvelles collectes d'échantillons géologiques permettraient de compléter le faisceau d'échantillons disponibles à l'étude en prenant en compte une échelle gîtologique élargie des terrasses rhodaniennes aux terrasses alluviales du Gardon.

3.4. ÉLÉMENTS DE CARTOGRAPHIE ET OUTILS DÉDIÉS

(C. TUFFÉRY, P. FERNANDES, V. DELVIGNE, E. VAISSIÉ)

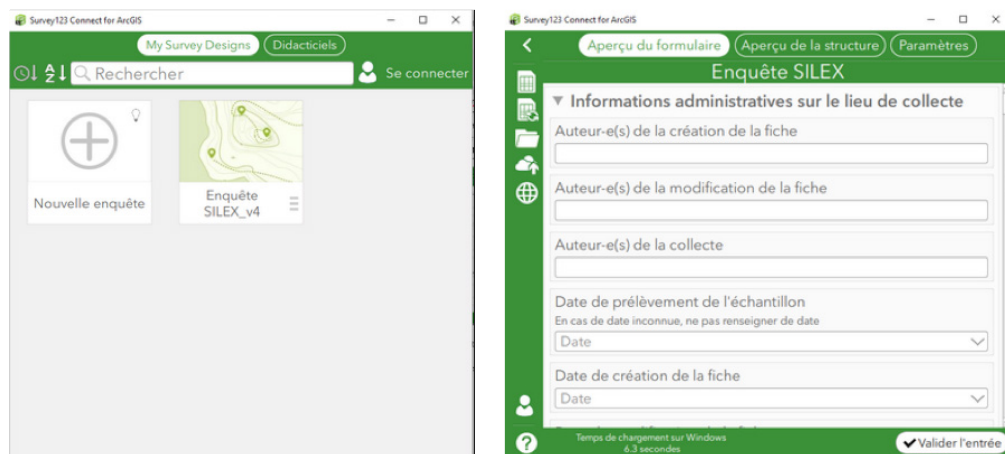
En 2019, nos travaux ont porté sur la poursuite de ceux déjà engagés en matière de bases de données et d'applications de saisie de données. En outre, de nouveaux travaux exploratoires ont eu lieu en matière de combinaison entre Système Multi-Agents (SMA) et Système d'Information Géographique (SIG). Enfin, nous avons avancé dans la mise en place d'une liste de métadonnées qu'il conviendrait de faire adopter par tous les participants au PCR ARA et, au-delà, à ceux des autres PCR coordonnées dans le cadre du GDR SILEX.

3.4.1. Application SILEX pour la saisie de données sur le terrain et d'inventaire des lithothèques

En 2019, une application pour smartphones et tablettes sous Android et iOS a été développée. Elle s'appuie sur la solution Survey123forArcGIS d'ESRI (<https://survey123.arcgis.com/>)

Cette application s'appuie sur un formulaire, baptisé Enquête SILEX, que nous avons mis au point après divers échanges entre plusieurs d'entre nous. Il permet de saisir des informations aussi bien sur le terrain sur des lieux de collecte de ressources siliceuses que des lieux auxquels sont associés des échantillons de lithothèques lors de leur inventaire.

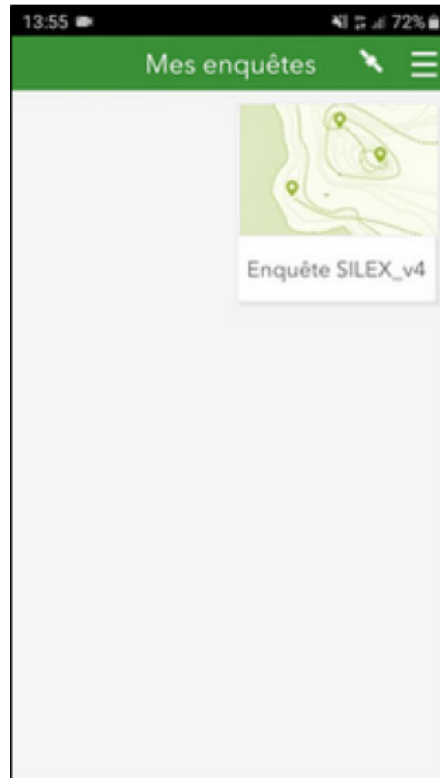
Cette application peut être utilisée non seulement sur smartphones et tablettes mais aussi sur PC, et sur un navigateur Web. Il suffit de télécharger l'application Survey123ConnectforArcGIS.



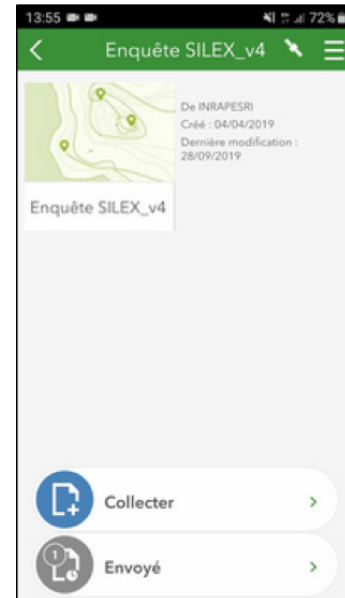
Pour utiliser l'application sur smartphone ou tablette, il faut d'abord télécharger l'application générique Survey123forArcGIS d'ESRI (Téléchargeable sur Google Play Store ici : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.esri.survey123&hl=fr> et sur App Store ici : <https://apps.apple.com/fr/app/survey123-for-arcgis/id993015031>).

Une fois l'application téléchargée et installée sur son smartphone ou sa tablette, il faut se connecter au compte PCR_litho créé pour le besoin.

Une fois connecté au compte il faut télécharger l'Enquête SILEX_V4.



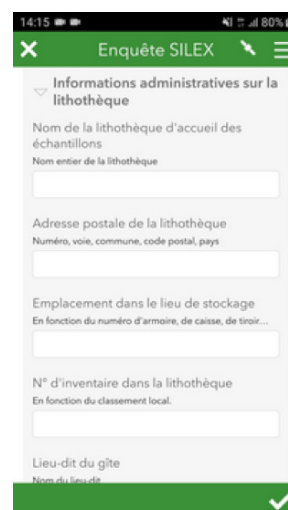
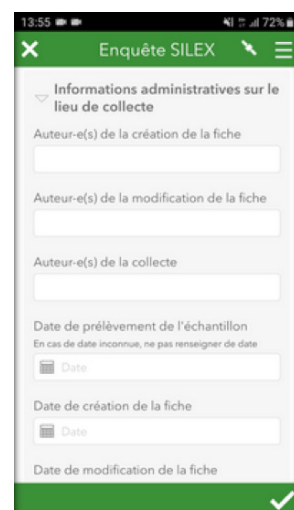
Une fois l'enquête installée, il faut cliquer sur Collecter pour commencer la saisie des données.

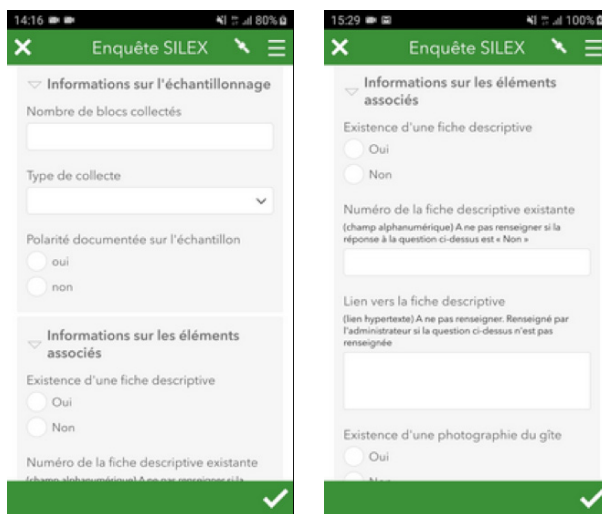
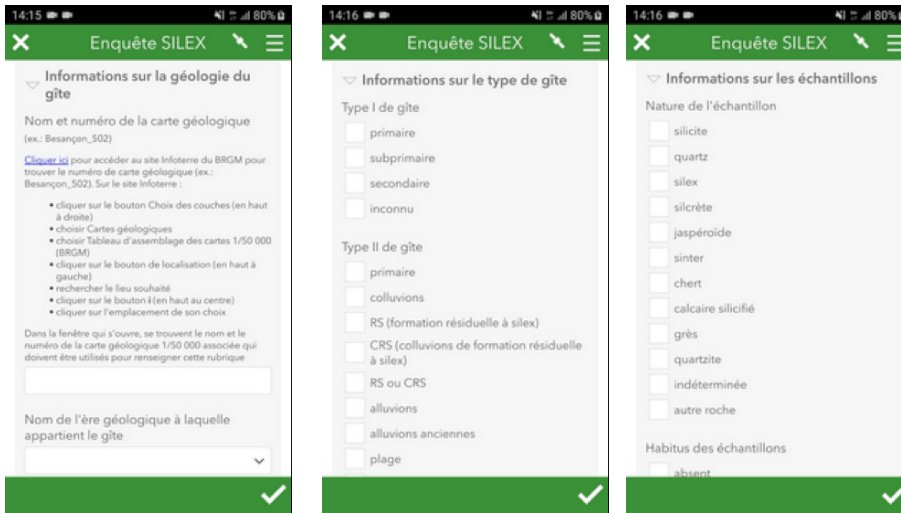


Les informations sont regroupées en plusieurs parties :

- Informations administratives sur le lieu de collecte ;
- Informations administratives sur la lithothèque ;
- Informations sur la localisation du gîte ;
- Informations sur la géologie du gîte ;
- Informations sur le type de gîte ;
- Informations sur les échantillons ;
- Informations sur l'échantillonnage ;
- Informations sur les éléments associés.

Les copies d'écran suivantes correspondant aux différentes parties du formulaire :



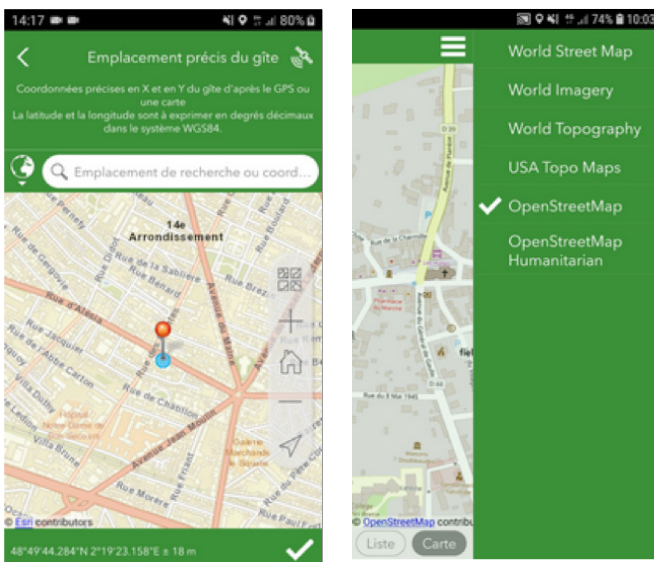


Pour les données de géolocalisation, si l'on se trouve sur le terrain, il faut activer le GPS de son smartphone ou de sa tablette.

Lorsque le GPS est actif, l'icône suivante apparaît en haut de l'écran du téléphone.



L'icône suivante apparaît aussi en haut à droite de l'écran dans l'application.



Il est possible de choisir parmi plusieurs fonds de cartes.

La rubrique « Altitude précise du gîte » peut être renseignée à partir de la valeur d'altitude donnée par le GPS du smartphone ou de la tablette.

Si les données ne peuvent être saisies par l'intermédiaire du GPS pour renseigner la rubrique « Emplacement précis du gîte », il faut saisir les coordonnées en WGS84 dans les rubriques prévues à cet effet à savoir :

- Commune du gîte
- Département du gîte
- Pays du gîte
- Coordonnée en X du centroïde de la commune du gîte
- Coordonnée en Y du centroïde de la commune du gîte

Lors de la sortie du formulaire avant sa validation, un écran apparaît pour demander à l'utilisateur de choisir entre trois options :

- Fermer cette enquête et perdre les modifications
- Continuer cette enquête
- Enregistrer cette enquête dans Brouillons



Une fois les données saisies dans l'enquête, il faut cliquer sur l'icône située en bas à droite de l'application et qui permet de clore l'enquête.



Une fenêtre apparaît pour demander à l'utilisateur de choisir entre :

- Envoyer ultérieurement
- Envoyer maintenant
- Continuer cette enquête

Une fois l'enquête saisie et validée, celle-ci peut être envoyée soit immédiatement sur les serveurs d'ESRI soit ultérieurement si l'utilisateur ne se trouve pas dans une zone de disponibilité de l'internet mobile, l'enquête pouvant être envoyée dès que l'utilisateur pourra à nouveau se connecter à l'internet mobile. Dernier choix possible : poursuivre la saisie des données de l'enquête en cours si toutes les rubriques n'ont pas été renseignées.



Dans la page d'accueil de l'enquête, il est possible de voir deux onglets : Collecter et Envoyé

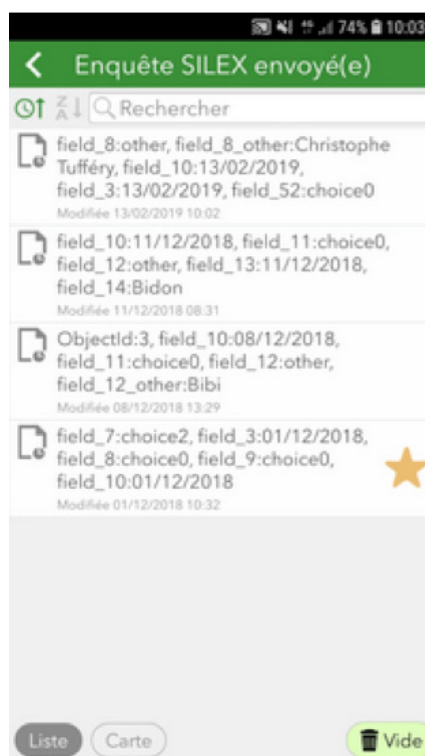


En cliquant sur l'onglet Envoyé, l'utilisateur peut retrouver la liste des formulaires renseignés pour cette enquête et qu'il a envoyés. Chacune d'elles est datée. Lorsqu'une des enquêtes renseignées est accompagnée d'une étoile jaune, c'est qu'elle a été désignée comme contenant les valeurs préférées. Cela permet de repartir des valeurs renseignées pour cette enquête et de les reprendre pour d'autres saisies de données de la même enquête.

Il est possible de modifier l'enquête mais seul l'administrateur peut le faire. De plus, cela nécessite de republier l'enquête dans sa nouvelle version.

Lorsque l'utilisateur décide d'envoyer les données enregistrées avec une enquête, celles-ci sont publiées sur les serveurs d'ESRI.

En l'occurrence nous avons décidé de permettre aux utilisateurs de pouvoir visualiser leurs données sur une application que nous avons développée avec la plateforme ArcGisOnLine (AGOL).



3.4.2. Application sur AGOL de visualisation de données de terrain et d'inventaire des lithothèques

Cette année, nous avons poursuivi le développement de l'application de visualisation de données de terrain et d'inventaire des lithothèques, dans le prolongement de ce qui avait déjà été fait les années précédentes.

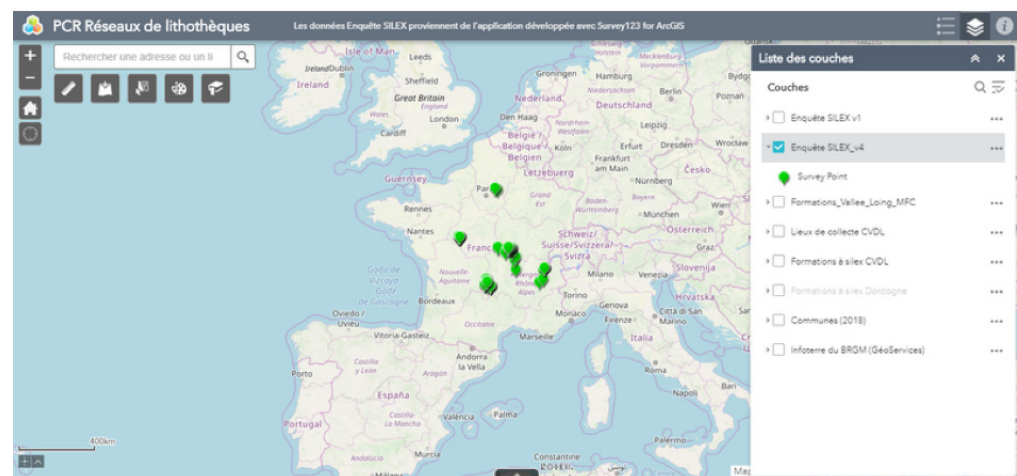
3.4.2.1. Présentation de l'application cartographique

L'application que nous avons développée s'appuie sur la plateforme ArcGisOnLine (AGOL) d'ESRI. Cette solution propriétaire est accessible pour tout organisation disposant d'une licence auprès d'ESRI. Le nombre de crédits est lié au type de contrat et du nombre de licences associées à ce contrat. Depuis les débuts de l'utilisation de cette solution dans le cadre du PCR, c'est la licence d'AGOL de l'Inrap qui est utilisée. Il convient d'ores et déjà d'envisager que cette application puisse être transférée sur les licences d'AGOL d'autres partenaires du PCR ARA, voire du GDR SILEX.

Elle consiste en une application Web développée à partir de la solution technique WebAppBuilder d'ESRI qui permet de construire de façon simple et sans devoir écrire une seule ligne de code, une application de cartographie en ligne (webmapping) permettant de visualiser des données géoréférencées provenant de différentes sources et de les partager.

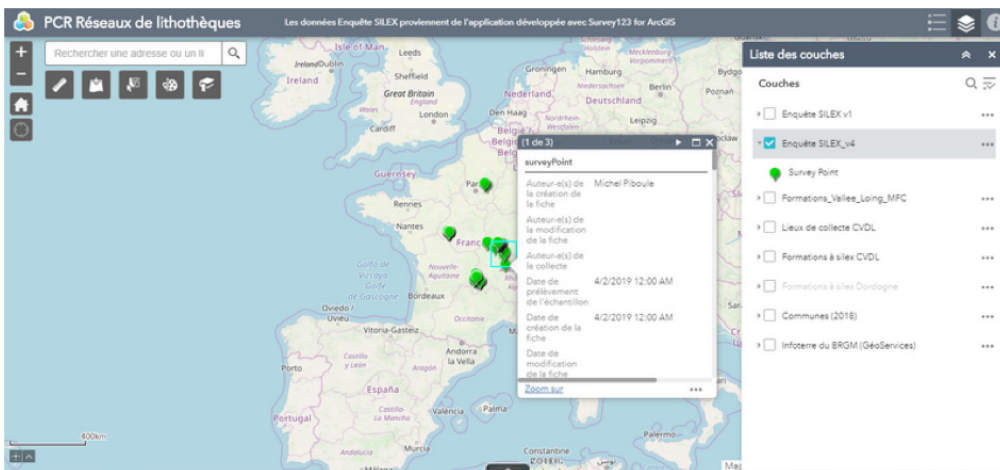
Pour les besoins du projet, nous avons développé une application qui permet d'afficher et de naviguer dans différentes couches de données géoréférencées :

- Formations à silex
- Lieux de collecte issus d'inventaire de lithothèques
- Lieux de collecte issus de l'utilisation de l'Enquête SILEX_v4 et de l'application Survey123forArcGIS présentée ci-dessus
- Toute autre donnée géoréférencée dans plusieurs formats possibles

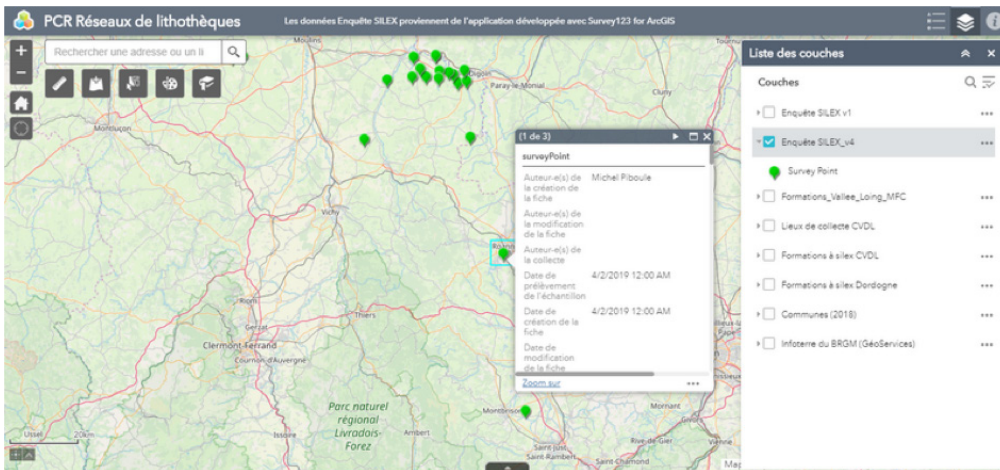


Pour les données provenant de l'utilisation de l'Enquête SILEX_v4 et de l'application, il est possible de paramétrer le type de symbole, sa couleur, sa taille, ses niveaux d'échelle d'apparition et de disparition. Ici, les données provenant de l'utilisation de l'Enquête SILEX_v4 apparaissent ici sous la forme d'un pictogramme en vert.

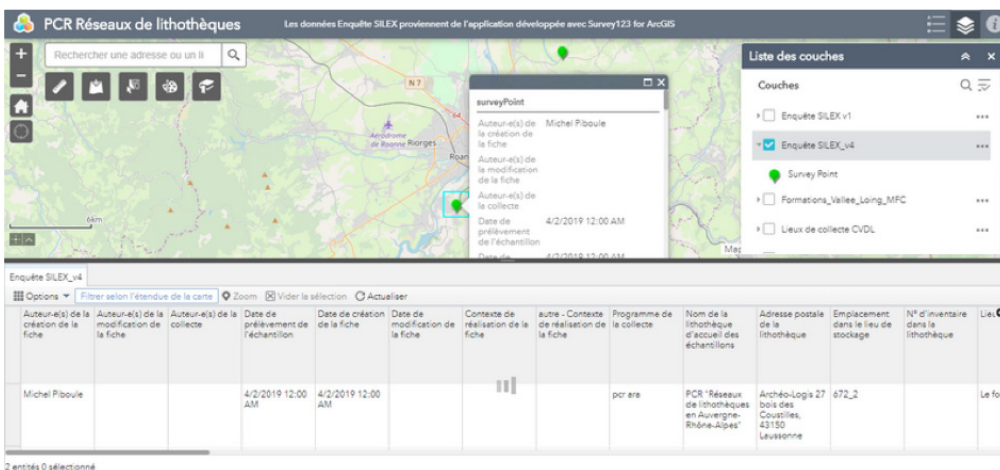
En cliquant sur l'un d'entre eux, on peut accéder à ses données descriptives



Si besoin, on peut zoomer sur le point sélectionné.



L'affichage des données descriptives peut aussi se faire dans un tableau qui apparaît en-dessous du volet cartographique de l'application.

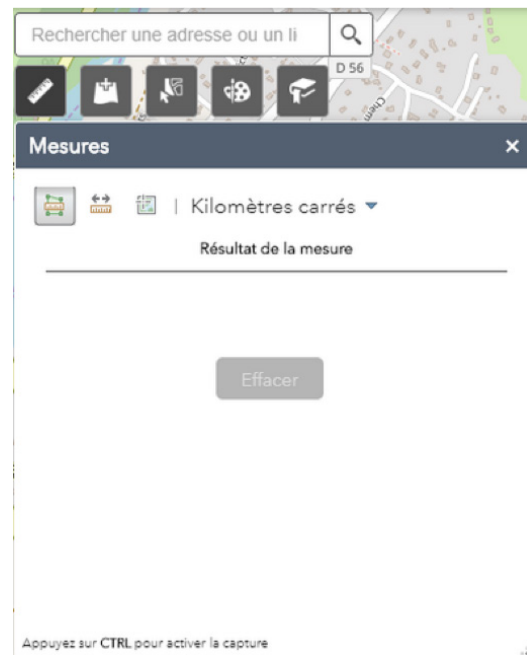


3.4.2.2. Outils disponibles

Plusieurs outils (widgets) ont été ajoutés.

- le calcul de distance, de surface, l'affichage des coordonnées du curseur
- l'ajout de couches de données qui peuvent provenir de serveurs de données
- l'ajout de couches de données dont dispose l'utilisateur

Le premier outil permet l'affichage des distances ou des surfaces dessinées par le curseur et exprimées dans plusieurs unités de mesure.

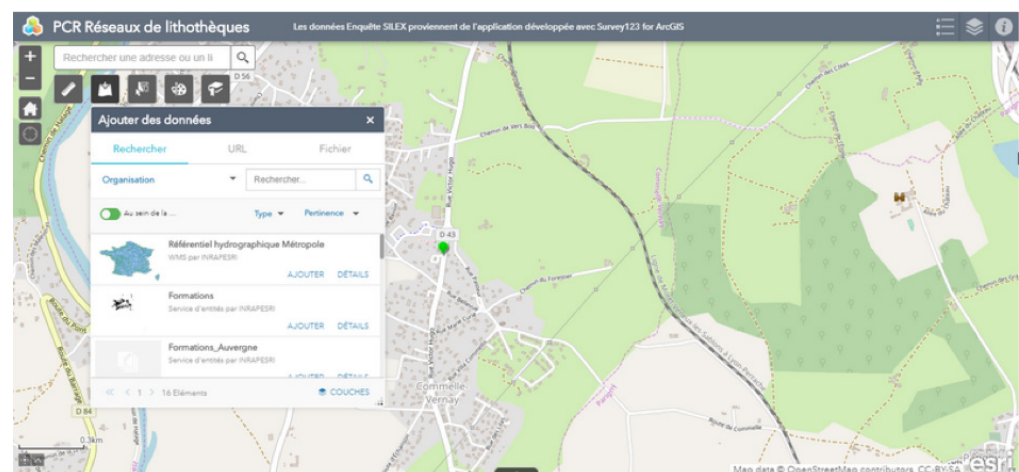


Cet outil permet aussi d'afficher les coordonnées du curseur en coordonnées géographiques exprimées en Degrés ou Degrés, Minutes, Secondes (DMS)

Le second outil permet l'ajout de couches de données provenant de serveurs de données. Cet outil permet de choisir entre différents types de services Web hébergés sur AGOL ou d'autres plate-formes :

- Service de carte
- Service d'entités
- Service d'imagerie
- Services de tuiles vectorielles
- KML
- WMS

Il est possible aussi de choisir entre les données disponibles soit dans l'espace de la carte affichée soit au-delà.



L'utilisateur peut aussi choisir d'ajouter des données provenant d'autres serveurs de données.

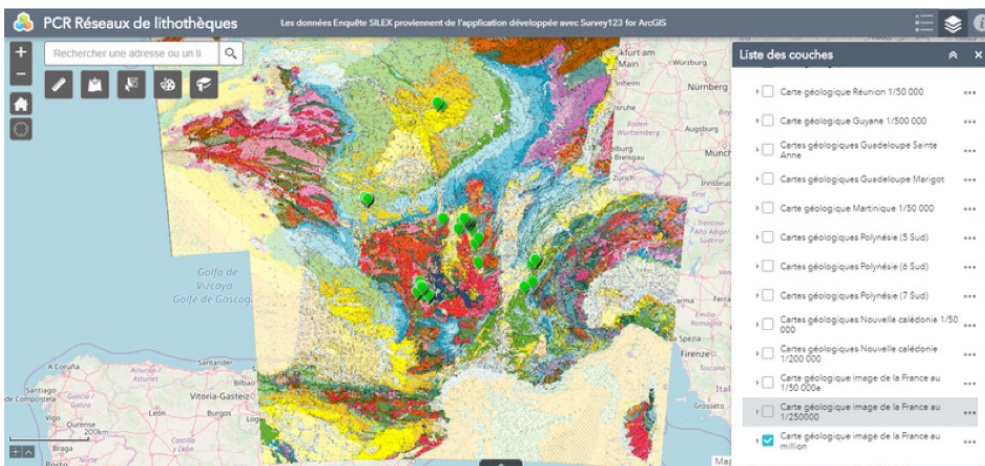


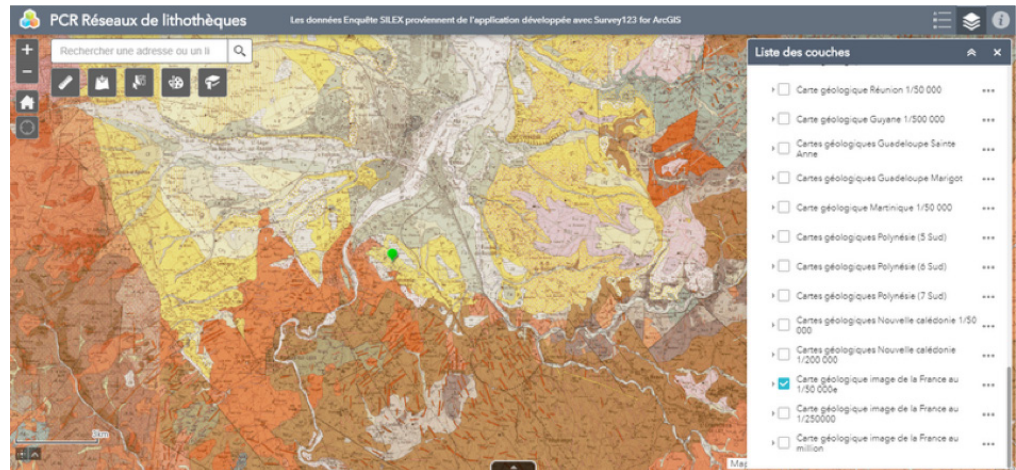
L'ajout de données provenant de ces autres serveurs peut concerner :

- Service Web ArcGISServer
- Service Web OGC WMS
- Fichier KML
- Fichier GeorSS
- Fichier CSV

Pour chacun de ces types de serveurs de données, il faut indiquer l'URL et cliquer sur Ajouter. Si l'accès aux données est correct, les données sont ajoutées dans la liste des couches à droite du volet cartographique.

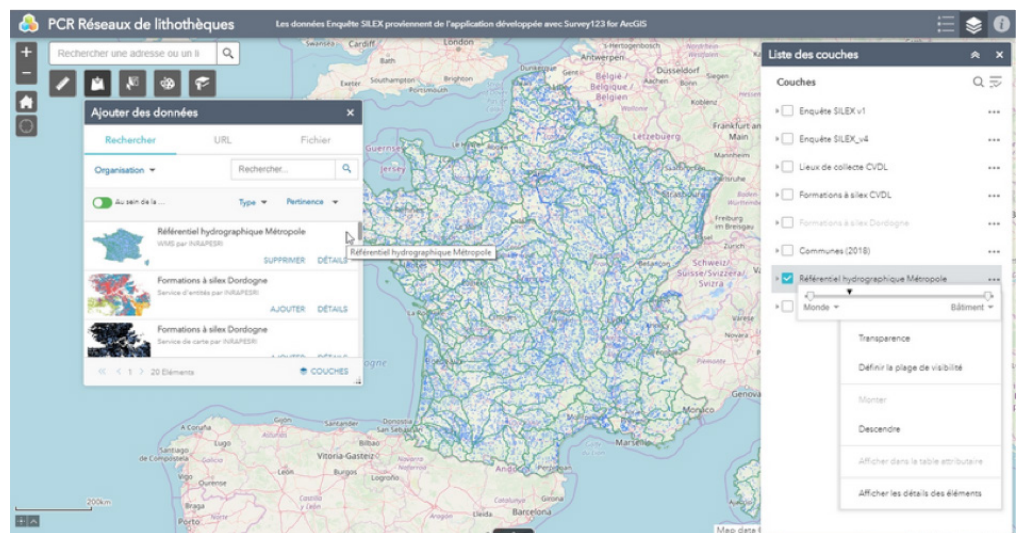
A titre d'exemple, on a ajouté des couches de données géoréférencées provenant de serveurs WMS INFOTERRE du BRGM. Dans un premier temps, à l'échelle de la France c'est la carte au 1/1 000 000 qui s'affiche.





Puis en commençant à zoomer, ce sont les cartes au 1/250 000 qui s'affichent.

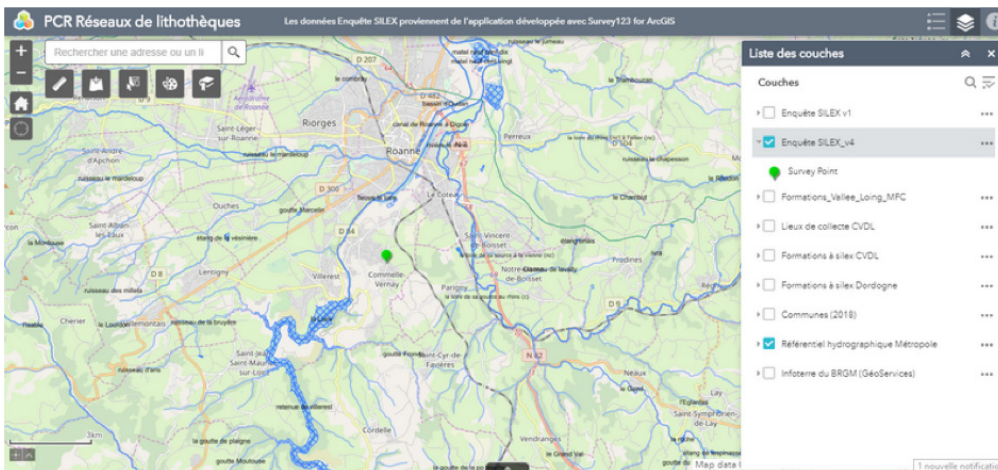
Enfin, à des échelles encore plus grandes, ce sont les cartes géologiques scannées du BRGM au 1/50 000 qui peuvent s'afficher. Ce sont ces cartes qui ont été utilisées pour la numérisation des contours des formations à silex.



A partir de ce même outil, il est possible d'ajouter des données géoréférencées provenant d'autres serveurs WMS comme celui du SANDRE (Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau : <http://www.sandre.eaufrance.fr/>).

Une fois le service web choisi, celui-ci apparaît dans le volet cartographique et dans la liste des couches à droite.

En zoomant, on peut découvrir les données du WMS du SANDRE.

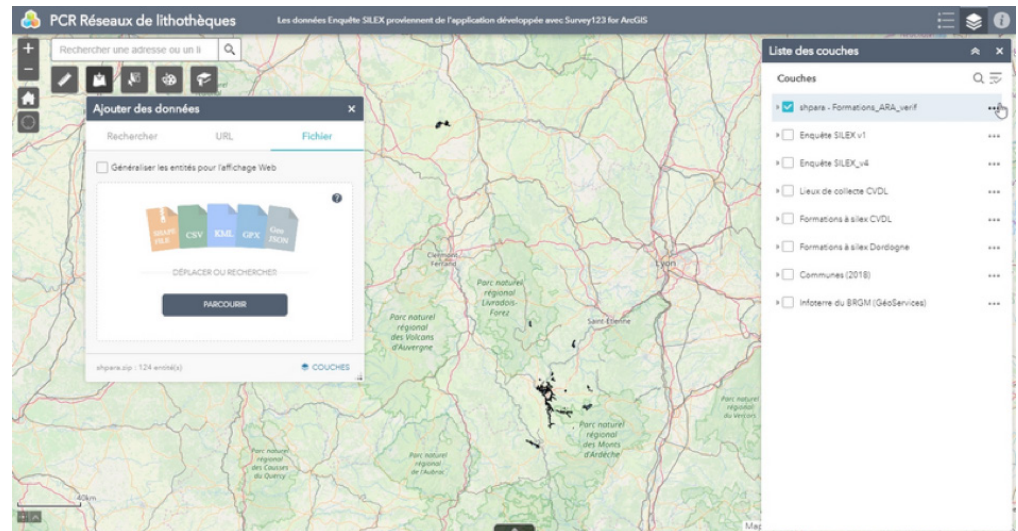


Le troisième outil concerne l'ajout de données contenues dans des fichiers dont dispose l'utilisateur. Les formats concernés sont les suivants : shape, csv, kml, gpx, geojson.

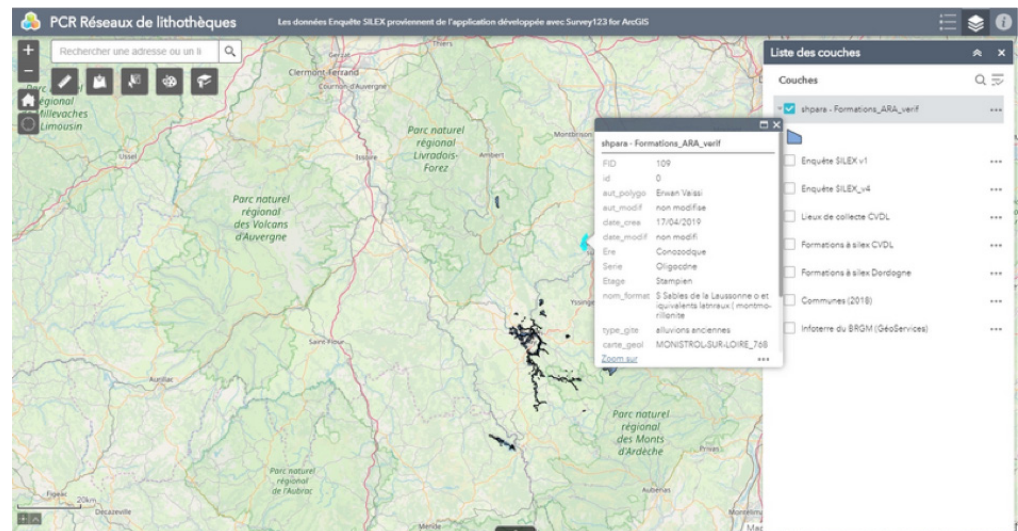


Avec cet outil, il est possible notamment d'ajouter un ou des fichiers au format shape concernant par exemple les contours des formations à silex issus de la numérisation des cartes géologiques du BRGM au 1/50 000 comme l'a défini le protocole harmonisé mis au point dans le cadre de ce PCR et réutilisé par d'autres PCR similaires.

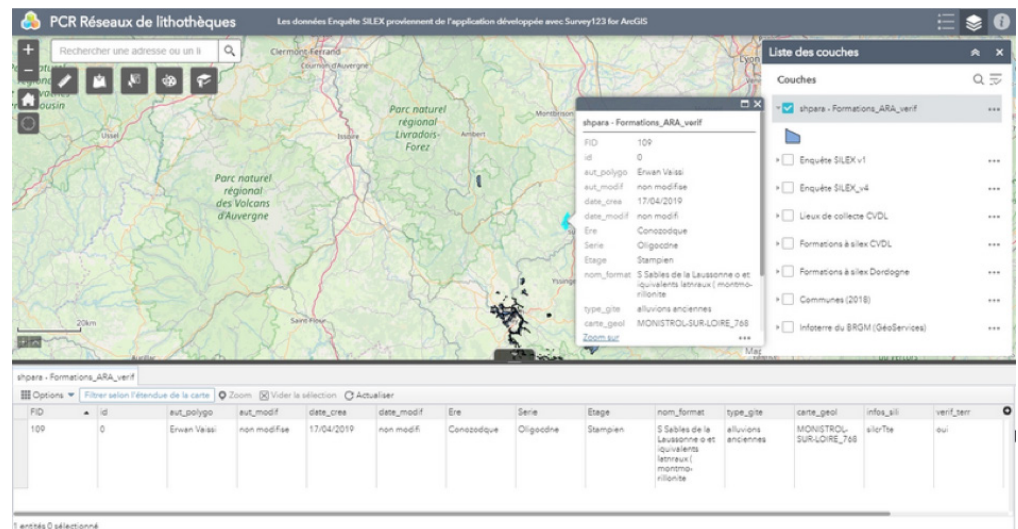
Une fois ces données au format shape importées, celles-ci s'affichent dans le volet cartographique et dans la liste des couches à droite.



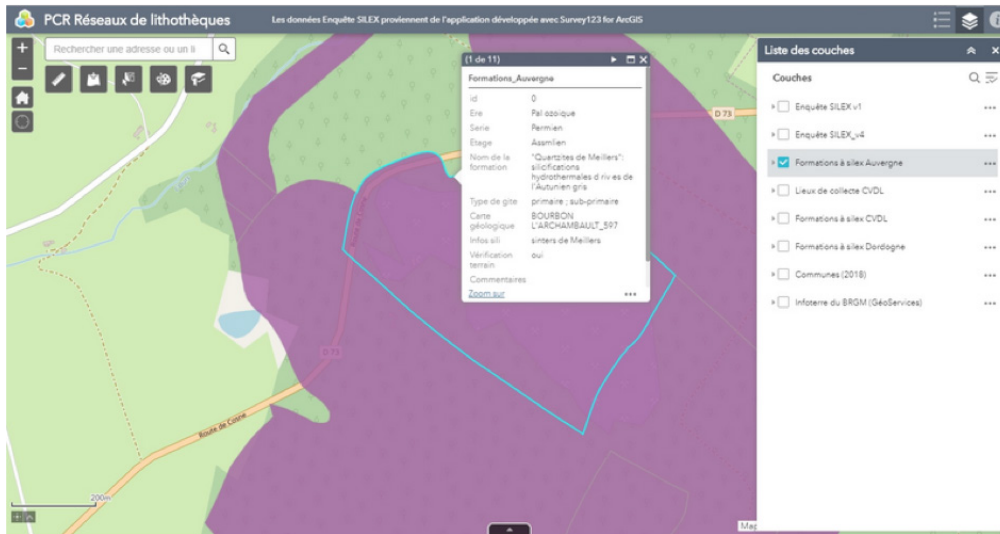
En cliquant sur l'un des polygones des formations à silex, on peut accéder aux données descriptives associées.



L'affichage des données descriptives peut aussi se faire dans un tableau qui apparaît en-dessous du volet cartographique de l'application.



En zoomant sur le polygone sélectionné, on peut effectuer automatiquement sur celui-ci et accéder à ses données descriptives.



3.4.2.3. Suites et perspectives

De nouveaux développements sont envisageables à partir de la solution déjà développée, mais il est tout à fait envisageable de changer de plate-forme et d'engager un nouveau développement dans une solution open source comme par exemple MapServer, Openlayers, Geoserver ou autre. Dans cette hypothèse, il faudra que le niveau de qualité et de service rendu par l'actuelle application et l'actuelle plate-forme soient au moins les mêmes.

3.4.3. Usage combiné SMA et SIG pour la recherche des zones de prospection sur l'origine de certains types de «silex»

Dans le prolongement des travaux exploratoires déjà engagés en 2018, nous avons poursuivi le travail de l'usage combiné entre un Système Multi-Agents (SMA) et un logiciel de SIG comme QGIS. Nous rappelons qu'un SMA est « un système composé d'un ensemble d'agents (un processus, un robot, un être humain, etc.), situés dans un certain environnement et interagissant selon certaines relations. Un agent est une entité caractérisée par le fait qu'elle est, au moins partiellement, autonome. » (source :Wikipedia).

Suite à l'Ecole d'été MAPS10 à laquelle nous avons participé en juin 2018, nous avons poursuivi notre travail d'adaptation d'un des modèles fournis avec le logiciel open source NetLogo et le modèle Grand Canyon (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/GrandCanyon>). Ce modèle de type gravitaire a été initialement mis au point pour simuler l'écoulement des eaux de pluie sur un relief. Il repose sur le calcul des plus grandes pentes pour dessiner le parcours des eaux de pluie selon le relief. Pour l'instant, aucun facteur externe autre que la topographie n'est pris en compte par le modèle (végétation, aménagements). Nous avons adapté ce modèle pour tenter une modélisation des itinéraires théoriques de fragments de roches siliceuses provenant des formations à silex connues à ce jour et délimitées sur les cartes géologiques du BRGM au 1/50 000.

Deux zones de tests ont été retenues :

- Saint-Léger-du-Malzieu (en Lozère)
- Naussac (à la limite entre Lozère et Haute-Loire)

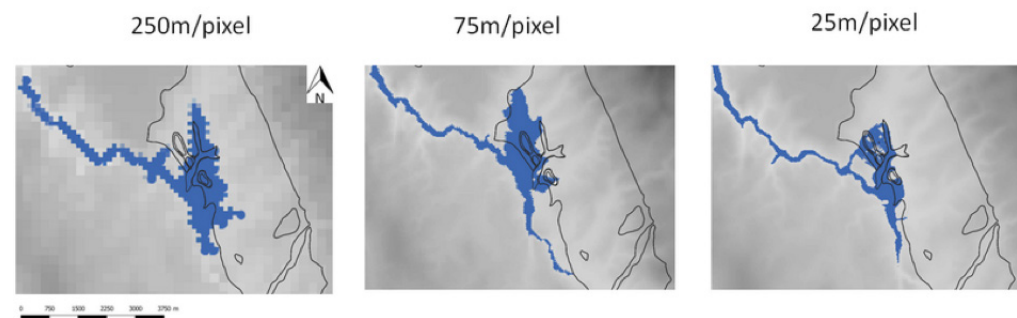
Pour chacune de ces deux zones, nous avons fait tourner le modèle dans NetLogo en simulant les itinéraires théoriques potentiellement suivis par les fragments de roches siliceuses entre leurs formations d'origine (gîte primaire) et leurs zones d'accumulation ou d'atterrissement (gîtes secondaires).

Pour les données sur la topographie actuelle, nous avons utilisé plusieurs sources de données pour pouvoir faire tourner le modèle gravitaire. Il s'agit de trois des bases de données de l'IGN, en format raster, à trois échelles de résolution différente :

- BD Alti à 250m
- BD Alti à 75m
- BD Alti à 25m

La figure 34.28 illustre l'influence de la résolution des données topographiques sur les contours et l'étendue des zones d'accumulation des fragments de roches à partir de trois polygones correspondant à des zones d'affleurement actuelles de roches siliceuses.

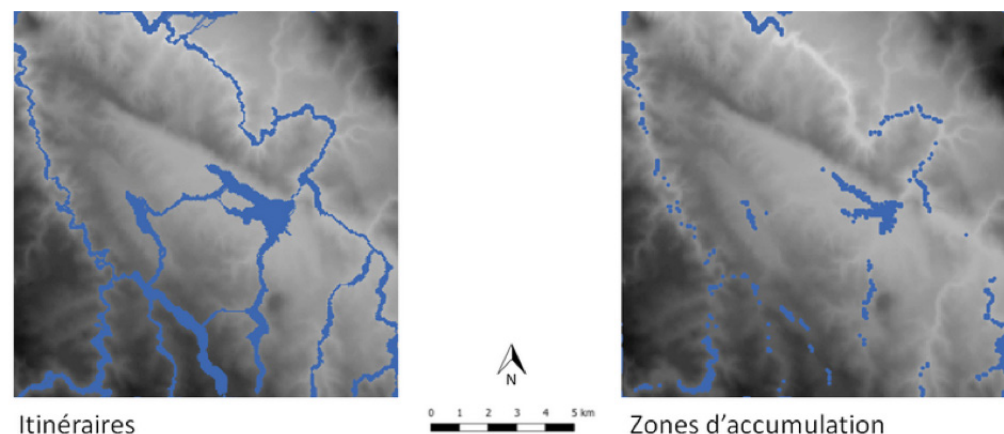
Figure 34.28 : Résultats du calcul des itinéraires et des zones d'accumulation superposés en transparence avec les cartes géologiques du BRGM sur la zone de St-Léger-du-Malzieu



Le modèle a été utilisé avec deux options différentes (Figure 34.29) :

- calcul des itinéraires
- calcul des zones d'accumulation

Figure 34.29 : Résultats obtenus dans le secteur de Naussac avec le calcul des itinéraires et le calcul des zones d'accumulation



Les itinéraires ont été calculés dans deux directions d'écoulement (Figure 34.30) :

- de l'amont vers l'aval (en bleu)
- de l'aval vers l'amont (en rouge)

A ce jour, les résultats obtenus avec le calcul de l'amont vers l'aval semblent plus convaincants et pertinents que ceux obtenus avec le calcul de l'aval vers l'amont. Le calcul des itinéraires remontants nécessite d'être davantage accompagné par l'utilisateur que le calcul des itinéraires descendants.

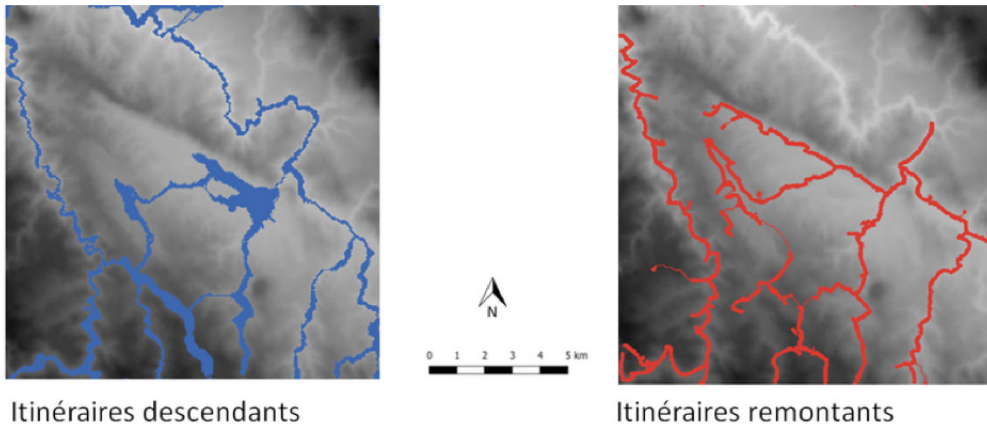


Figure 34.30 : Résultats dans le secteur de Naussac avec le calcul des itinéraires descendants (en bleu) et des itinéraires remontants (en rouge)

Les résultats obtenus avec NetLogo ont ensuite été exportés au format *.png. Nous avons ensuite produit les fichiers de géoréférencement *.pgw permettant d'afficher les fichiers raster *.png dans QGIS et de les superposer à d'autres couches de données géoréférencées dans le même système de coordonnées (Lambert 93).

Ainsi, en reprenant les résultats obtenus avec la BD ALti à 25m, nous avons superposé les itinéraires et les zones d'accumulation calculés par le modèle, avec les cartes géologiques du BRGM provenant du Webservice Infoterre du BRGM et les contours des formations à silex (Figure 34.31).

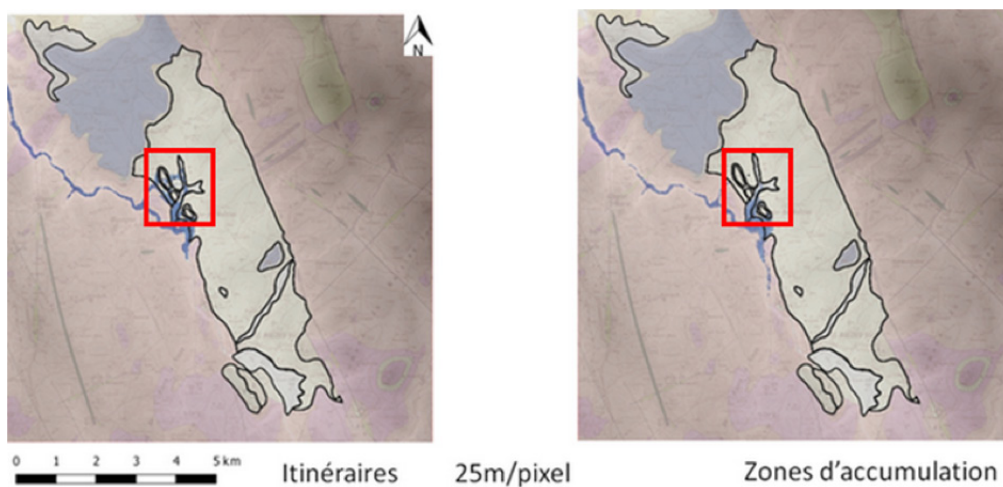
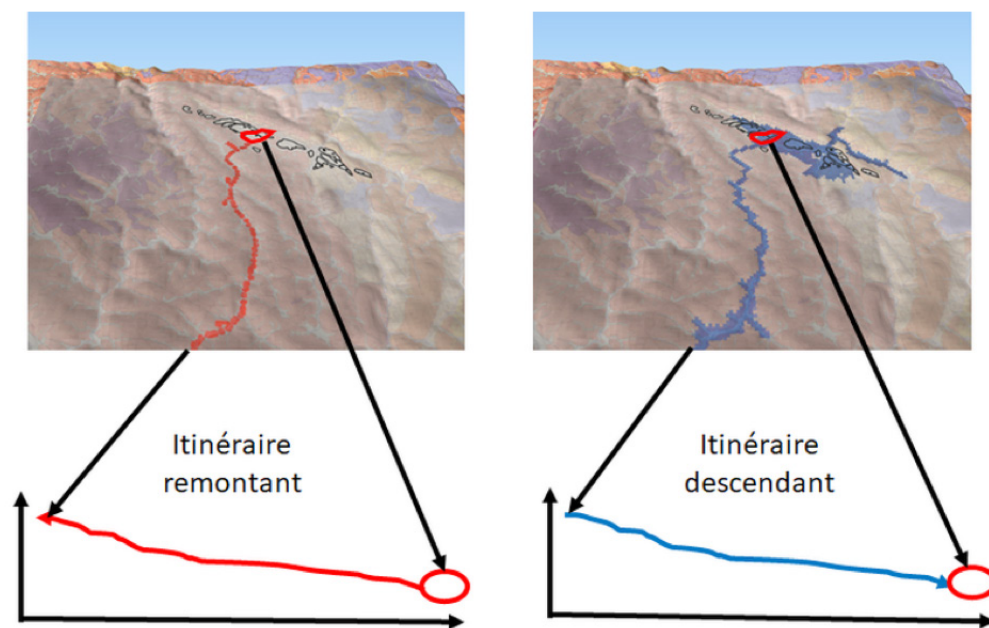


Figure 34.31 : résultats sur la zone de St-Léger-du-Malzieu avec le calcul des itinéraires et des zones d'accumulation à partir des polygones de formations siliceuses d'origine (carré rouge). Les résultats sont superposés dans QGIS en transparence avec les cartes géologiques du BRGM et les polygones des formations à silex (en noir).

Nous avons aussi pu afficher ces données en 3D avec l'extension QGis3D with Qgis2threejsExporter (Figure 34.32).

Figure 34.32 : Résultats dans la zone de Naussac avec le calcul de l'itinéraire remontant (en rouge) et descendant (en bleu) à partir d'une formation siliceuse d'origine ou cible (en rouge). Les résultats sont superposés dans QGisen transparence avec les cartes géologiques du BRGM et les polygones des autres formations à silex (en noir).



Ces premiers résultats sont encourageants. Ils permettent d'identifier des itinéraires théoriques sur lesquels pourront se concentrer les travaux de prospection à venir.

Néanmoins, pour l'instant notre modèle est basé sur la surface topographique actuelle, qui n'était pas la même à l'époque préhistorique au moins pour certaines régions. Il serait possible de modifier localement cette topographie pour atteindre une surface topographique plus proche de la paléotopographie (principalement dans les vallées) mais ce travail reste à faire.

Par ailleurs, de nouvelles modélisations doivent être produites avec des données différentes sur des zones différentes et en utilisant des paramètres différents pour apprécier la solidité ou la sensibilité du modèle utilisé aux divers paramètres.

Ces travaux ont fait l'objet d'un article et d'une communication dans un colloque international. Nous renvoyons à ces deux publications pour prendre connaissance plus dans le détail de nos travaux.

- Christophe Tuffery, André Morala, Paul Fernandes, Vincent Delvigne, Combinaison d'un SMA et d'un SIG pour aider à la prospection pétroarchéologique. Exploration d'une approche multi-agents dans la modélisation des parcours naturels du silex. *Revue Archéologies numériques*, Numéro 1, Volume 2, Éditeur ISTE OpenScience, 01/08/2018, DOI:10.21494/ISTE.OP.2018.0276, ISSN: 2515-7574 *Revue d'archéologie numérique*. <https://www.openscience.fr/Combinaison-d-un-SMA-et-d-un-SIG-pour-aider-a-la-prospection-petroarcheologique>;
- Christophe Tufféry, Vincent Delvigne, Erwan Vaissié, Paul Fernandes, A multi-agents simulation to model the secondary sources of siliceous raw material used in Prehistory European. *Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography. Session 08 : Spatial computation in archeology and history*. <http://www.ectqg.eu/ectqg-2019/S08/>. Le résumé de la communication se trouve pp. 191-192 du document suivant : http://www.ectqg.eu/assets/download/ECTQG2019_Programme-and-book-of-abstracts.pdf?submit=Download+the+final+programme+and+book+of+abstracts

3.4.4. Proposition de métadonnées dans le cadre du GDR SILEX

Un document de proposition sur une série de métadonnées a été rédigé. Il s'appuie principalement sur la norme ISO 15836 (dite Dublin Core) qui concerne les métadonnées de ressources documentaires. A ce jour il n'a pas encore été discuté. Il reste donc à l'état de proposition.

3.5. UN NOUVEAU GISEMENT D'OPALE À SAINT-PIERRE-EYNAC (HAUTE-LOIRE).

(M. PIBOULE, R. LIABEUF, V. DELVIGNE, P. FERNANDES, J.-P. RAYNAL)

A la suite des prospections archéologiques et géologiques sur la commune de Saint-Pierre-Eynac, l'un d'entre nous (R.L.) a découvert un nouveau gisement d'opale au nord de cette commune. Il se situe à l'est de la Plaine de Fariès à proximité et en contrebas de ses coulées basaltiques (formation β de la carte géologique feuille Yssingeaux, n° 792, Feybesse et *al.* 1998 ; Figure 35.1) dans un secteur boisé situé entre les côtes 938 et 1003 (Figure 35.2).

Figure 35.1 : Extrait de la carte géologique au 1/50000ème d'Yssingeaux n° 792 (Feybesse et al. 1998)



La zone d'observation comprend une aire limitée (~ 6 hectares) en pente et correspondant à des sols colluviés sur éboulis où les opales et des silicites se présentent en petits graviers dispersés dans les sols. Ils sont accompagnés de fragments des basaltes β . L'affleurement actuellement visible est très limité et discontinu (quelques mètres) et excentré au point le plus haut de la zone de dispersion le long d'un chemin situé en contrebas de la côte 1003 (Figure 35.2) et des basaltes. Il montre localement - malgré le fort recouvrement général (S β sur la Figure 35.1) - une forte lithoclase soulignée par l'altération pédologique.

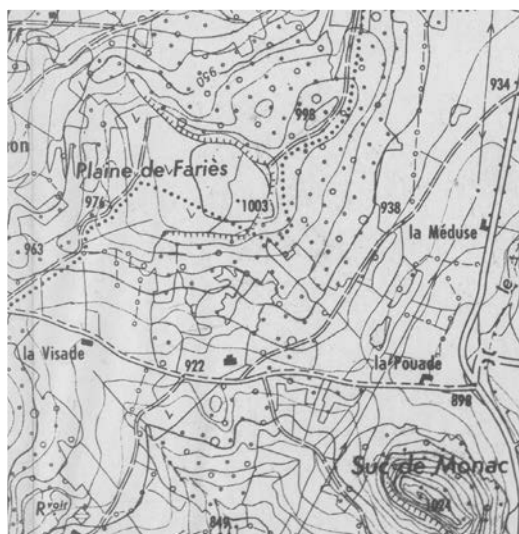


Figure 35.2 : Extrait de la minute 1/12500ème de la carte d'EM (in Frerichmann U., 1977).

L'analyse pétrographique descriptive de quelques échantillons et de rares blocs est proposée ici afin de définir l'origine de ces matériaux siliceux en l'absence d'une information plus précise sur le gisement.

3.5.1. État des matériaux et textures

Dépourvues d'une altération de surface les opales et les silicites de Fariès ont un aspect général de «jaspe» à teinte variable jaune orangé à brune, parfois blanche. Sur les surfaces de fracturation anciennes accompagnées d'un cortex les teintes deviennent jaune ocre à blanc. Les faciès à matrice brune présentent des cortex fins (1/10ème de mm) à surfaces granuleuses à épais (jusqu'à 6mm) à surface abrasée. Certains cortex présentent des surfaces écaillées et

gélifractées attestant d'une porosité de l'opale rendue très réactive au gel.

Ces surfaces altérées témoignent de matrices à textures homogènes et massives ou, au contraire orientées ou planaires. Elles montrent également une très forte fissuration à diaclases soulignées par des dépôts ferromanganésifères noirs liés aux infiltrations pédologiques en milieu forestier.

Les textures des matrices s'avèrent variables, finement clastiques, offrant un vague litage discontinu où alternent des zones riches en grains souvent ovoïdes et des zones à grains très fins. Ces structures rappellent celles des lutites ou des pélites des séries détritiques terrigènes.

La figure 35.3 montre une texture finement stratifiée où alternent de façon irrégulière :

- des lits d'épaisseur très irrégulière (jusqu'à 400 μ) comportant souvent pour les plus épais des «clastes» très allongés (jusqu'à 1 cm), à contours ondulés et emballés dans une matrice de teinte orange, orientée parallèlement aux grains et contenant elle-même des éléments en fines loupes allongées ($\sim 40 \mu$) ;
- des inter-lits généralement peu épais (jusqu'à $\sim 50 \mu$), à grains fins ($\sim 10 \mu$) et de teinte grise à jaune.

L'extension latérale des lits et des interlits offre de fréquents biseaux.

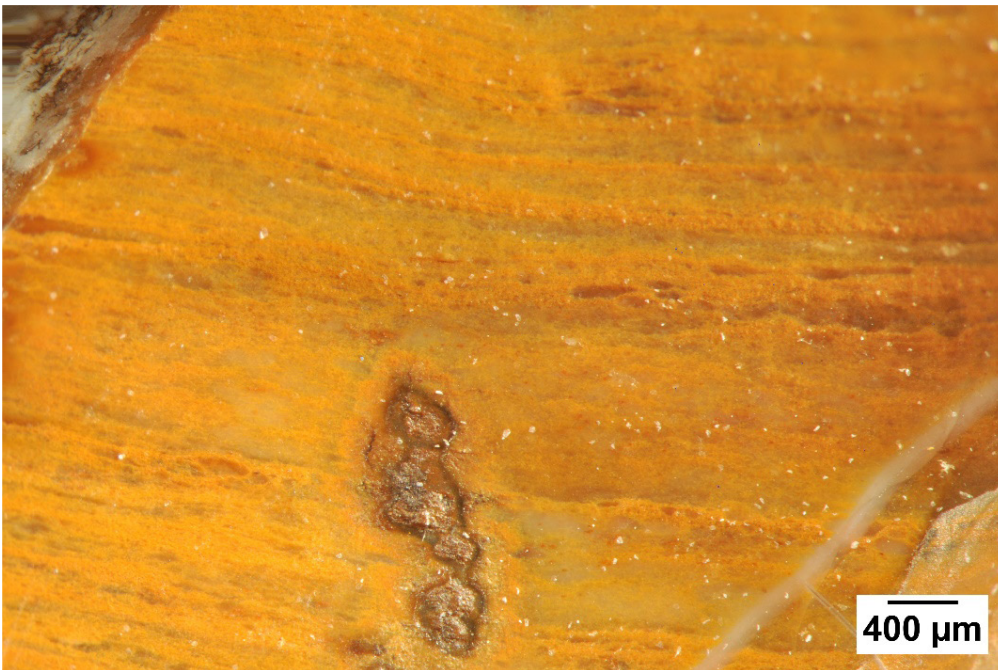
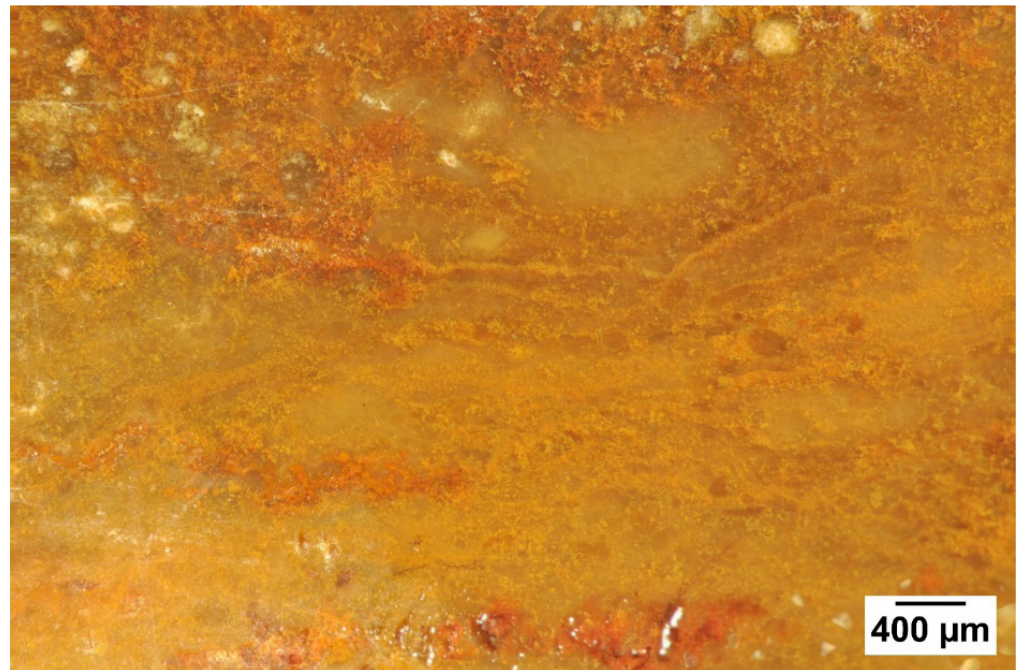


Figure 35.3 : Structure finement litée à lits hétérogranulaires discontinus recoupée par un drain à dépôt ferrique et une veinule à silice blanche.

La figure 35.4 correspond la limite d'un lit à grain grossier et d'un interlit plus clair à petits éléments clastiques ou non. La limite supérieure de l'interlit est localement jalonnée par plusieurs rubans fins discontinus entre lesquels s'intercalent des rubans siliceux, des clastes et quelques grains aux contours arrondis.

Figure 35.4 : Structure à lit supérieur hétérogranulaire à aspect clastique surmontant un interlit plus clair. La limite entre les deux est soulignée par de fins liserés et rubans quartzeux.



Les deux structures notées s'apparentent beaucoup à celles des séries détritiques terrigènes fines où alternent des termes riches en fractions argileuses et des termes plus clastiques à quartz. Toutefois dans le détail (Figure 35.3) la forme des éléments figurés est le plus souvent ovoïde et parfois fortement aplatie. Elle passe même de formes lenticulaires à des rubans sinueux. Ces morphologies paraissent acquises à la faveur d'un fort étirement où le grain précurseur a été ovalisé puis aplati à l'extrême et réduit en un ruban à la suite d'une déformation ductile.

La nature de la phase minéralogique affectée par cette déformation est posée. Le quartz qui pourrait constituer ces éléments à l'origine est exclu de ce scénario. Un minéral siliceux de la même famille, initialement amorphe ou peu structuré, ductile et capable d'enregistrer une telle déformation peut être ici envisagé. Cette hypothèse sera explorée prochainement.

Certaines loupes apparemment quartzieuses montrent en coupe une texture granulée rappelant les textures en mosaïque (Figure 35.5). Les petits grains constituant cette ancienne loupe (Figure 35.6) sont homométriques et atteignent une centaine de microns. Par leur taille, ils s'apparentent à ceux qui baignent dans la matrice litée voisine. Les sections observées sont le plus souvent hexagonales et identiques à celles de cristaux automorphes de quartz.

La texture observée correspond à celle d'une recristallisation avec néoformation de petits cristaux lors d'un simple recuit. Rappelons ici que la situation des silicites de Farès est très proche de celle des basaltes en coulées de la plaine de Fariès. Pour l'échantillon décrit ici, la recristallisation constatée fait suite à un réchauffement important conduisant à une néogenèse cristalline du quartz au détriment d'un précurseur siliceux.

Sous l'amande recristallisée précédente, la figure 35.5 montre une autre forme lenticulaire présentant un gros grain de quartz à forme irrégulière lobée ou golfée. Il est accompagné de petits cristaux de quartz. Latéralement, une autre forme golfée peut être notée. Ces grains de grandes tailles (de l'ordre de 400



Figure 35.5: Loupe quartzeuse recristallisée et reliques de quartz.

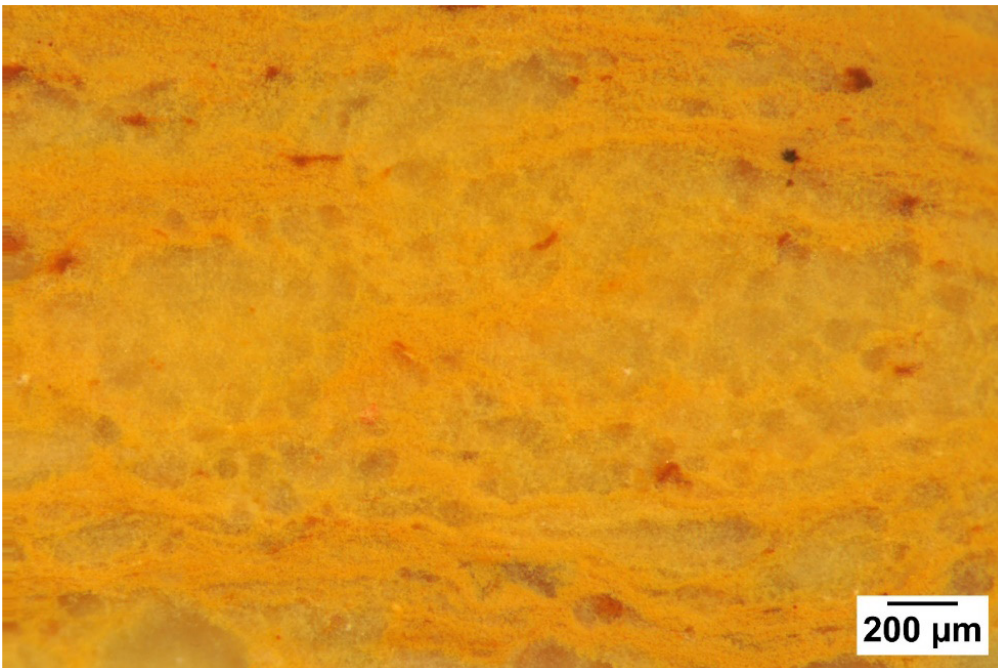


Figure 35.6 : Loupe quartzeuse présentant une structure en mosaïque de recristallisation (détail de la figure 35.5).

microns), aux contours sinueux sont associés à des petits cristaux de quartz de néoformation. Ils correspondent à des reliques de grains (de quartz ?) préservées et ayant échappées à la recristallisation.

Les structures des silicites de Fariès offrent à la fois un témoignage d'une histoire sédimentaire ancienne affectée par une déformation liée à sa composition minéralogique spécifique. Elles montrent pour l'un des échantillons les effets d'une incursion thermique qui conduit à la recristallisation ménagée du quartz. Ce point s'accorde avec la position géologique originelle très proximale de coulées basaltiques.

3.5.2. Échantillons à structures litées

Des structures litées organisées ont été rencontrées pour deux échantillons. Il s'agit soit d'un litage bien marqué et affecté par un plissement (figure 35.7) soit, au contraire d'un micro-litage discret à lamines fines (figure 35.8).

3.5.2.1. Échantillon lité plissé

Cet échantillon (figure 35.7) permet d'aborder l'histoire générale du matériau depuis son origine jusqu'à la tectonique de fracture qui l'affecte. Il montre une succession de lits assez réguliers. Chaque lit apparent est constitué de quelques lamines *inframillimétriques*. Dans le détail ces lamines sont souvent discontinues et offrent parfois des terminaisons en biseaux. Elles sont localement microplissées et montrent des ondulations amples.



Figure 35.7 : Échantillon lité et plissé à opale brune et cavités tapissées par une silice collomorphe bleue. (Échelle: ~ 20cm).

A l'échelle de l'échantillon cette succession de lits est affectée par un repli dont une partie du flanc supérieur a disparu. La base opposée offre un matériel soumis à une forte déformation où les lits clairs ont des extensions très limitées (1 à 2 cm). Les rares lits apparaissent très étirés et affectés par des microplis très dissymétriques. Cette zone basale et le litage sus-jacent sont traversés par un réseau de veinules siliceuses connectées aux dépôts de la silice bleue. Cette silice colmate partiellement d'anciennes cavités implantées dans le plan axial d'un pli dont il ne reste que la charnière et un flanc complet (figure 35.7). La morphologie mamelonnée du dépôt (structure colloforme) est classique des minéraux à croissance fibreuse de la famille du quartz. Par sa teinte cette silice rappelle celle de la lussatite.

Ce dépôt de silice bleue occupe une zone de décollement et d'un ancien vide. Une opale de teinte brune colmate sa partie latérale et supérieure par bourrage. Ce mécanisme de compensation des espaces vacants s'est effectué lors du fluage de l'opale plastique placée sous contrainte. Cette structure a été acquise avant l'installation du réseau des veinules qui témoigne d'un état rhéologique cassant tardif du matériau. Ce changement de propriété mécanique s'exprime

parfaitement sous la structure précédente où les fentes se répartissent de façon périodique et parallèle (Figure 35.8). Cette régularité de la fracturation tend à disparaître lorsque les veinules recourent la structure plissée sus-jacente.



Figure 35.8 :
Fentes siliceuses
enduites de dépôts
ferromanganésifères
tardifs.

Indépendamment de la structure plissée qui l'affecte, le litage de la roche peut témoigner du simple héritage d'un acquis sédimentaire initial (surface de sédimentation S0 du dépôt) ou présenter une origine organique (ex. : matre algale...) avec contrôle du matériel déposé. Un examen plus approfondi de cet échantillon sera effectué en 2020.

3.5.2.2. Échantillon à lamines fines



Figure 35.9 : Opale claire
résineuse à lamines fines
basales. (3.7 x 2.7 cm).

Ce second type de litage offre de très fines lamines parallèles visibles sur une épaisseur de 3 à 5 millimètres (figure 35.9). Chaque unité offre deux couches d'épaisseurs différentes. Le terme basal épais de 500 microns présente un aspect granuleux et parfois pigmenté (teinte ocre à jaune). Le terme sommital moins épais est gris et d'aspect quartzeux (figures 35.9 et 35.10). En raison du développement de sa porosité la couche basale s'altère facilement, en particulier au voisinage immédiat du cortex. Elle tend à perdre sa cohésion (figure 35.10) par une désolidarisation des grains qui fait suite à une dissolution partielle de la silice. Ce développement des vides intergranulaires est localement favorable au dépôt de petites tâches ferromanganésifères sur les surfaces des interlits. Cette distribution d'une phase minérale (ferrohydroxyde de fer et de manganèse) témoigne d'un transport hydrique tardif des deux métaux et de leur précipitation dans les pores et sur les surfaces des lamines.



Figure 35.10 : Lamine fine au voisinage du cortex : elle montre une texture rugueuse et poreuse dans sa partie basale. Elle est surmontée par un lit homogène quartzeux.



Figure 35.11 : Présence d'une fine membrane fine ondulée au contact lamine-opale, d'un fragment et d'une peau légèrement décollée du substrat. (2.2 x2.3 cm).

L'origine biologique du litage est particulièrement mise en évidence dans cette zone des lamines. Elle repose sur l'observation du contact lamine-opale (Figure 35.11 et 35.12). Cette limite est fréquemment soulignée par des membranes peu épaisses (50 à 80 microns) ondulées et qui «flottent» dans l'opale. De petits fragments de cette «peau» les accompagnent parfois en bordure de la lamine sous-jacente (figure 35.11). Localement une membrane peut être déchirée et laisse alors apparaître un feutrage de fibres ténues, entrelacées et accompagnées de sphérules de quelques microns d'opale (figure 35.12).

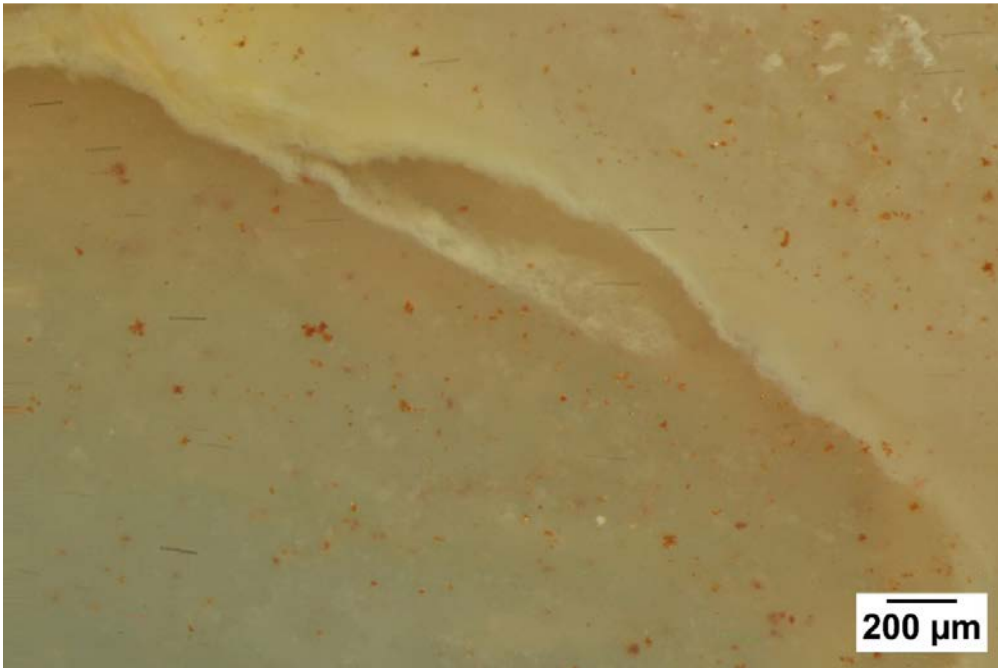


Figure 35.12 : Détail d'une membrane déchirée flottant dans la matrice opalifère.

Ces membranes sont interprétées comme d'anciennes mattes bactériennes développées sur le fond puis décollées du substrat finement détritique et fossilisées in situ lors de la précipitation généralisée de l'opale.

Notons que ce type de membrane bactérienne a déjà été observé au sommet d'une séquence à lamines fines à bases détritiques dans les opales de Saint-Pierre-Eynac (Rapavi) au voisinage d'une construction stromatolitique (microbialite) (Rapports PCR ARA 2016 à 2018).

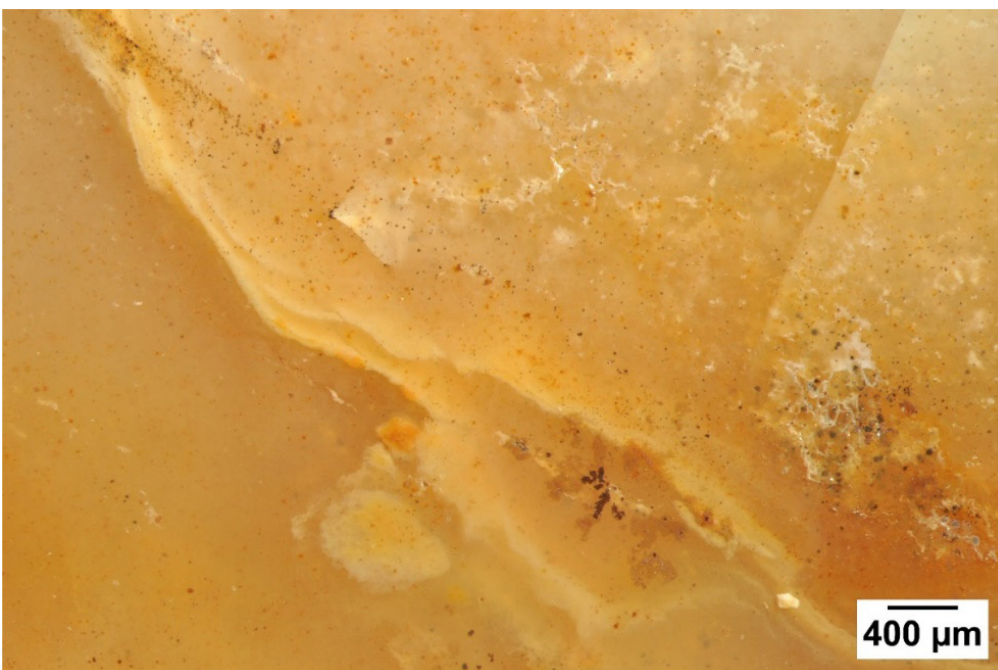
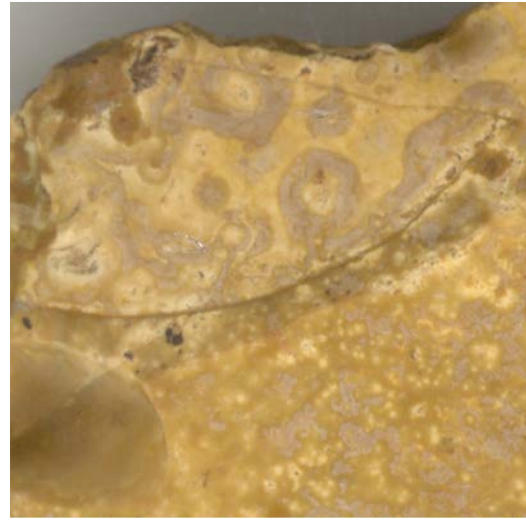


Figure 35.13 : Membrane partiellement détruite, plissée et fragmentée.

3.5.3. Échantillons à sphéroïdes et encroûtements

Cette silicite offre des structures à sections circulaires (sphéroïdes) et des éléments encroûtant rubanés qui les recouvrent partiellement (figure 35.14).



Les sphéroïdes (oncolites?) sont légèrement zonés avec deux couches. Ils ne montrent pas de structure radiale. La zonation paraît dépendante d'une pigmentation plus ou moins soutenue. Le cœur apparaît homogène et clair ; la bordure externe est plus colorée et généralement recouverte d'une très fine pellicule grise («patine» film) dont le développement n'affecte pas la matrice siliceuse voisine des sphéroïdes.

Figure 35.14 : Silicite à structures sphériques ou encroûtantes. (1.7 x 1.8 cm).

L'examen de détail (figure 35.15) d'un petit sphéroïde - non recouvert par cette pellicule - confirme l'absence de structure radiale régulière et de traces de cristaux fibreux à croissance centrifuge. Une texture à feutrage lâche constituée de tubes anastomosés emballé un matériel interstitiel à pigmentation variable (blanc, orange à rouille). Sa disparition contribue à la zonation concentrique notée précédemment.



Figure 35.15 : Cœur et zone bordière d'un petit sphéroïde.

D'après ces premières observations l'origine minérale des structures héritées paraît exclue en raison de l'absence d'une géométrie radiale. Les sphéroïdes s'apparentent aux oncolites. Une origine stromatolitique paraît probable. Elle devra être confortée par des observations plus fines. La présence de membranes bactériennes notées ci-dessus s'accorde avec une telle hypothèse.

3.5.4. Veinules et fentes siliceuses

Au-delà des diaclases de nombreuses fissures affectent la majorité des échantillons avec des fentes étroites colmatées par la silice. Deux générations peuvent être définies en fonction de leurs géométries, de leurs contenus et des modifications texturales et pigmentaires induites à leurs bordures. Une chronologie des veinules peut être proposée.

3.5.4.1. Veinules de première génération

Ces petites veines sont généralement curvilignes ou contournées, riches en constriction et «entéroformes». Elles se présentent soit en réseaux complexes peu organisés (Figure 35.16) et indépendants de la structure de la matrice ou bien, elles sont limitées, dispersées et conformes ou non à l'orientation planaire de la roche (figure 35.17). Exceptionnellement, lorsqu'elles recoupent une matrice orientée, ces veinules discontinues sont localement organisées en échelons (Figure 35.18). Une mise en porosité (Figure 35.19) et une nette dépigmentation (Figure 35.23) des bordures de certaines veinules curvilignes peuvent être notées.

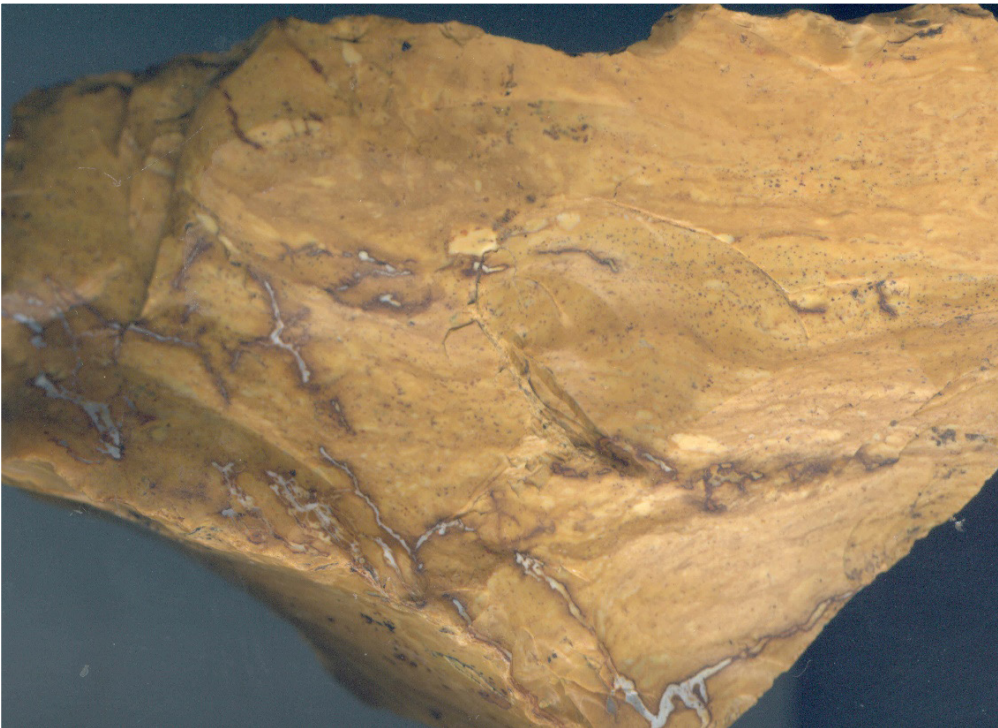


Figure 35.16 : Veinules de première génération en réseau ou isolées. (5.7 x 4.1cm).



Figure 35.17 : Veinules sinueuses de la génération 1 recoupant ou non l'orientation générale de la matrice. (3 x 2.1 cm).

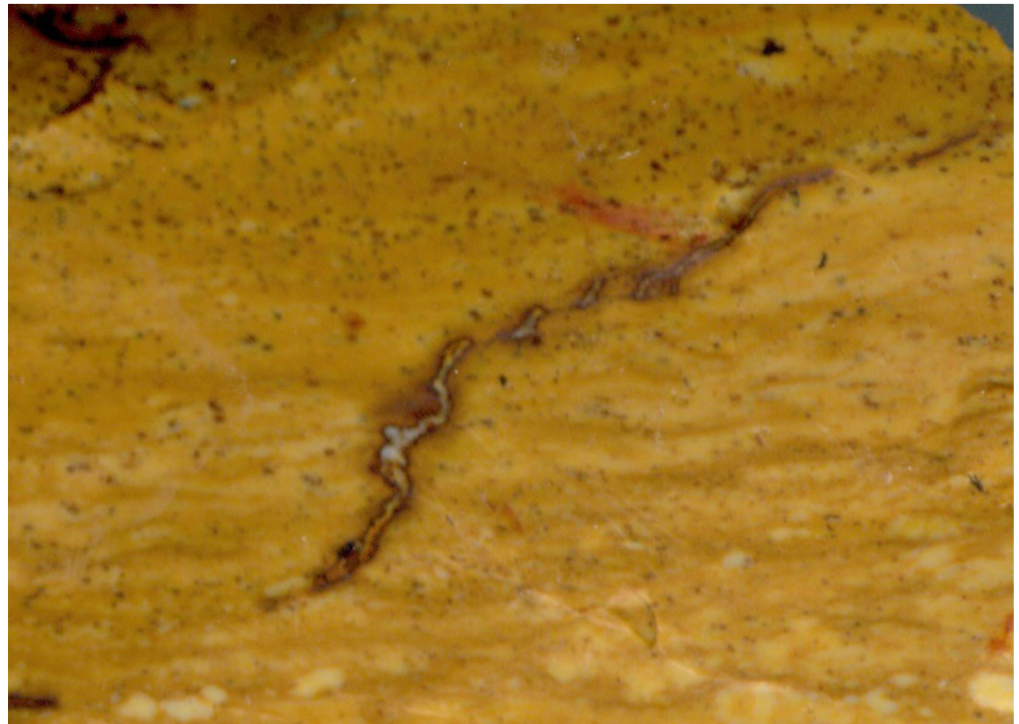


Figure 35.18 : Veinule courte en échelons de la génération 1. (2.2x 2.2 cm).

La dissolution localisée à la bordure des fissures contournées de la première génération est importante. Cette dissolution par les fluides circulant implique peut-être un relèvement de leur température. Ce point sera examiné ultérieurement afin de préciser les conditions thermiques qui ont présidé à l'établissement des dépôts précoces et lors des percolations fissurales qui terminent l'histoire de ces matériaux

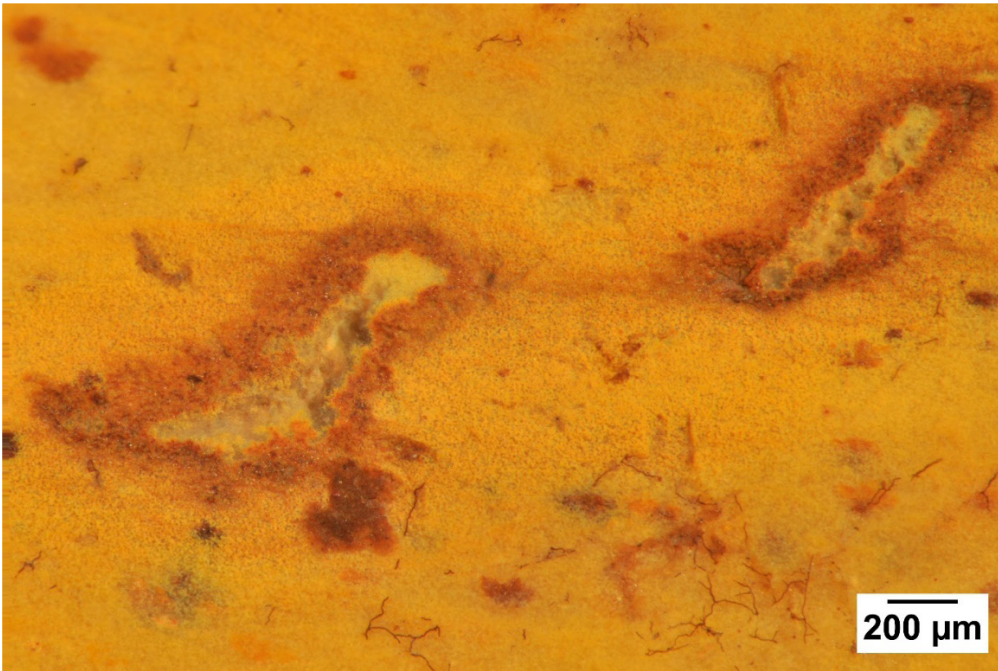


Figure 35.19 : Détails des échelons de la veinule discontinue de la photo 16. La lumière des fentes est occupée d'une phase siliceuse transparente (quartz probable). Les bordures matricielles immédiates sont l'objet d'un dépôt de fer. La matrice bordière des échelons est finement criblée de pores sur 200 à 300 microns. La photo montre superficiellement des fragments récents d'hyphes ou de radicelles épigénisés par le fer.

3.5.4.2. Veinules de seconde génération

La majorité des veinules sont planaires et organisées selon des plans parallèles. Elles comportent quelques relais secondaires et sont très accessoirement associées à des vides (Figure 35.20). Elles recoupent des veinules sinueuses de la première génération.



Figure 35.20 : Veinules planaires blanches de seconde génération. (3.0 x 4.4 cm).

Ces veinules ont une épaisseur de 20 à 40 microns (Figure 35.20) pour les plus fines. D'autres paraissent beaucoup plus larges (1 à 3 millimètres) (Figure 35.21). Le détail (Figure 35.22) de la structure de ces dernières témoigne plutôt d'une décoloration de la matrice bordière. Une chronologie complexe de la circulation des fluides dans la veinule et de leurs réactions sur les épontes peut être établie. L'épaisseur apparente comprend en fait plusieurs zones bien distinctes. La zone bordière blanche -dépigmentée- s'est développée au détriment de la matrice au voisinage immédiat de la fissure. Elle hérite localement de l'orientation de l'encaissant attestée par des reliques de fer localement collectées (et/ou mal lessivés ?). L'ancien conduit axial de la fente initiale est visible au cœur de la zone blanche. Il comprend un fin tapissage siliceux. Sa bordure comporte de part et d'autre une nouvelle pigmentation localisée et zonée qui s'est développée dans la zone dépigmentée et qui recoupe les reliques de fer. Ce point atteste d'un fonctionnement tardif de la fissure postérieur à la décoloration précoce et à l'établissement des reliques ferriques.

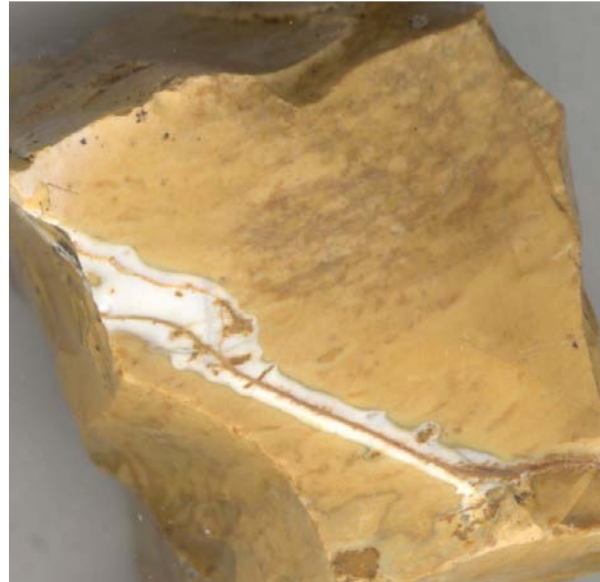


Figure 35.21 : Veinule de seconde génération bordée d'une zone de dépigmentation partielle ou totale. (3.3 x 3.25 cm).

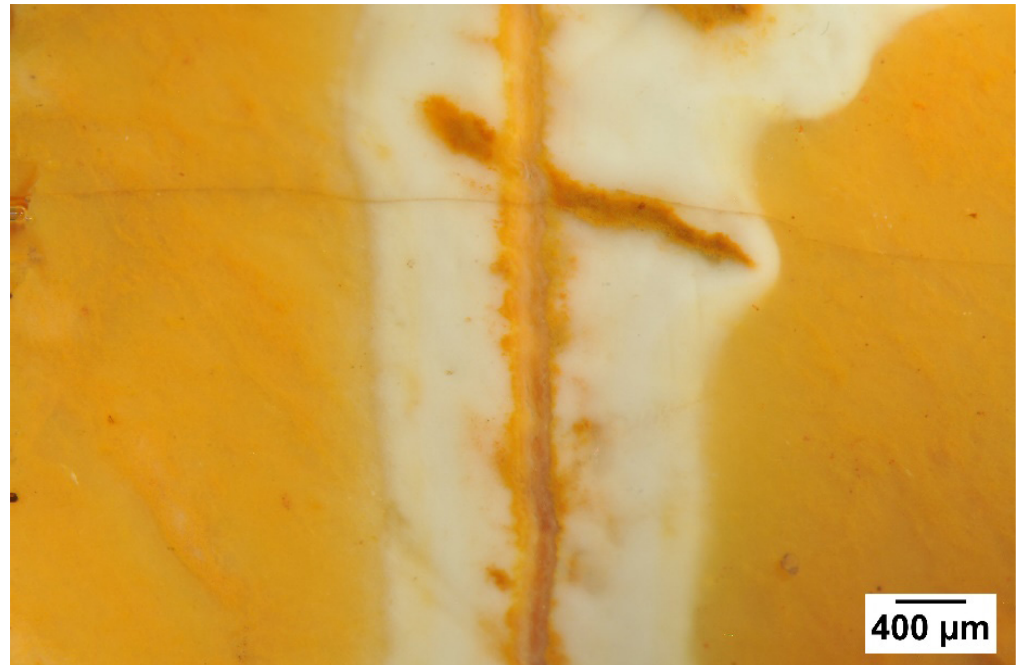


Figure 35.22 : Veinule de seconde génération : détail de la photo 19 donnant les éléments d'une chronologie du lessivage et des dépôts du fer dans un silex (cf. texte).

Cette chronologie témoigne des changements des compositions des solutions percolantes aux différents stades et de la réversibilité du contrôle de la complexation du fer lors de son lessivage ou de son dépôt.

3.5.4.3. Chronologie relative des fissures

La chronologie des fissures énoncée précédemment a été établie sur la base des simples recoupements des deux systèmes de fracturation. La figure 35.23 permet de conforter certaines observations précédentes et témoigne ici de la variabilité et de la complexité des comportements géochimiques du fer dans un silex lors de la circulation des fluides :

- Fissures curvilignes de première génération : fracturation suivie d'une collecte du fer au cœur du drain accompagnée d'une dépigmentation partielle des parois (épaisseurs variables selon les fentes)
- Fissures de seconde génération : fracturation avec extension et légers

décrochements des fentes de première génération et de leurs zones lessivées attenantes aux trois points de recoupement.

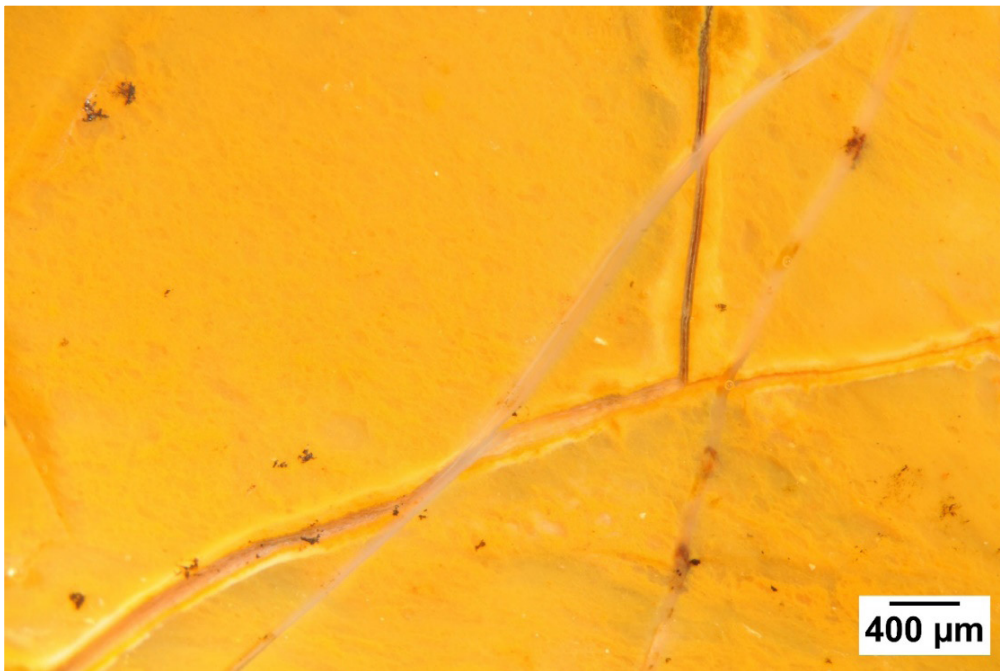


Figure 35.23 : Zone de recoupement des veinules et chronologie des phénomènes induits par la circulation des fluides. (cf. texte)

Ces deux générations de veinules témoignent dans le détail de régimes de contraintes tectoniques aux effets nettement distincts. La première génération témoigne d'une déformation générale à caractère cisailant conduisant à des fentes souvent mal organisées affectant un milieu dont les hétérogénéités matricielles contrôlent les irrégularités de répartition des points de rupture. La seconde génération dépend d'un régime extensif cassant

Le quartz -ou les minéraux blancs de la silice- et les oxyhydroxydes de fer de teinte rouille occupent les fentes de première génération. Celles-ci sont généralement bordées par un liseré de fer et par une pigmentation diffuse localisée de la matrice de bordure. Parfois ces fentes montrent au contraire une zone bordière bien délimitée où les hétérogénéités texturales voisines de la matrice sont totalement effacées (Figure 35.21).

Un dépôt de silice blanche occupe les fentes de seconde génération à bordures tranchées (Figure 35.20). D'autres montrent des bordures matricielles fortement dépigmentée (Figure 35.21). La trace relictuelle de la fente initiale est soulignée par une phase brune d'oxyhydroxyde de fer. Ce dépôt coloré peut -dans le détail- adopter un plan oblique calqué sur l'orientation planaire de la roche. Notons que la matrice ocre perd sur un demi-centimètre sa texture hétérogène (réticulée et clastique) au voisinage de la zone décolorée.

La circulation des fluides dans la veinule et dans l'opale de bordure est à l'origine d'une homogénéisation pigmentaire des zones affectées. Elle est consécutive d'un lessivage partiel du fer. Ce lessivage conduit au voisinage du drain à son extraction totale (blanchiment bordier).

Ce contrôle de la répartition du fer dans la silicite assistée par la circulation de l'eau au voisinage d'un drain fissural devrait permettre de reconstituer les paramètres physico-chimiques contrôlant cette élution locale.

Au cours de leur histoire les opales de Fariès subissent ainsi une évolution tectonique favorable à la circulation tardive des fluides hydriques. Ce contrôle structural est induit par le fonctionnement d'une faille voisine responsable d'une lithoclase importante et de l'ouverture de nombreuses fentes. Cette fracturation a permis des circulations pénécontemporaines des fluides. Dans le détail ces percolations ont contribué à la collecte du fer hérité et à sa redistribution. Ce point peut expliquer en partie les variétés pigmentaires des matériaux rencontrés sur le site.

3.5.5. Conclusions

Les opales de Fariès témoignent d'une lithoclase importante induite par le fonctionnement probablement ancien d'une faille majeure. Cet accident - non cartographié - est aujourd'hui masqué par les recouvrements de pente et même peut-être par les épanchements basaltiques locaux.

Les matériaux témoignent d'un dépôt siliceux héritant d'un passé sédimentaire terrigène accompagné des témoins d'une activité biologique de type algaire (faciès à lamines). Un faciès construit attribué à des stromatolites a également été trouvé rappelant ceux notés à Saint-Pierre-Eynac (gîte Rapavi). L'analogie d'origine des deux dépôts à caractère lacustre peut être avancée pour l'instant.

L'examen des fentes et veinules conduit à l'hypothèse d'au moins deux dépôts principaux postérieurs à la genèse des opales. Le premier stade fait suite à une déformation ductile des opales. Le second s'inscrit selon un mode cassant conduisant à des ruptures franches et mieux coordonnées. Les rapports des fluides de deux stades avec les matériaux percolés s'avèrent en partie commun au niveau de leurs effets (collectes contrôles du fer, diffusion discrète aux bordures...). Toutefois le second stade peut conduire à sa phase ultime à une puissante remobilisation du fer par lessivage extrême.

L'analyse de certaines textures montre l'existence d'un épisode thermique qui affecte localement la silice et qui conduit à un assemblage de recuit à quartz. Cette incursion thermique peut trouver son origine dans la mise en place des basaltes qui ont pu recouvrir localement les opales et silcrètes associées.

3.6. COLLABORATION ENTRE LITHOTHÈQUE ET PIGMENTOTHÈQUE

(E. CHALMIN, H. SALOMON)

Le projet collectif de recherche Pigmentothonne soutenu par la DRAC Auvergne-Rhône Alpes et débuté depuis 2016 a pour vocation de construire un outil pour comprendre l'approvisionnement en matériaux colorants durant la Préhistoire. Ce PCR a su s'appuyer dès le démarrage sur le soutien et l'expérience du réseau des Lithothèques tant d'un point de vue organisationnel, méthodologique que sur les importants travaux de recherche développés à ce jour.

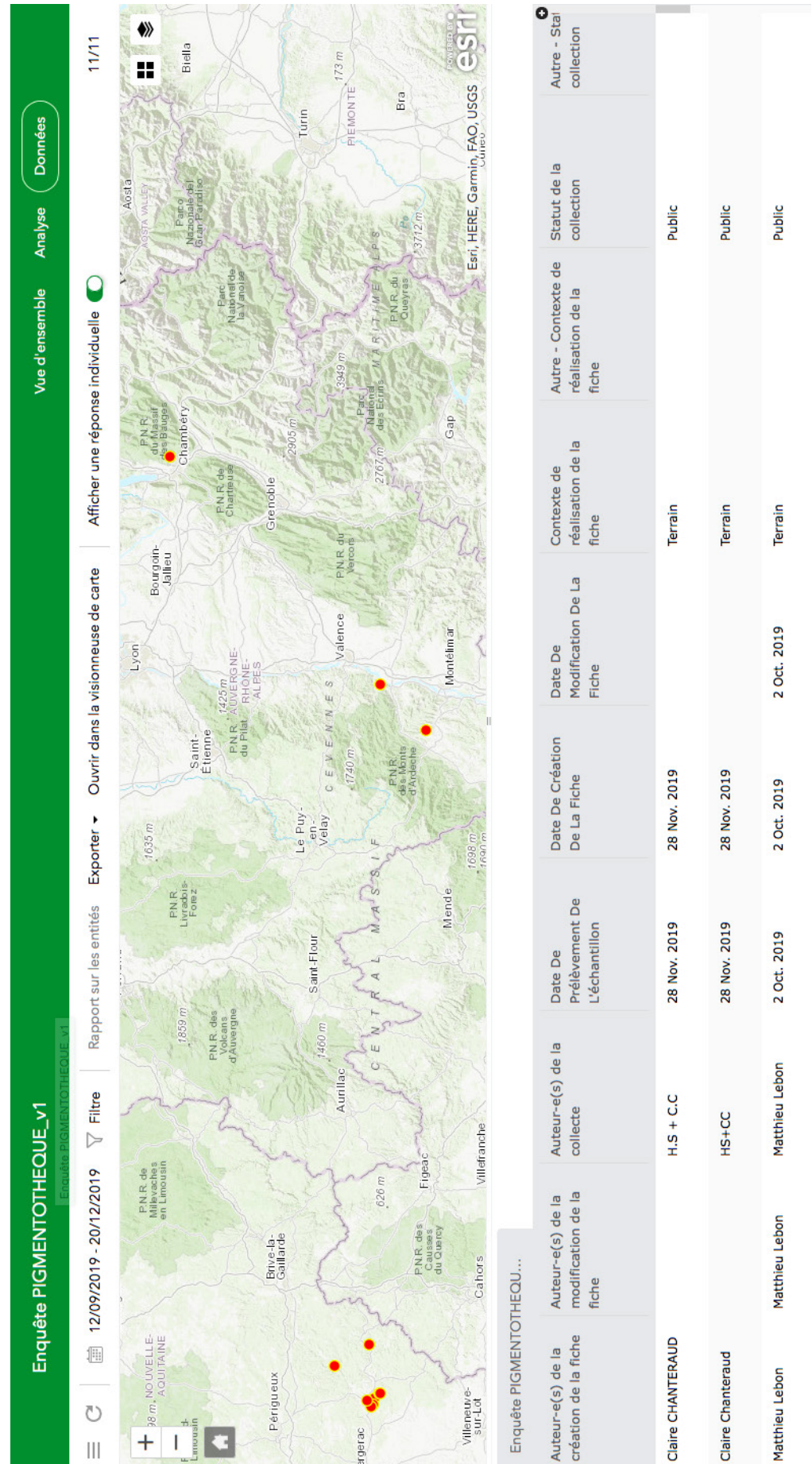
Tout au long de l'année 2019, il a été possible d'échanger et de formaliser principalement sur la constitution de grilles descriptives de nos objets d'étude respectifs. C'est au cours des « journées Pigmentothonne » organisées au laboratoire EDYTEM les 10 et 11 septembre que l'ensemble des participants (membres de la Pigmentothonne et autres collègues intéressés) a pu bénéficier d'une présentation approfondie sur les enjeux et les défis concernant les matières lithiques, sur les méthodes, ainsi que sur le concept de chaîne évolutive (cf. programme ci-joint). Tout au long de l'année 2019 et à l'occasion des journées « Pigmentothonne », nous avons adapté le contenu des fiches descriptives (terrain et macro-mésoscopiques) et la méthodologie d'enregistrement des gîtes et des échantillons. La fiche terrain sont maintenant spécifiquement adaptées aux matières colorantes. Quant à la fiche description macro-mésoscopique, elle requière encore un aller-retour entre les équipes (prévu la première semaine du mois de mars 2020). Concernant les deux fiches, les lexiques ont été augmentés pour intégrer les contextes de formation des matières colorantes. Nous avons donc conjointement adopté une structure interopérable quels que soient les types de roches étudiées.

Une deuxième avancée majeure a été permise par la mise en place d'une application de terrain commune. L'ensemble des champs a pu être discuté et validé lors des journées de septembre avec les différents participants. L'application Survey123 a pu être créée par Christophe Tuffery dès le 12 septembre. Les premiers tests de cette application ont été réalisés sur le terrain entre fin septembre et fin novembre par différents membres de la Pigmentothonne, dans le Périgord et en Ardèche (Figure 36.1).

Figure 36.1

Cette collaboration entre les deux PCR va pouvoir s'étendre dès 2020 avec l'organisation et la participation à des prospections communes visant la documentation des matériaux présents dans les altérites, principalement éocènes (vallée du Rhône en février 2020). Des échanges de compétences et de documentation seront aussi réalisés au cours d'un séjour d'une semaine à Paléotime pour H. Salomon et A. Chassin de Kergommeaux et enfin avec l'encadrement de stagiaires communs pour tracer les polygones des formations documentées à partir des cartes géologiques.

Figure 36.1 : Extrait de l'enquête « pigmentothèque » batie sur le modèle de l'enquête « silex »



3.7. ANALYSE PÉTROGRAPHIQUE DES SILICITES DU MAS AGUILHON (SAINT-MARCEL-D'ARDÈCHE, ARDÈCHE, FRANCE). CAMPAGNE 2019.

(V. DELVIGNE, P. GUILLERMIN, H. DJEMA)

Le document ayant servi à l'élaboration de ce résumé peut être retrouvé en intégralité dans le rapport 2019 de la fouille du « Mas Aguilhon » (Guillermin et Djema, dir.)

L'analyse a porté sur 70 pièces en silicite provenant de huit sondages. L'essentiel de l'industrie provient des sondages SD4 (n = 41) et SD8 (n = 19), les autres sondages ayant livré moins de 5 pièces. Il s'agissait d'effectuer la diagnose pétrographique des pièces, de les assembler par groupe génétique, de considérer autant que possible leur provenance gîtologique et, si possible, de poser des hypothèses quant à leur origine géographique. Les études ont été menées au moyen d'une loupe binoculaire à fort grossissement (entre x100 et x200) et d'un microscope au Tracéolab de l'Université de Liège.

3.7.1. Diagnose des matières premières

Dans cette partie, nous présenterons d'abord la lecture taphonomique de l'industrie mise en évidence par l'analyse des états de surface (partie 2.1), puis nous présenterons la répartition des matériaux en traitant les données par géotopes (partie 2.2). Nous entendons par « géotope » un espace géographique dont l'étendue est variable, mais qui présente des caractéristiques géologiques et/ou géomorphologiques cohérentes. Ce découpage géographique par ensemble et non en termes de distance (cf. « local », « semi-local » et « lointain ») est en effet bien plus efficient pour comprendre les comportements économiques et spatiaux des hommes préhistoriques.

3.7.1.1. Analyse des états de surface

Bien que passablement impactée par des phénomènes anthropiques récents liés aux activités de labour, la série semble cohérente aussi bien en termes d'altération chimique que mécanique. Seule une pièce (sondage 10) présente des caractères illustrant un déplacement important. Dans la suite de ce rapport, nous traiterons donc ensemble toute la série. L'augmentation du corpus et la lecture stratigraphique fine du site permettrait dans le futur d'affiner ces observations.

3.7.1.2. Types de matériaux identifiés

Nous traiterons dans cette partie la répartition génétique et gîtologique des matériaux (tableau 37.1) en les regroupant par géotopes. A ce titre, nous avons choisi de ne pas décrire in extenso la pétrographie des groupes de silicite et renvoyons pour ce faire le lecteur aux tableaux de synthèse (tableau 37.2) et aux planches 37.1 à 37.2. Les données traitées dans la suite de ce document concernent donc l'effectif et le pourcentage numérique et pondérale de la série.

A cet égard, nous remarquons que les ordres de grandeur sont équivalents que l'on utilise le poids ou le nombre des pièces.

Notons qu'à l'issue de ce travail 2,9 % des pièces (n = 2) n'ont pas pu être rattachées à un groupe génétique ou à un géotope en raison de leur degré de patine trop important. En outre, bien qu'elles se rattachent à la variabilité des silex du Barrémo-aptien de la rive droite du Rhône, 18 pièces n'ont pu être déterminée avec précision (groupe 1.X). Il en va de même pour les trois pièces du groupe 2.X, qui sont des silicites lacustres à palustres sans plus de précision.

3.7.2. Conclusion

Les données acquises cette année vont dans le sens des observations préliminaires de l'an passé, en confirmant l'existence de deux géotopes distincts : la vallée du Rhône et les bassins cénozoïques du sud de l'Ardèche.

Pour autant, si nous avons identifié une grande variété de silex du Barrémo-aptien, nous n'avons retrouvé cette année qu'un seul type (groupe 1.03 – cf. F0014) de cette variabilité. D'autres types collectés dans les terrasses du Rhône sont toutefois attesté, notamment le groupe 1.09 – silex sénonien du Vercors. Il en va de même de nos observations concernant les bassins de Barjac-Issirac-Ornac, où les hommes ont semble-t-il collecté dans les dépôts de pentes. Nous retrouvons ainsi une part de la variabilité identifiée l'an passé (groupes 2.01, 2.02, 2.04, 2.09) à laquelle deux nouveaux groupes se rattachent (2.10 et 2.11). Notons toutefois, que faute de temps nous n'avons pas eu le temps l'an dernier de documenter correctement les différents types identifiés et il est possible que les deux groupes inédits du Cénozoïques soient à réattribuer à des groupes de l'an dernier.

Ce travail de compilation devra être entrepris en 2020 afin de clarifier les groupes de matériaux en présence. Pareillement, il s'agira de bien identifier la variabilité géologique des silicites cénozoïques des bassins du sud Ardèche, ainsi que celle des terrasses du Rhône (travail en cours dans le cadre du PCR « Réseau de lithothèque en Auvergne-Rhône-Alpes », notamment par P.A. Beauvais et A. Kherdouche).

Remerciements

Un grand merci à P. Fernandes et à tous les membres du PCR « Réseau de lithothèques en région Auvergne-Rhône-Alpes ». Nous souhaitons également remercier les membres du Service de Préhistoire et du Tracéolab de l'Université de Liège, pour leur accueil, la mise à disposition du matériel d'étude et l'intérêt qu'ils ont su porter à ce travail.

| type ($\Delta = 27$) | origine stratigraphique primaire | origine géographique primaire | géotope | Gitologie | | | Effectif | | | Poids | | |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------|---------|------|-----------|--------|------|-------|--------|-------|
| | | | | subp. | superf. | all. | all. anc. | Indet. | Eff. | % | Pds. | % |
| Groupe 1.03 | Crétacé inférieur (Barrémo-Aptien) | Rocheaure-Cruas | Vallée du Rhône | - | - | - | 24 | 8 | 32 | 45,7 | 889,8 | 79,7 |
| Groupe 1.09 | Crétacé inférieur (Barrémo-Aptien ?) | Inconnu | Vallée du Rhône (prob) | - | - | - | 1 | - | 1 | 1,4 | 10,6 | 0,9 |
| Groupe 1.X | Crétacé inférieur (Barrémo-Aptien) | Vallée du Rhône s.l. | Vallée du Rhône | - | - | - | 5 | 13 | 18 | 25,7 | 81 | 7,3 |
| Groupe 2.01 | Eo-Oligocène | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | - | - | - | - | 1 | 1 | 1,4 | 9,3 | 0,8 |
| Groupe 2.02 | Eo-Oligocène | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | - | 1 | - | - | - | 1 | 1,4 | 5,9 | 0,5 |
| Groupe 2.04 | Eo-Oligocène | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | - | - | - | - | 1 | 1 | 1,4 | 3,3 | 0,3 |
| Groupe 2.09 | Eo-Oligocène | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | - | 1 | - | - | 1 | 2 | 2,9 | 12,2 | 1,1 |
| Groupe 2.10 | Eo-Oligocène | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | - | - | - | - | 5 | 5 | 7,1 | 53,8 | 4,8 |
| Groupe 2.11 | Eo-Oligocène | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | - | - | - | - | 2 | 2 | 2,9 | 1,6 | 0,1 |
| Groupe 2.X | Eo-Oligocène | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | Bassin d'Ornagnac / Barjac (prob) | 1 | 1 | - | - | 1 | 3 | 4,3 | 21,7 | 1,9 |
| Groupe 1.01 | Crétacé sup. | Inconnu | Inconnu | - | - | - | - | 1 | 1 | 1,4 | 20,3 | 1,8 |
| Groupe 4.01 | Inconnue | Inconnue | Inconnu | - | - | - | - | 1 | 1 | 1,4 | 1,9 | 0,2 |
| Indéterminé | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 2 | 2,9 | 4,6 | 0,4 |
| Total général | | | | 1 | 3 | 0 | 30 | 36 | 70 | 100,0 | 1116,0 | 100,0 |
| Vallée du Rhône | | | | 0 | 0 | 0 | 30 | 22 | 51 | 72,9 | 981,4 | 88,0 |
| Bassin d'Ornagnac / Barjac | | | | 1 | 3 | 0 | 0 | 11 | 15 | 21,4 | 107,8 | 9,7 |
| Inconnu | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 5,7 | 26,8 | 2,4 |
| Total | | | | 1 | 3 | 0 | 30 | 36 | 70 | 100,0 | 1116 | 100,0 |

Tableau 31.1 : tableau résumé des données collectées lors de la campagne de prospection 2019. En bleu, gîtes positifs ; en rose gîtes négatifs.

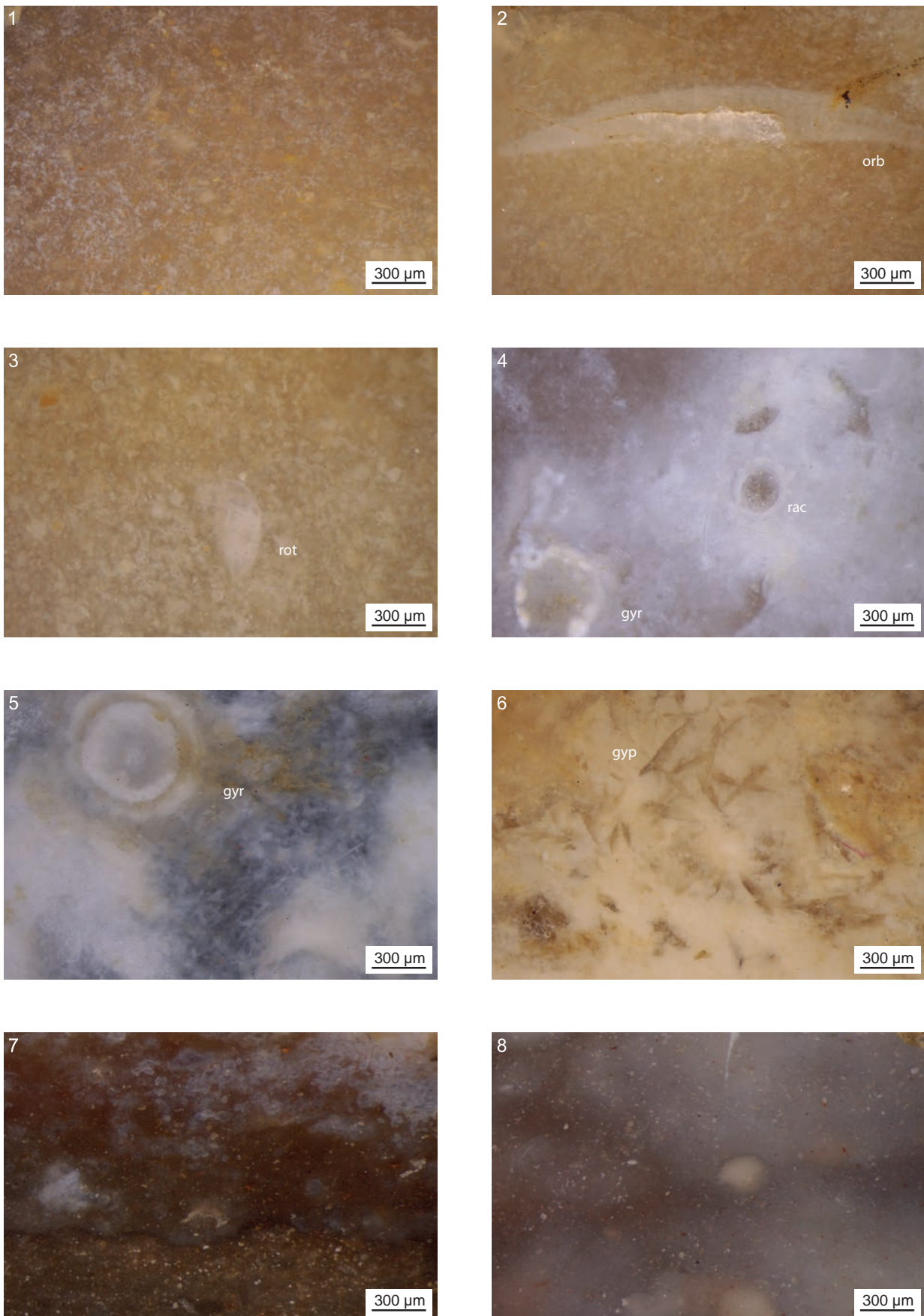


Figure 37.1 : Mas Aguilhon – campagne 2019 -
1. Groupe 1.03 ; 2 et 3. Groupe 1.09 ; 4. Groupe 2.04 ; 5. Groupe 2.09 ;
6. Groupe 2.02 ; 7. Groupe 2.11 ; 8. Groupe 2.01

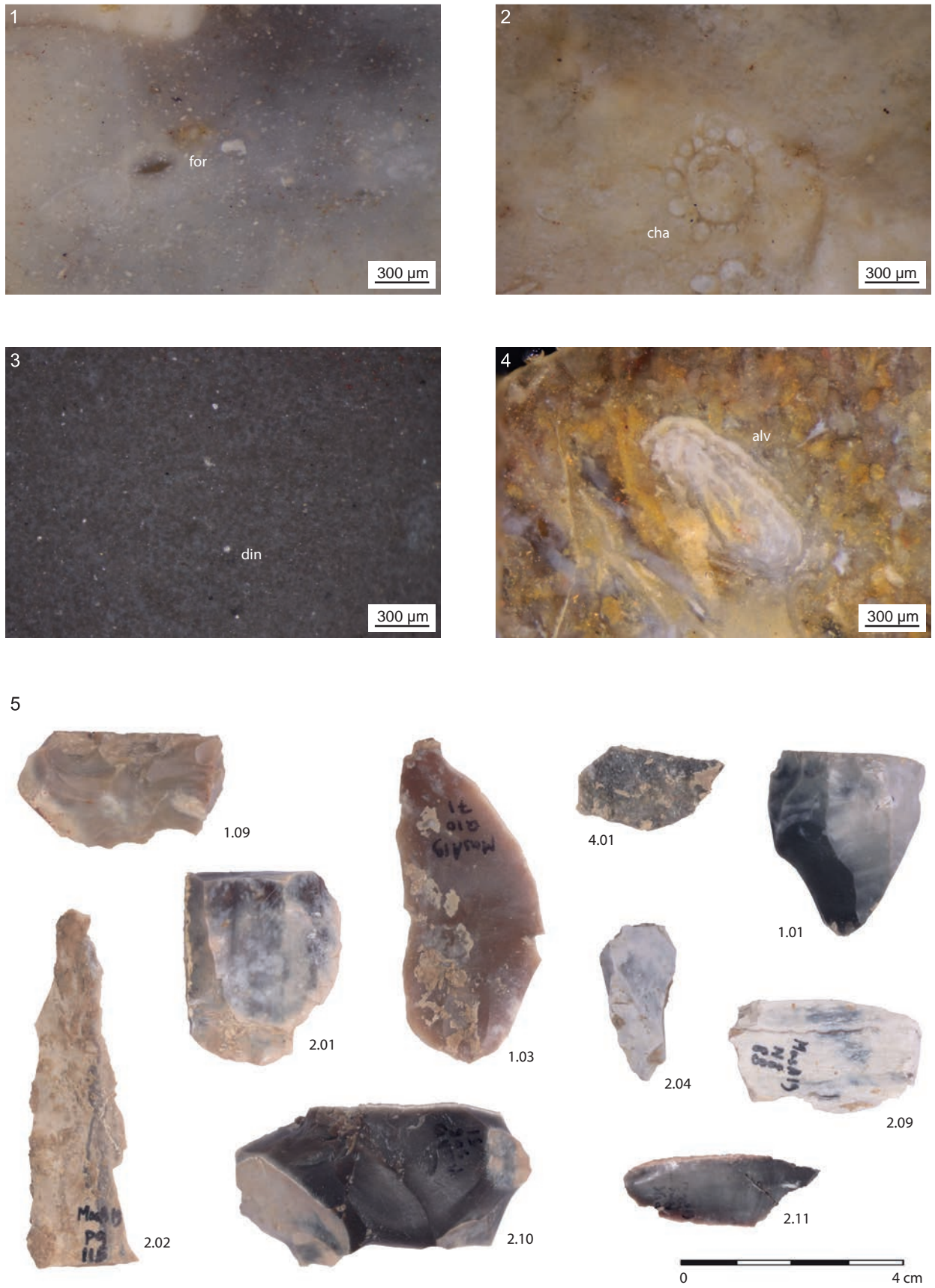


Figure 37.2 : Mas Aguilhon – campagne 2019 - 1. Groupe 2.01 ; 2. Groupe 2.10 ; 3. Groupe 1.01 ; 4. Groupe 4.01 5. Vue macroscopique des différents types de silicite.

NOUVELLES DES AUTRES PCR « RÉSEAU DE LITHOTHÈQUES »

Par son ancrage historique, le PCR « Réseau de lithothèque en région Auvergne-Rhône-Alpes » est moteur dans le dynamisme des projets nationaux. A ce titre, et car les outils sont partagés de manière transrégionale, nous faisons ici figurer le BSR des trois PCR cousins : le PCR « Réseau de lithothèques en région Nouvelle Aquitaine », le PCR « Réseau de lithothèques en région Centre-Val-de-Loire » et le PCR « Les silicites cénozoïques d'Ile de France ».

4.1 RÉSEAU DE LITHOTHÈQUES EN RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

(A. TURQ, P. FERNANDES, A. MORALA, V. DELVIGNE)

Le programme collectif de recherche réseau de lithothèques en Nouvelle Aquitaine peut être considéré comme l'un des pôles de l'élan national qui se met peu à peu en place. Il participe d'une synergie et d'une expertise attendue par la communauté des archéologues. Il fait partie des nouveaux programmes de recherche sur l'origine des matériaux et a participé à la création du Groupement de recherche « SILEX », maillon nécessaire à la structuration d'un réseau national. Sa fonction reste essentielle dans la consolidation d'une structure coopérative opérationnelle à l'échelle régionale. Démarche qui ouvre des perspectives nouvelles et irremplaçables dans le domaine des comportements techno-économiques, des circulations et des rapports intersites.

Le présent rapport expose un état de l'art des actions mises en place afin de poursuivre de façon efficace le but principal du programme : proposer aux archéologues concernés un mode d'action pluridisciplinaire et évolutif qui une fois couplé à la technologie lithique permet une meilleure connaissance de la provenance et de la circulation des silex.

Cette année les membres du programme ont poursuivi et même renforcé certaines des actions engagées en 2016 :

- Axe 1 : développement de l'outil lithothèque, les lithothèques régionales ;
- Axe 2 : travail de recherche dans la compréhension des mécanismes impliqués dans la réactivité des phases de SiO₂ ;
- Axe 3 : formation à la caractérisation des silex, utilisation des nouvelles fiches ;
- Axe 4 : normalisation des critères descriptifs ;
- Axe 5 : applications au mobilier archéologique ;
- Axe 6 : une mutualisation des bases de données et une valorisation des résultats afin d'enrichir un pôle de compétences pluridisciplinaires régional intégrable au projet national.

Le PCR a été financé par le Ministère de la Culture et la SARL Paléotime dans le cadre des opérations programmées. En outre, il a bénéficié d'un soutien constant du Musée national de Préhistoire des Eyzies-de-Tayac-Sireuil et des laboratoires PACEA et CRP2A de Bordeaux. Grâce à ces financements, ces

partenariats et les contributions des membres du programme, nous pouvons présenter un bilan qui arrive à maturité. L'équipe de départ se voit renforcer par une collaboration à tous les niveaux (scientifique, connaissances, financier) avec le laboratoire PACEA. Le programme dispose désormais des compétences et des outils nécessaires pour mettre à la disposition des personnes concernées une base de données actualisées et harmonisées sur les matières premières lithiques d'une partie du Bassin d'aquitaine (entre Charente et Lot). Cette synergie efficiente a permis de mettre en place un réseau régional efficace qui pourra dans les prochaines années étendre son activité à l'ensemble de la grande région. On peut déjà avancer les points positifs suivants :

- le récolement et le classement des lithothèques au Musée national de Préhistoire des Eyzies et à PACEA, avec des bases de données harmonisées. Ces deux institutions ont mis en place au sein de leur service une lithothèque, PACEA pour l'enseignement et la recherche et le Musée national de Préhistoire avec un aspect plus patrimonial. Ces collections de références ont été constituées pour offrir aux chercheurs un référentiel adapté et fournir aux chercheurs et étudiants aussi bien qu'à un public averti la possibilité de mieux appréhender les comportements des hommes préhistoriques.
- la finalisation de l'état des lieux des fonds lithothèques : elles sont au nombre de 10 : celle du musée d'Angoulême, de P.-Y. Demars (1980), F. Le Brun-Ricalens (1988), J.-M. Geneste (1985), J.-Ph. Rigaud (1982), J. Primault (2003), J. Airvaux, M. Lenoir (1983), F. Bon (1996 ; 2002), Ch. Normand (1986), INRAP ;
- la formation des membres du PCR aux méthodes de diagnostics reconnues à l'échelle nationale ;
- la mise en place d'une équipe pluri institutionnelle intégrée autour des actions communes engagées depuis 2016 ;
- une série d'applications aux objets archéologiques ;
- un meilleur partage des informations ;
- la valorisation de certains résultats, la qualité des publications interdisciplinaires témoigne du dynamisme de l'activité.

Ces actions sont à la fois patrimoniales, unitaires, didactiques, à la pointe de la recherche et développement sans pour cela délaissées la valorisation-diffusion. Elles témoignent du dynamisme d'une équipe de plus en plus interactive.

Ce programme a désormais atteint un niveau suffisant pour prendre en compte de façon efficiente la totalité des collections régionales. Il réunit des membres de plusieurs institutions tous convaincus de l'importance d'une telle démarche collective à l'échelle de la région. Il est déjà partie prenante d'un projet national, le GDR SILEX coordonné par C. Bressy-Léandri. Il fait progresser les connaissances sur la question des comportements des Hommes préhistoriques en Nouvelle-Aquitaine. Cette synergie active les contacts et les échanges d'informations

L'inventaire des lithothèques, leur pérennisation, leur mise aux normes nationales, couplé à la formation aux nouvelles méthodes de caractérisation et à la mutualisation des données, doit permettre à toutes les personnes concernées d'utiliser un outil et un langage communs et en cela participer au développement de la pétroarchéologie, de la tracéologie, de la taphonomie et de la géoarchéologie tout en améliorant le dialogue entre les acteurs de ces différentes disciplines.

4.2 RÉSEAU DE LITHOTHÈQUES EN RÉGION CENTRE-VAL-DE-LOIRE

(V. DELVIGNE, R. ANGEVIN, P. FERNANDES, H. LETHROSNE)

Depuis 2016, le PCR « Réseau de lithothèques en région Centre - Val de Loire » (PCR CVDL) s'inscrit dans une perspective de recherche sur les modes d'exploitation des ressources lithiques et sur la territorialité des groupes humains préhistoriques. Outre l'étude ou la révision de séries archéologiques de l'espace régional, la caractérisation précise des silicites (silex, chert, silcrète, jaspéroïde) dans leur contexte géologique revêt une importance toute particulière en ce qu'elle permet de dessiner des espaces parcourus (parfois sur de très grandes étendues) 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.

Si la région Centre-Val de Loire a depuis longtemps servi de moteur aux réflexions sur la diffusion des silicites, les travaux passés n'étaient pourtant plus suffisants au vu des problématiques de la recherche actuelle en pétroarchéologie. En réponse à cet état de fait, le PCR développe depuis 2016 cinq principales missions :

- Mission 1 : Inventaire, développement et enrichissement de l'outil lithothèque ;
- Mission 2 : Caractérisation dynamique des silicites de l'espace régional ;
- Mission 3 : Cartographie des formations à silicites ;
- Mission 4 : Applications archéologiques ;
- Mission 5 : Diffusion et valorisation des connaissances dans et en dehors du PCR ;

Axe 1: Inventaire, développement et enrichissement de l'outil lithothèque

Concernant l'axe 1, cette année a permis de finaliser la fiche d'inventaire normalisée pour les travaux de terrain et la révision des lithothèques. Si celle-ci a été élaborée en partenariat avec les autres PCR « Réseau de lithothèques » et le GDR (voir *infra*), le PCR CVDL à jouer un rôle pivot dans son élaboration. Il en va de même pour l'application dédiée qui permet l'enregistrement d'un grand nombre de données harmonisées, exploitables rapidement, dans une perspective de science participative. Les premiers résultats sont un succès et la communauté doit maintenant s'emparer pleinement de ce nouvel outil.

D'un point de vue pratique, nous avons pu finaliser l'inventaire de la lithothèque D. Millet conservée au Musée du Grand-Pressigny. Le musée du Grand-Pressigny a également accueilli la lithothèque J. Vosges, ainsi que le fond de prospection Delvigne – Dépont. Au même titre que le fond D. Millet, toutes les données et les photos macroscopiques sont disponibles sur le serveur du PCR. Enfin, nous avons réalisé des prospections complémentaires dans la vallée de la Claise et de la Creuse afin de compléter le corpus nécessaire au travail de Master ayant trait à l'évolution du Turonien supérieur de la vallée de la Claise (voir *infra*). La centralisation de toutes ces données au Musée du Grand-

Pressigny, fait de cet établissement un nœud dans le réseau des lithothèques nationales, au même titre que la lithothèque du Musée national de Préhistoire des Eyzies ou du musée d'Ornac-l'Aven.

Axe 2: Caractérisation dynamique des silicites de l'espace régional

Concernant la mission 2, outre la caractérisation pétrographique de la variabilité des silex du Turonien supérieur et moyen de la vallée de la Claise et du Turonien inférieur de la vallée du Loir, nous avons continué à travailler sur la genèse et la variabilité des silicites lacustres et pédogénétiques de Vicq-Exempt.

L'année 2019 (première année du programme triennale), a également permis de mettre en place un protocole ayant pour objectif de tester la validité de divers outils d'analyse (DRX, LA-ICP-MS, MEB-EDS, RMN, RPE, spectrométrie Raman, XRF) afin de cibler le (ou les) mieux approprié(s) à la problématique « silex ». Ce travail préliminaire sert de base à un Master II de l'Université de Bordeaux-Montaigne et s'appuie sur une série d'échantillons géologiques du Turonien supérieur, bien connus d'un point de vue pétrographique (diagnose meso- et microscopique), mais dont la diagnose physico-chimique reste à effectuer (voir perspectives 2020, axe 2).

Axe 3: Cartographie des formations à silicites

A l'inverse de la triennale 2016-2018, l'axe 3 « Cartographie » fait l'objet d'un axe à part. Celui-ci est éminemment dépendant des attendus nationaux (cf. réunion du GDR « Silex » du 25 et 26 avril 2019).

Ainsi, bien que nous n'ayons pas avancé cette année sur la numérisation des formations à silicites, nous avons pleinement participé à la réalisation de la plateforme AGOL pour la visualisation des données (plateforme allant de pair avec l'application d'enregistrement des données, voir *supra*). Nous avons également travaillé à l'élaboration d'un algorithme permettant de visualiser la géométrie des formations à silicites et le parcours théorique des silicites qu'elles contiennent. Testées à partir de formations à silicites du sud du Massif Central, il s'agit dorénavant d'appliquer ces modélisations à des espaces riches en silicites, comme le sud du Bassin parisien. Pour ce faire, la numérisation des formations est toutefois nécessaire. Ce devoir de numérisation est un problème récurrent rencontré à l'échelle nationale et il semble que seule la réalisation de contrat(s) puisse répondre à nos attentes (voir perspectives 2020, axe 3).

Axe 4: Applications archéologiques

Outre les travaux sur les silex des vallées du Loir et du Loing, qui constituent le fil rouge d'une étude transverse dans le cadre cette triennale, deux études archéologiques ont débuté.

La première concerne la cache de poignards de Villeloin-Coulangé et fait le pendant archéologique de l'étude géochimique entreprise dans le cadre du Master II de l'Université de Bordeaux-Montaigne. Il s'agit dès lors de

déterminer avec précision le ou les gîtes ayant fourni la matière première utile à la confection de ces poignards.

La seconde concerne la reprise des anciennes collections de Vicq-Exempt pour une meilleure connaissance de ce gîte-atelier, aussi bien d'un point de vue technologique / chronologique que de celui de la compréhension des matériaux et de la place de ce site dans la géographie paléolithique du sud du Massif central.

Axe 5 : Diffusion et valorisation des connaissances dans et en dehors du PCR

Dans le cadre de la mission 5, nous avons effectué diverses formations tant dans la région Centre (formation à la fiche inventaire au Musée du Grand-Pressigny), qu'à l'extérieur de la région. Dans ce cas, les travaux du PCR sont au cœur des études de cas :

- Formations CNRS à l'Université de Rennes I ;
- Formation à la caractérisation lors de la réunion inaugurale du GDR « Silex » ;
- Formation à la caractérisation dans le cadre du projet UFA à Namur ;
- Cours de Master à l'Université de Clermont-Auvergne, de Nice et de Liège

Les travaux menés dans le cadre du PCR ont également fait l'objet de plusieurs communications dans des colloques :

- DELVIGNE, V., FERNANDES, P., BINDON, P., ANGEVIN, R., LAFARGE, A., LANGLAIS, M., PESESSE, D., RAYNAL, J.P. « Acquisition of lithic raw materials and territories in the southern part of France at the end of the Upper Paleolithic ». Séances de la Société préhistorique française et de la Hugo Obermaier Society, En mouvement : Mobilités des hommes, des objets et des idées entre le LGM et le début de l'Holocène, session « Frontières » et marges : définition des territoires à partir des enregistrements archéologiques ». 16-17 mai 2019, Strasbourg (Bas-Rhin).

- ANGEVIN, R., DELVIGNE, V. « Le « paradoxe des territoires fluides ou comment penser la frontière lorsque temps et espace sont discontinus ? L'éclairage des sociétés magdaléniennes de France centrale (XVIe-XIIIe millénaire av. J.-C.) » ». Séances de la Société préhistorique française et de la Hugo Obermaier Society, En mouvement : Mobilités des hommes, des objets et des idées entre le LGM et le début de l'Holocène, session « Frontières » et marges : définition des territoires à partir des enregistrements archéologiques ». 16-17 mai 2019, Strasbourg (Bas-Rhin).

- LETHROSNES, H., RECQ, C., RUE, M., BATTENTIER, J., DELVIGNE, V., HAUZEUR, A. « Occupations néolithiques en contexte de plaine alluviale : le site du Busa à Noyers-sur-Cher (Loir-et-Cher) : Premiers résultats ». 33e colloque interrégional sur le Néolithique. 8-9 Novembre 2019, Saint-Dié-des-Vosges (Vosges).

- TUFFERY, C., FERNANDES, P., DELVIGNE, V., LEANDRI, C. « Des outils numériques de saisie, de consultation et d'analyse de données sur les ressources en silex pour des études en préhistoire » DigitAl Humanities and cuLtural herItAge: data and knowledge management and analysis ; Journée du réseau DAHLIA. 28 juin 2019, Nantes (Loire-Atlantique).

- TUFFERY, C., DELVIGNE, V., VAISSIE, E., FERNANDES « A multi-agent simulation to model the secondary sources of siliceous raw material used in Prehistory ». ECTQG 2019, S08-Spatial computation in archaeology and history. 9 september 2019, Mondorf les Bains (Luxembourg).

Enfin, deux articles sont parus cette année et deux sont sous presse :

- DELVIGNE, V., FERNANDES, P., TUFFERY, C., ANGEVIN, R., LETHROSNE, H., AUBRY, T., CREUSILLET, M.-F., DEPONT, J., LE BOURDONNEC, F.X., LAFARGE, A., LIABEUF, R., MANGADO-LLACH, X., MONCEL, M.-H., PHILIPPE, M., PIBOULE, M., PRIMAULT, J., RAYNAL, J.-P., RECQ, C., SANCHEZ DE LA TORRE, M., TEURQUETY, G., VERJUX, C. (2019) - Grand-Pressigny was not alone: acquiring and sharing data about raw materials in the collective research project "Réseau de lithothèques en région Centre-Val de Loire" (France). Journal of lithic studies, 5 (2), <https://doi.org/10.2218/jls.2798>

- TUFFERY, C., DELVIGNE, V., FERNANDES, P., BRESSY-LEANDRI, C., RENAULT, S. (2019) - Collecte, gestion et valorisation des données sur les formations et les gîtes à silex en France : pour des plateformes cartographiques et de publications partagées. Archéologie numériques, 3 (1), 10.21494/ISTE.OP.2019.0351

- DELVIGNE, V., FERNANDES, P., BINDON, P., BRACCO, J.P., KLARIC, L., LAFARGE, A., LANGLAIS, M., PIBOULE, M., RAYNAL, J.P. (sous-presses)
- Geo-resources and techno-cultural expressions in the south of the French Massif Central during the Upper Palaeolithic: determinism and choices. In: H. Collet, A. Hauzeur et F. Bostyn (Dir.) Acts of the 7th international conference of the UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric times. Mons and Spienne (Belgique), september 2016. Namur : SPW (Ed.) (Etudes & Documents Archéologie)

- FERNANDES, P., DELVIGNE, V., DUBERNET, S., LE BOURDONNEC, F.- X., MORALA, A., MOREAU, L., PIBOULE, M., TURQ, A., RAYNAL, J.-P. (sous presse) - Flint studies revisited: the "chaîne évolutive" concept. In: H. Collet, A. Hauzeur et F. Bostyn (Dir.) Acts of the 7th international conference of the UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric times. Mons and Spienne (Belgique), september 2016. Namur : SPW (Ed.) (Etudes & Documents Archéologie)

Conclusion

Le PCR CVDL est de mieux en mieux connecté aux autres PCRs « Réseaux de lithothèques » (en Nouvelle Aquitaine, en Auvergne-Rhône-Alpes et en Île-de-France), aux projets régionaux comme en PACA (sur les silex bédouliens) avec le CEPAM ou en Bretagne (sur les silex à façonnage marin) avec le CReAHH et au projet national de GDR (coordination C. Bressy-Léandri). Ce montage basé sur une association de programmes régionaux chapoté par un groupe de recherche national, semble en effet le meilleur moyen de faire progresser les connaissances. La démarche à la fois unitaire et ouverte aux autres pratiques doit permettre à toutes les personnes concernées d'utiliser un bagage commun et en cela de participer au développement de la pétroarchéologie. Bien positionné sur une démarche novatrice en interaction forte avec des thématiques portées par plusieurs laboratoires (PACEA, PréTech, CEPAM, LAMPEA, CReAHH, IRAMAT-CRP2A, TRACES, Trajectoires, Institut NEEL, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Université de Liège...), le PCR CVDL présente des qualités désormais reconnues dans les domaines de la recherche fondamentale, de la formation, de la mise en réseau et la mutualisation des bases de connaissance. Grâce à cet investissement et à nos capacités à co-construire des projets avec nos partenaires, la pétroarchéologie bénéficie d'avancées significatives.

4.3 LES SILICITES CÉNOZOÏQUES D'ÎLE-DE-FRANCE

(P. ALLARD, V. DELVIGNE)

L'objectif principal de ce PCR, qui totalise une vingtaine de participants, est de développer un programme de recherche sur les « silex tertiaires » ou plus justement les silex et silcrètes cénozoïques en Ile-de-France. Ces niveaux géologiques livrent des matériaux qui ont été parfois intensément utilisés par les populations préhistoriques et souvent pour des productions spectaculaires (comme les grandes lames d'Etiolles ou les poignards avec la méthode pressignienne). En outre, ils sont aisément reconnaissables dans les assemblages archéologiques et constituent, bien souvent, les rares matériaux allochtones qu'il est possible d'isoler au sein de séries quantitativement importantes. Leurs caractérisations précises et la détermination de leur provenance constituent ainsi un enjeu majeur des problématiques archéologiques actuelles. Ces formations constituent le cœur du Bassin géologique de Paris et ont fait l'objet de nombreux prélèvements dans le cadre des lithothèques.

Cette première année du programme triennal 2019 a été consacrée à la mise en place du réseau et à la recherche des collaborateurs, de même qu'à la description des différentes lithothèques existantes. Ce PCR s'inscrit comme l'un des moteurs de l'axe 2 du GDR national Silex coordonné par C Bressy Léandri.

Pour cette année 2019, nous avons commencé les prospections, la caractérisation et l'inventaire des silcrètes tertiaires par la découverte inédite des affleurements de Mouroux en Seine-et-Marne le 30 mars 2019. Ce gisement a été localisé grâce au concours de prospecteurs locaux du SAT77 et visité par P. Bodu et L. Mevel en octobre 2018. Un affleurement naturelle recoupé par un cours d'eau en forêt est directement accessible à la Cascade des Fumeliers dans la commune de Mouroux (77). Des blocs en position secondaire sont présents dans le ruisseau mais également dans la pente orientée vers le Grand-Morin, ce qui permet de tester la méthode de la chaîne évolutive du silex du banc primaire aux positions remaniées. Les prospections ont été poursuivies sur la commune voisine de Crécy La Chapelle où nous avons prospecté différents rus. L'ensemble des collaborateurs susceptibles de participer au PCR, a été réuni dans le cadre du GDR silex à Paris les 25 et 26 avril 2019. Le 26 avril a été plus spécifiquement consacré au PCR qui structure l'action 2 de l'atelier 1 du GDR. Cela a permis de présenter le projet et la problématique au niveau régional de l'Île-de-France. Une seconde réunion plénière s'est tenue le 4 septembre 2019 à la base d'Etiolles avec une vingtaine de participants. Nous avons visité la fouille des Tarterêts (silex Ludien) et vu les échantillons des variétés du site d'Etiolles. A cet égard un premier lot de matériau sera étudié en octobre 2020.

Dans la région, cinq lithothèques sont officiellement recensées auxquelles il faut ajouter la lithothèque de l'UMR Trajectoires qui est basée à Soissons mais dont une partie des échantillons concernent directement le PCR (silex tertiaires du bassin de la Marne). Il a été décidé de présenter dans le rapport 2019 un catalogue des fiches des échantillons de la plupart de ces lithothèques. Le programme a en effet pu réunir les collections de références ou les fiches descriptives des deux lithothèques de Pantin (C. Borgnon et J. Durand de l'INRAP), celle de la SHALE (V. Brunet INRAP), la lithothèque de la vallée de

la Marne réalisée par F. Bostyn (Prof. Université de Paris I) et les échantillons des chercheurs des équipes de Prétech et d'Ethnologie Préhistorique.

Ce programme est de plus connecté aux autres PCR réseaux de lithothèques (Nouvelle Aquitaine, Centre-Val-de-Loire, Auvergne-Rhône-Alpes), et partie prenante du projet national (GDR SILEX coordonné par C. Bressy-Léandri). Ce montage basé sur une association de programmes régionaux chapoté par un groupe de recherche national nous semble en effet être le meilleur moyen de faire progresser les connaissances sur la question des comportements des communautés préhistoriques par rapport aux géoressources. Une démarche de formation, sous la forme de stage dans le cadre du PCR, est maintenant bien en place et doit permettre à toutes les personnes concernées d'utiliser un langage commun.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Outre l'organisation d'une réunion plénière annuelle (au printemps, dans les locaux de Paléotime) proposant à tous les membres du PCR de se retrouver afin de mieux structurer les travaux à venir, nous avons prévu de poursuivre les travaux engagés ces dernières années :

- développer l'outil lithothèque, garder le contact avec le territoire et les acteurs régionaux
- former à la caractérisation des silex
- faire évoluer la recherche sur les processus à l'origine de l'altération
- normaliser les critères descriptifs
- appliquer les nouvelles méthodes au mobilier archéologique
- harmoniser et mutualiser les bases de données sans oublier la diffusion des résultats par des publications.

Pour cela nous avons pris la décision de renforcer notre pôle recherche en continuant à former et intégrer de nouveaux chercheurs afin de promouvoir et diffuser au mieux les nouvelles méthodes et pratiques d'inventaire et de caractérisation. En partenariat avec la société Paléotime nous avons pris la décision de participer à l'ouverture et à l'encadrement un poste CIFRE sur la caractérisation des silex. L'étudiant(e) travaillera au sein du laboratoire Paléotime et contribuera à la caractérisation pétrologique des échantillons géologiques non encore décrits présents dans les lithothèques régionales.

En parallèle, nous voulons dynamiser les travaux sur l'origine des matériaux lithiques préhistoriques en favorisant l'accessibilité des référentiels et en créant une structure cohérente autour des lithothèques en Rhône-Alpes et en Auvergne. Notre but à plus long terme est d'associer à chaque lithothèque les outils nécessaires à une analyse robuste des échantillons (champs sémantiques, informatiques, microscopie).

Pour cela, nous avons décidé de consolider le travail de récolement des lithothèques de Paléotime et Orgnac, de lancer l'inventaire de la lithothèque de CAPRA-CDP Valence dès le premier trimestre, avec, nous l'espérons, l'aide financière du CG de la Drôme. En même temps nous soutiendrons la création de la lithothèque du Service d'Archéologie préventive du Département de l'Allier. Travail inscrit dans le cadre d'une thèse de doctorat en contrat CIFRE, encadré par le laboratoire du LAMPEA et le Conseil départemental de l'Allier. Ces efforts supplémentaires sont à l'origine de l'augmentation du montant de la demande auprès des Conseils Départementaux et de l'État par rapport à la dotation de 2019. Ces opérations mettront à disposition des chercheurs et étudiants des lithothèques régionales prenant en compte la chaîne évolutive. Plusieurs membres du PCR participeront à cette action afin d'obtenir des résultats probants d'ici la fin de la triennale.

Une partie de l'équipe s'impliquera dans le fonctionnement du GDR SILEX qui vise à la création d'une structure coopérative nationale de recherche sur la caractérisation et la provenance des silex. Cette organisation basée sur le travail des PCR propose la création d'un maillage à l'échelle nationale de musées ou

autres institutions possédant des lithothèques. La perspective étant de créer une mise en réseau et une mutualisation de données vérifiées et harmonisées.

Plusieurs membres du PCR vont poursuivre le bilan cartographique, géologique et gîtologique en promouvant les modes de prélèvement et d'enregistrement préconisés par le GDR SILEX. Nous soutiendrons les projets de prospections dans l'Allier, le Cantal, le Puy-de-Dôme, l'Ardèche, la Haute-Loire, la Savoie et la Drôme. Par exemple, des membres du PCR en association avec le PCR « Réseau de lithothèques en Nouvelle Aquitaine » vont poursuivre la comparaison entre des silex archéologiques provenant de sites préhistoriques aquitains présentant des aspects macroscopiques proches de certains silex tertiaires du bassin d'Aurillac avec les échantillons géologiques qui ont été ou seront collectés sur la bordure occidentale du massif cantalien.

Au niveau de la recherche fondamentale sur les mécanismes impliqués dans la réactivité des phases de SiO₂ à chaque type d'itinéraire préalablement défini. Nous avons fait le choix de demander un accès au synchrotron. L'outil qui devrait permettre d'identifier les variations dans la structure et la composition des éléments piégés dans les différentes interfaces entre la surface et le noyau du silex. L'idée serait de mesurer à la fois la composition des éléments acquis et les modifications minérales ; deux points sur lesquels les outils précédemment utilisés n'apportent pas de réponse.

Nous avons reçu pour mission en 2019 de faire la diagnose pétroarchéologique des matières premières de la grotte de la Chênélaz (Hostiaz, Ain) sur deux années. Ce travail a dut être repoussé à 2020-2021. Il sera soutenu financièrement par le CG de l'AIN. Les silex ont été confiés par M. Cartonnet et G. Béreziat et nous commencerons par la série attribuée au Moustérien. En même temps, il faudra œuvrer à la finalisation de la détermination de la provenance des silex de Maumuye (commune de Saint-Roman) fouilles programmées sous la direction de S. Bernard-Guelle.

L'achat par la société Paléotime de nouvelles armoires pour ranger la lithothèque Paléotime est prévu en 2020.

La réalisation en 2020 de l'Atlas régional des microfaciès semble un objectif difficile à mener à bien. Cette dernière année de triennale permettra de mettre en place toutes les conditions nécessaires à un tel projet. Il sera l'un des projets phare de la prochaine triennale. L'Atlas que nous envisageons de constituer représentera l'illustration de plusieurs systèmes par ensembles géologiques à l'intérieur de la grande région Auvergne-Rhône-Alpes. Il mettra à la disposition du lecteur, à la fois descriptions et mesures associées à l'interprétation. Dans notre optique l'ouvrage dépassera le cadre strictement stratigraphique et géographique pour constituer une réalisation adaptée à nos questionnements dans laquelle ont abouti par la connaissance sédimentologique et gîtologique d'un bassin.

La production scientifique sera poursuivie par le PCR. Elle se rapportera à des publications scientifiques (nationales et internationales) et la publication de cartes et d'atlas spécifiques sur les ressources siliceuses. Un schéma régional des lithothèques sera également élaboré et actualisé chaque année. Enfin, à l'instar des années passées, les travaux du PCR font d'ores et déjà l'objet de plusieurs

communications prévues en 2020 : Séminaire de Préhistoire des universités de Leiden (NL), de Paris I et de Paris Nanterre, colloque international de la SAA à Austin (USA), colloque international de Châtelperron, colloque international du CIST à Aubervilliers.

BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION

Chapitre 1.1 : État de l'art

FERNANDES, P. et RAYNAL, J.-P. (2006) – Pétroarchéologie du silex : un retour aux sources. *Comptes rendus Palevol*, 5, 829-837.

FERNANDES, P., DELVIGNE, V., RAYNAL, J.-P. (soumis) - Primary or secondary sources? A dynamic methodology for characterization of flints, cherts and silcretes. *Journal of Archaeological Method and Theory*.

Chapitre 1.2 : Historique

BORDES, F. et de SONNEVILLES-BORDES, D. (1954) - Présence probable de jaspe de Fontmaure dans l'Aurignacien V de Laugerie-haute. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 51 (1), 67-68.

BOULE M. (1892) - *Description géologique du Velay*. Thèse de la faculté des Sciences de Paris, 261 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 de doctorat, Université Aix- Marseille I, 677 p.

BURKE A.-L. (2008) - L'économie des matières premières en Estrie : la perspective géoarchéologique, Entre lacs et montagne au Méganticois, 12000 ans d'histoire Amérindienne. *Paléo Québec Montréal*, p. 249-269.

CHASTEIGNIER A., de (1868) - *l'Age de Pierre dans les Landes de la Gironde, découverte des ateliers de fabrication des pointes de flèches et de l'origine du silex employé*. DIDIER (Éd.), 7 p.

DALPHINET D. (2014) - *Pour un représentation dynamique des formations à silex*. Mémoire de diplôme d'ingénieur du CNAM, 110 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*, LXI, séances du 21 et 28 août 1865, 1-13.

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, 1287 p.

FERNANDES, P. (2006) – *Péetroarchéologie des matériaux siliceux utilisés au paléolithique moyen dans le sud du Massif central : méthodologie et résultats préliminaires*. Mémoire de diplôme de l'Écoles des hautes études en sciences sociales, Écoles des hautes études en sciences sociales de Toulouse.

FERNANDES, P. (2012) – *Itinéraires et transformations du silex : une péetroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 2 volumes, 623 p.

FERNANDES, P., DELVIGNE, V., RAYNAL, J.-P. (soumis) - Primary or secondary sources? A dynamic methodology for characterization of flints, cherts and silcretes. *Journal of Archaeological Method and Theory*.

FERNANDES, P. et RAYNAL, J.-P. (2006) – Péetroarchéologie du silex : un retour aux sources. *Comptes rendus Palevol*, 5, p.829-837.

LARTET E., CHRISTY H. (1864) - Cavernes du Périgord. Grotte de Combe-Grenal, *Revue Archéologique* 1, p. 233-267.

MASSON A. (1981) – *Péetroarchéologie des roches siliceuses, intérêt en Préhistoire*. Thèse de doctorat, Université de Lyon, 101 p.

SANCHEZ de la TORRE M., Le BOURNONEC F.-X., GRATUZE B., DOMINGO R., GARCIA-SIMON L.-M., MONTES L., MAZO C., UTRILLA P. (2017) - Applying EDSXRF and LA-ICP-MS to geochemically characterize chert. The case of the Central-Eastern Pre-Pyrenean lacustrine cherts and their presence in the Magdalenian of NE Iberia. *JAS reports* 13, 88-98.

SÉRONIE-VIVIEN M. et SÉRONIE-VIVIEN M.-R. (1987) - *Les silex du Mésozoïque nord-aquitain : approche géologique de l'étude des silex pour servir à la recherche préhistorique*. Bordeaux, Société linnéenne de Bordeaux (Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux - Supplément au tome 15), 135 p.

SIEVEKING, G. de G. ; BUSH, P., FERGUSSON, J., CRADDOCK, P.T., HUGHES, M.J., COWELL, M.R. (1972) – Prehistoric flint mines and their identification as sources of raw material. *Archaeometry*, 14 (2), p. 151-176.

STELCL, J. et MALINA, J. (1970) – *Anwendung der Petrographie in der Archäologie*. Folia facultatis scientiarum naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis Geologia, 11(20), p. 5-111.

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, p. 141-154.

VINAY, H. (1867) - Découverte de coquilles marine fossiles dans un gisement de sables et galets à l'Herm, près Le Monastier (Haute-Loire). *Société Académique du Puy-en-velay*, tome XXVIII p. 193-194 et 341-348.

CHAPITRE 2 : BILAN DE L'OPÉRATION

Chapitre 2.6 : Axe 6 : applications au mobilier archéologique

DAUGAS J.-P., RAYNAL J.-P. (1977) – Deux gisements quaternaires en Velay : l'Abri Laborde (Solignac-sur-Loire) et le gisement de plein air des Rivaux (Espaly-Saint-Marcel). Campagnes de fouilles 1976 et 1977, *Nouvelles archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, Muséum d'histoire naturelle de Lyon, 15, 35-43.

LABORDE A. (1972) – Le gisement de Baume-Vallée, Solignac-sur-Loire (Haute-Loire), in : *Congrès préhistorique de France*, 19ème session, Auvergne, 1969, Paris, Société préhistorique française, pp. 242-245.

RAYNAL J.-P. (1975) – Nouvelles fouilles à l'abri Laborde (gisement de Baume-Vallée, Solignac-sur-Loire, Haute-Loire). Premiers résultats, *Nouvelles archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, 13, suppl., 61-63.

RAYNAL J.-P. (1981) – Le Paléolithique moyen en Velay, in : *Le bassin du Puy aux temps préhistoriques, recherches récentes*, Le Puy-en-Velay, Musée Crozatier, pp. 39-74.

RAYNAL J.-P. (1983a) – Le Paléolithique moyen en Haute-Loire, in : *La recherche archéologique en Haute-Loire*, Clermont-Ferrand, Annales du CRDP, pp. 17-25. 67

RAYNAL J.-P. (1983b) – Aspect du Paléolithique moyen en Auvergne, in : *Les inédits de la préhistoire auvergnate*, Clermont-Ferrand, Musée Bargoin, pp. 105-128.

RAYNAL J.-P. (1988) - Un site moustérien de moyenne montagne en haute vallée de la Loire : l'abri Laborde (Baume-Vallée) à Solignac-sur-Loire (Haute-Loire), *Société préhistorique française*, séance décentralisée, Le Puy en Velay, 8 et 9 octobre 1988, «Les peuplements paléolithiques du Massif central », Livret-guide des excursions, extrait, manuscrit 1.

RAYNAL J.-P. (1989) – Le Paléolithique moyen d'Auvergne et Velay, in : J.-P. Mohen (dir.), *Le temps de la préhistoire*, acte du XXIIIème Congrès préhistorique de France, 1, Dijon : Archeologia et Paris : Société préhistorique française, pp. 252-253.

RAYNAL J.-P. (1992) – Le Paléolithique moyen de Haute-Loire dans son contexte régional, in : *Préhistoire de la Haut-Loire*, Clermont-Ferrand, DRAC (Archéologie en Auvergne), pp. 17-22.

CHAPITRE 3 : CONTRIBUTIONS

Chapitre 3.1 Silicites des bordures ouest-cataliennes (...)

- ALIMEN H. (1948) - Considerations sur l'espece oligocene Potamides lamarcki Brong. et sur sa repartition en France, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 5 (1-3), 97-114.
- BALSAN L. (1977) - L'extraction du silex aux époques préhistoriques à Mur-de-Barrez, *Revue du Rouergue Rodez*, 31 (124), 335-339.
- BOULE M. (1899) - Géologie des environs d'Aurillac, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 11 (3), 253-262.
- BOULE M. (1900) - *Géologie des environs d'Aurillac et observations nouvelles sur le Cantal*, par M. Marcellin Boule, C. Béranger, 1900
- BOULE M. (1887) - *Nouvelles observations sur les puits préhistoriques d'extraction du silex de Mur-de-Barrez (Aveyron)*, C. Reinwald, 1887
- BROUSSE R. (1980) - *Carte géologique 50 000 et notice, Aurillac*, BRGM. Serv. Géol. Nat.
- BROUSSE R. (1977) - *Carte géologique 50 000 et notice, Pleaux*, BRGM. Serv. Géol. Nat.
- BROUSSE R. (1975) - *Carte géologique 50 000 et notice, Vic-sur-Cère*, BRGM. Serv. Géol. Nat.
- CAUX S. (2015) - *Du territoire d'approvisionnement au territoire culturel : pétroarchéologie et techno-économie du silex Grain de mil durant l'Aurignacien dans le Sud-ouest de la France*, Thèse de l'université de Bordeaux.
- CHALARD P. et al. (2007) - *Espaces du Paléolithique moyen. Témoins d'utilisation de silex allochtones en Quercy (France)*, Consultable à <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00442429> [Accédé le 14 juin 2019].
- CHIOTTI L., CRETIN C., MORALA A. (2015) - Les industries lithiques des abris Blanchard et Castanet (Dordogne, France) : données issues des fouilles 2005-2012, *Palethnologie. Archéologie et sciences humaines*, 7.
- 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, 1287 p.
- DEMARS P.-Y. (1998) - Circulation des silex dans le nord de l'Aquitaine au Paléolithique supérieur : l'occupation de l'espace par les derniers chasseurs-cueilleurs, *Gallia préhistoire*, 40, 1, p.p. 1-28.

DEMARS P.-Y. (1980) - *Les matières premières siliceuses utilisées au Paléolithique supérieur dans le Bassin de Brive*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 176 p.

DEMARS P.-Y. (1982) - *L'utilisation du silex au Paléolithique supérieur : choix, approvisionnement, circulation. L'exemple du Bassin de Brive*, Cahiers du Quaternaire, 5, p.p. 253.

FAIVRE J.-P. et al. (2006) - *Le Paléolithique moyen du Quercy: comportements techno-économiques et variabilité des productions lithiques*,

FAIVRE J.-P. (2006) - L'industrie moustérienne du niveau Ks (locus 1) des Fieux (Miers, Lot) : mobilité humaine et diversité des compétences techniques, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 103, 17-32.

FERNANDES P. (1981) - Le Paléolithique de la région d'Aurillac: historique des recherches et travaux en cours, *Revue de la Haute-Auvergne Aurillac*, 83, 07-214.

FERNANDES, P. (2006) – *Pétoarchéologie des matériaux siliceux utilisés au paléolithique moyen dans le sud du Massif central : méthodologie et résultats préliminaires*. Mémoire de diplôme de l'Écoles des hautes études en sciences sociales, Écoles des hautes études en sciences sociales de Toulouse.

FERNANDES, P. (2012) – *Itinéraires et transformations du silex : une pétoarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 2 volumes, 623 p.

FERNANDES P., RAYNAL J.-P. (2006) - Pétoarchéologie du silex : un retour aux sources, *Comptes Rendus Palevol*, 5, 829-837.

FOUCAULT J., RAOULT J.-F. (1980) - *Dictionnaire de géologie*, Masson, Paris, 1980, 324 p.

LAFARGE A. (2014) - *Entre plaine et montagne : techniques et cultures du Badegoulien du Massif central, de l'Allier au Velay*. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier 3.

LANGLAIS M. et al. (2018) - La séquence archéostratigraphique du Cuze de Sainte-Anastasie (Cantal): variations diachroniques et synchroniques des industries lithiques du Laborien au Mésolithique, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 115, 497-529.

LINTON J., AFFOLTER J., SESTIER C. (2008) - Des lames en silex rubané tertiaire de la collection des fouilles anciennes du camp de Chassey (Saône-et-Loire), *Revue archéologique de l'Est*, 57.

MASSON A. (1987) - L'homme et le matériel lithique et céramique. 1, Pétrographie: les roches siliceuses, in *Géologie de la Préhistoire*, J. C. Miskovsky (dir.), p.841-849.

MASSON A. (1981) - *Pétoarchéologie des roches siliceuses. Intérêt en Préhistoire*. thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1, 82 p.

MASSON A. (1979) - Recherches sur la provenance des silex préhistoriques, méthode d'étude, *Etudes Préhistoriques Lyon*, 15, 29-40.

MAUGER M. (1985) - *Les matériaux siliceux utilisés au paléolithique supérieur en Ile de France: occupation du territoire, déplacements et approche des mouvements saisonniers*, Thèse de doctorat de Paris 1 – Sorbonne.

PASTY J.-F., SURMELY F., TZORTZIS S. (1999) - Contribution à un inventaire des ressources en silex. Le département du Cantal (Massif central, France), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 96, 7-14.

PESESSE D. (2011) - La pointe de Font-Yves et les productions lithiques des derniers Aurignaciens, *Paléo Revue d'archéologie préhistorique*, 21, 203-222.

RAMES J.B. (1884) - Géologie du Puy Courny; éclats de silex tortoniens du bassin d'Aurillac (Cantal), *Matériaux pour l'Histoire de l'Homme*, 18, 385-406.

RAYNAL J.-P. et al. (2006) - Espace minéral et espace de subsistance au paléolithique moyen dans le sud du massif central français : les sites de Sainte-Anne (haute loire) et de Payre (ardeche), in : Lisbonne, Portugal, pp. 141-159.

RAYNAL J.-P. et al. (2007) - Le Paléolithique moyen de Haute-Loire : Origines, diversité, affinités, in : *Arts et Cultures de la Préhistoire*. Hommages à Henri Delporte, pp. 117-138.

REY R. (1962) - Nouvelles observations sur le bassin tertiaire d'Aurillac (Cantal), *Bulletin de la Société Géologique de France*, S7-IV, 1, p.p. 18-23.

SÉCHER A., CAUX S., LANGLAIS M. (2018) - Traditions techniques du Magdalénien moyen ancien. Apport de la série lithique de Combe-Cullier, Lacave, Lot, France (couches 11 à 13), *Paléo: revue d'archéologie préhistorique*, 29, 201-221.

SÉRONIE-VIVIEN M.-R., LENOIR M. (1990) - Le silex, de sa genèse à l'outil : actes du Ve Colloque international sur le silex (Vth International Flint Symposium), Bordeaux, 17 sept.-2 oct. 1987, vol. 1, Editions du Centre national de la recherche scientifique, 1990

SÉRONIE-VIVIEN M. et SÉRONIE-VIVIEN M.-R. (1987) - Les silex du Mésozoïque nord-aquitain : approche géologique de l'étude des silex pour servir à la recherche préhistorique. Bordeaux, Société linnéenne de Bordeaux (Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux - Supplément au tome 15), 135 p.

SURMELY F. et al. (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 - Series IIA - Earth and Planetary Science*, 326, 595-601.

SURMELY F. (1998) - *Le peuplement de la moyenne montagne auvergnate, des origines à la fin du Mésolithique*. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux.

SURMELY F., PASTY J.F. (2003) - L'importation de silex en Auvergne durant la Préhistoire, in : Surmely, F. (dir.), *les matières premières lithiques en préhistoire*, Actes de la Table ronde internationale d'Aurillac, pp. 327–336.

SURMELY F., TZORTZIS S., ALIX P. (1991) - Le site mésolithique des Baraquettes, Velzic, Cantal, et le peuplement de la moyenne montagne cantalienne des origines à la fin du mésolithique, *Société préhistorique française*,

THIRY M. et al. (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.

TORTI C. (1980) - *Recherches sur l'implantation humaine en Limagne au Paléolithique moyen et supérieur*, Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux

TURQ A. (2005) - Réflexions méthodologiques sur les études de matières premières lithiques, *Paléo Revue d'archéologie préhistorique*, 17, 111-132.

VAISSIÉ E. et al. (2017) - Techno-économie et signification culturelle de l'occupation moustérienne supérieure de Baume-Vallée (Haute-Loire), *Comptes Rendus Palevol*, 16 (7), 804-819.

Chapitre 3.2. Un exemple de diversité des ressources siliceuses (...)

ANGEVIN R. (2007) - *Étude techno-économique de l'industrie lithique magdalénienne du gisement de surface de la Corne-de-Rollay (Couleuvre, Allier)*, mémoire de Master 1, Université de Clermont-Ferrand II., 2 vol., 296 p.

BAILLEAU J.-G. (1872) – L'homme pendant la période quaternaire dans le Bourbonnais, *Congrès Scientifique de France*, tome II, p. 95-130.

BOULANGER M.-C. (1844) – *Statistiques géologiques et minéralurgique du département de l'Allier*, Moulins, éd. Imprimerie de P.-A. DESROSIERS, 482 p.

DELFOUR J., FEYS R., CARRAT H., CLOZIER L., MERCIER-BATARD F., CORNET J. (1989) - *Notice explicative de la carte géologique de Dompierre-sur-Besbre (n°599) à 1/50 000ème*, 116 p.

DELFOUR J., RABER C., BARRIER P., GENNA A., GAGNAISON C., VAUTIER Y. (2009) – *Notice explicative de la carte géologique de Le Donjon (n°622) à 1/50 000ème*, 139 p.

DELPORTE H. (1968) – *Le Paléolithique dans le Massif central. II- Le Paléolithique de la Montagne bourbonnaise d'après la collection de Bailleau. Revue Archéologique du Centre*, vol. VII, fas. 1, p. 53-80.

DELVIGNE V. (2016) – *Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central : des déterminismes et des choix*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Talence, 3 vol., 1287 p.

DONZEAU M., GAUDRY F., CHÈVREMONT P., STUSSI J.-M., CUNNEY M., JAUFFRET D., MOUTERDE R., NEHLIG P., WERNLI R., WYNS R. (2006) – *Notice explicative de la carte géologique de Charolles (n°623) à 1/50 000ème*, 190 p.

FERNANDES P., DELVIGNE V., TUFFERY C., BEECHING A., BRESSY-LEANDRI C., BINDER D., LE BOURDONNEC F.-X., QUEFFELEC A., DUBERNET S., SCHMIDT P., PLATEL J.-P., GUIBERT P., MORALA A., TURQ A., QUERRE G., MARCHAND G., GUIAVARC'H M., LEA V., LANGLAIS M., GIBAUD A., JACQUIER J., DELPUECHA., PERRINT., TOMASSO A., MOREAU L., VAISSIE E., ROBBE J., PIBOULE M., TALLET P., DEPARNAY X., LAFARGE A., COUSSERAN-NERE S., MORIN E., CHESNAUX L., GUILLERMIN P., V., RAYNAL J.-P. (2017) - *Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes*, rapport d'opération, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon, 297 p.

FERNANDES, P., DELVIGNE, V., VAISSIE, E., PIBOULE, M., TUFFERY, C., BEECHING, A., BRESSY-LEANDRI, C., BINDER, D., LE BOURDONNEC, F.-X., QUEFFELEC, A., DUBERNET, S., SCHMIDT, P., PLATEL, J.-P., THIRY, M., CAUX, S., GUIBERT, P., MORALA, A., TURQ, A., QUERRE, G., DEPARNAY, X., KHERDOUCHE, A., BINTZ, P., LEA, V., LANGLAIS, M., GIBAUD, A., GELY, B., LETHROSNE, H., PERRIN, T., LIAGRE, J., DESSAINT, P., GAILLOT, S., TOMASSO, A., BEAUVAIS, A., LIABEUF, R., ROBBE, J., MORIN, A., TALLET, P., LAFARGE, A., COUSSERAN-NERE, S., MORIN, E., CHESNAUX, L. (2018) - *Réseau de lithothèques en Auvergne-Rhône-Alpes*, rapport d'opération, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon, 200 p.

FLEURY R., LABLANCHE G., LEFAVRAIS-RAYMOND A., GROS Y., MATHIS V., BELKESSA R. (1989) - *Notice explicative de la carte géologique de Lurcy-Lévis (n°574) à 1/50 000ème*, 39 p.

GIOT D., GENTILHOMME P., BOUILLER R., CLOZIER L., FLEURY R., GAGNIERE G. (1976a) - *Notice explicative de la carte géologique de Saint-Pourçain-sur-Sioule (n°621) à 1/50 000ème*, 35 p.

GIOT D., GENTILHOMME P., BOUILLER R., CLOZIER L., FLEURY R., BELKESSA R. (1976b) - *Notice explicative de la carte géologique de Moulins (n°598) à 1/50 000ème*, 32 p.

GROLIER J., BARRUOL J., GIOT D., CARROUE J.-P., GAGNIERE G., RISLER J.-J. (1975) - *Notice explicative de la carte géologique de Gannat (n°645) à 1/50 000ème*, 31 p.

GUILLOT L. (1981) – Séries paléontologiques dans le Tertiaire du Bourbonnais, *Revue Scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France*, 72-121 p.

GUILLOT L. (1991) – Recherches géologiques sur le bassin de couleuvre (03), *Revue Scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France*, p. 34-43.

PASTY J.-F. (2000) - Le gisement paléolithique moyen de Meillers (Allier) : un exemple de la variabilité du débitage discoïde, *Bulletin de la société préhistorique française*, t.97, 2, p. 165-190.

PIBOULE M., DELVIGNE V., FERNANDES P., LAFARGE A., RAYNAL J.-P., (2018) – Principales matières premières lithiques disponibles entre le Bassin parisien et l’Auvergne : partie 1 – Allier, Cher et Indre, in O. Troubat (dir.), *Préhistoire de la France centrale*, actes du colloque inter-régional de Montluçon (19 nov. 2016, Montluçon) Cercle d’Archéologie de Montluçon et de la région, *Études archéologique n°18*, p. 9-25.

RUE M. (2000) – *Caractérisation des matériaux siliceux en Saône-et-Loire*, rapport de prospection thématique, DRAC Bourgogne, Dijon, 135 p.

THIRRY M., TURLAND M. (1985) – Paléotoposéquence de sols ferrugineux et de cuirassement siliceux dans le sidérolithique du Nord du Massif central (bassin de Montluçon-Domérat), *Géologie de la France*, n°2, p. 175-182.

TOURENQ J. (1989) - *Les sables et argiles du bourbonnais (Massif central, France), une formation fluvio-lacustre d’âge pliocène supérieur, étude minéralogique, sédimentologique et stratigraphique*, thèse d’état, université Paris VI, Paris, 333 p.

TURLAND M., MATHIS V., GROLIER J., MONIER G., CROISE G., DEBRIETTE P.-J., MILHAU D., MERCIER-BATARD F., CARROUE J.-P., PIBOULE M., DEBEGLIA N. (1990) – *Notice explicative de la carte géologique de Bourbon-l’Archambault (n°597) à 1/50 000ème*, 82 p.

WATTINE A. (2004) - *Evolution d’un environnement carbonaté lacustre à bio-constructions, en Limagne bourbonnaise (Oligo-miocène, Massif central, France)*, thèse de doctorat, muséum d’histoire naturelle, Paris, 195 p.

Chapitre 3.3. : Rapport de Reprise de Lithothèque (...)

BOCCACCIO G. (2005) – *Les industries lithiques du Solutrén supérieur et du Salpêtrien ancien en Languedoc : ruptures et continuités des traditions techniques*, Thèse de Doctorat, Université de Provence, Aix-en-Provence, 530 p.

BRESSY et al., (2008) – Projet collectif de recherche, Rapports d'activités 2008, *Réseau des lithothèques en Rhône-Alpes*, SRA Rhône-Alpes, 66 p. et annexes

DELVIGNE V., (2016) – *Géo ressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central au Paléolithique supérieur : des déterminismes et des choix*. Archéologie et Préhistoire. Université de Bordeaux, 1296 p.

DELVIGNE V. et al. (2016) – *Caractérisation des silex de Sletter (Devesset, Ardèche)*, Campagne 2016, Inédit, 11p.

ELMI S., BUSNARDO R., CLAVEL B., CAMUS G., KIEFFER G., BERARD P., MICHAELY B. (1996) – *Aubenas, Notice explicative de la feuille Aubenas à 1/50000*, Editions du BRGM service géologique national, Orléans, 173 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 al. (2011) – Projet collectif de recherche rapport d'activité 2011, *Réseau de lithothèque en Rhône-Alpes*, DRAC de Rhône-Alpes, Lyon, 150 p.

FERNANDES P. et al. (2012) – Projet collectif de recherche rapport d'activité 2012, *Réseau de lithothèque en Rhône-Alpes*, DRAC de Rhône-Alpes, Lyon, 328 p.

FERNANDES P. et al. (2014) – Projet collectif de recherche rapport d'activité 2014, *Réseau de lithothèque en Rhône-Alpes*, DRAC de Rhône-Alpes, Lyon, 374 p.

FERNANDES P. et al. (2016) – Projet collectif de recherche rapport d'activité 2016, *Réseau de lithothèque en Auvergne-Rhône-Alpes*, DRAC d'Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon, 204 p.

FERNANDES P. et al. (2018) – Projet collectif de recherche rapport d'activité 2018, *Réseau de lithothèque en Auvergne-Rhône-Alpes*, DRAC d'Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon, 200 p.

MONCEL M.-H. (dir.) et al., (2006) – *Projet d'études de sites de la fin du Pléistocène moyen et début du Pléistocène supérieur en moyenne vallée du Rhône*, Bilan de campagne 2006.

PASCAL M., LAFARGE D., CHEDHOMME L., GLINTZBOECKEL C. (1989) – *Bourg-Saint-Andéol, Notice explicative de la feuille Bourg-Saint-Andéol à 1/5000*, Editions du BRGM service géologique national, Orléans, 68 p.

Chapitre 3.5: Un nouveau gisement d'opale à Saint-Pierre-Eynac (Haute-Loire).

FEYBESSE J.L., TURLAND M., NEHLIG P., ALSAC C., MERCIER-BATARD F., PERICHAUD J.J., VIALARON C., de BAYLE DES HERMENS R. (1998) – *Notice explicative de la carte géologique de France : feuille Yssingeaux à 1/50000, n° 792, Orléans : BRGM (Ed.), 145 p.*

FRERICHMANN U. (1977) - *Le volcanisme de Saint-Pierre-Eynac (Haute-Loire)*. D.E.S., Univ. Clermont-Ferrand.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 31.1 : vue générale des bassins sédimentaires oligocènes cantaliens et des points de collecte issues des opérations du PCR ARA. | 58 |
| Figure 31.2 : Carte des zones prospectées dans la vallée de l'Auze | 60 |
| Figure 31.3 : Vue des colluvions du gîte 787_2 et aperçu macroscopique des silicites retrouvées. | 61 |
| Figure 31.4 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_3 | 63 |
| Figure 31.5 : Aperçu de la séquence marno-calcaire du Château de Mazerolles | 64 |
| Figure 31.6 : Carte géologique des formations oligocènes (g2 et g2B) de la vallée de la Maronne | 65 |
| Figure 31.7 : Carte géologique des formations oligocènes (g2B) des vallées de la Bertrande et de la Doire. | 66 |
| Figure 31.8 : Aperçu des alluvions et colluvions incisés par la Doire du gîte 787_4 | 67 |
| Figure 31.9 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_4..... | 67 |
| Figure 31.10 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_5..... | 68 |
| Figure 31.11 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_6..... | 69 |
| Figure 31.12 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_7..... | 70 |
| Figure 31.13 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_8..... | 71 |
| Figure 31.14 : aperçu général des formations oligocènes de la vallée de l'Authre..... | 72 |
| Figure 31.15 : carte géologique de la zone prospectée entre Cautrunes et Mezergues..... | 72 |
| Figure 31.16 : carte géologique de la zone prospectée au ruisseau de Veyrières..... | 73 |
| Figure 31.17 : carte géologique de la zone prospectée au nord de Saint-Paul-des-Landes..... | 73 |
| Figure 31.18 : exemple d'affleurement de blocs au sein des colluvions remaniés de l'Oligocène. | 74 |
| Figure 31.19 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 787_1..... | 75 |
| Figure 31.20 : aperçu de colluvions remaniées de l'Oligocène | |

| | |
|---|----|
| du gîte 811_3..... | 76 |
| Figure 31.21 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_3..... | 76 |
| Figure 31.22 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire oligocène à silicite observée dans au nord de Saint-Paul-des-Landes..... | 77 |
| Figure 31.23 : vue de la butte du lieu-dit le Roziers | 78 |
| Figure 31.24 : exemple de blocs retrouvés dans les colluvions. | 78 |
| Figure 31.25 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_4..... | 79 |
| Figure 31.26 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_5..... | 80 |
| Figure 31.27 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_6..... | 81 |
| Figure 31.28 : vue des niveaux marno-calcaires à silicite de la carrière du Puy-de-Toule | 82 |
| Figure 31.29 : vue du banc de silex rubané en position primaire | 83 |
| Figure 31.30 : carte géologique de la zone prospectée dans la vallée de la Cère..... | 84 |
| Figure 31.31 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire oligocène à silicite du Puy-de-Vaurs | 86 |
| Figure 31.32 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 811_2..... | 87 |
| Figure 31.33 : carte géologique de la zone prospectée dans le Bassin du Goul | 88 |
| Figure 31.34 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire inférieure oligocène à silicite du Mur-de-Barrez..... | 89 |
| Figure 31.35 : Log stratigraphique de la séquence sédimentaire supérieure oligocène à silicite du Mur-de-Barrez..... | 89 |
| Figure 31.36 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_1..... | 90 |
| Figure 31.37 : aperçu des formations oligocènes recouvertes par le colluvionnement..... | 91 |
| Figure 31.38 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_2 | 91 |
| Figure 31.39 : aperçu des séries marno-calcaires oligocènes affleurantes. | 92 |
| Figure 31.40 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_3 | 92 |
| Figure 31.41 : Vue des formations marno-calcaires oligocènes actuellement en cours d'exploitation. | 93 |
| Figure 31.42 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_4..... | 94 |
| Figure 31.43 : Variabilité macroscopique des échantillons collectés dans le gîte 812_5..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Figure 32.1 : Carte des formations primaires des silicifications du Paléozoïque de l'Allier (données issues de la carte géologique harmonisé du département de l'Allier) et des zones prospectées. | 111 |
| Figure 32.2 : Affleurement des quartzites de Meillers en coupe artificielle (photo A. Gibaud, le marteau sert d'échelle). | 115 |
| Figure 32.3 : Carte des formations des sables et argiles du Bourbonnais à galets et de la zone prospectée..... | 116 |
| Figure 32.4 : Zoom sur l'interfluve Besbre-Loire et géolocalisation des points d'échantillonnages..... | 116 |
| Figure 32.5 : Affleurement des niveaux à galets des sables du Bourbonnais, dans la carrière des Grands-Brûlés. | 117 |
| Figure 32.6 : Zone de récolte de galets issus des formations des sables du Bourbonnais, dans un champ à la Reverdite..... | 117 |
| Figure 32.7 : Zone de récolte de blocs siliceux issus des formations des sables du Bourbonnais silicifiés, en bordure d'un champ aux Perrons..... | 118 |
| Figure 32.8 : Pied de la coupe artificiel dans les niveaux à galets des sables du Bourbonnais, au Piéguts. | 120 |
| Figure 32.9 : Coupe artificielle des niveaux à galets des sables du Bourbonnais à la loge puce..... | 121 |
| Figure 32.10 : Coupe artificielle des niveaux à galets des sables du Bourbonnais au Bornat | 121 |
| Figure 32.11 : Plage alluvial le long de la rivière du Roudon | 122 |
| Figure 32.12 : Épandages de galets de chailles et calcaires roulés aux Oyats | 123 |
| Figure 32.13 : Coupe artificielle des niveaux à galets des sables du Bourbonnais au Poirier neuf | 123 |
| Figure 32.14 : Carte des formations calcaires de l'Oligo-miocène pouvant contenir des silicites et des zones prospectées. | 125 |
| Figure 32.15 : Zoom sur le bassin d'Ébreuil et géolocalisation des points prospectés | 127 |
| Figure 32.16 : Niveaux siliceux replacés au sein de la séquence carbonatée du bassin des Limagnes | 129 |
| Figure 32.17 : Zoom sur la basse vallée de la Besbre et géolocalisation des points prospectés..... | 129 |
| Figure 33.1 : Extrait du fichier d'inventaire général des gîtes | 147 |
| Figure 33.2 : Numérotation de gîte de la lithothèque CPO | 148 |
| Figure 33.3 : Rangement physique des échantillons et agencement de la Lithothèque CPO | 148 |
| Figure 33.4 : Carte géologique de Larnas (carte BRGM modifiée)..... | 151 |
| Figure 33.5 : Échantillon géologique, silex barrémien en position sub-primaire (type F14), Montredon, Larnas..... | 152 |

| | |
|---|-----|
| Figure 33.6 : Échantillon géologique, silex barrémien en position sub-primaire (type F14 à foram), Montredon, Larnas | 153 |
| Figure 33.7 : Carte géologique de Rochemaure (carte BRGM modifiée) | 154 |
| Figure 33.8 : Planche photo des gîtes prospectés à Rochemaure et relevé GPS (relevé GPX rando) | 155 |
| Figure 33.9 : Bloc pluridécimétrique en dépôt de pente, Les Crouzets-Chenevari, Rochemaure | 156 |
| Figure 33.10 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien (type F14) du conglomérat oligocène de Rochemaure-Cruas, Le Château – versant Est, Rochemaure | 157 |
| Figure 33.11 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien (type F14) du conglomérat oligocène de Rochemaure-Cruas, Le Château – versant Est, Rochemaure | 158 |
| Figure 33.12 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien (type F14) en position secondaire multiple, Pic de Chenevari, Rochemaure..... | 159 |
| Figure 33.13 : Carte géologique de St-Marcel-d'Ardèche et localisation des différentes terrasses (carte BRGM modifiée)..... | 160 |
| Figure 33.14 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien type F14 évolué en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 161 |
| Figure 33.15 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien type F14 évolué en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 161 |
| Figure 33.16 : Échantillon géologique, silex barrémo-bédoulien type F14 à spicules en position secondaire multiple, Belvezet-Chapelle St Joseph, Saint-Marcel-d'Ardèche | 162 |
| Figure 33.17 : Échantillon géologique, microfaciès du Crétacé (type D0036) en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 163 |
| Figure 33.18 : Échantillon géologique, silex du Crétacé d'origine génétique inconnue (type F121 évolué ?) en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 164 |
| Figure 33.19 : Échantillon géologique, silex du Crétacé d'origine génétique inconnue (origine Vercors-Diois ?) en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 165 |
| Figure 33.20 : Échantillon géologique, microfaciès crétacé à bioclastes d'origine génétique inconnue en position secondaire multiple, Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 166 |
| Figure 33.21 : Échantillon géologique, jaspe jurassique (type F128b) en position secondaire multiple, Belvezet-Chapelle St Joseph, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 167 |

| | |
|--|-----|
| Figure 33.22 : Échantillon géologique, silex lacustre en position secondaire multiple, Belvezet-Chapelle St Joseph | 168 |
| Figure 33.23 : Échantillon géologique, microfaciès à ostracodes d'origine inconnue en position secondaire multiple Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 169 |
| Figure 33.24 : Échantillon géologique, silicite d'origine inconnue en position secondaire multiple Lafare-Salaman, Saint-Marcel-d'Ardèche..... | 170 |
| Figure 33.25 : Diversité des microfaciès siliceux des terrasses de St-Marcel | 171 |
| Figure 34.28 : Résultats du calcul des itinéraires et des zones d'accumulation superposés en transparence avec les cartes géologiques du BRGM sur la zone de St-Léger-du-Malzieu..... | 186 |
| Figure 34.29 : Résultats obtenus dans le secteur de Naussac avec le calcul des itinéraires et le calcul des zones d'accumulation..... | 186 |
| Figure 34.30 : Résultats dans le secteur de Naussac avec le calcul des itinéraires descendants (en bleu) et des itinéraires remontants (en rouge)..... | 187 |
| Figure 34.31 : résultats sur la zone de St-Léger-du-Malzieu avec le calcul des itinéraires et des zones d'accumulation à partir des polygones de formations siliceuses d'origine (carré rouge). Les résultats sont superposés dans QGis en transparence avec les cartes géologiques du BRGM et les polygones des formations à silex (en noir)..... | 187 |
| Figure 34.32 : Résultats dans la zone de Naussac avec le calcul de l'itinéraire remontant (en rouge) et descendant (en bleu) à partir d'une formation siliceuse d'origine ou cible (en rouge). Les résultats sont superposés dans QGis en transparence avec les cartes géologiques du BRGM et les polygones des autres formations à silex (en noir). | 188 |
| Figure 35.1 : Extrait de la carte géologique au 1/50000ème d'Yssingeaux n° 792 (Feybesse et al. 1998) | 190 |
| Figure 35.2 : Extrait de la minute 1/12500ème de la carte d'EM (in Frerichmann U., 1977). | 190 |
| Figure 35.3 : Structure finement litée à lits hétérogranulaires discontinus recoupée par un drain à dépôt ferrique et une veinule à silice blanche. | 191 |
| Figure 35.4 : Structure à lit supérieur hétérogranulaire à aspect clastique surmontant un interlit plus clair. La limite entre les deux est soulignée par de fins liserés et rubans quartzeux. | 192 |
| Figure 35.5: Loupe quartzeuse recristallisée et reliques de quartz. | 193 |
| Figure 35.6 : Loupe quartzeuse présentant une structure en mosaïque de recristallisation (détail de la figure 35.5)..... | 193 |
| Figure 35.7 : Échantillon lité et plissé à opale brune et cavités tapissées par une silice collomorphe bleue. | 194 |

| | |
|---|-----|
| Figure 35.8 : Fentes siliceuses enduites de dépôts ferromanganésifères tardifs. | 195 |
| Figure 35.9 : Opale claire résineuse à lamines fines basales. | 195 |
| Figure 35.10 : Lamine fine au voisinage du cortex | 196 |
| Figure 35.11 : Présence d'une fine membrane fine ondulée au contact lamine-opale, d'un fragment et d'une peau légèrement décollée du substrat. | 196 |
| Figure 35.12 : Détail d'une membrane déchirée flottant dans la matrice opalifère. | 197 |
| Figure 35.13 : Membrane partiellement déstructurée plissée et fragmentée. | 197 |
| Figure 35.14 : Silicite à structures sphériques ou encroûtantes..... | 198 |
| Figure 35.15 : Cœur et zone bordière d'un petit sphéroïde. | 198 |
| Figure 35.16 : Veinules de première génération en réseau ou isolées. | 199 |
| Figure 35.17 : Veinules sinueuses de la génération 1 recoupant ou non l'orientation générale de la matrice.. | 200 |
| Figure 35.18 : Veinule courte en échelons de la génération | 200 |
| Figure 35.19 : Détails des échelons de la veinule discontinue de la photo 16. | 201 |
| Figure 35.20 : Veinules planaires blanches de seconde génération. | 201 |
| Figure 35.21 : Veinule de seconde génération bordée d'une zone de dépigmentation partielle ou totale. | 202 |
| Figure 35.22 : Veinule de seconde génération | 202 |
| Figure 35.23 : Zone de recoupement des veinules et chronologie des phénomènes induits par la circulation des fluides | 203 |
| Figure 36.1 : Extrait de l'enquête « pigmentothèque » batie sur le modèle de l'enquête « silex » | 206 |
| Figure 37.1 : Mas Aguilhon – campagne 2019 - | 211 |
| Figure 37.2 : Mas Aguilhon – campagne 2019 - | 212 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 31.1 : tableau résumé des données collectées lors de la campagne de prospection 2019. | 59 |
| Tableau 31.1 : tableau résumé des données collectées lors de la campagne de prospection 2019. | 209 |
| Tableau 32.1 : Tableau récapitulatif des zones prospectées au sein du département de l'Allier..... | 114 |
| Tableau 32.1 : Tableau récapitulatif des zones prospectées au sein du département de l'Allier..... | 210 |

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| Notice au Bulletin scientifique régional 2019..... | 4 |
| Sommaire..... | 9 |
| documentation administrative..... | 12 |
| remerciements..... | 20 |
| 1 Présentation de l'opération..... | 22 |
| 1.1. État de l'art..... | 22 |
| 1.2. Historique..... | 23 |
| 2 Bilan de l'opération..... | 30 |
| 2.1 Axe 1 : maintenir un niveau d'activité en équilibre dans les départements..... | 31 |
| 2.1.1. Allier..... | 31 |
| 2.1.2. Cantal..... | 31 |
| 2.1.3. Puy de Dôme..... | 32 |
| 2.1.4 Haute-Loire..... | 32 |
| 2.1.5 Ain..... | 32 |
| 2.1.6 Ardèche..... | 32 |
| 2.1.7. Drôme..... | 33 |
| 2.1.8. Isère..... | 33 |
| 2.1.9. Rhône..... | 33 |
| 2.1.10 Savoie et Haute-Savoie..... | 33 |
| 2.2. Axe 2 : formation à la caractérisation des silex, utilisation des nouvelles grilles d'observation..... | 34 |
| 2.2.1. Formation de O. Dupart du 4 au 7 mars (doctorante, UMR 8215 Trajectoires) à la caractérisation des microfaciès et des états de surface..... | 35 |
| 2.2.2. Formation de Vanessa Léa du 1 au 5 avril (CR CNRS, UMR 5608 Traces) à la caractérisation des microfaciès des silex bédouliens de la moyenne vallée du Rhône et du Vaucluse..... | 35 |
| 2.2.3. Formation de J. Guibert-Cardin du 8 au 11 juillet (doctorante, UMR 7264 CEPAM) à l'analyse des gradients d'altération des silex..... | 35 |
| 2.2.4 Formation pigmentothèque en collaboration avec le laboratoire EDYTEM-Université de Savoie-Mont Blanc les 10 et 11 septembre : formation à la lecture de la fiche terrain et des grilles de caractérisation..... | 35 |
| 2.2.5 Organisation en collaboration avec l'UMR 6566 CReAAH et le GDR SILEX du Stage Silex à Rennes du 30 septembre au 4 octobre : formation à la caractérisation des silex..... | 35 |

| | |
|--|----|
| 2.2.6. formation d'Alain Turq et André Morala à l'utilisation de la fiche de caractérisation des silex | 36 |
| 2.2.7. Formation de Morgane de Parthenay du 4 au 6 novembre 2019 à la pétroarchéologie du silex | 36 |
| 2.2.8. Formation Matières premières dans le cadre du projet UFA, à Namur (Belgique) du 21 au 23 mars 2019..... | 37 |
| 2.2.9. Intervention dans les formations universitaires | 37 |
| 2.2.10. Participations de plusieurs de nos membres aux Colloques | 37 |
| 2.3. Axe 3 : développement de l'outil lithothèque, travail de récolement et d'harmonisation sur les lithothèques régionales | 39 |
| 2.3.1. La lithothèque Pierre Bintz (anciennement Dolomieu) | 39 |
| 2.3.2. La lithothèque Paléotime | 40 |
| 2.3.3. La lithothèque du Musée d'Orgnac | 41 |
| 2.3.4. La lithothèque du CAP Valence..... | 41 |
| 2.3.5 Lithothèques du département de l'Allier..... à Paléotime..... | 39 |
| 2.4. Axe 4 : travail de recherche dans la compréhension des mécanismes impliqués dans la réactivité des phases de SiO ₂ , vers l'utilisation du synchrotron | 43 |
| 2.5 Axe 5 : normalisation des critères descriptifs, élaboration d'une terminologie à l'échelle nationale | 45 |
| 2.6 Axe 6 : applications au mobilier archéologique | 46 |
| 2.6.1 Baume-Vallée (Haute-Loire)..... | 46 |
| 2.6.2 Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme)..... | 46 |
| 2.6.3. Le Mas Aguilhon..... | 47 |
| 2.6.4 Champs Chalatras..... | 47 |
| 2.7 Axe 7 : vers une mutualisation des bases de données et une valorisation des résultats, afin d'enrichir un pôle de compétences pluridisciplinaires régional intégrable au projet national | 49 |
| 2.7.1 L'outil SIG | 49 |
| 2.7.2 Articulation du PCR par rapport au GDR SILEX | 49 |
| 2.7.3 Diffusion auprès du grand public..... | 50 |
| 2.8. Liste des publications | 51 |
| 2.9. Bilan de l'opération 2019 | 54 |
| 3 Contributions..... | 56 |
| 3.1 Silicites des bordures ouest-cantaliennes : nouveau regard sur un réservoir d'une richesse insoupçonnée | 56 |
| 3.1.2.6. Bassin du Goul..... | 88 |
| 3.1.1 Cadre géologique général | 57 |
| 3.1.2. Description des prospections | 58 |
| 3.1.2.1. Bassin versant de l'Auze | 58 |
| 3.1.2.2. Bassin versant de la Maronne | 64 |

| | |
|--|-----|
| 3.1.2.3. Bassin versant de la Bertrande et de la Doire | 66 |
| 3.1.2.4. Bassin versant de l'Authre | 72 |
| 3.1.2.5. Bassin de la Cère..... | 84 |
| Gîte 787_1 – nord-est Jussac | 73 |
| 3.1.3. Fiches descriptives des échantillons | 97 |
| 3.1.4. Conclusion temporaire et perspectives | 108 |
| 3.2. Un exemple de diversité des ressources siliceuses sur la marge septentrionale du Massif central, le cas du Bourbonnais oriental..... | 109 |
| 3.2.2. Méthodologie : du terrain au laboratoire..... | 112 |
| 3.2.2.1 Échantillonnage et description des gîtes : | 112 |
| 3.2.2.2 Réduction et numérotation des blocs : | 112 |
| 3.2.2.3 Description des échantillons et regroupement par types : | 112 |
| 3.2.1. Histoire géologique du Nord du Massif central et | 109 |
| 3.2.3. Description des sessions de prospection | 112 |
| 3.2.3.1 Les silicites permienes du Bassin de l'Ours..... | 114 |
| 3.2.3.2 Les silicites des sables du Bourbonnais sur l'interfluve Besbre-Loire | 115 |
| 3.2.3.3 Les silicites de la Limagne d'Allier : | 125 |
| 3.2.4. Fiches descriptives et planche des types de silex..... | 129 |
| 3.2.5. Conclusion temporaire et perspectives | 146 |
| roches siliceuses associées. | 109 |
| 3.2.1.1 Revue de la diversité des roches siliceuses en Bourbonnais | 110 |
| 3.3. Rapport de Reprise de Lithothèque, Cité de la Préhistoire d'Orgnac l'Aven : Inventaire et caractérisations. | 147 |
| 3.3.1. Méthode..... | 147 |
| 3.3.2. Résultats | 149 |
| 3.3.2.1. Gîtes en position sub-primaire de Lagorce et Roche-colombe (CPO_LG_13 ; CPO_RCLB_12)..... | 149 |
| 3.3.2.2. Gîte sub-primaire de Larnas (Mouredon, Serre de Vinson, Montbeau CPO_LNS_28)..... | 150 |
| 3.3.2.3. Formation primaire des Gorges de l'Ardèche, Vallon Pont d'Arc (CPO_VPA_30) | 153 |
| 3.3.2.4. Formation du fossé d'effondrement de Rochemaure-Cruas. Gîtes secondaires multiples de Rochemaure (Pic de Chenevari CPO_RCM_18, Le Château CPO_RCM_19, L'Eygue CPO_RCM_29) | 154 |
| 3.3.2.5. Alluvions Villafranchiennes du Rhône. Gîte secondaire multiple des hautes terrasses alluviales de Saint-Marcel d'Ardèche (Salaman-Lafare CPO_SMA_22, Belvezet-Chapelle Saint-Joseph CPO_SMA_23, Parot CPO_SMA_24, Trignan CPO_SMA_25)..... | 159 |
| 3.3.2.6. Diversité des microfaciès au sein des différentes terrasses et secteurs prospectés : | 171 |
| 3.3.3. Conclusion et perspectives | 172 |
| 3.4. Éléments de cartographie et outils dédiés | 173 |

| | |
|--|-----|
| 3.4.1. Application SILEX pour la saisie de données sur le terrain et d'inventaire des lithothèques | 173 |
| 3.4.2. Application sur AGOL de visualisation de données de terrain et d'inventaire des lithothèques | 177 |
| 3.4.2.1. Présentation de l'application cartographique..... | 178 |
| 3.4.2.2. Outils disponibles..... | 180 |
| 3.4.2.3. Suites et perspectives | 185 |
| 3.4.3. Usage combiné SMA et SIG pour la recherche des zones de prospection sur l'origine de certains types de «silex» | 185 |
| 3.4.4. Proposition de métadonnées dans le cadre du GDR SILEX..... | 189 |
| 3.5. Un nouveau gisement d'opale à Saint-Pierre-Eynac (Haute-Loire)..... | 190 |
| 3.5.1. État des matériaux et textures | 190 |
| 3.5.2. Échantillons à structures litées | 194 |
| 3.5.2.1. Échantillon lité plissé | 194 |
| 3.5.2.2. Échantillon à lamines fines | 195 |
| 3.5.3. Échantillons à sphéroïdes et encroûtements | 198 |
| 3.5.4. Veinules et fentes siliceuses | 199 |
| 3.5.4.1. Veinules de première génération | 199 |
| 3.5.4.2. Veinules de seconde génération | 201 |
| 3.5.4.3. Chronologie relative des fissures | 202 |
| 3.5.5. Conclusions | 204 |
| 3.6. Collaboration entre Lithothèque et Pigmentothonèque | 205 |
| 3.7. Analyse pétrographique des silicites du Mas Aguilhon (Saint-Marcel-d'Ardèche, Ardèche, France). Campagne 2019..... | 207 |
| 3.7.1. Diagnose des matières premières | 207 |
| 3.7.1.1. Analyse des états de surface | 207 |
| 3.7.1.2. Types de matériaux identifiés | 207 |
| 3.7.2. Conclusion | 208 |
| 4 Nouvelles des autres PCR « Réseau de lithothèques » | 214 |
| 4.1 Réseau de Lithothèques en région Nouvelle-Aquitaine..... | 214 |
| 4.2 Réseau de Lithothèques en région Centre-Val-de-Loire..... | 216 |
| 4.3 Les silicites cénozoïques d'Ile-de-France..... | 221 |
| 5 conclusions et perspectives | 224 |
| bibliographie..... | 228 |
| Table des illustrations | 240 |
| Liste des annexes (version numérique) | 250 |

LISTE DES ANNEXES

Les annexes sont disponibles uniquement en version numérique sur le support joint.

- Annexe 1 : Compte rendus de l'assemblée générale
- Annexe 2 : Fiche terrain et grilles de caractérisation
- Annexe 3 : Lexique relié aux grilles de caractérisation
- Annexe 4 : présentation du PCR et exemple de collaboration
- Annexe 5 : Articles

