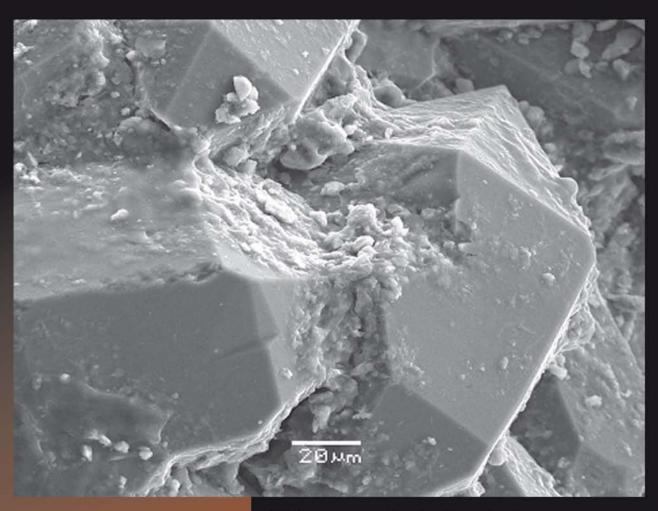
Projet Collectif de Recherche Rapport d'activité 2016



Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes

Coordinateur: Paul Fernandes Référent : Vincent Delvigne

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















LOGIE PRÉHISTORIQUE

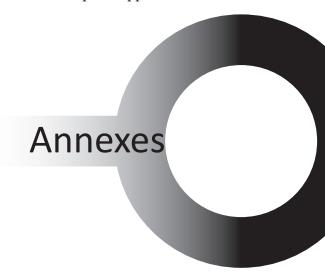












ANNEXE 1 - p.7 à p.254 :

Présentations de l'école thématique SILEX : «Nouvelle méthode de caractérisation des silex et silcrètes fondée sur leurs interactions avec l'environnement».

- module 2 : Géomatique : cartographie dynamique des formations à silex (C. Tuffery)
- module 3 : Paléoenvironnements : intéractions silex et environnements de formation (J.-P. Platel)
- module 4 : Minéralogie et cristallographie : identification des minéraux et compréhension de la structure des silex à l'échelle nanométrique (P. Schmidt)
- module 5 : Morphoscopie et exoscopie : détermination de l'histoire sédimentaire et mesure de l'évolution pré- et post-dépositionnelle des surfaces (Médard Thiry)
- module 6 : Géochimie et autres méthodes de caractérisation : analyses critiques des protocoles et des techniques, bilan des travaux récents et prospective (Céline Bressy-Léandri, Michel Piboule)
- module 7 : Pétrographie et pétrologie : identification des clastes et mesure de l'évolution pré- et post-dépositionnelle (Paul Fernandes)

ANNEXE 2 - p.257 à p.280 :

Présentations au 7th International Conference of the IUSPP Commission on Flint mining in preand protohistoric times.

- Geo-resources and Techno-cultural Expressions in the South of the French Massif Central during the Upper Palaeolithic: Determinism and Choices (Vincent Delvigne, Paul Fernandes, Peter Bindon, Jean-Pierre Bracco, Laurent Klaric, Audrey Lafarge, Mathieu Langlais, Michel Piboule, Jean-Paul Raynal)
- Flint Sourcing Revisited, the Bergerac Case (Paul Fernandes, Vincent Delvigne, Stéphan Dubernet, François-Xavier Le Bourdonnec, André Morala, Luc Moreau, Michel Piboule, Alain Turq, Jean-Paul Raynal)

ANNEXE 3 - p.283 à p.295 :

Présentation à la table ronde «L'Homme dans les Alpes, de la pierre au métal» : Les silex de Vassieux et d'Ambel, état de l'art (Paul Fernandes, Céline Bressy-Léandri, Pascal Tallet)

ANNEXE 4 - p.297 à p.311 :

Présentation au 22nd annual meeting of the European Association of Archaeologists Renewed petrographical and geochemical studies of flint from secondary deposits: Belgium as a case study (Luc Moreau, Paul Fernandes, Michael Brandl, Peter Filzmoser, Eric Goemaere, Anne Hauzeur, Ivan Jadin, Jason Day, Sally A. Gibson)

ANNEXE 5 - p.313 à p.325 :

Présentation au journée régionale de l'archéologie de Clermont-ferrand.

- Poster: «La circulation des silex barrémo-bédouliens en Haute-Loire durant la Préhistoire» (Vincent Delvigne, Paul Fernandes, Michel Piboule, Daniel Chomette, Emmanuelle Defive, Audrey Lafarge, René Liabeuf, Marie-Hélène Moncel, Rebecca Wragg-Sykes, Jean-Paul Raynal)
- Présentation orale : «Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central au Paléolithique supérieur : des déterminismes et des choix (Vincent Delvigne)

Annexe 6 - p. 327 à p.347 :

Présentation au colloque inter-régional Préhistoire de la France centrale actualité de la recherche

- Principales matières premières lithiques disponibles au Paléolithique entre Bassin parisien et l'Auvergne. Partie 1 - Allier, Cher et Indre. Grande variétés des matériaux et leurs transits au Paléolithique moyen (Michel Piboule, Vincent Delvigne, Paul Fernandes, Audrey Lafarge, Jean-Paul Raynal)
- Principales matières premières lithiques disponibles au Paléolithique entre Bassin parisien et l'Auvergne. Partie 2 - Loir-et-Cher, Indre-et-Loire. Le cas du Turonien inférieur et supérieur (Vincent Delvigne, Michel Piboule, Thierry Aubry, Paul Fernandes, Audrey Lafarge, Xavier Mangado Liach, Jérôme Primault, Jean-Paul Raynal)

ANNEXE 7 - p.349 à 368 :

Présentation au SIST 2016 : Séries Interopérables et Systèmes de Traitement «L'usage d'outils, de données et de webservices interopérables pour la cartographie des formations à silex en France : l'expérience du PCR « Réseau de lithothèques » (Christophe Tuffery David Talec, Jean-Baptiste Caverne, Pascal Tallet, Geneviève Pinçon, Stéphane Konik, Jean-Pierre Platel, Alain Turq, André Morala, Paul Fernandes)

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

Ecole thématique SILEX 2016

Module 2 : Géomatique

Christophe TUFFERY
Inrap, Direction Scientifique et Technique
Chargé de l'acquisition des données archéologiques descriptives
christophe.tuffery@inrap.fr



Programme (1/2)

1. Quelques rappels sur la cartographie, la géomatique, les SIG

- Carte et cartographie
- Géomatique et SIG
- Des ressources complémentaires

2. Les études de provenance des géomatériaux

- Rappels sur la chaîne des données
- Les représentations cartographiques de l'origine géographique des ressources en géomatériaux
- Les apports des PCR Silex

Programme (2/2)

3. Le travail collectif réalisé dans les PCR

- Les différentes étapes du travail
- La diffusion des données
- La qualité des données
- Les métadonnées

4. Mise en perspective

- La cartographie une activité marginale ?
- Maintenir des conditions homogènes de production et de diffusion des données

5. Conclusion

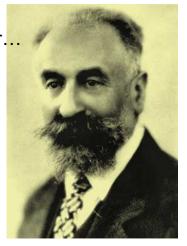
1.

1. Quelques rappels sur la cartographie, la géomatique, les SIG

- Carte et cartographie
- Géomatique et SIG
- Des ressources complémentaires



A ne jamais oublier...



"Toutes ces cartes qu'on dresse ne sont que celles de nos pauvres connaissances ou ignorances actuelles".

Marcel MAUSS. Essai sur le don. Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques (1923-1924)

Carte et cartographie

1.

 Une carte est une représentation schématique et symbolisée de tout ou partie d'un territoire.



Une carte est le produit d'une activité collective : la cartographie



1.

La cartographie est :

"l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques, intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'établissement de cartes, plans ou autres modes d'expression, ainsi que dans leur utilisation." (Comité Français de Cartographie, 1984)



 La cartographie doit respecter des principes et des étapes de conception et de réalisation



Carte et cartographie

- · La carte doit transmettre un message clair
- La carte doit s'adresser à des publics identifiés



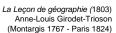
 La carte est une production sociale et culturelle : elle peut être déconstruite



 Cette déconstruction permet d'en comprendre les principes et le ou les messages qu'elle comporte



 Comme toute image, la carte nécessite un apprentissage de sa fabrication et de sa lecture





 La carte doit utiliser des normes et des conventions de représentation pour transmettre



 La carte doit respecter les règles de la sémiologie graphique



Jacques Bertin (1918-2010)

2013 : Sémiologie graphique : Les diagrammes, les réseaux, les cartes, Ed. EHESS, 452 pages 1992 : La graphique et le traitement graphique de l'information, Flammarion 277 pages

Carte et cartographie

1.

 Une carte doit être lisible, compréhensible voire plaisante













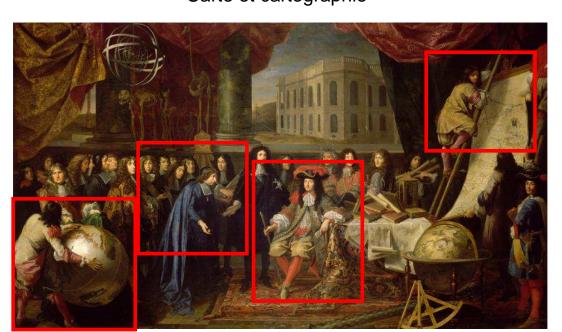




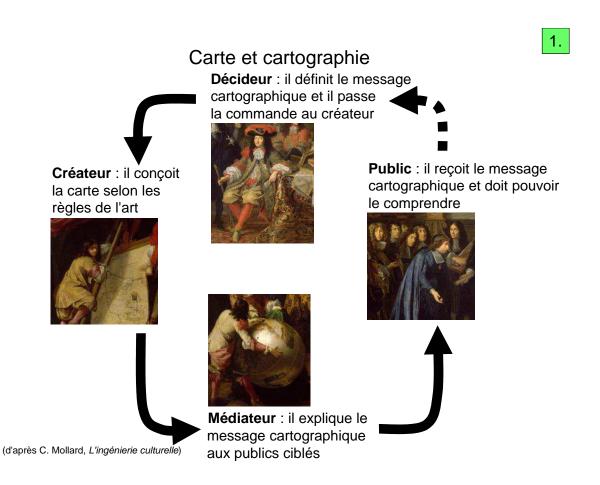
 La carte concerne plusieurs types d'acteurs ayant chacun un rôle



1.



Henri Testelin (1616–1695), Colbert présente à Louis XIV les membres de l'Académie royale des sciences créé en 1667



Géomatique et SIG

- La géomatique est le domaine d'activités mobilisant des logiciels de SIG, des matériels adaptés (parfois), des données géoréférencées cohérentes, des compétences spécifiques, des méthodes de conception et de gestion de SI.
- Un SIG est un système d'information pour l'acquisition, la gestion, le traitement, l'analyse, le stockage, l'archivage de données géoréférencées en vue de répondre aux besoins clairement exprimés d'acteurs identifiés.

Géomatique et SIG



1.

- Un SIG doit permette d'identifier un objet donné :
 - quel est le nom de telle formation géologique ?
 - quel est le type de silex présent dans cette formation ?
 - Etc.
- Il doit aussi être capable de localiser une entité dans l'espace :
 - où se trouve telle formation à silex ?
 - où se trouvent les formations du même type de silex ?
 - à quelle distance se trouvent deux formations du même étage ?
 - etc.
- Un SIG peut aider à dater une information :
 - comment cette formation a évolué ?
 - quand cette formation a-t-elle été numérisée ?
 - de quand date la carte géologique qui a servi à la numérisation ?

Géomatique et SIG

- Logiciels de SIG : logiciels spécifiquement dédiés à la mise en œuvre d'un SIG (ex. : ArcView, MapInfo, Geoconcept, QGis, GvSIG, Grass, etc.)
- Logiciels de cartographie en ligne (webmapping) : MapServer, GeoServer, Openlayers, ArcGisOnLine, etc.
- Sites de cartographie en ligne (sites internet, API, applications pour mobiles): GoogleMaps, Bing Maps, OpenStreetmaps, Geoportail, etc.

1.

Des ressources complémentaires

Cours en ligne (MOOC) : Coursera :

- Cartographie thématique (ENS):
 https://www.coursera.org/learn/cartographie
- Introduction aux SIG Partie 1 (EPFL): https://www.coursera.org/learn/intro-sig-1
- Introduction aux SIG Partie 2 (EPFL):
 https://www.coursera.org/learn/intro-sig-2
- Eléments de géomatique (EPFL) : https://www.coursera.org/learn/geomatique

2. Les études de provenance des géomatériaux

- Rappels sur la chaîne des données
- Les représentations cartographiques de l'origine géographique des ressources en géomatériaux
- Les apports des PCR Silex

Rappels sur la chaîne des données

2.

De quoi partons-nous ?...



Du terrain







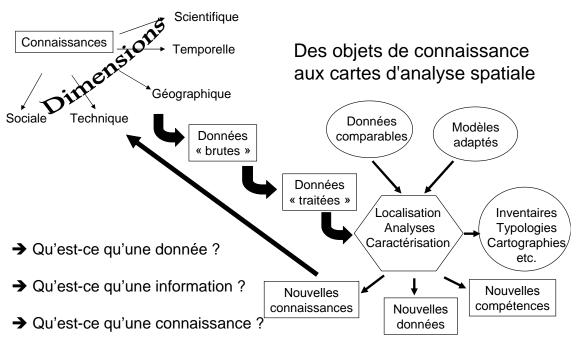




...à la société de l'information

... de quoi parlons-nous ?

Rappels sur la chaîne des données



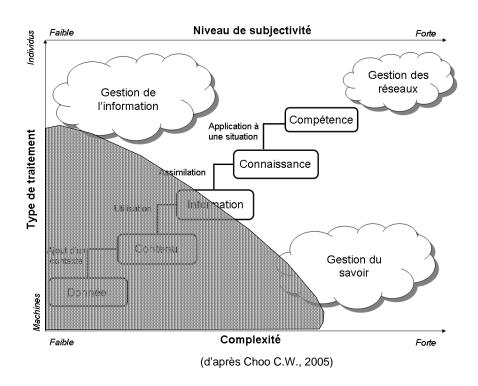
→ Qu'est-ce qu'une compétence ?

Rappels sur la chaîne des données

- 2.
- Une très grande hétérogénéité des données (contenus, formes, échelles, formats, objectifs, modalités de constitution et de mise à jour, etc.)
- · Cette hétérogénéité peut être une richesse....
- ... elle est avant tout une source de difficultés pour le croisement et la comparaison des données.

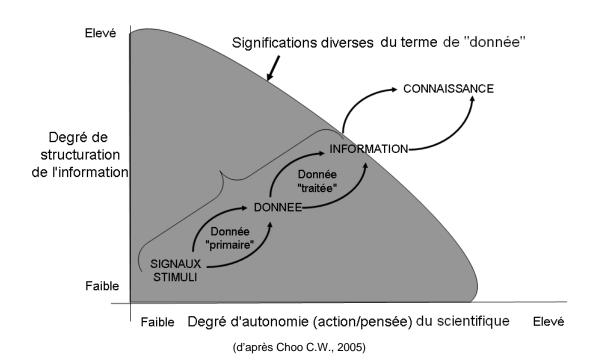
Rappels sur la chaîne des données





Rappels sur la chaîne des données

2.



Rappels sur la chaîne des données

Rappels sur les notions de données :

A. Chaillou (2003):

« Les **données primaires** sont toutes les données qui proviennent de l'observation directe du site, de la fouille et de la documentation que l'on peut en tirer.»

(...)

« Les **données traitées** sont la résultante d'études menées sur les données primaires (études de mobilier, ...), d'assemblages de plan, de dessins d'objet ainsi que de tout ce qui touche à l'interprétation de ces données (interprétation des couches archéologiques, ...), à la datation et aux regroupements de données comme les associations de couches (faits, structure, entités archéologiques, ...).»

2.

Rappels sur la chaîne des données

Rappels sur les notions de données :

A. Chaillou (2003):

« Les **données primaires** sont donc les données qu'il faut absolument conserver avec le maximum de précisions, les **données traitées** faisant partie des aides apportées à l'archéologue pour qu'il puisse analyser et comprendre ce qu'il a eu sous les yeux.

(...)

Ce sont les **données primaires** qui seront par conséquence les premières prises en compte dans le cadre d'un archivage et de la gestion des données issues d'une fouille. »

Rappels sur la chaîne des données

2.

Rappels sur les notions de données :

F. Djindjian (2011):

« Les données archéologiques sont des informations variées, résultant de la description d'objets ou d'ensembles d'objets archéologiques, ou d'enregistrements effectués à l'occasion d'une prospection ou d'une fouille archéologique, ou de compilations tirées de banques de données.

(...)

Ces données, enregistrées ou estimées, alimentent ou mettent à jour des **problématiques archéologiques** avec les contraintes implicites de leur **représentativité**, de leur **fiabilité** et de leur **capacité sémiologique** à traiter la problématique posée.

Rappels sur la chaîne des données

2.

Rappels sur les notions de données :

F. Djindjian (2011):

« Les données archéologiques sont décrites par un vocabulaire qualifiant l'information et permettant de la quantifier. Ces mots du vocabulaire possèdent un sens précis, unique et non ambigu. Le choix de ces mots et leurs relations mutuelles conduisent à élaborer des lexiques ou thésaurus (...) précisant les synonymies, les hiérarchies et les règles d'utilisation des mots ».

Rappels sur la chaîne des données

Rappels sur les notions de données :

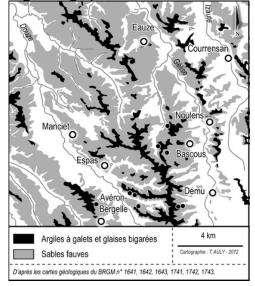
- F. Djindjian (2011), reprenant J-C. Gardin (1979):
- « Les données archéologiques sont des informations qui seront enregistrées puis gérées par un système d'information archéologique, mis en œuvre par des moyens informatiques.

Ces informations sont de plusieurs natures :

- les informations intrinsèques (I.I.) qui sont une représentation de l'objet archéologique
- les informations extrinsèques (I.E.) qui enregistrent le contexte de l'objet durant le processus de prospection et surtout de fouilles archéologiques
- les informations de référence (I.R.) qui renseignent le référencement de l'objet : numérotation, ontologies, iconographie, analyses et plus généralement toute documentation référant
- les informations administratives (I.A.) qui renseignent la gestion de : inventaire, enregistrement, préservation, conservation, propriété, déplacements, prêts, etc. »

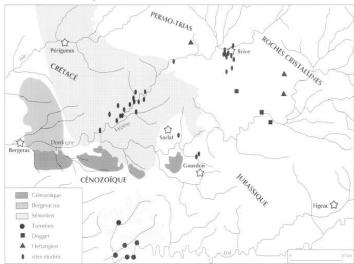
Les représentations cartographiques de l'origine géographique des ressources en géomatériaux : quelques exemples

· Association visuelle entre points de prélèvements et formations géologiques dans l'ouest du Gers



http://paleo.revues.org/2444
Séronie-Vivien M.-R., Séronie-Vivien M., Foucher P., Millet D. et Millet F., 2012, « Entre l'Adour et la Baïse (partie occidentale du département du Gers, France) : une importante source de matières premières siliceuses du Sénonien », PALEO [Online], 23 | 2012, Online since 29 April 2013

Association visuelle entre formations géologiques à silex et sites archéologiques du nord de l'Aquitaine



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. In: Gallia préhistoire, tome 40, 1998. pp. 1-28; doi : 10.3406/galip.1998.2156

Les représentations cartographiques de l'origine géographiqué des ressources en géomatériaux : quelques exemples

Distances entre formations géologiques à silex et sites de l'Aurignacien ancien

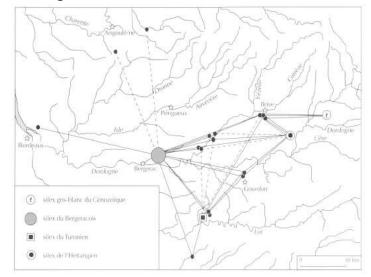
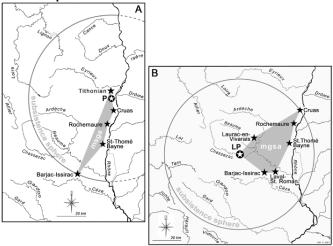


Fig. 3 - Diffusion des silex du Bergeracois, de l'Hettangien, du Turonien et du Cénazaïque (« gris-blanc à charophytes ») dans

Source : http://bit.ly/2e16Aos
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. In: Gallia préhistoire, tome 40, 1998. pp. 1-28; doi : 10.3406/galip.1998.2156

Rayons d'action de deux sites dans l'Ardèche et de leurs domaines potentiels de subsistance

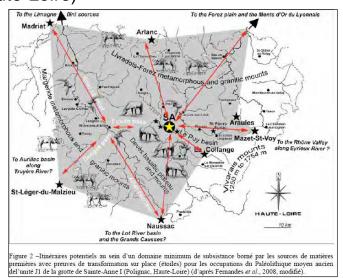


gurel – Les territoires minimum exploités, tel qu'il sont perçus à travers les matières premières et les domaines tentiels de subsistence pour les sites du Paléolithique moyen ancien de Payre (A) et du Moustérien de l'abri des Pêcheurs (B) (d'après Fernandes *et al*, 2008, 2010)

Raynal J-P., Moncel M-H., 2010, Matières et cultures au Paléolithique moyen : un retour sur expérience. Les journées silex de Lyon. Vers une harmonisation méthodologique, Oct 2010, Lyon, France. <hal-00660526>

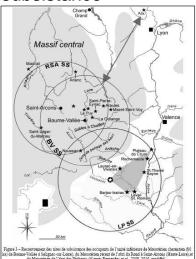
Les représentations cartographiques de l'origine géographique des ressources en géomatériaux : quelques exemples

Domaines de subsistance du site de Sainte-Anne (Haute-Loire)



Source : http://bit.ly/2eJqllZ Raynal J-P., Moncel M-H., 2010, Matières et cultures au Paléolithique moyen : un retour sur expérience. Les journées silex de Lyon. Vers une harmonisation méthodologique, Oct 2010, Lyon, France. <hal-00660526>

Rayons d'action de plusieurs sites (Baume-Vallée, Rond de St-Arcons, Abri des Pêcheurs) et de leurs domaines potentiels de subsistance

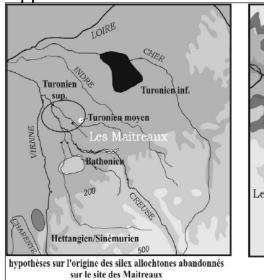


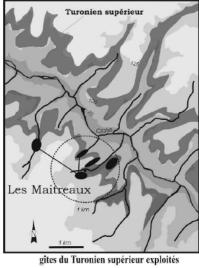
Source: http://bit.ly/2eJqllZ

Raynal J-P., Moncel M-H., 2010, Matières et cultures au Paléolithique moyen: un retour sur expérience. Les journées silex de Lyon. Vers une harmonisation méthodologique, Oct 2010, Lyon, France. hal-00660526>

Les représentations cartographiques de l'origine géographique des ressources en géomatériaux : quelques exemples

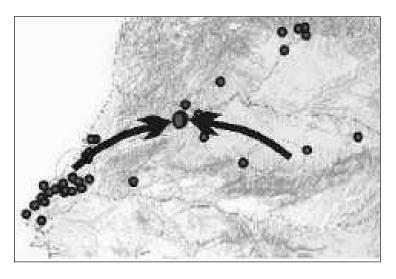
Délimitation simplifiée de zones potentielles d'approvisionnement en silex du site des Maitreaux





Aubry T., 2005, Etude de l'approvisionnement en matière premières lithiques d'ensembles archéologiques. Remarques méthodologiques et terminologiques.

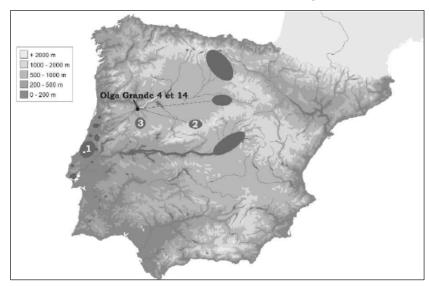
• Itinéraires simplifiés des déplacements théoriques pour l'approvisionnement en silex en Aquitaine



Source : http://bit.ly/2ecSRcS
Aubry T., 2005, Etude de l'approvisionnement en matière premières lithiques d'ensembles archéologiques. Remarques méthodologiques et terminologiques.

Les représentations cartographiques de l'origine géographique des ressources en géomatériaux : quelques exemples

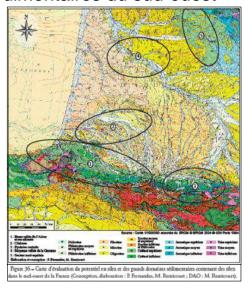
 Délimitation simplifiée de zones potentielles d'approvisionnement en silex en Espagne



Source : http://bit.ly/2ecSRcS

Aubry T., 2005, Etude de l'approvisionnement en matière premières lithiques d'ensembles archéologiques. Remarques méthodologiques et terminologiques.

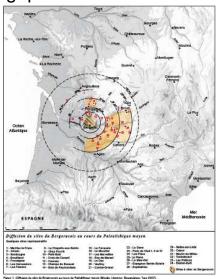
· Evaluation du potentiel en silex dans les grands domaines sédimentaires du sud-ouest



Fernandes P., 2012, Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux 1, sous la direction de Jean-Paul Raynal, soutenue le 19 juin 2012, 623 pages

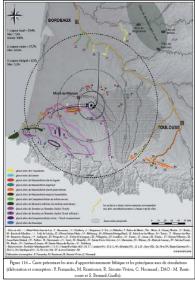
Les représentations cartographiques de l'origine géographiqué des ressources en géomatériaux : quelques exemples

Rayons d'action entre un type de silex (Bergeracois) et des sites archéologiques



Source: http://bit.ly/2dXr6Fz
Fernandes P., Morala A., Schmidt P., Séronie-Vivien M-R., Turq A., 2012, Le silex du Bergeracois: état de la question. In:Quaternaire Continental d'Aquitaine, excursion AFEQ - ASF 2012, pp. 22-33

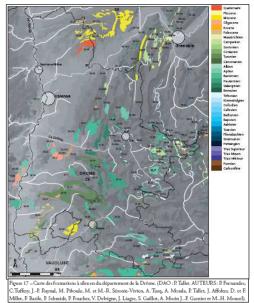
Rayons d'action des sites d'approvisionnement lithique et des principaux axes de circulation



Fernandes P., 2012, Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux 1, sous la direction de Jean-Paul Raynal, soutenue le 19 juin 2012, 623 pages

Les apports des PCR Silex

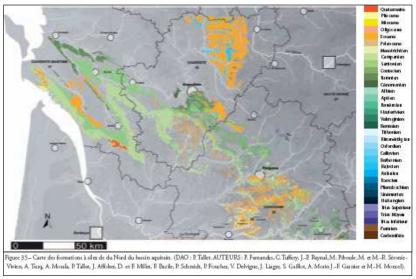
Les différentes formations à silex dans la Drôme



Source : http://bit.ly/2dihKq4
Fernandes P., 2012, Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux 1, sous la direction de Jean-Paul Raynal, soutenue le 19 juin 2012, 623 pages

Les apports des PCR Silex

Les différentes formations à silex du Nord du bassin aquitain

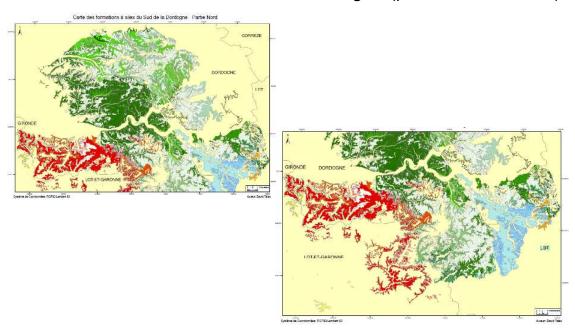


Source : http://bit.ly/2dihKq4
Fernandes P., 2012, Itinéraires et transformations du silex : une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux 1, sous la direction de Jean-Paul Raynal, soutenue le 19 juin 2012, 623 pages

Les apports des PCR Silex

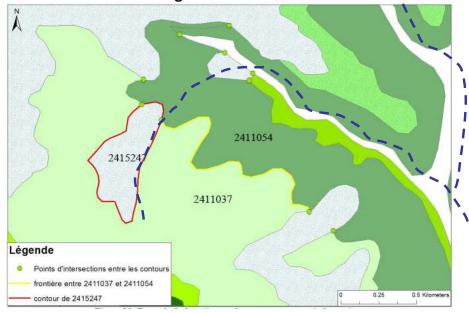
2.

• Carte des formations à silex de Dordogne (parties nord et sud)



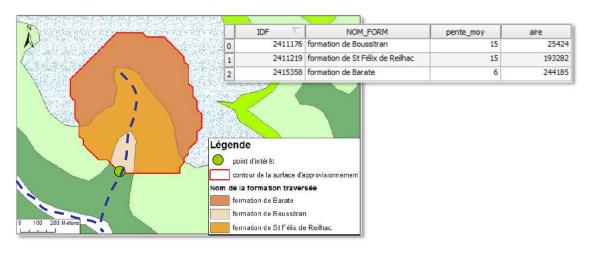
Les apports des PCR Silex

 Vers des cartes dynamiques : identification des frontières entre formations contigües



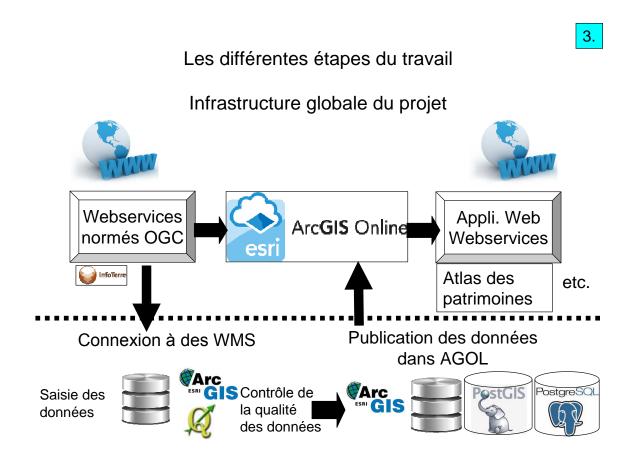
Les apports des PCR Silex

• Vers des cartes dynamiques : Identification de la surface théorique d'approvisionnement en silex à partir d'un point d'intérêt dans un bassin-versant



3. Le travail collectif réalisé dans les PCR

- Les différentes étapes du travail
- La diffusion des données
- La qualité des données
- Les métadonnées



Les différentes étapes du travail

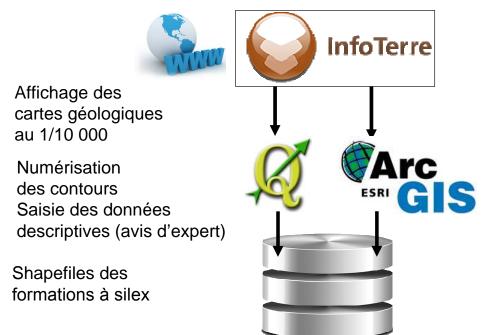
Principes de constitution des données

- Numérisation des contours des formations géologiques à silex à partir des cartes du BRGM au 1/50 000 (WMS Infoterre) depuis QGis
- Avis d'expert géologue ayant participé à la levée et à la rédaction des notices géologiques dans cette zone

3.

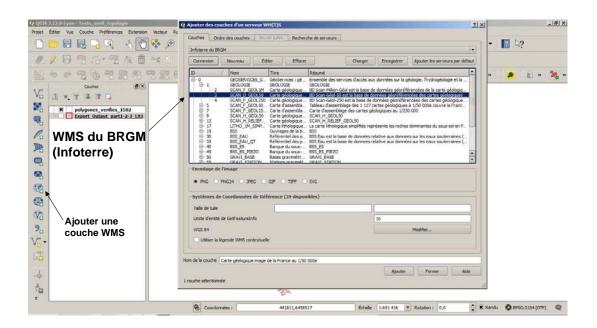
Les différentes étapes du travail

La numérisation des contours des formations à silex



Les différentes étapes du travail

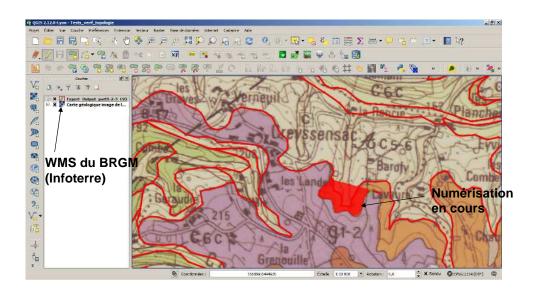
Sélectionner le WMS Infoterre du BRGM



3.

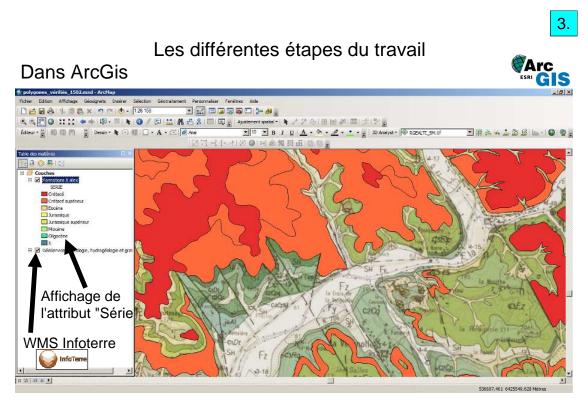
Les différentes étapes du travail

 Numérisation au 1/10 000 dans QGis des contours des formations à silex avec le WMS Infoterre en fond cartographique



Les différentes étapes du travail Dans QGis (COLS 222/25-tymn-Project Projet Édate Not Couche Préférences Extension Projet de Bourde Bourde Britanes Palement Auto Additional de la France au 1/50 000e Préfére publique à insigne de la France au 1/50 000e Préfére publique à la France au 1/50 000e Préfére publique à l'autorité de la France au 1/50 000e Préfére publique à l'autorité de la France au 1/50 000e Préfére publique à l'autorité de la France au 1/50 000e Préfére publique à l'autorité de la France au 1/50 000e Pré

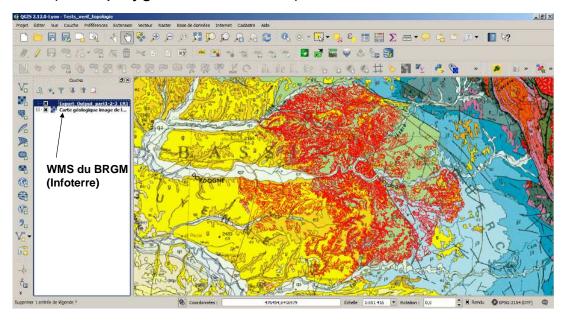
Affichage des données sur les formations à silex et du WMS Infoterre en fond cartographique



Affichage des données sur les formations à silex et du WMS Infoterre en fond cartographique

Les différentes étapes du travail

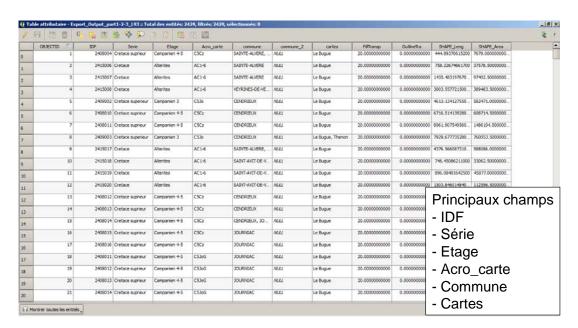
 Affichage des données numérisées dans QGis (2425 polygones en 3 zones)



3.

Les différentes étapes du travail

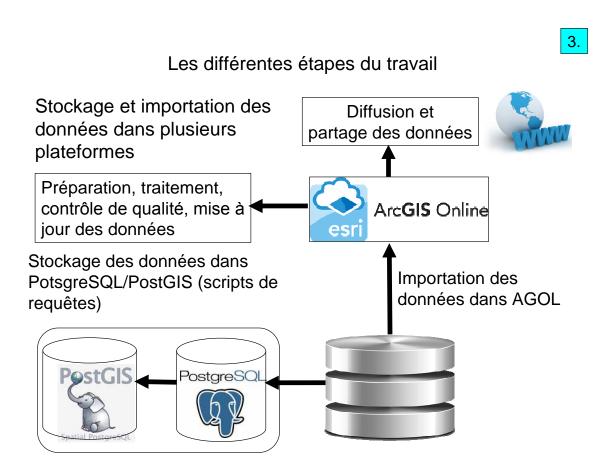
Affichage des données attributaires associées



Les différentes étapes du travail

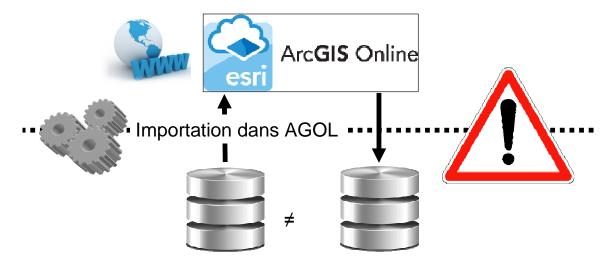
Contrôle de qualité des données constituées et mise en place des outils pour leur diffusion

- Vérification de la topologie des fichiers de formes
- Transfert vers une plateforme d'échange des données (AGOL)
- Développement d'un prototype d'application pour la diffusion des données



Les différentes étapes du travail

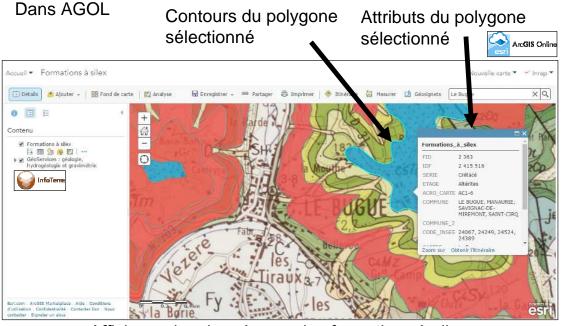




→ "différences" dans la géométrie des contours des polygones des formations

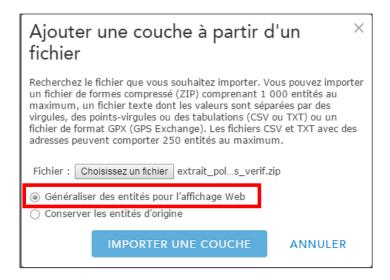
Les différentes étapes du travail

3.



Affichage des données sur les formations à silex et du WMS Infoterre en fond cartographique

Les différentes étapes du travail



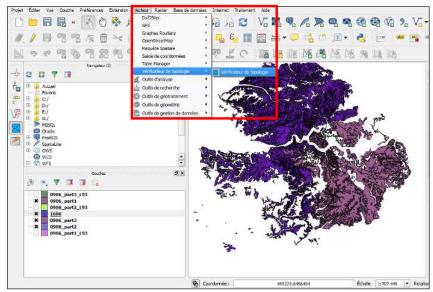
Les différentes étapes du travail

3.



3.

Contrôle des contours des formations avant et après l'importation dans AGOL



Utilisation du vérificateur de topologie de QGis

Les différentes étapes du travail

3.

Les 5 options de vérification du vérificateur de topologie :

- doublons
- polygones multi-parties
- polygones à géométrie invalide
- superpositions entre polygones
- trous

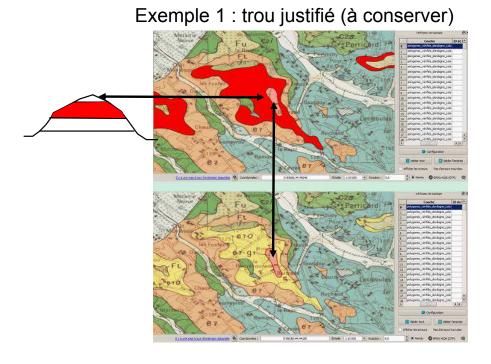
3.

Sur l'option "trous", le vérificateur a détecté 408 "erreurs".

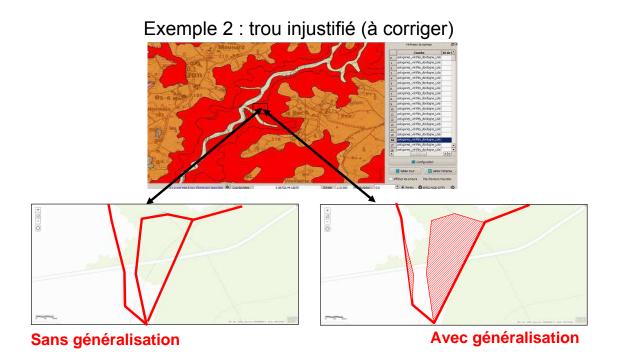
Une vérification systématique de toutes ces "erreurs" a été faite.

Les différentes étapes du travail

3.



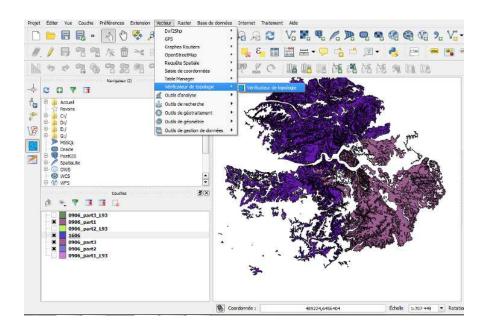




Les différentes étapes du travail

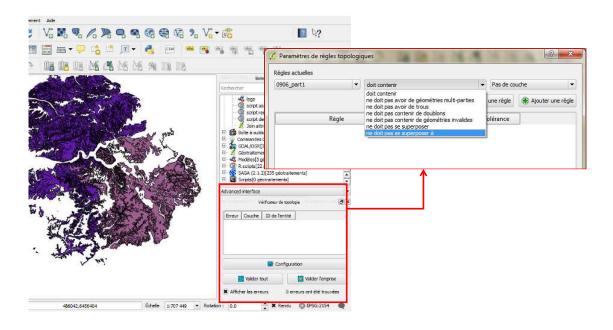
3.

Vérification de la topologie dans QGis



Les différentes étapes du travail

· Vérification de la topologie dans QGis



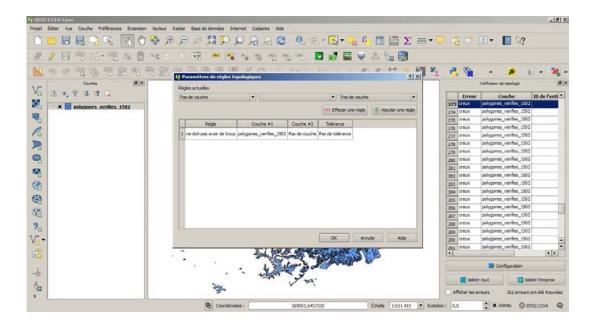
3.

Les différentes étapes du travail

- Le vérificateur de topologie de QGis utilisé possède 5 options de vérification des couches pour détecter :
 - les doublons (il n'existe pas 2 polygones de géométries identiques)
 - les polygones multi-parties (2 polygones distincts mais ne formant qu'une seule entité dans la table attributaire)
 - les polygones à géométrie invalide
 - les superpositions entre polygones
 - les trous

Les différentes étapes du travail

· L'identification des trous



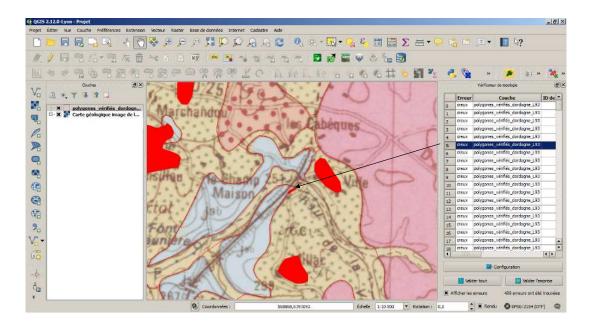
3.

Les différentes étapes du travail

- 408 « trous » ont été détectés
- Il fallait vérifier les 408 « trous » pour distinguer les « vrais trous » des « faux trous »
- « Vrais trous » : polygones devant être troués pour les formations ne contenant pas de silex se trouvant encerclées par des formations à silex
- « Faux trous » : problèmes des espaces entre les contours des formations à silex alors qu'elles devaient être jointives

Les différentes étapes du travail

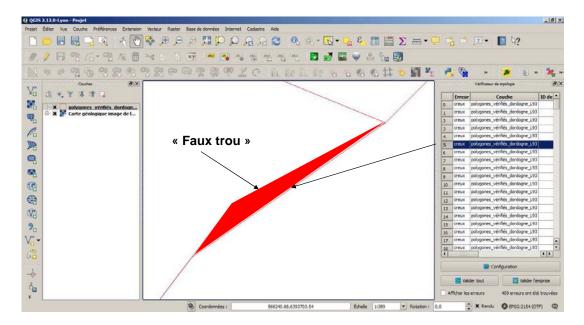
Exemple de « faux trou » (vu au 1/10 000)



3.

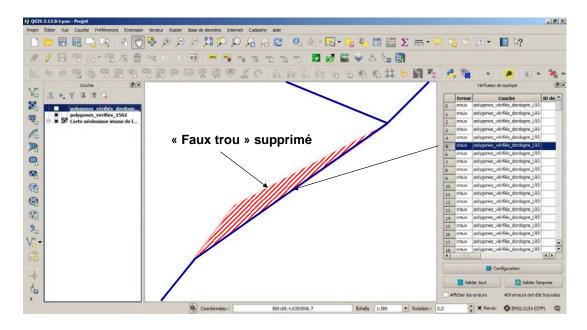
Les différentes étapes du travail

• Exemple de « faux trou » (vu au 1/389)



Les différentes étapes du travail

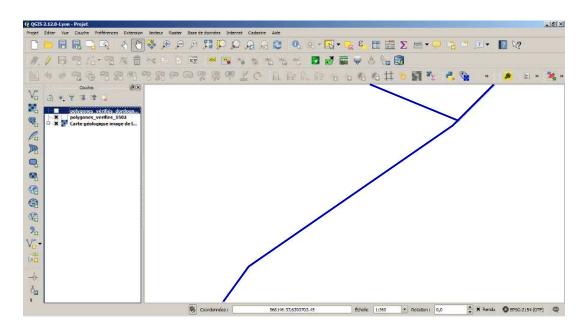
Suppression du « faux trou » (vu au 1/389)



3.

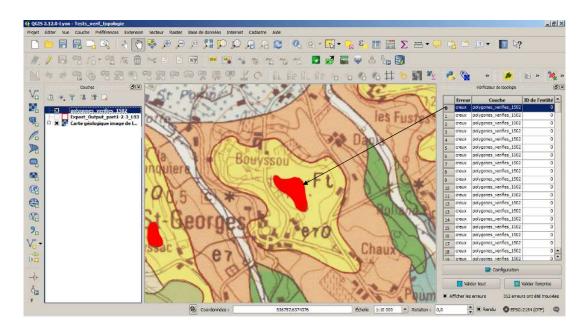
Les différentes étapes du travail

Suppression du « faux trou » (vu au 1/389)



Les différentes étapes du travail

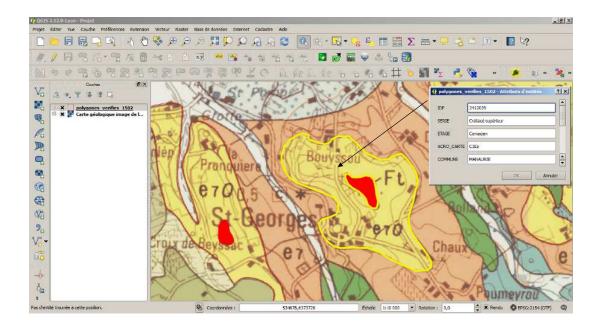
· Exemple de « vrai trou »



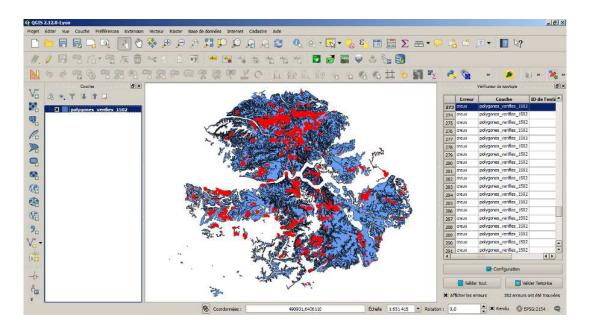
3.

Les différentes étapes du travail

· Le « vrai trou » est entouré d'une formation à silex



« Vrais trous » restant après correction des « faux trous »



3.

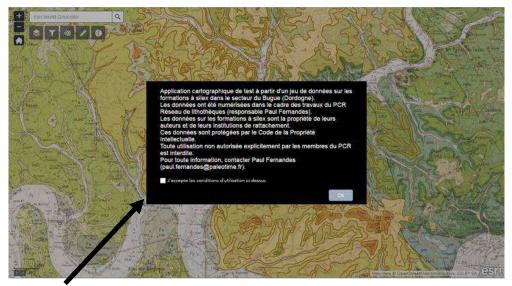
La diffusion des données

- Une fois importées dans AGOL, les données peuvent être diffusées de plusieurs façons :
- en partageant les données avec plusieurs utilisateurs
- = données (et métadonnées) de collaboration
- une application web pour l'affichage des données et la consultation des données descriptives

La diffusion des données

Application web développée dans AGOL Panneau d'accueil





Acceptation des conditions d'utilisation : sensibilisation à la propriété des données

La diffusion des données

Application web développée dans AGOL Consultation des données



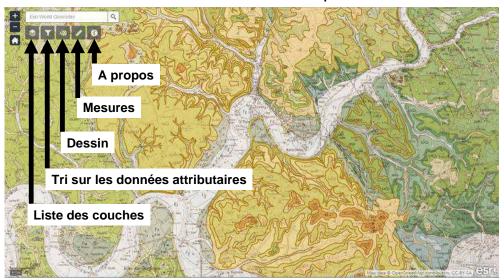
3.



Sélection d'un polygone et affichage de ses données attributaires

La diffusion des données

Application web développée dans AGOL Fonctionnalités au choix et aisément paramétrables





Application web développée dans AGOL Liste des couches de données



3.



InfoTerre Couche WMS Infoterre : Cartes géologiques au 1/50 000



La diffusion des données

Application web développée dans AGOL





Couche WMS Atlas Culture : Patrimoine mondial de l'UNESCO

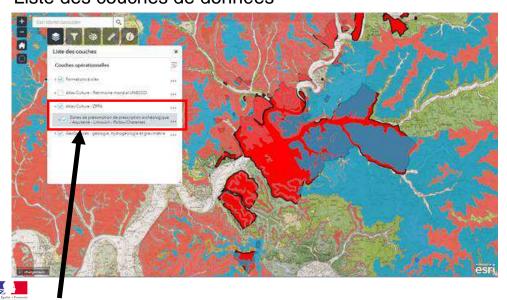


ArcGIS Online

La diffusion des données

Application web développée dans AGOL

Liste des couches de données



Couche WMS Atlas des Patrimoines : ZPPA

La diffusion des données

Application web développée dans AGOL Tri sur les données attributaires





3.

La diffusion des données

Application web développée dans AGOL



Couche de dessin (polygones, de lignes, polylignes, points, etc.)



La diffusion des données

Application web développée dans AGOL Mesures (surfaces, distances)





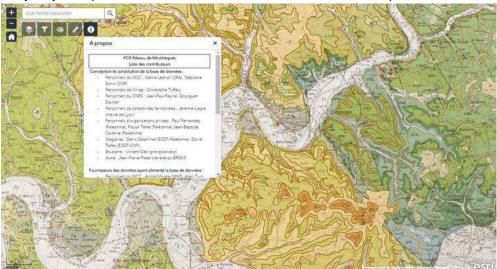
3.

ArcGIS Online

La diffusion des données

Application web développée dans AGOL

A propos (mention des co-auteurs de la BDD)



La qualité des données

Exemple de l'impact de erreurs de géométrie des contours :

- qualité hétérogène des données
- relations spatiales artificielles, tronquées, disparues entre les polygones
- erreurs dans la recherche des contigüités entre polygones
- erreurs dans l'utilisation des scripts de parcours de graphe
- → nécessité d'un contrôle de qualité de la topologie

3.

La qualité des données

Les exigences de la qualité des données :

- une activité indispensable ("bonne pratique")
- · à décrire dans les métadonnées
- doit s'appuyer sur les normes existantes pour l'information géographique.

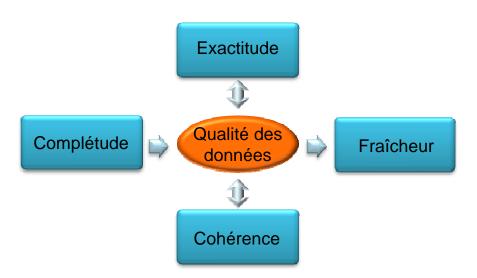
La qualité des données

Deux types de qualité des données sur les formations à silex :

- une qualité interne
- → que doit-on numériser et comment ?
- une qualité externe
- → quels usages possibles des données numérisées ?

3.

La qualité des données



La qualité des données

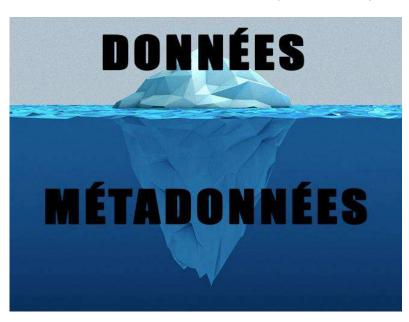
Problèmes des normes traitant de la qualité des données géographiques :

- nombre et difficulté d'application :
 - ISO 19115-1:2014
 - ISO 19115-2:2009
 - ISO 19131:2007
 - ISO 19156:2011
 - ISO 19157:2013 Information géographique Qualité des données
- · très faible notoriété,
- quasi-absence des formations.

3.

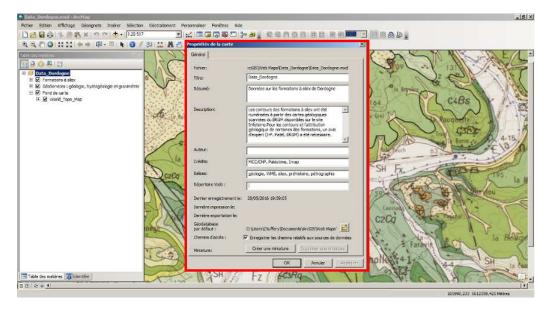
Les métadonnées

Les métadonnées : un point essentiel mais encore insuffisamment pris en compte



Les métadonnées

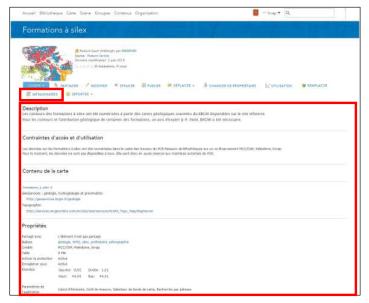
Les métadonnées dans ArcGis



3.

Les métadonnées

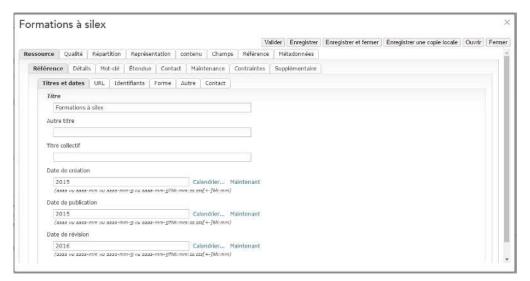
Les métadonnées dans AGOL



Métadonnées minimales

Les métadonnées

Les métadonnées dans AGOL



Métadonnées complètes de la couche

Profil: ISO 19139

3.

Les métadonnées

Les métadonnées dans AGOL



Métadonnées complètes de la couche : exemple de remplissage de descripteurs

4. Mise en perspective

- La cartographie : une activité marginale ?
- Maintenir des conditions homogènes de production et de diffusion des données

4.

La cartographie : une activité marginale ?

- Les cartes sont indispensables à la compréhension des phénomènes spatiaux
 - → La cartographie ne doit pas être une activité marginale



La cartographie : une activité marginale ?

- Les cartes sont au cœur de la compréhension des paléoenvironnements et des logiques de déplacement des populations
 - → Les cartes doivent conduire à percevoir autrement "l'espace minéral"

4.

La cartographie : une activité marginale ?

- Les cartes ne peuvent pas être réalisées n'importe comment pour pouvoir être comparées
 - → Les cartes doivent toutes respecter un même protocole d'établissement

La cartographie : une activité marginale ?

- Les cartes imposent d'atteindre un niveau élevé de qualité des données et des métadonnées
 - → Les cartes doivent s'appuyer sur des principes rigoureux de conception, de production et de diffusion

4.

La cartographie : une activité marginale ?

- · Les cartes permettent un travail critique des données
 - → Les cartes doivent révéler la qualité des données et leur adéquation aux besoins cartographiques



Maintenir des conditions homogènes de production et de diffusion des données

- Les données ne peuvent être saisies n'importe comment
 - → Les dictionnaires de données, les listes contrôlées, les thesaurus utilisés doivent être les mêmes

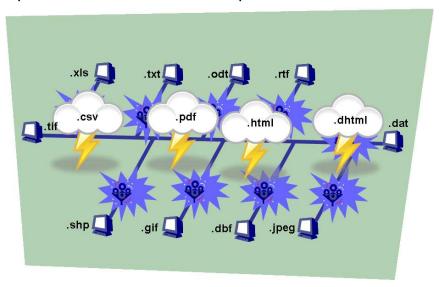
4.

Maintenir des conditions homogènes de production et de diffusion des données

- Les données ne peuvent pas s'échanger n'importe comment
 - → La diffusion des données doit s'appuyer sur des normes d'interopérabilité technique et sémantique

Maintenir des conditions homogènes de production et de diffusion des données

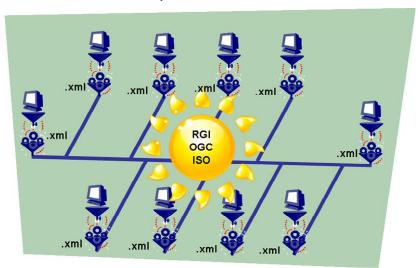
L'absence d'interopérabilité est désignée comme un problème majeur par la communauté scientifique.



4.

Maintenir des conditions homogènes de production et de diffusion des données

L'interopérabilité doit faciliter l'échange et la confrontation de données et donc l'interdisciplinarité.



Maintenir des conditions homogènes de production et de diffusion des données

- L'interdisciplinarité nécessite des outils et méthodes adaptés
 - → Les cartes doivent faire partie des démarches d'interdisciplinarité

5.

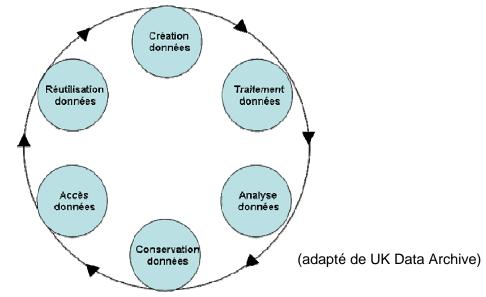
En guise de conclusion

La qualité des données : un point essentiel

- à prendre en compte tout eu long du cycle de vie des données
- à décrire dans les métadonnées
- à intégrer dans les actions d'accompagnement et de formation

En guise de conclusion

De la chaîne des données au cycle de vie des données



Les Plans de Gestion des Données (PGD)

5.

En guise de conclusion

Publication et moissonnage sur les webservices dédiés.



Vers le web sémantique...



P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016



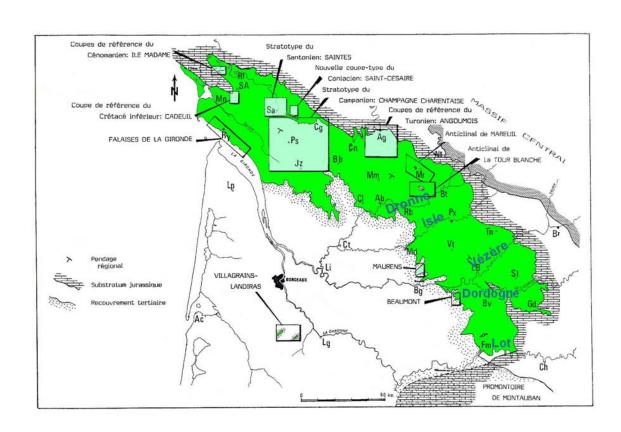


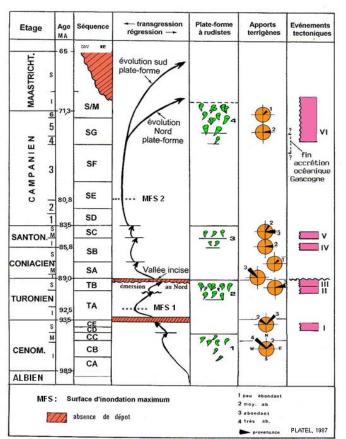
Les formations à silex du Crétacé supérieur de la plate-forme nord du bassin d'Aquitaine

Focus entre les vallées de l'Isle et du Lot évolution des paléoenvironnements

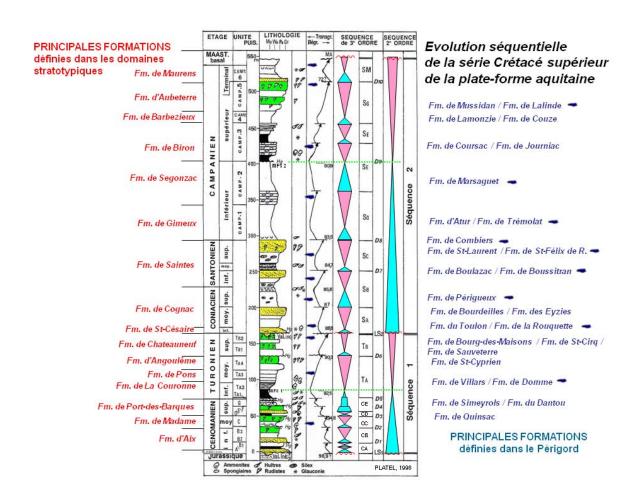
Jean-Pierre PLATEL Expert conseil en Géosciences (ancien Géologue Régional du BRGM Aquitaine)



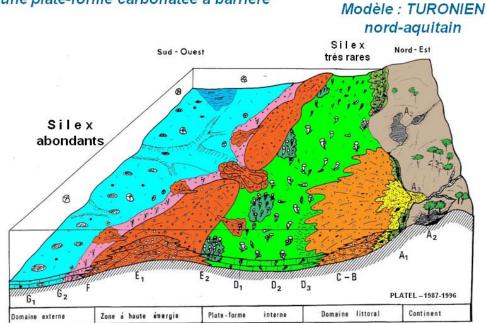




Evolution générale et caractères majeurs de la série du Crétacé supérieur de la plate-forme aquitaine

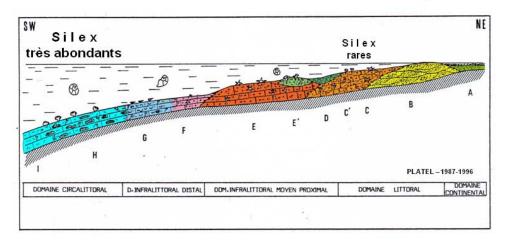


Localisation des formations à silex dans une plate-forme carbonatée à barrière

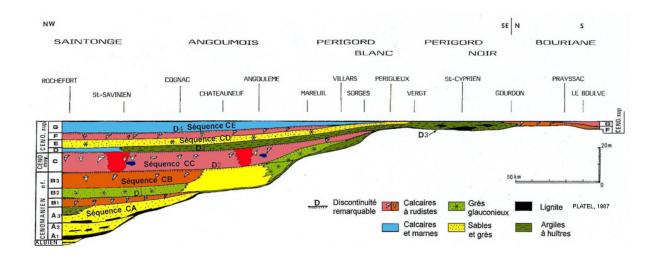


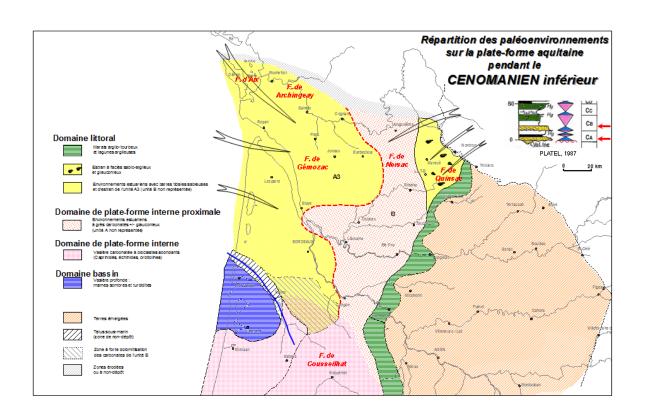
Localisation des formations à silex dans une plate-forme de rampe carbonatée

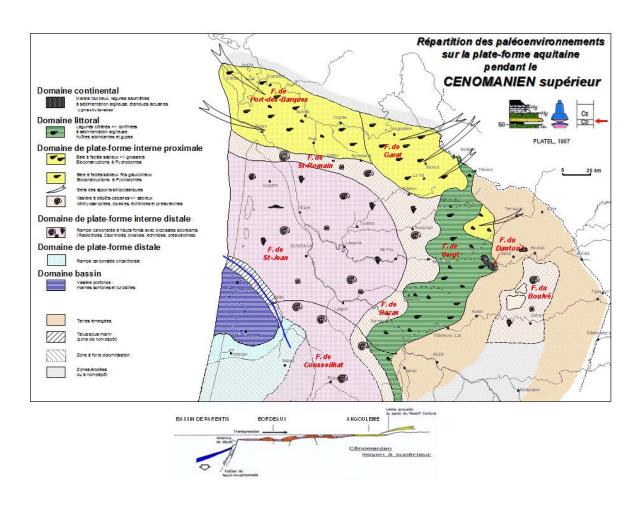
Modèle : SANTONIEN nord-aquitain

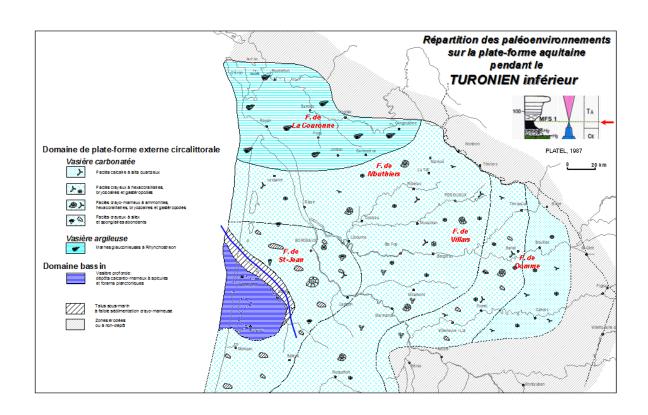


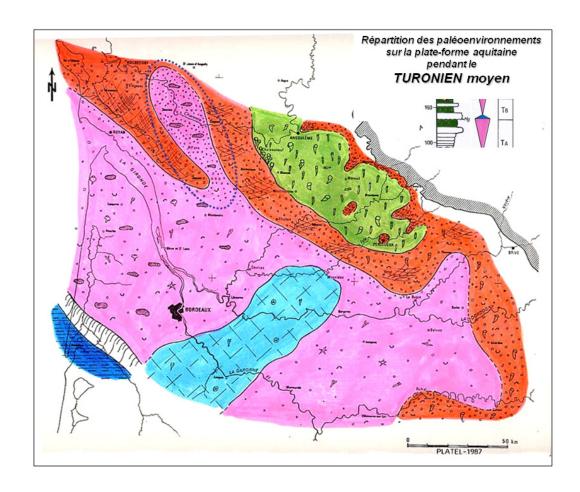
Transgression du CENOMANIEN en onlap sur le bâti jurassique structuré au Crétacé inférieur

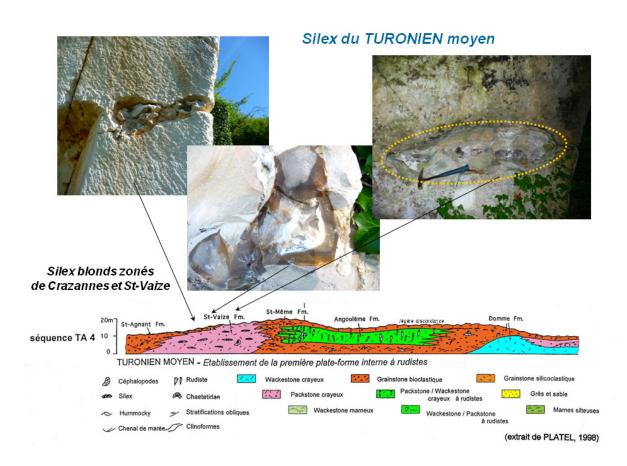


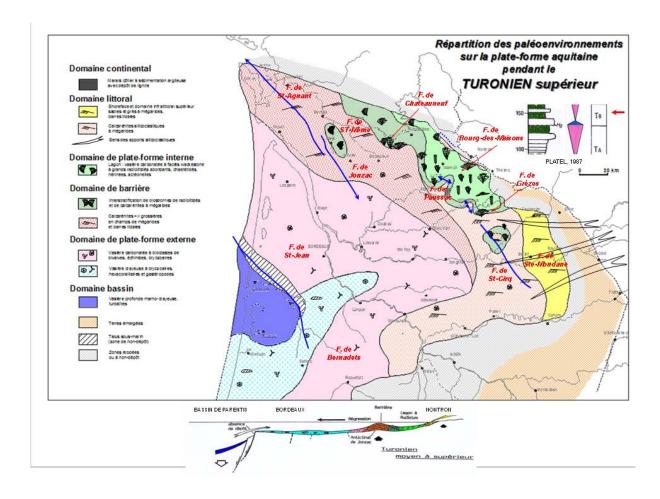




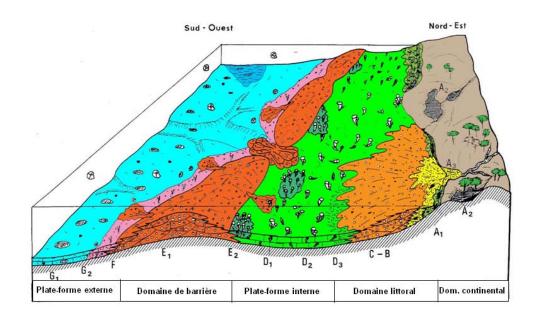


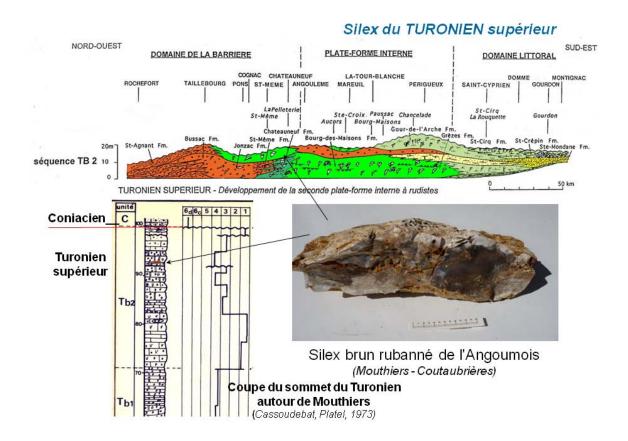


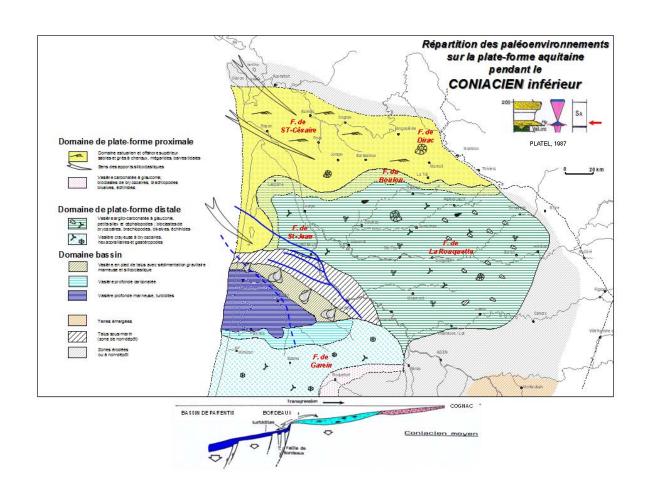




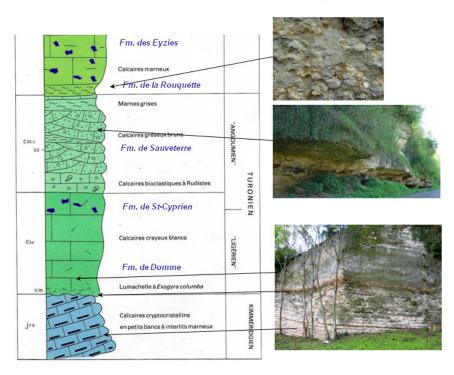
Paléoenvironnements de la plate-forme barrée du nord de l'Aquitaine pendant le Turonien moyen et supérieur

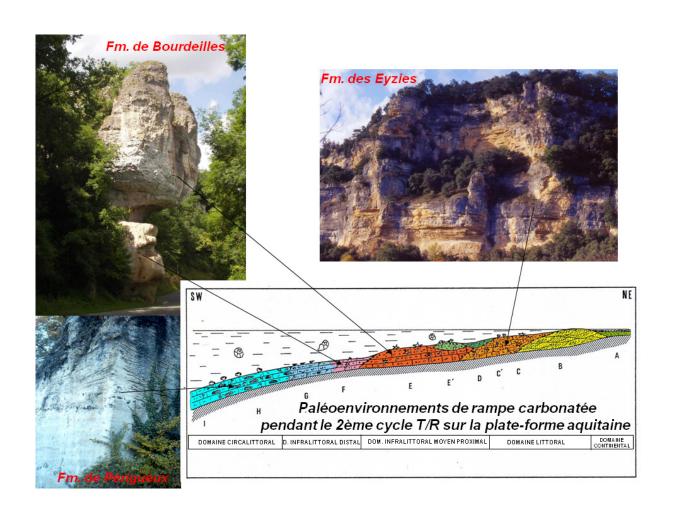






Base de la série du Crétacé supérieur en Périgord Noir







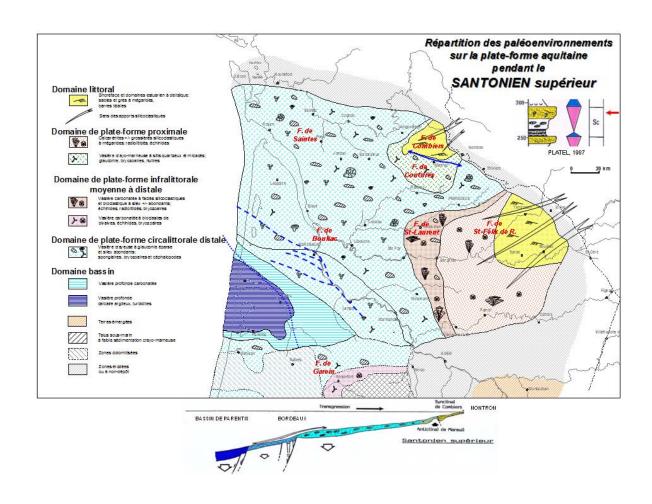
Silex brun-noir de Nanteuillet (Coniacien inférieur)



Silex du CONIACIEN



Silex brun de l'Angoumois (Coniacien inférieur)



Silex du SANTONIEN inférieur



Formation de Saintes avec lits de silex noir abondants



Silex noir de Saintes en rognons



Altérite argilo-silteuse rubéfiée paléocène à silex noirs (secteur de Périgueux)

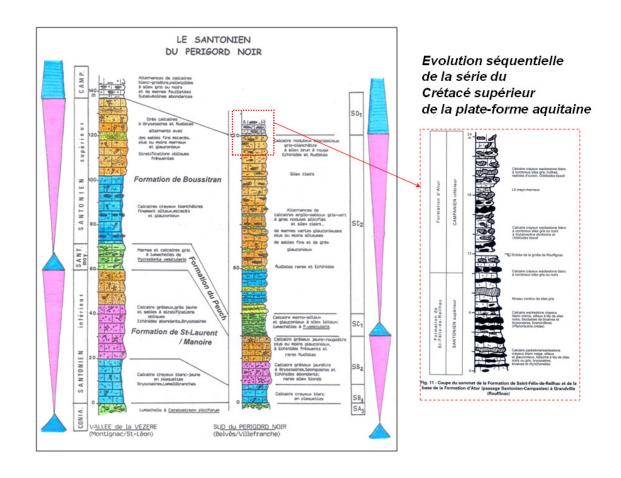


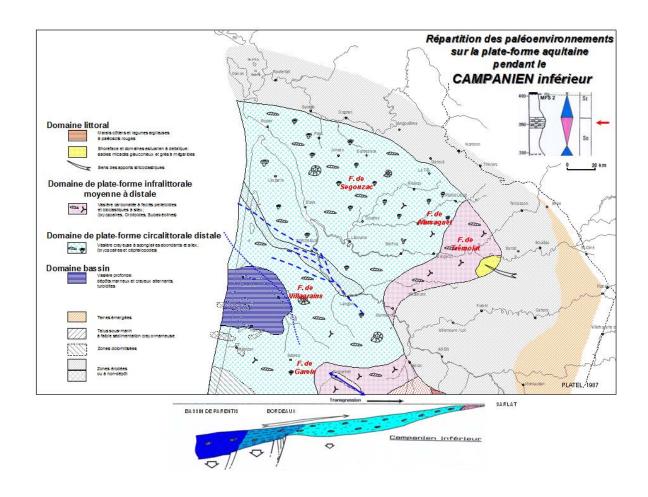
Silex miel de Combiers en grandes dalles

Silex du SANTONIEN supérieur Silex miel à rudistes









Formations du CAMPANIEN inférieur

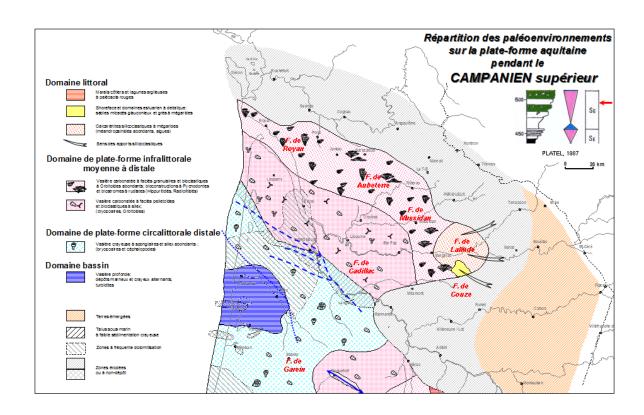


Périgord blanc (Verteillac)

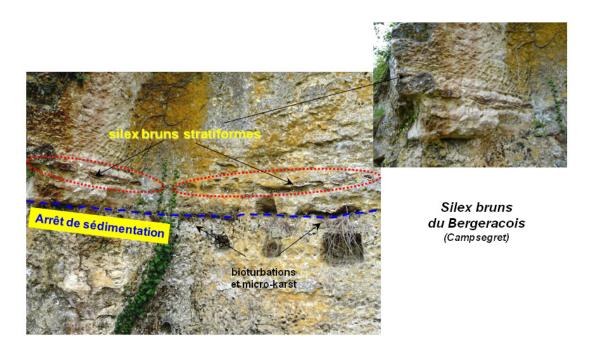




Périgord noir (Trémolat)



Silex du CAMPANIEN supérieur







Silex versicolores zonés du Bergeracois (Foret de Monclard)



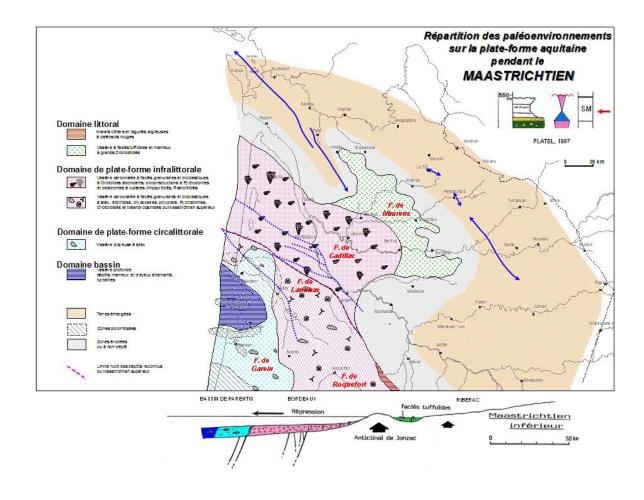
faunule de gastéropodes nains





Silex à Faujasia (Lanquais, Mussidan)





P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

Minéralogie et cristallographie :

identification des minéraux et compréhension de la structure des silex à l'échelle nanométrique

Patrick Schmidt

patrick.schmidt@uni-tuebingen.de

Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters

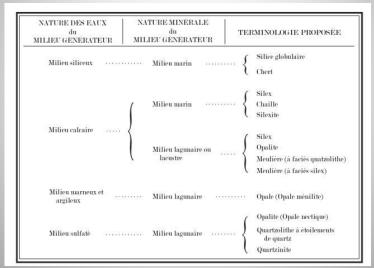




Introduction et nomenclature

Classification des silicifications

En géologie : les roches sont identifiées par leur encaissant/environnement de formation



Ces classifications sont inadaptées en contexte archéologique

Introduction et nomenclature

Les roches siliceuses utilisées comme matières premières

'silica' ou 'silice' = SiO₂ 'silicification' = imprégnation par la silice

1) → La majeure partie est composée de quartz (SiO₂)

Roches poly-cristallines qui consistent d'arrangements spatiales de nano- et microcristallites de quartz. (par ex. silex, jaspe, radiolarite, silcrète, chert (en))

2) → La majeure partie est composée SiO₂ amorphe

Solides composés d'opale/verre de silice (par. ex. opale, chert (fr))

16

Introduction et nomenclature

Groupe 1: silex, cherts (En), jaspe, radiolarite



D'un point de vue minéralogique, ces roches sont du **quartz** mais la taille des cristallites se situe à l'échelle micro- et nanométrique.

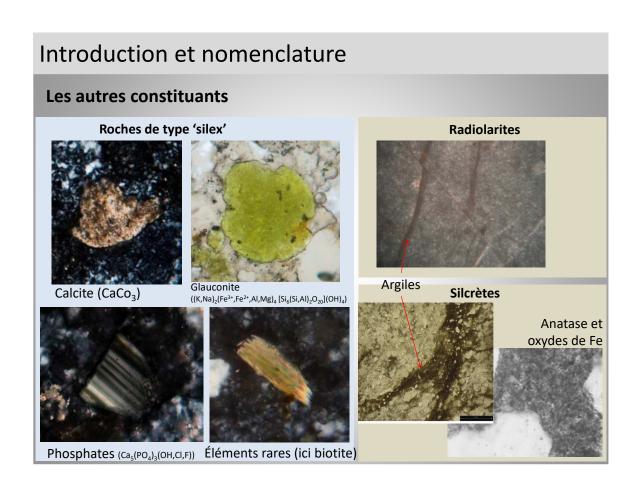
Deux tissus microcristallin et cryptocristallin jouent un rôle: micro-quartz, calcédoine



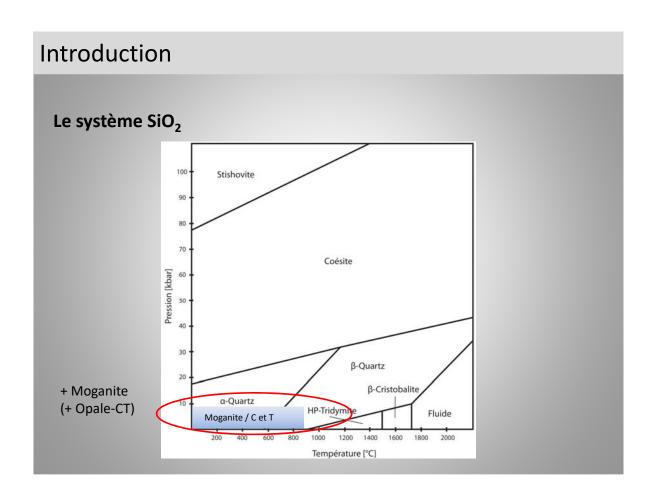




Introduction et nomenclature Groupe 1 : silex, cherts (En), jaspe, radiolarite Plutôt calcédoine Origine métasomatique dans un encaissant calcaire ou évaporitique Cimentation et 'déplacement' dans un encaissant siliceux



Minéralogie et cristallographie des phases du système SiO₂



Plan de cette partie

1. Quartz

- 1.1. Réseau du quartz
- 1.2. Caractéristiques du quartz microcristallin
- 1.3. Chalcédoine et micro-quartz

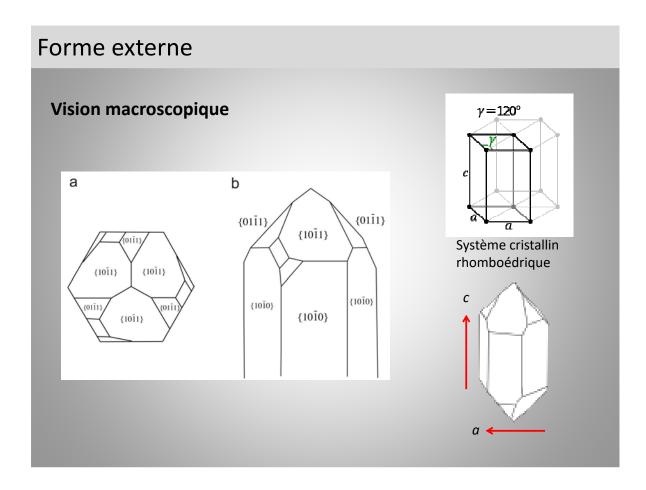
2. Moganite

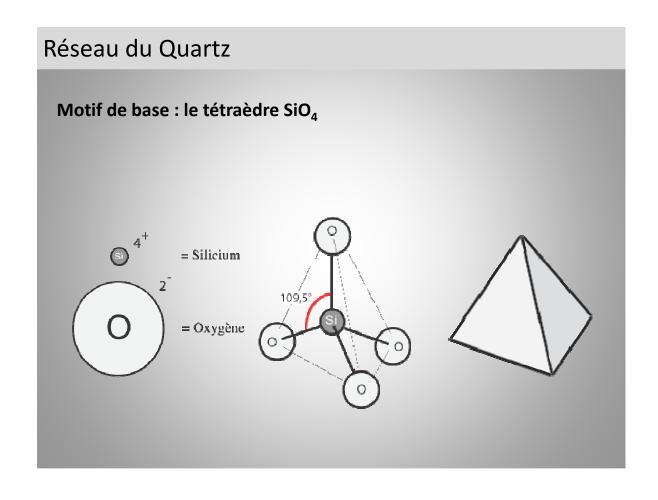
- 2.1. Historique
- 2.2. Réseau de la moganite
- 2.3. Paragenèse avec le quartz

3. Opale

- 3.1. Opale-A
- 3.2. Opale-CT

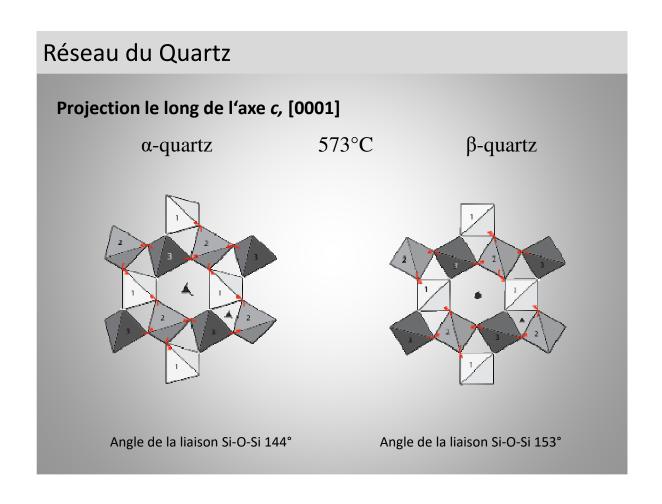
1. Quartz

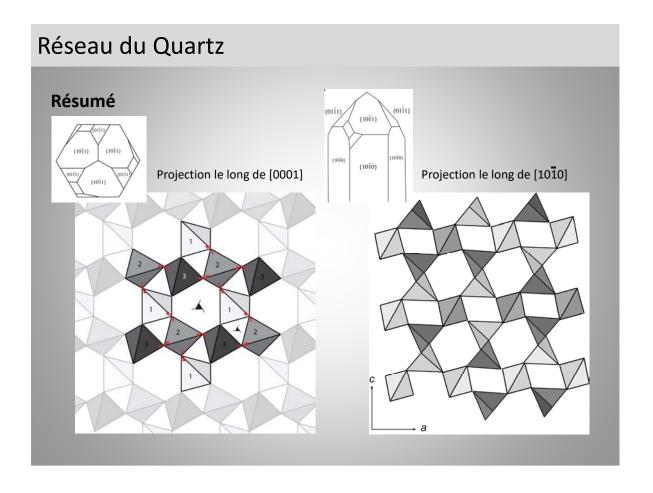




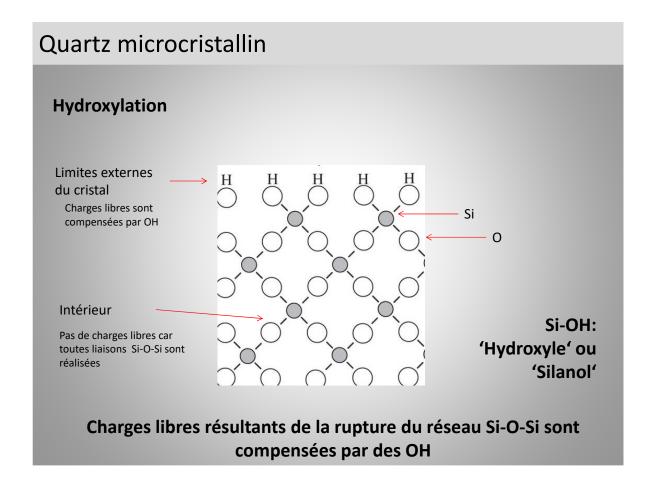
Réseau du Quartz

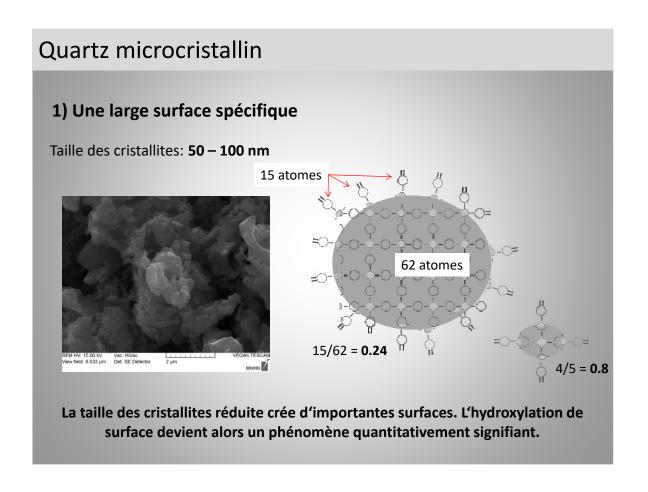
2 règles pour l'arrangement des tétraèdres dans le quartz • Tétraèdres sont interconnectés par leurs extrémités • Arrangement hélicoïdal

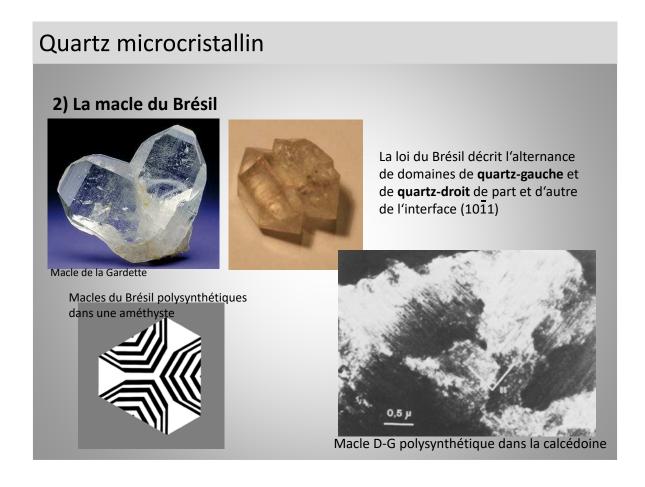


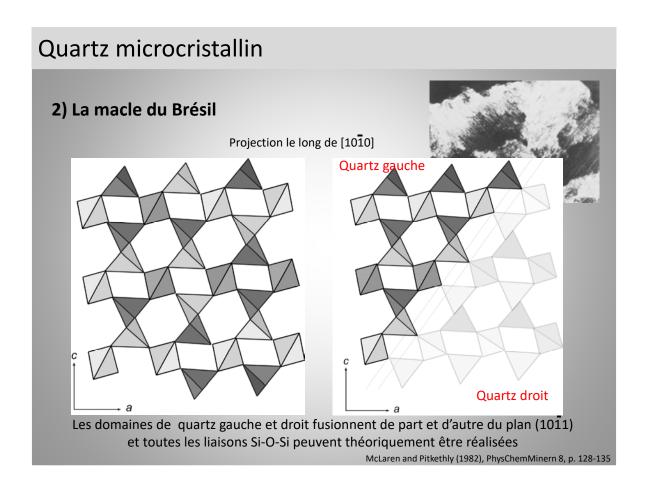


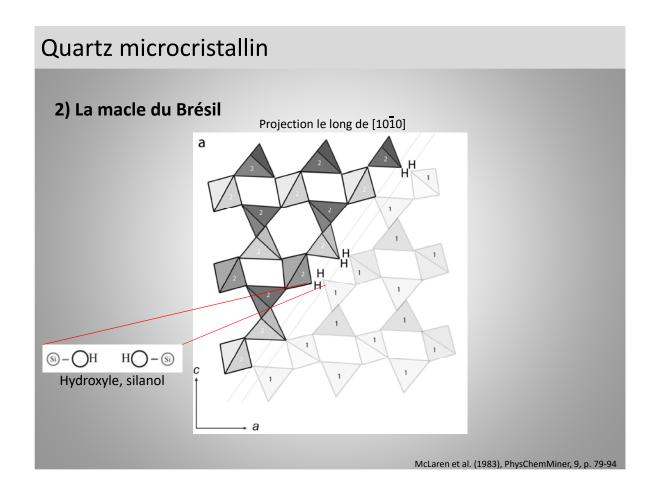
Particularités du quartz microcristallin



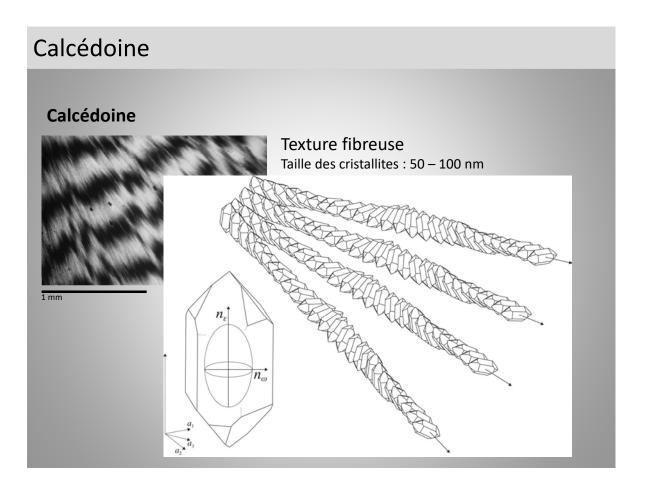


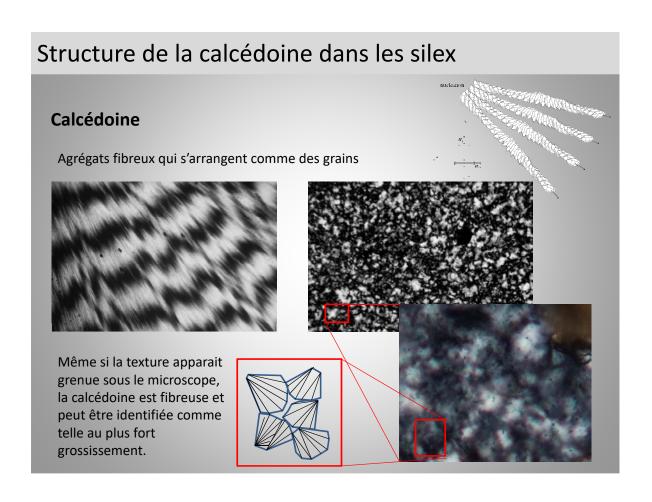




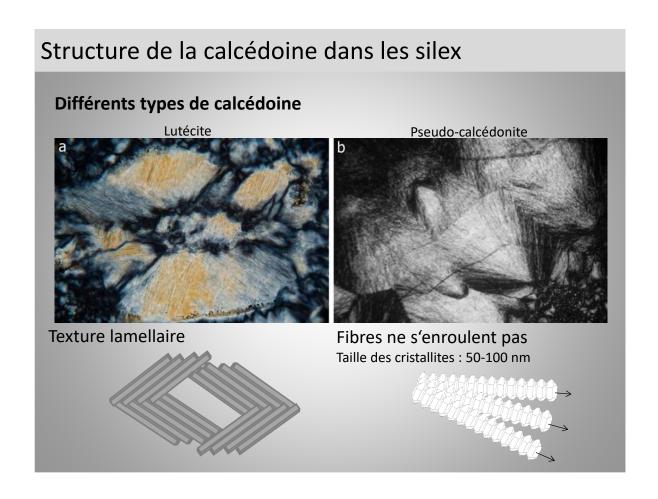


La calcédoine et le micro-quartz

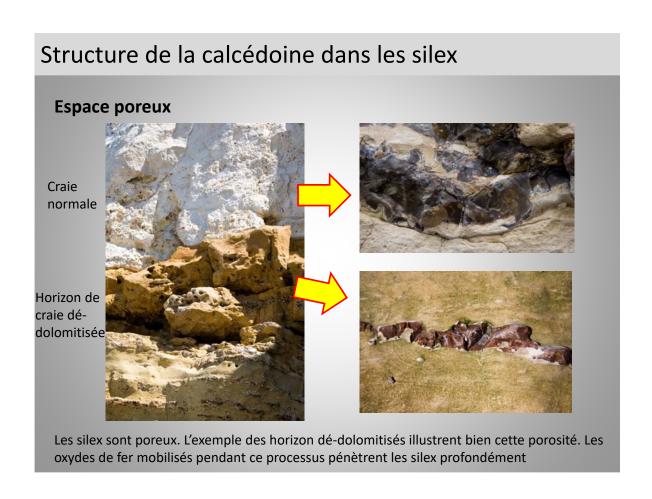




Différents types de calcédoine EN: Length-Fas FR: Calc EN: Length-Slow



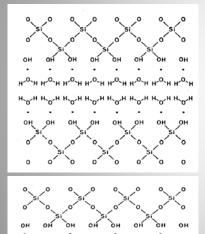
Espace poreux La calcédoine est poreuse La porosité est inter-granulaire Ces pores ouverts adsorbent 0,3 – 0,5 % d'eau en masse de la roche totale c.à.d.: 0,8 – 1,3 vol.% Open pores Closed pores Cl



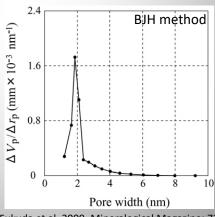
Structure de la calcédoine dans les silex

Structure de l'espace poreux

Micheelsen (1966) a trouvé que cette porosité est principalement inter-granulaire et que deux couches de molécules d'eau au maximum rentrent entre les cristallites.



Le modèle structural des silex de Micheelsen est obsolète aujourd'hui et seulement quelques études structurales plus actuelles sont connues



Fukuda et al. 2009, Mineralogical Magazine: 73(5), p. 825–835.

Quartz-gauche

Calcédoine : résumé 0 $H_2O \approx 0.6$ wt%, dont: Résumé ≈ 0.3 wt% pores ouverts (H) ≈ 0.3 wt% pores fermés H₂O dans les pores H₂O située près de défauts cristallins Hydroxyle, Silanol **SIOH** ≈ 0.6 wt%

Quartz-droit

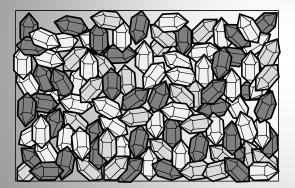
Quartz-gauche

Micro-quartz

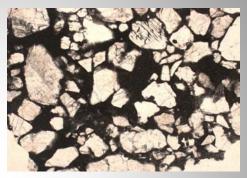
Texture grenue du micro-quartz

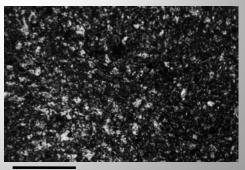
Pas de fibres

Taille des cristallites : 50 nm – plusieurs μm



La taille des cristallites est plus homogène et plus petite dans les radiolarites que dans les silcrètes.





Micro-quartz

'Eau'

Dans des roches à grains fins (hydrothermales et sédimentaires) les valeurs de concentration en 'eau' s'approchent de celles de la calcédoine.

Dans les silcrètes, par exemple:

Si-OH: 0,01-0,4 wt%

H₂O dans pores fermés: 0,1 – 0,6 wt%

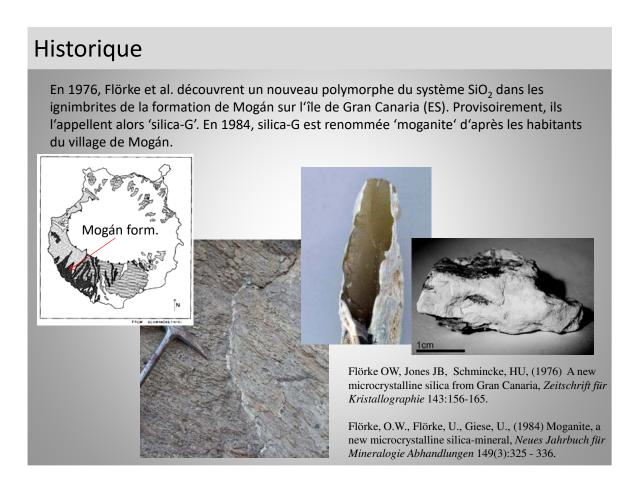
dans pores ouverts: 0,3 – 8,2 vol.%

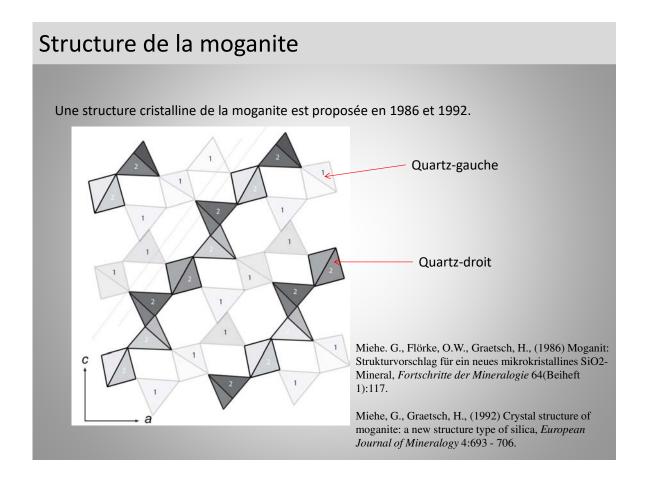
Problématiques de recherche:

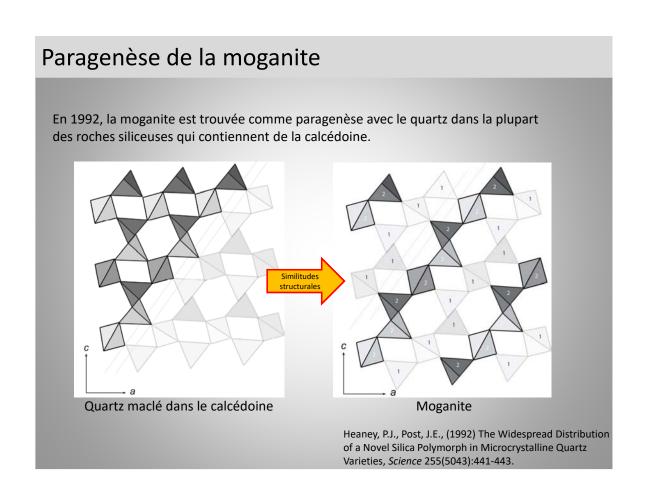
Quel est le rapport entre OH sur les parois de pores et OH liés à des défauts cristallin ?

Quel est le diamètre des pores ?

2. Moganite







Paragenèse de la moganite

Les similitudes structurelles entre moganite et quartz, maclé selon la loi du Brésil tel qu'il constitue la calcédoine, sont responsables de la présence de moganite dans les roches de type silex.

Flint	9.6(4)	Flint	11.2(2)
Flint	9.5(1)	Flint patina	8.5(3)
Flint	12.0(3)	Flint	8.9(3)
Flint, black	7.3(2)	Chert	22.2(3)
Flint, brown	10.8(2)	Chert, white	4.9(3)
Flint	8.9(4)	Chert, grey	3.9(2)
Flint	10.5(3)	Chert	0.0
Flint	10.1(2)	Chert	5.1(2)
Flint	10.1(3)	Chert	1.7(1)
Flint	10.8(3)	Chert	3.4(1)
Flint	12.1(4)	Chert, grey	1.1(1)
Flint	11.6(2)	Chert, white	11.1(3)
Flint	11.6(3)	Chert	3.8(1)
Flint cortex	n.d.	Chert	0.0
Flint	10.8(3)	Petrified wood	0.4(2)
Flint cortex	15.6(6)	Petrified wood	7.0(3)
Flint	7.4(2)	Chrysoprase	0.0
Flint	11.9 3	Chrysoprase	19.5(3)

La concentration de moganite est variable mais se situe souvent entre **1 et 15 wt**% dans les roches de type silex.

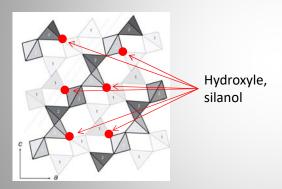
Des roches évaporitiques peuvent contenir significativement plus de moganite.

Tableau d'après:

Graetsch, H.A., Grüberg, J.M., (2012) Microstructure of flint and other chert raw materials, *Archaeometry* 54(1):18-36.

Hydroxyles dans la moganite

La fréquence élevée des 'interfaces de macle' dans la moganite crée une densité importante d'interfaces où des défauts cristallins sont plus probables. Les charges libres sont compensées par des OH, provocant ainsi une concentration élevée 'd'eau' chimiquement liée dans la moganite.

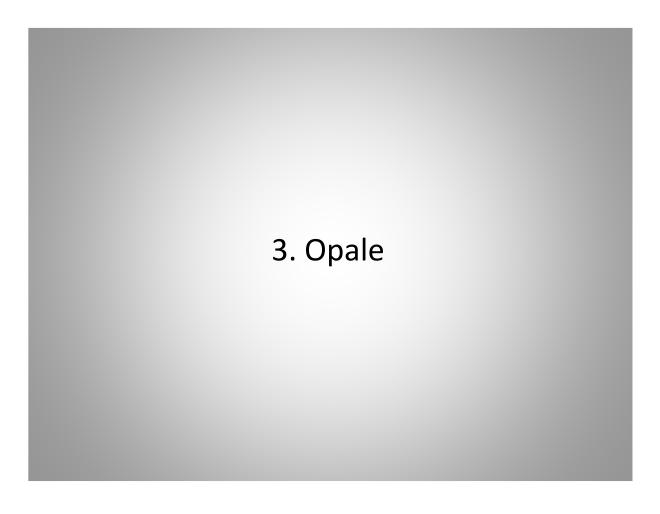


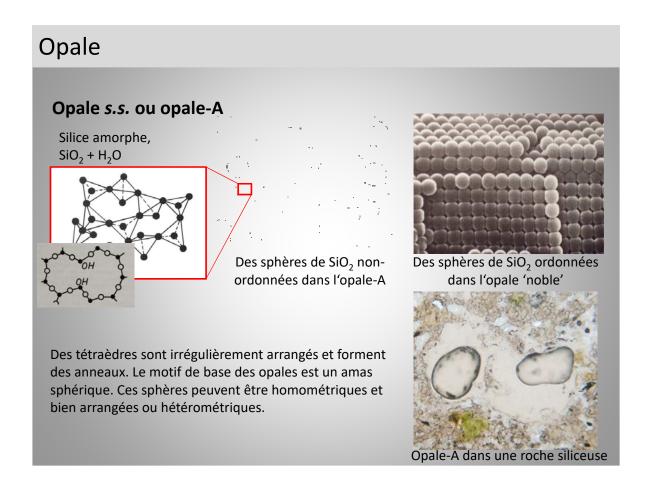
Jusqu'à 2 wt% SiOH

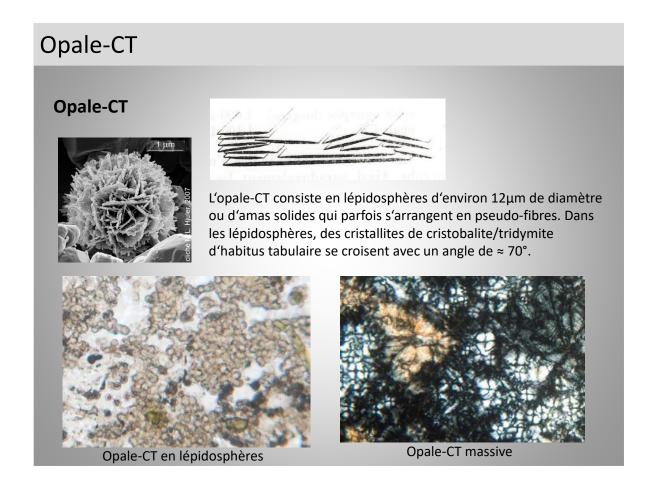
Les zones de défauts sont moins aléatoires et plus régulières que dans le quartz nanocristallin.

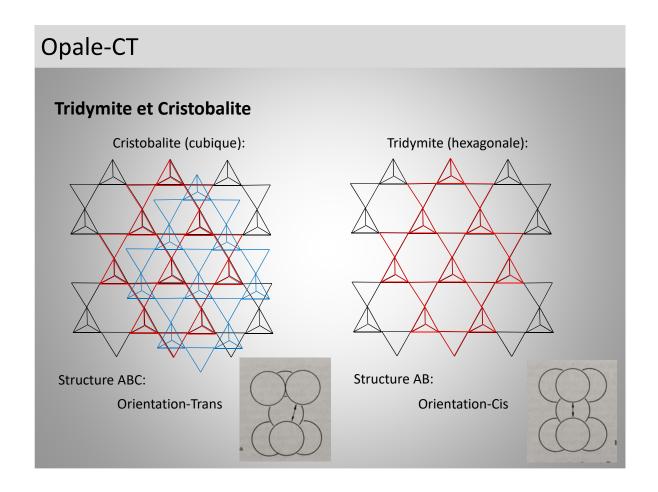
Il y a des indications que ces OH jouent un rôle structurel en tant que stabilisateur du réseau de la moganite.

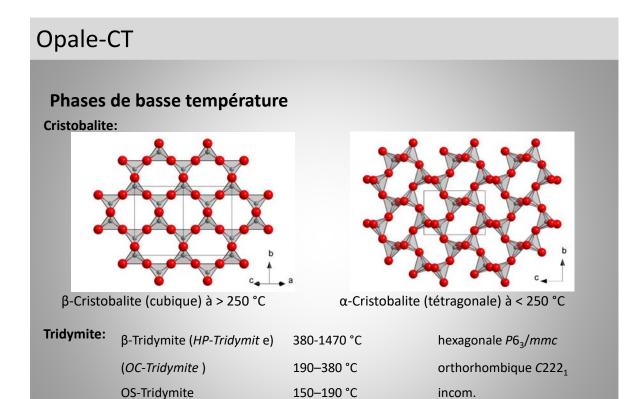
Schmidt, P, *et al.* (2013) A comparative study of the thermal behaviour of length-fast chalcedony, length-slow chalcedony (quartzine) and moganite, *Physics and Chemistry of Minerals* 40(4):331-340.









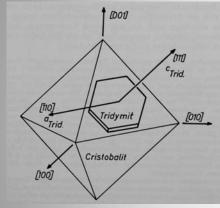


110-150 °C

< 110 °C

Opale-CT

L'association entre tridymite et cristobalite



OP-Tridymite

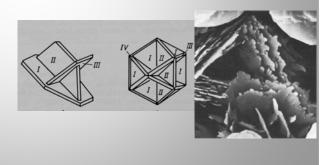
MC-Tridymite

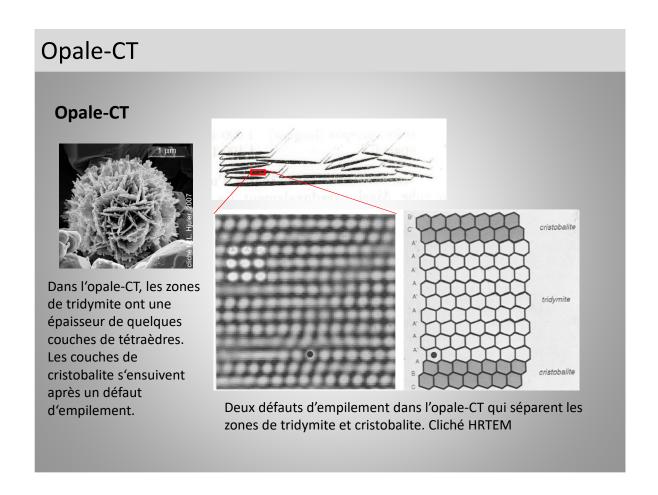
La structure de la cristobalite peut devenir celle de la tridymite à traves les zones dites 'défauts d'empilements'. {111} (crist.) devient alors {0001} (trid.).

 $P2_12_12_1$

Monocline *Cc*

D'un nucléus de cristobalite peuvent résulter 4 individus de tridymite par épitaxie. Ces 4 individus ont un angle de 70°32′ et, s'ils se touchent, forment des macles selon la loi (3034).





P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

règles géochimiques

facteurs externes

exemples

chaîne évolutive

pétrographie géochimique de la silice

les règles géochimiques qui gouvernent la solubilité de la silice variétés minéralogiques, température, cristallinité, nature soluté, pH

les facteurs externes (environnement) accumulation relative/absolue, vitesse de renouvellement des solutions,

exemples d'altération de matériaux siliceux cortex silex, grès quartzite, polissoirs,

application à la chaîne évolutive des silex

Médard Thiry

Mines ParisTech Fontainebleau medard.thiry@mines-paristech.fr

CENTRE GEOSCIENCES

Médard Thiry



règles géochimiques

facteurs externes

exemples

chaîne évolutive

les variétés minéralogiques de la silice

quartz ...

minéral ubiquiste formé à haute température et en surface

cristobalite et tridymite ...

roches volcaniques, diagenèse, mais aussi surface dans les milieux relativement concentrés (salins) structure en feuillets hexagonaux ... similaire aux argiles

opale CT ...

interstratifié de feuillets de cristobalite et tridymite ... diagenèse et surface

opale ...

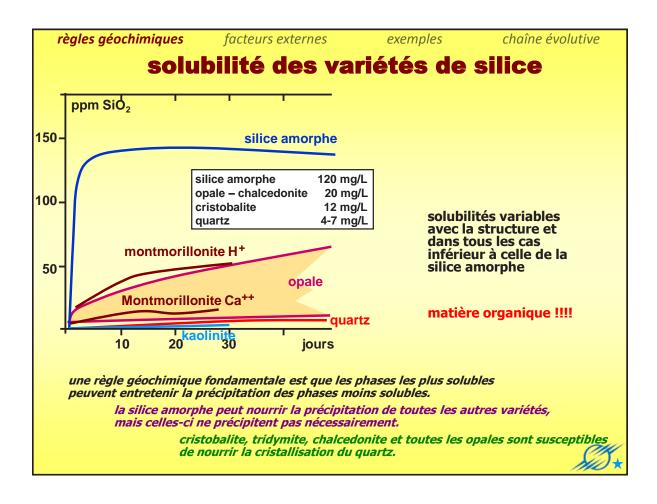
variété pétrographique ... définie au microscope ... cristallites très petits

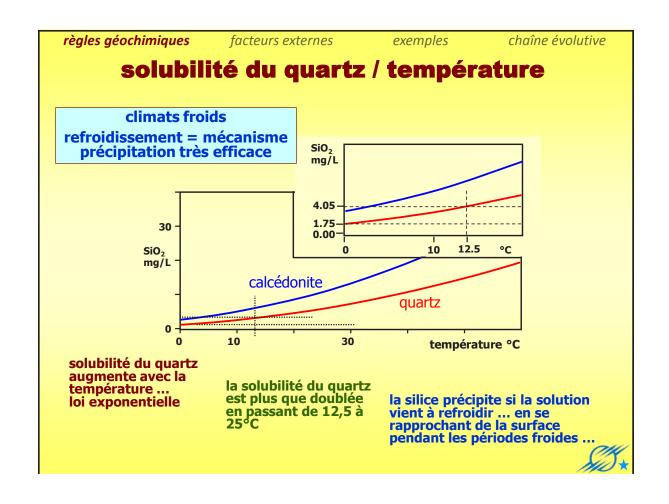
= amorphe, quartz, cristobalite, mélange, ...

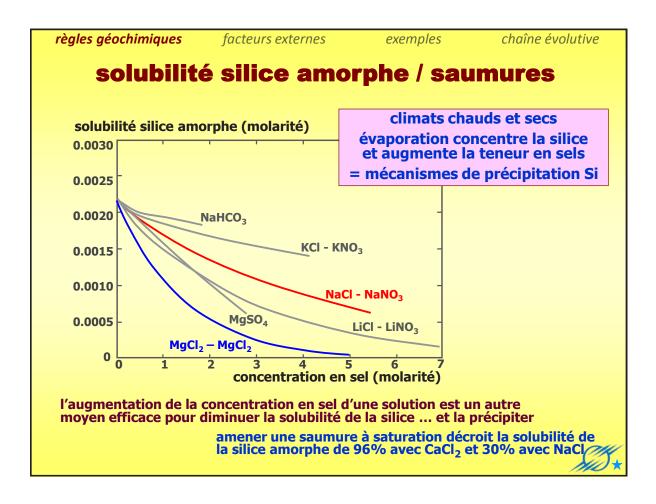
silice amorphe ...

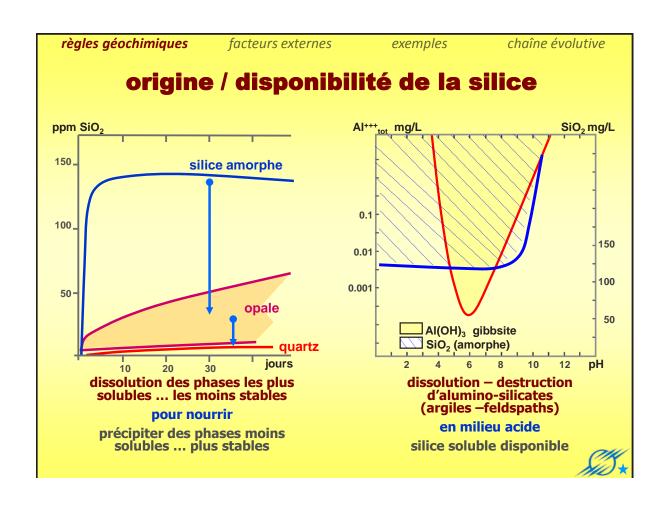
pas d'organisation cristalline ... désordre ...

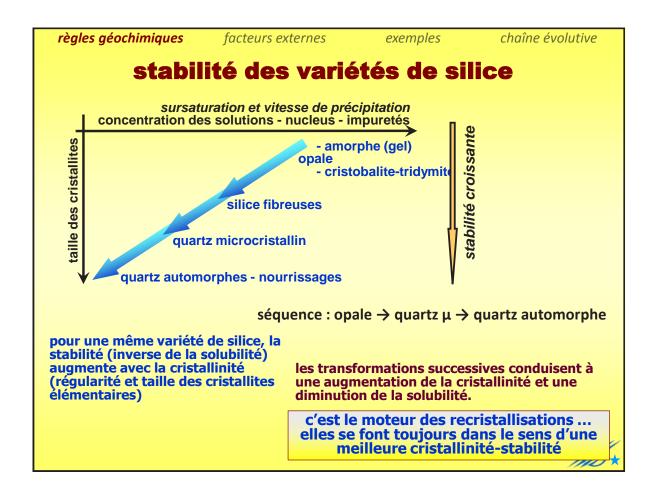


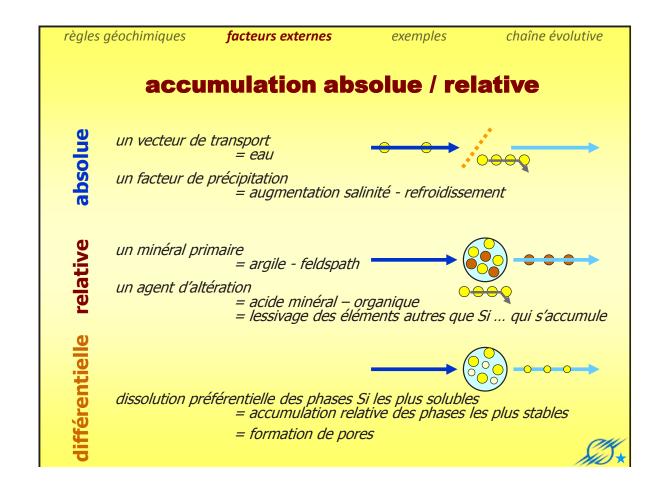


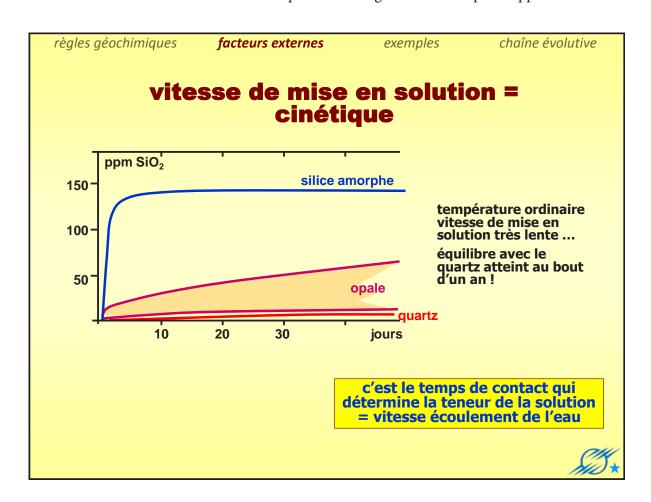


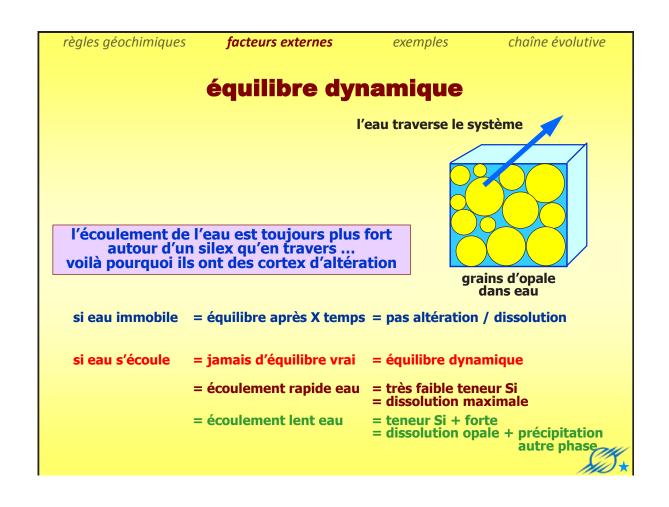












facteurs externes

exemples

chaîne évolutive

l'altération de grès à l'affleurement

pourquoi les grès de Fontainebleau?

grès très purs, entièrement siliceux

facilité de l'observation macroscopique

différentes échelles

évolution depuis la formation géologique jusqu'à leur mise en œuvre

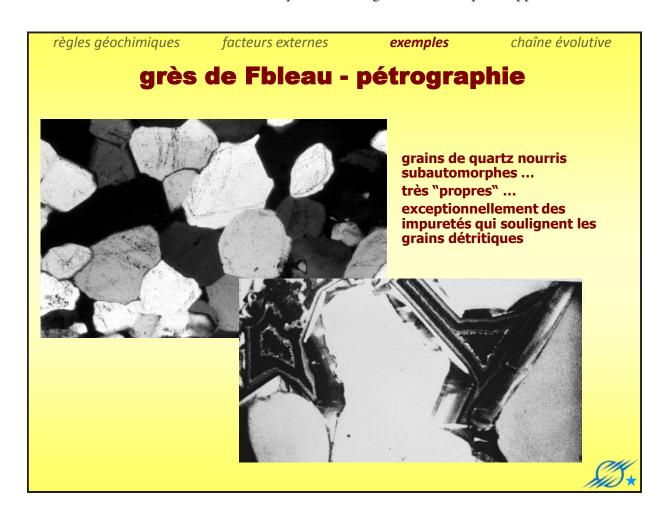


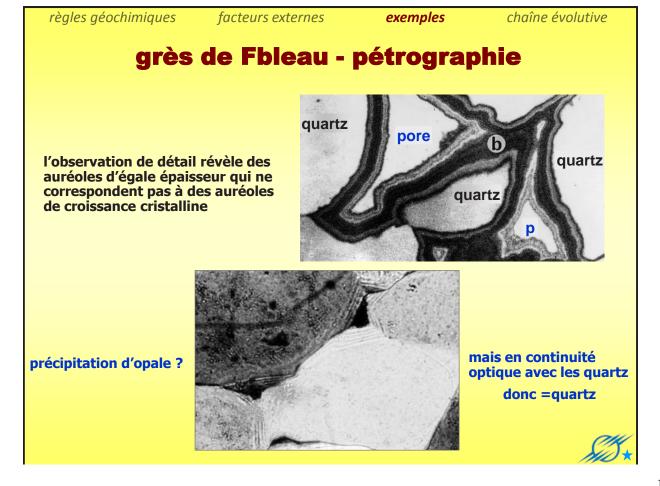
règles géochimiques facteurs externes **exemples** chaîne évolutive **grès de Fbleau - disposition**



des dalles de grès très fortement silicifiées au sein de sables non consolidés ... volumes contournés des dalles (hydrodynamique liée à leur mise en place) ... pas de caractères spécifiques de surface







facteurs externes

exemples

chaîne évolutive

grès de Fbleau – dissolution *in situ*

les grès subissent une première altération au sein des sables ...

qui conduisent à des morphologies pseudo-karstiques

formation d'une frange friable au contact grès / sable



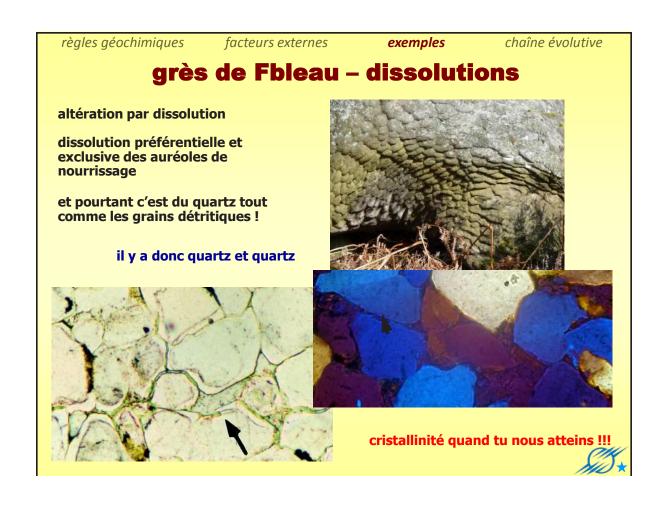


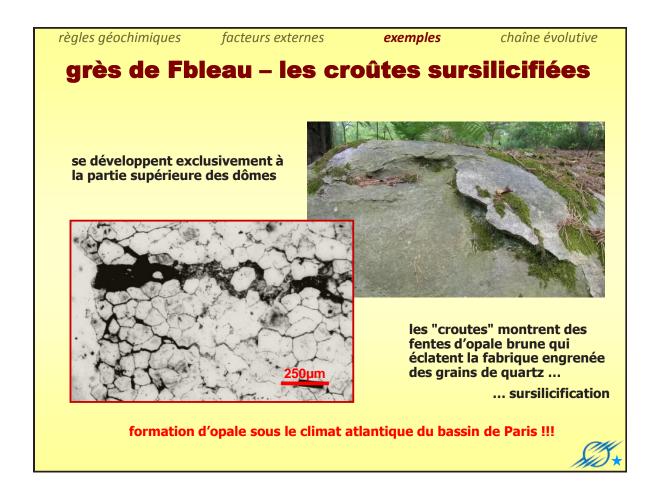
siège des gravures rupestre après mise à l'affleurement

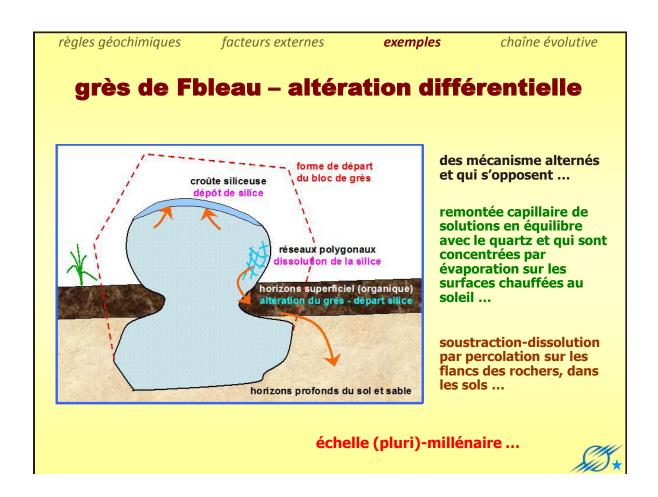












facteurs externes

exemples

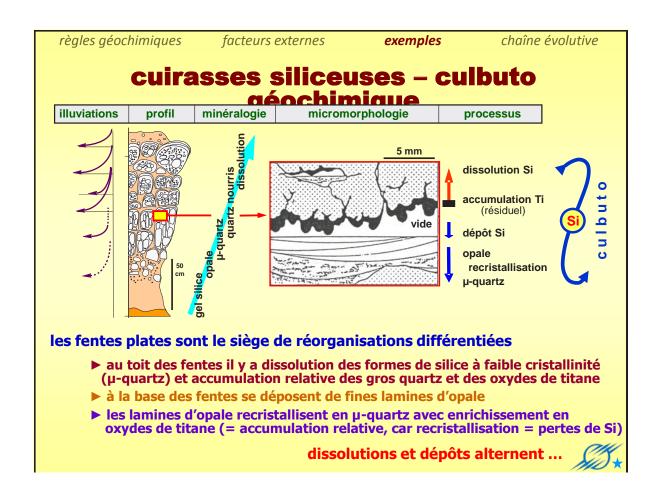
chaîne évolutive

mobilité Si dans les cuirasses siliceuses

ce sont des systèmes anciens, figés ...

également matériel exclusivement siliceux micromorphologies "fossilisées" par la silicification jeux de la cristallinité et des alternances





facteurs externes

exemples

chaîne évolutive

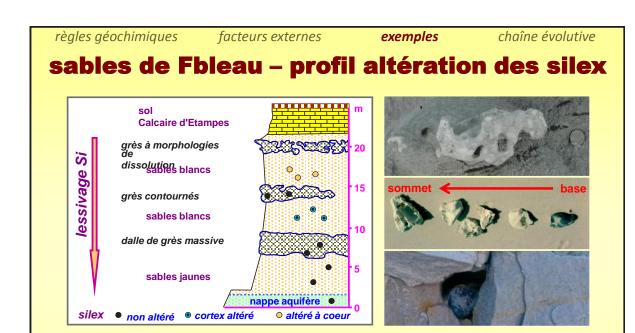
la silice des silex

le jeu est plus subtil opale ou opale et quartz ou quartz :

... là sont les différences et les moteurs des évolutions pétrographiques

transformation des silex dans les profils d'altération silex dans un profil sableux silex dans la craie et silex remaniés silex en environnement plus "confiné"

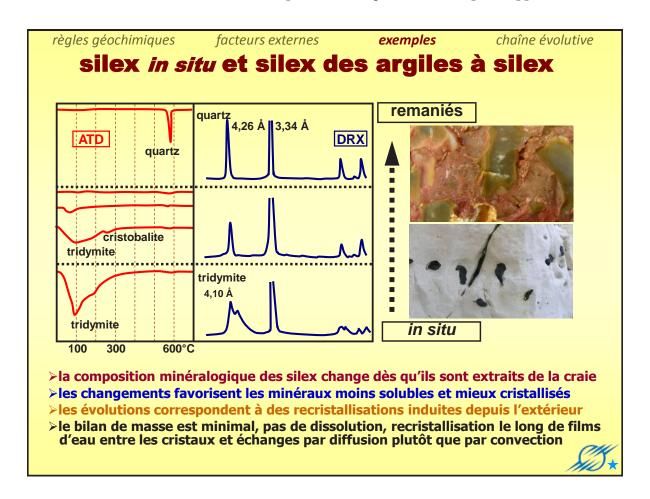


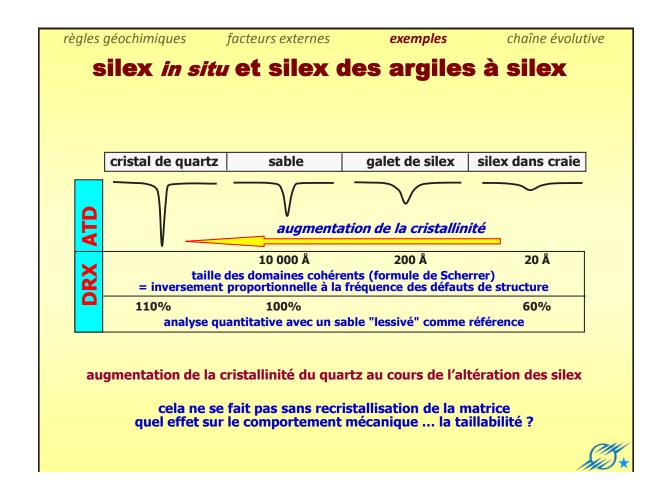


les sables sont lessivés / blanchis selon des profils de 20-30 m de profondeur

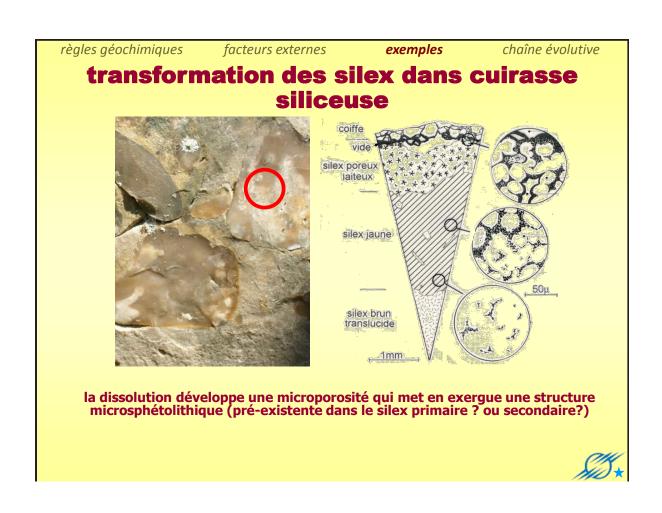
en dehors des silex, uniquement quartz les silex sont progressivement altérés, jusqu'à s'écraser sous les doigts soustraction / dissolution progressive des phases de Si les moins stables milieu ouvert ... on n'atteint jamais l'équilibre - la saturation

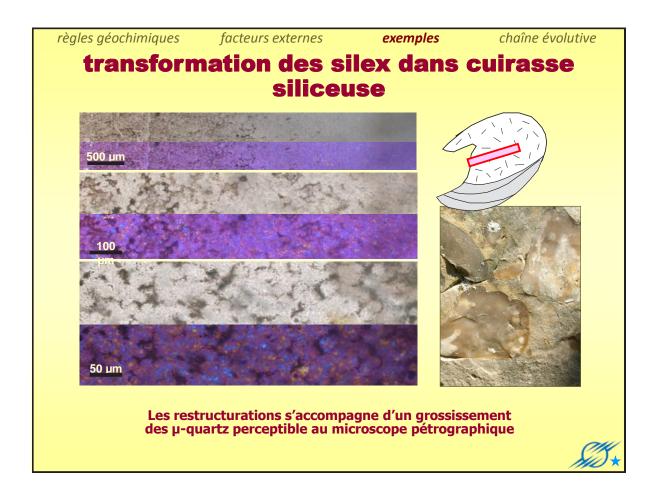
échelle (pluri)-millénaire ...











règles géochimiques facteurs externes exemples chaîne évolutive

effets mécaniques

curieuse idée que de s'intéresser à l'usure des chaussées!

mais les polissoirs oui ...

facteurs externes

exemples

chaîne évolutive

pavés de Fbleau - les temps historiques



desquamation des pavés de grès arrondi-usure mécanique des pavés (fers des roues) formation d'une "croûte" qui s'exfolie ...

l'usure oblige à retourner les pavés tous les 20-40 ans selon trafic

échelle séculaire ...



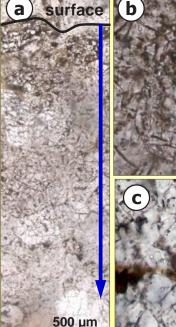
règles géochimiques

facteurs externes

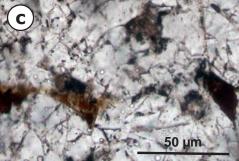
exemples

chaîne évolutive

pavés de Fbleau – fracturationamorphisation



b100 μm



les grains de quartz de la croûte sont intensément fracturés avec des microfissures espacées de 5- 10 µm jusqu'à une profondeur de 2 to 4 mm.

pourtant le grès n'est pas friable

il y a cimentation et induration concomitante des microfractures par de l'opale brune

l'opale proviendrait des surfaces de fracture amorphisées par la rupture ?



règles géochimiques facteurs externes exemples chaîne évolutive

grès de Fbleau – croûtes des polissoirs

les polissoirs présentent des croûtes dures et lisses ... à l'évidence la silice à été restructurée ... recristallisée ? ou amorphisée par le frottement ?

les grains de quartz sont recoupés par la surface d'usure, c'est du ciment néogénique qui constitue la croûte ...

règles géochimiques

facteurs externes

exemples

chaîne évolutive

échelle millénaire ... humaine ?

et les silex taillés ... ?

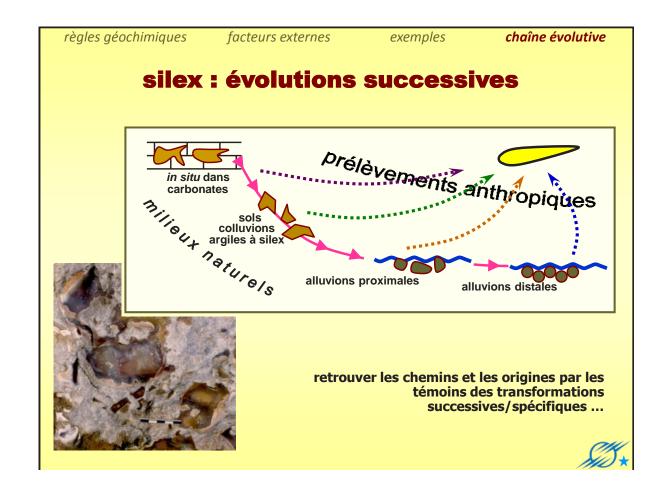
effet d'une amorphisation des surfaces sur le développement des patines ?

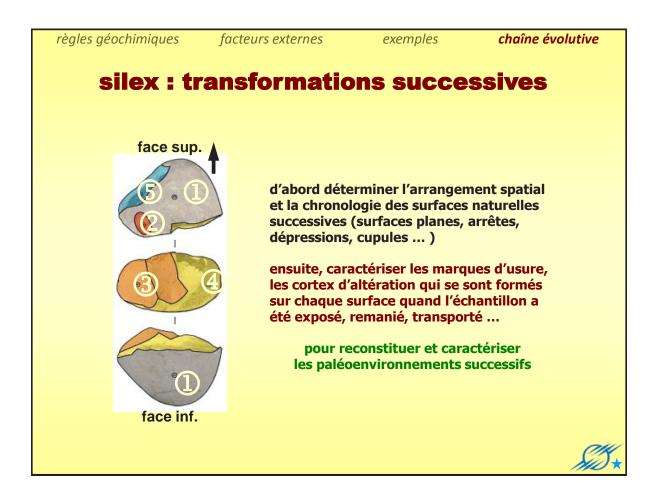
traces d'usure et patination?

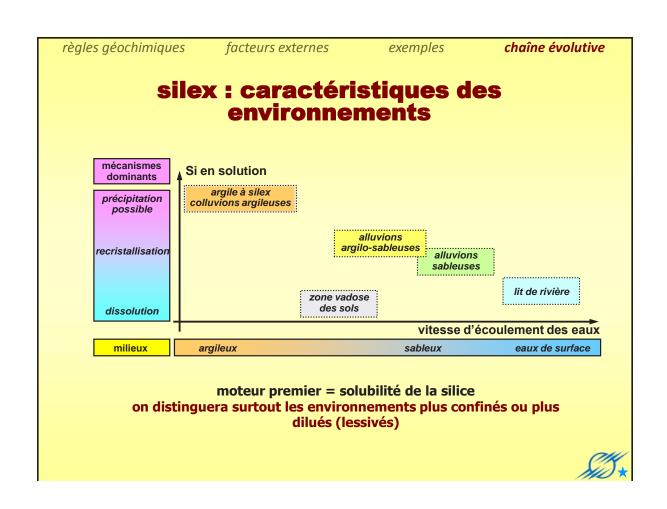
et les meules des moulins qu'il fallait régulièrement retailler pour leur donner du mordant ! on y voit quoi ?

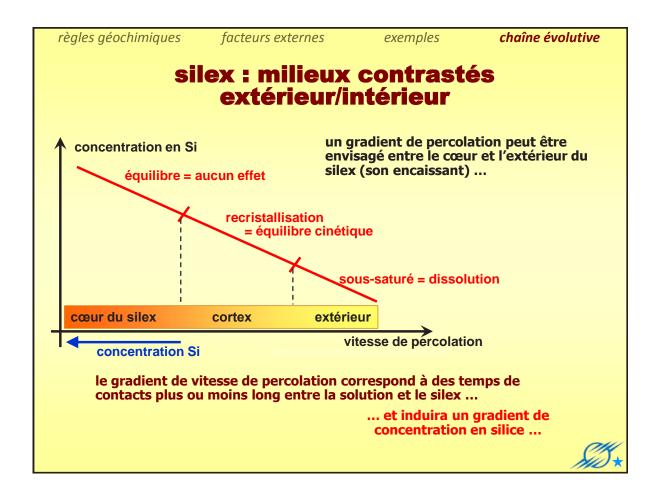


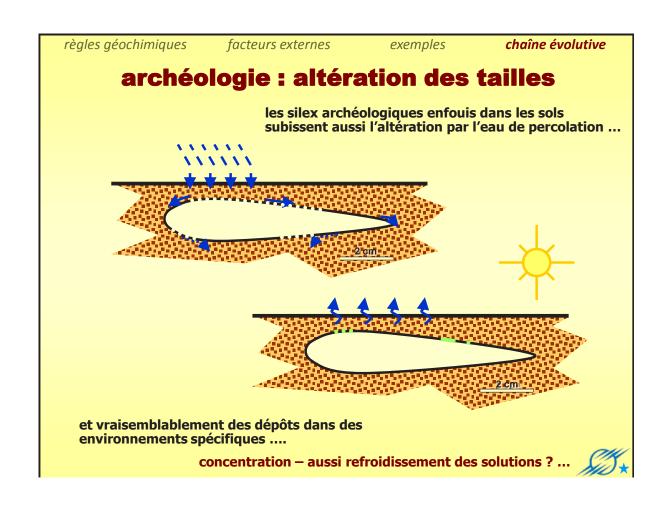


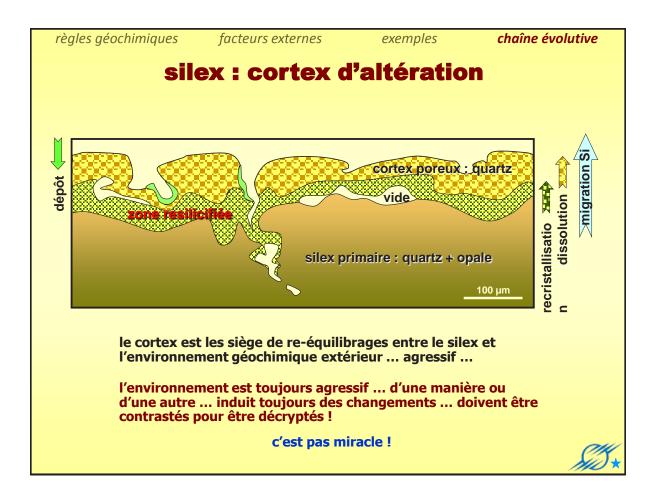


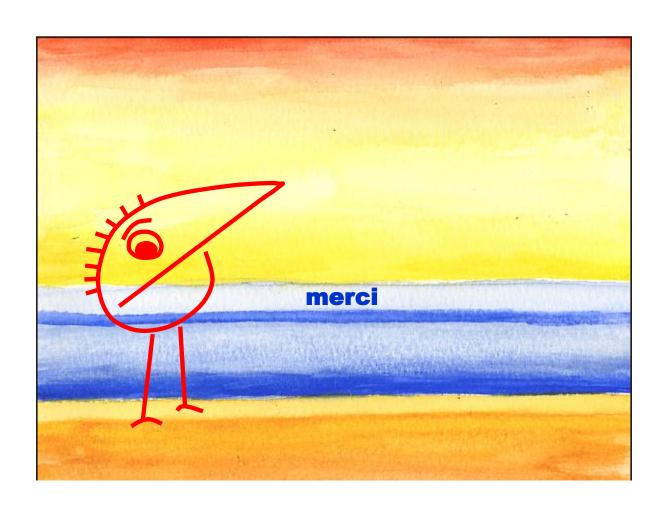




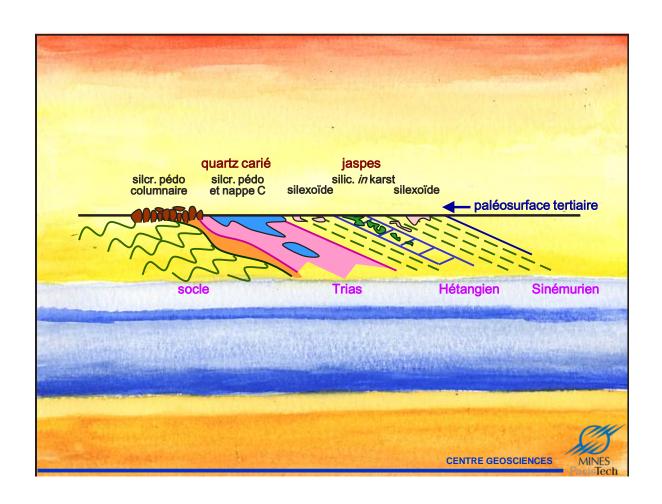


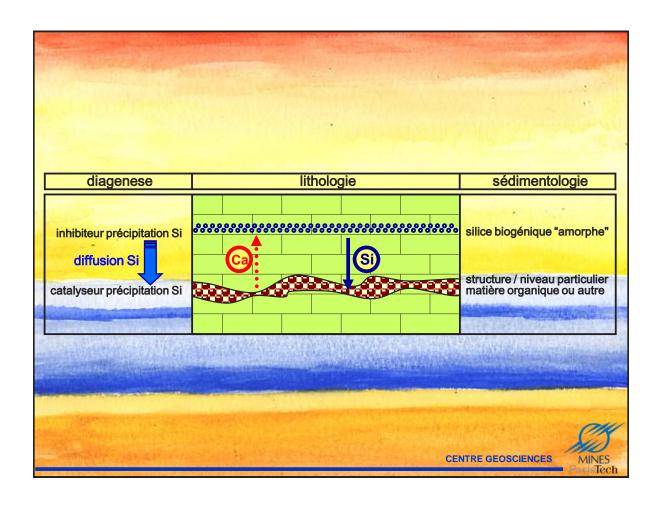






règles géochimiques	facteurs externes	exemples	chaîne évolutive
regies geoeiningues	jucteurs externes	CACITIFICS	chame evolutive
			SISX
			7770





P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

silcretes : propriétés, occurrence dans les paysages et apport à l'archéologie

définitions : silcretes pédologiques

silcretes de nappe

profils

pétrographie / aptitudes à la taille disposition dans les paysages

Médard Thiry

Mines ParisTech Fontainebleau <u>medard.thiry@mines-</u> <u>paristech.fr</u>





les définitions ... structurent le discours

pour les géologues ... et presque pour les archéologues

matériel du régolithe, fortement induré, de faible porosité et perméabilité, généralement à cassure conchoïdale lustrée.

silicification par transformation de minéraux siliceux ou silicates primaires et/ou le remplissage par la silice des pores existants.

à l'échelle macroscopique certains sont denses et massifs, d'autres peuvent être nodulaires, columnaires, cellulaires ..

à l'échelle microscopique la micromorphologie, la minéralogie et la composition peut refléter celle du matériel parental, mais aussi montrer des changements liés aux processus et environnement de silicification.

silicification liée à la surface et post dépôt



les définitions ... structurent le discours

pour les archéo français

tout çà ce sont des silex ... du moins des silex taillés quand ils sont façonnés silex meuliers, silex exogène (tertiaire), silex tertiaire, silex lacustre, silex Ludien, silex des silicifications,

... plus rarement grès lustrés, opalite, meulière, quartzite cuisien,

qui sait faire la différence entre une meulière et un calcaire silicifié ...une fois taillés!

bien-sûr jamais silcrete ... ce mot n'existait pas en français avant 1976

pour les archéo anglo-saxon

tout çà ce sont des silcretes! ... et surtout tout çà ce sont des **stone tools** ... et pas des silex taillés

un reviewer anglo-saxon a contesté le fait de parler de silcrete en France, puisqu'en France il n'y a que des silex taillés

ce n'est pas être suiviste que d'employer un langage précis, et non génétique

occurrences et extension ... à reconsidérer

de nombreux matériaux utilisés pour les outils proviennent de formations géologiques (silex, chailles, quartzite, ...) leur affleurement est fortuit

les silcretes sont directement liés aux paysages dans lesquels les préhistoriques vivaient ... ils soulignent et arment les surfaces des paysages et leurs résidus de démantellement sont souvent disponibles sur de grandes surfaces pour faire des tests d'aptitude

les silcretes les plus connus sont ceux des paysages désertiques (Australie, Afrique du Sud, Sahara, NE brésil) où ils arment les plateaux entaillés dans des formations multicolores qui confèrent un aspect spectaculaire qui fascinait les hommes préhistoriques et aujourd'hui les touristes.

les silcretes sont tout aussi importants dans de nombreuses régions tempérées (comme le bassin de Paris), mais sont occultés par la végétation. Mais étaient beaucoup plus visibles à la sortie des périodes glaciaires, quand ces paysages étaient plus nus et avec des reliefs plus contrastés.





2 types de silcretes

silcretes de nappe qui résultent de l'accumulation absolue de silice dans le matériel parental ... les volumes primaires sont conservés ... souvent disposés en dalles superposées et homogènes

silcretes pédogénétiques qui résultent d'une accumulation relative de silice ainsi que de processus complexes de dissolution, éluviation et illuviation typiques des environnements pédologiques ... avec perte substantielle de volume, certains peuvent atteindre 2-4 m d'épaisseur ... une dalle unique avec profil à géotropisme marqué

silcretes de nappe

- (1) grès quartzite grès de Fontainebleau ... l'archétype
- (2) calcaires silicifiés
- (3) silexites (oups!) porcelanites

silcretes pédogénétiques

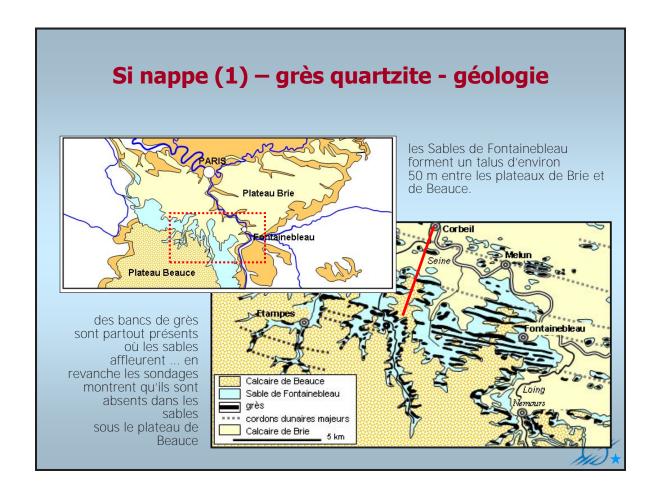


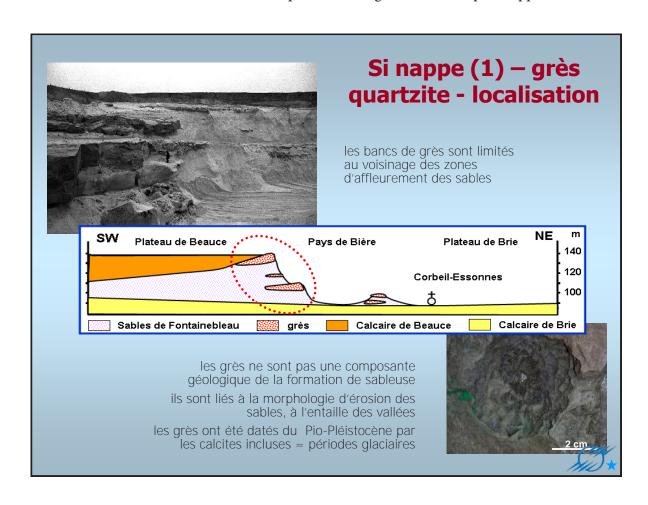
Si nappe (1) – grès quartzite - disposition

Typiquement formés dans des sables par cimentation des grains détritiques par des auréoles de croissance des quartz, ou d'autres formes de silice précipitées dans les pores. La porosité est une condition initiale.

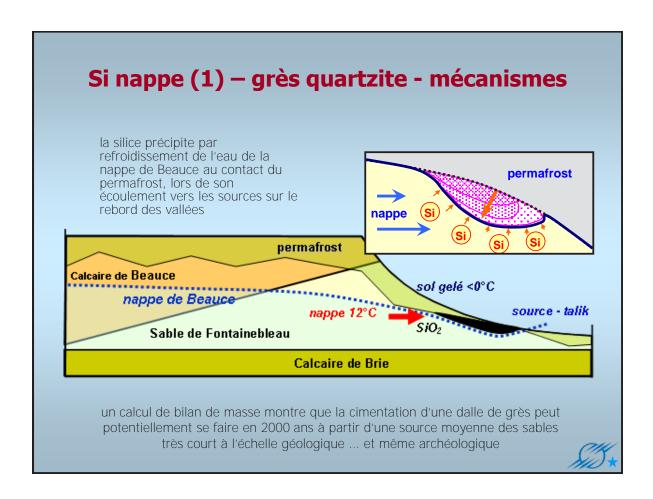
Les quartzites forment des dalles délimitées au sein de sables non consolidés. Ceux de Fontainebleau sont un bon exemple.

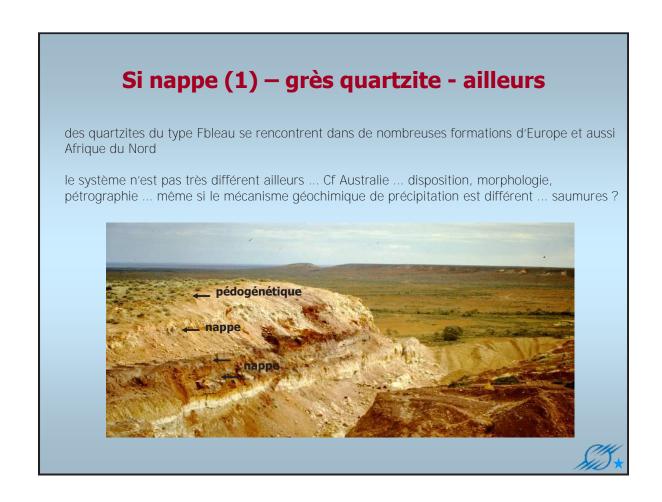


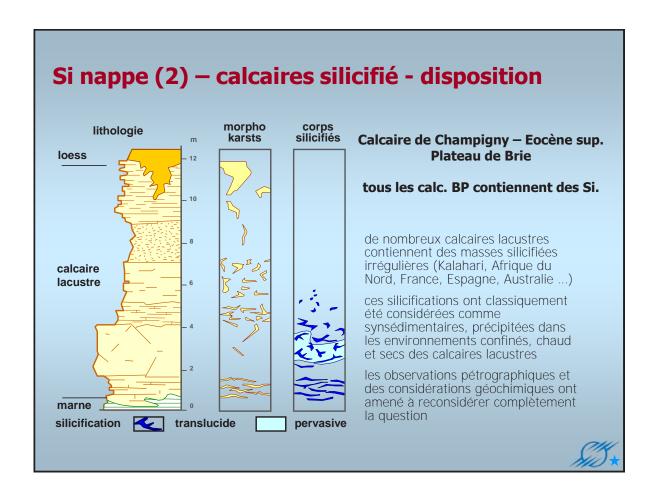




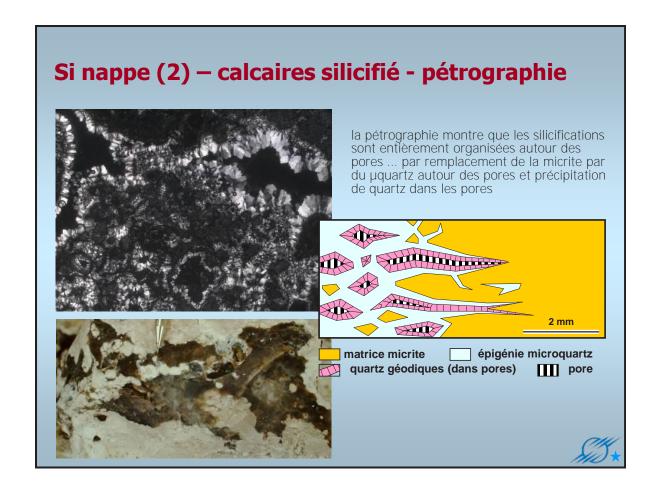


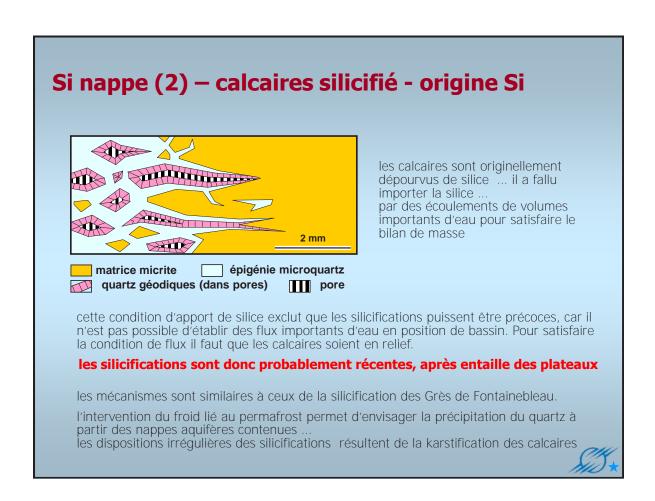




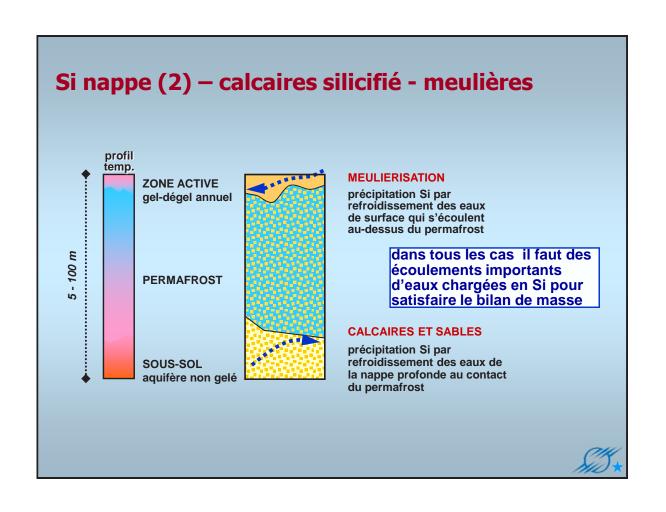








Si nappe (2) – calcaires silicifié - meulières si cette hypothèse de silicification cryogénique des calcaires du Bassin de Paris s'avérait confirmée, il faut aussi reposer le problème des meulières. (1) il est établi que les meulières qui jalonnent tous les plateaux morphostructuraux du Bassin de Paris sont bien d'âge Plio-Quaternaire. (2) or les meulières ne sont pas seulement une altération des calcaires mais elles montrent aussi des re-silicifications des calcaires silicifiés ... (3) le mécanisme de précipitation de la silice n'était pas clair, d'autant plus qu'on ne pouvait pas faire appel à une concentration par évaporation lors du Plio-Quaternaire ... là aussi la précipitation de la silice par le froid, dans la zone dégelée au-dessus du permafrost profond, est une hypothèse à tester et à démontrer. **HUREPOIX BRIE PLATEAU** Calcaire de Argile Verte 200 Champigny Calcaire de Beauce Calcaire de Brie Sable de Fontainebleau Calcaire de St-Ouen Argiles Plastiques Silcretes pédogénétique (grès lustrés) Grès de Fontainebleau Argiles à Meulières

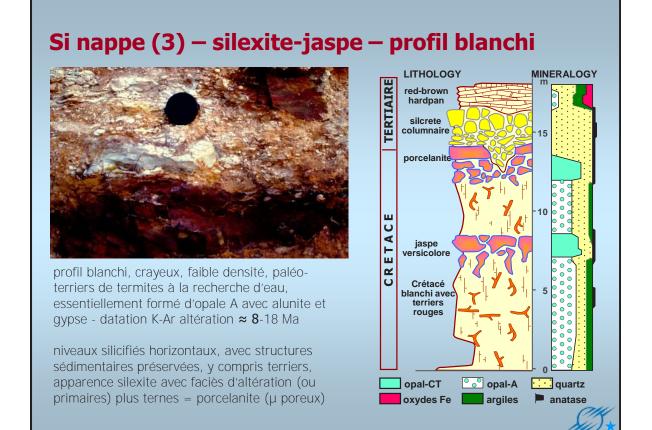




silicifications fines, qui clairement résultent de la silicification de matériaux primaires argileux, apparence vitreuse, ressemble aux silex et chailles, sauf qu'elles sont souvent colorées.

on en connaît dans le Massif-Central, en Ardèche, Sahara, Kalahari ... de telles silicifications sont très largement répandues dans l'intérieur de l'Australie, associées à des profils blanchis dans des roches sédimentaires et de socle, qui atteignent jusqu'à 60 m de profondeur.





Si nappe (3) - silexite-jaspe - milieu acide

ces profils résultent d'altérations acides (ferrolyse ?) dans un environnement de nappe saturé en sulphates

blanchiment lié à un abaissement de la nappe, l'absence d'écoulement de nappe à permis le développement de l'acidité et le lessivage de Al des minéraux primaires, opale A = tétraèdres Si des alumino-silicates, Ti résiduel.

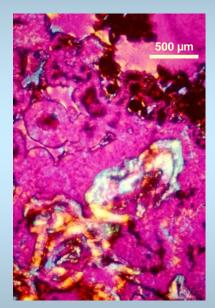
les niveaux de silexites sont postérieurs, correspondent à des niveaux de nappe et indiquent un retour à des conditions plus humides ... horizons indurés cimentés par différentes variétés de silice (opale-CT et μ -quartz) précipitées à partir des écoulements nourris par l'opale-A du profil blanchi

horizons superposés liés à l'entaille du paysage précipitation Si depuis (eau douce + Si) + (nappe salée)

occurrences en France

Fossé du Cher – Argentière – Passat – St Victor Lembron

Fossé de la Loire

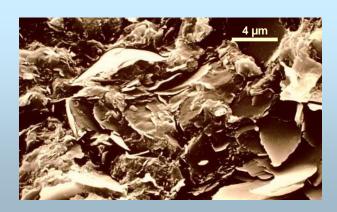


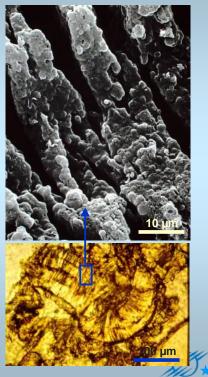


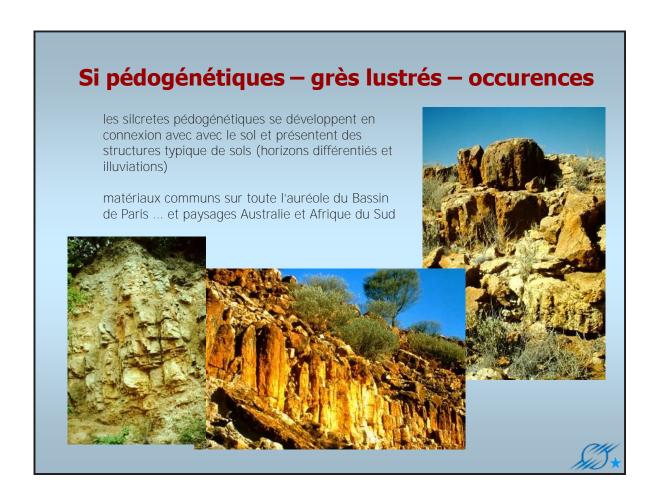
Si nappe (3) – silexite-jaspe – milieu acide

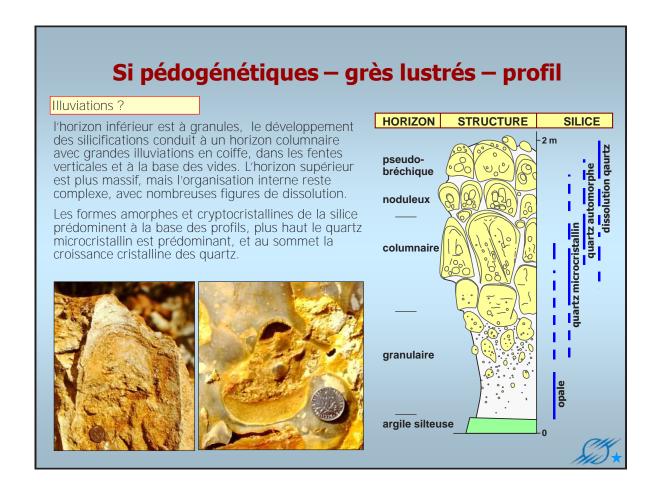
"désalumination" des minéraux argileux

= opale avec préservation des structures analyse élémentaire ≈ 100% SiO₂

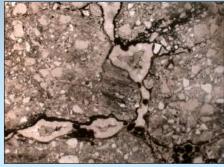








Si pédogénétiques – grès lustrés – fonctionnement



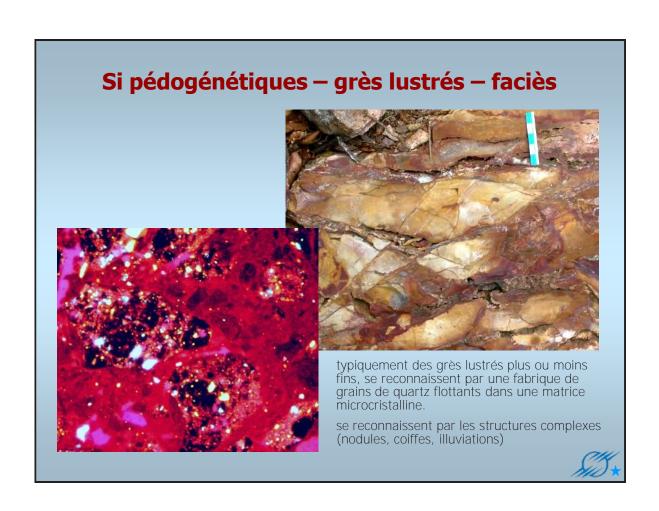
les organisations micromorphologiques montrent clairement l'héritage dans les horizons supérieurs de structures qui se développent dans les horizons inférieur ... et une migration de la silice du haut vers le bas.



le moteur est la libération de silice cryptocristalline par destruction des argiles à la base (milieu acideferrolyse) ... qui engendre une suite de précipitations et de redistributions successives.

la liaison spatiale des dissolutions et des précipitations n'implique pas un synchronisme de fonctionnement. Les deux systèmes fonctionnent de façon alternative, entre périodes humides et périodes sèches de concentration des solutions vers la base du profil.





pétrofabrique / taille - aptitude

les silcretes sont aussi très variables dans leur composition et texture interne Mais cette variabilité ne préjuge pas de leur aptitude à être utilisé pour la taille d'outils.

des facies particuliers, avec des propriétés mécaniques ou esthétiques intéressantes peuvent exister à sein de masses plus importantes et ont pu avoir été recherchés spécifiquement et utilisés

la nature du ciment et les relations géométriques entre les cristaux déterminent les propriétés mécaniques des silcretes. Les caractéristiques mécaniques essentielles sont:

- 1) la dureté pour obtenir des outils coupants et résistants à l'usure;
- 2) la capacité à produire des fractures conchoïdales régulières qui permettent de détacher des éclats long et fins.



les silcretes qui ont les grains les plus fins et le moins de porosité présentent les meilleures surfaces conchoïdales vitreuses.

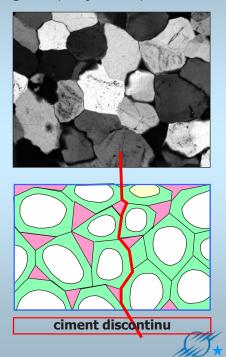
- 1) ce sont essentiellement des silcretes formés de différentes variétés d'opale mélangées à des formes microcristallines du quartz (issues de la recristallisation de l'opale ?).
- 2) quand la proportion de quartz détritiques augmente (comme dans les silcretes pédogénétiques), la régularité et le lustre de la surface de fracture est essentiellement contrôlée par la liaison entre les grains.

pétrofabrique / cimentation des grès (1)

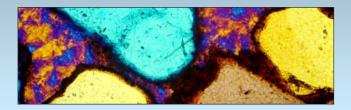
la structure des grès influe leur tenue ... cassure irrégulière, esquilleuse, ...

Dans des sables propres, sans argile, comme les sables de Fontainebleau, la silice nourrit les grains détritiques et tend à former des faces automorphes. Par suite, les grains entrent en contact, mais ne se soudent pas. La compacité de l'édifice donne la cohésion au grès.

Sous le martellement, les fractures peuvent recouper les grains, mais nombre de fractures suivent les contact des grains. Ceci donne une surface rugueuse, de l'apparence d'un sucre en morceau. Ces fractures ne permettent pas d'obtenir des cotés tranchants ... et s'effritent.



pétrofabrique / cimentation des grès (2)

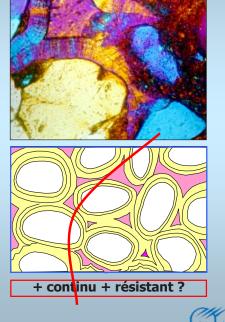


la cimentation des grains de quartz peut aussi se faire par précipitation de silice dans les pores entre les grains. Toutes les formes de silice peuvent précipiter, de l'opale au quartz.

Ces dépôts de silice donnent une cimentation plus forte, due aux liaisons multiples entre les grains détritique et le ciment.

dans ce cas les fractures tendent à être "propres" et recoupent les grains détritiques.

quand les grains détritiques sont relativement petits et le ciment important la fracture peut être conchoïdale et lustrée, en particulier quand le remplissage des pores est en quartz microcristallin.

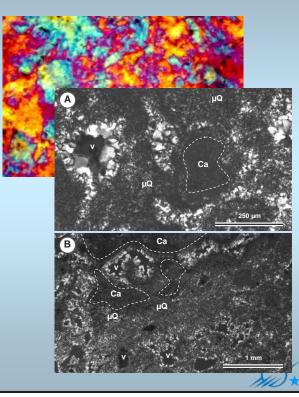


pétrofabrique / calcaires silicifiés

Dans les calcaires, la silicification procède à partir de vides, par:

- substitution épigénétique de la matrice;
 précipiation de silice dans les vides.
- La taille et la forme des vides détermine la densité et la qualité des vides.
- 1) si les vides sont des microkarsts qui se développent pendant la précipitation de la silice, la silicification peut être très dense.
- 2) quand les dissolutions sont plus importantes et quand des résidus de calcaire subsistent, alors la silicification est d'aspect mat, rugueuse à la fracture et moins propice à la taille.

le quartz est générallement le minéral principal, mais dans certains cas l'opale peut être importante et les silicifications apte à être chauffées.



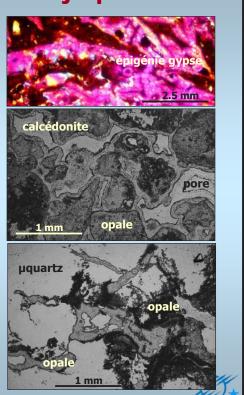
pétrofabrique / silexite & jaspe

ces matériaux sont toujours de grain fin. Les variétés pétrographiques sont quasi infinies. Les formes les plus compactes, avec fracture vitreuse, contiennent aussi des concrétions d'opale dans les pores, qui peuvent former jusqu'à 50% du silorete.

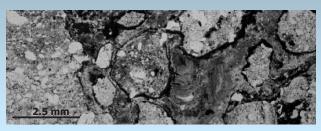
des variétés cristallines de la silice existent aussi dans ces échantillons, essentiellement formées par recristallisation de l'opale, le plus souvent en quartz microcristallin.

l'opale généralement renforce la silicification et donne de belles fractures conchoïdales et lustrées. En Australie, quand elles sont exposés en surface elles se craquellent par changement de volume suite à la déshydratation de l'opale.

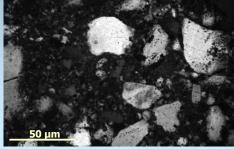
l'importance des vides est très variable et contribue à détériorer la qualité de ces matériaux.

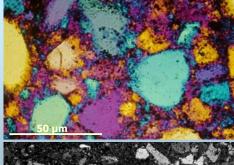


pétrofabrique / silcretes pédogénétiques



Les faciès les plus abondants et les plus typiques sont fortement indurés par un ciment à quartz microcristallin et ont une fracture lustrée et conchoïdale. L'opale est toujours limitée aux faciès granulaires et noduleux de la base. La densité et l'homogénéïté de la matrice à quartz microcristallin peut donner de bons matériaux pour la taille. L'interpénétration des µcristaux amiboïdes de quartz mime les caractéristiques de certains silex. Les silts argileux silicifiés qui contiennent de fins quartz au sein d'une matrice de µ-quartz peuvent donner de très bonnes tailles.





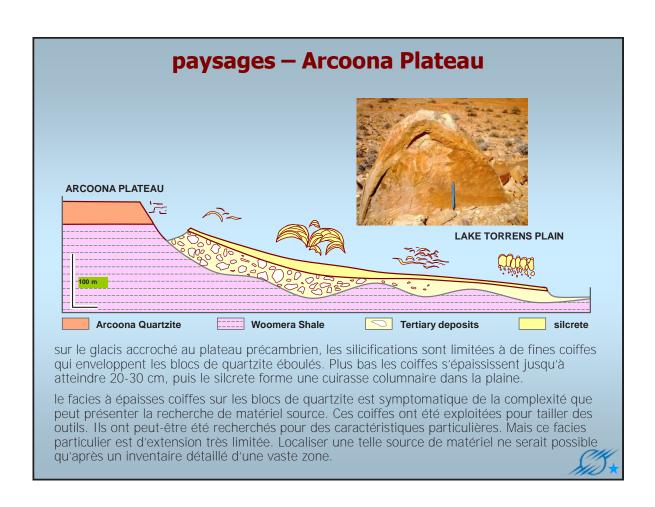


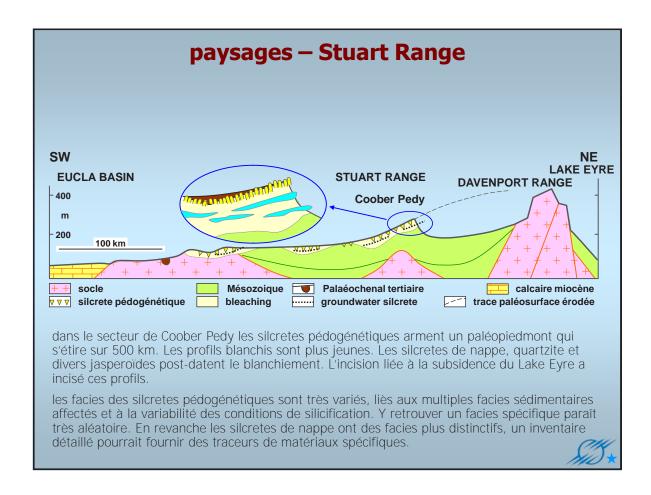
disposition dans les paysages

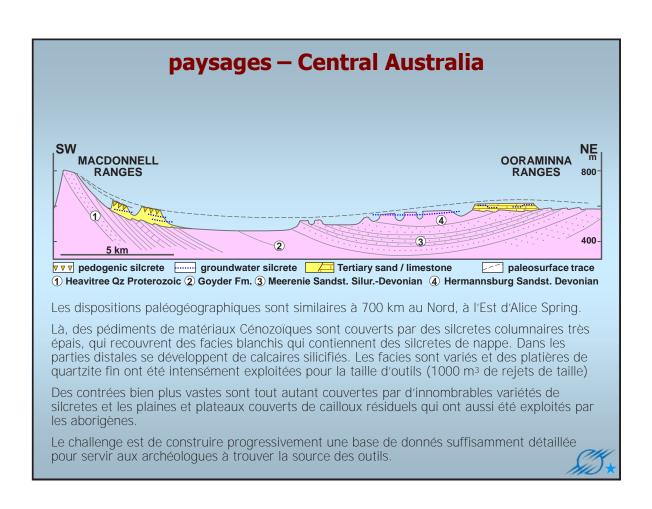
si on veut explorer l'utilisation des silcretes pour la taille d'outils, pour par exemple retrouver la dispersion d'un matériel particulier et délimiter des territoires et des échanges, il est nécessaire de localiser ces matériaux dans les paysages.

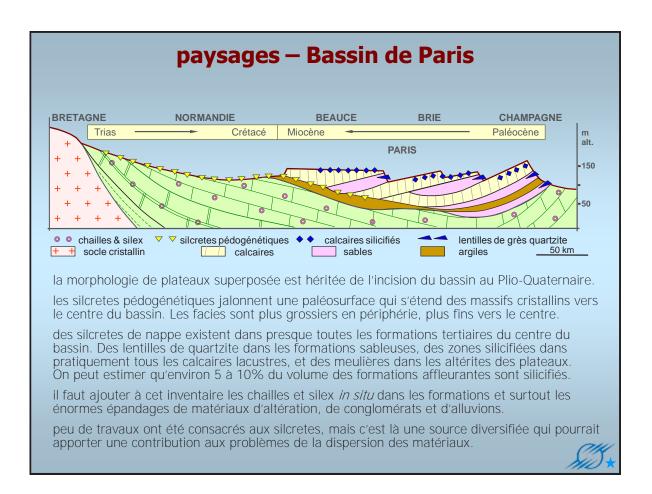
dans ce contexte, l'inventaire, la localisation des formations silicifiées spécifiques et leurs caractéristiques pétrographiques seront nécessaire à l'échelle locale et régionale. Cet inventaire devra s'appuyer sur une compréhension des facies silicifiés dans les paysages.



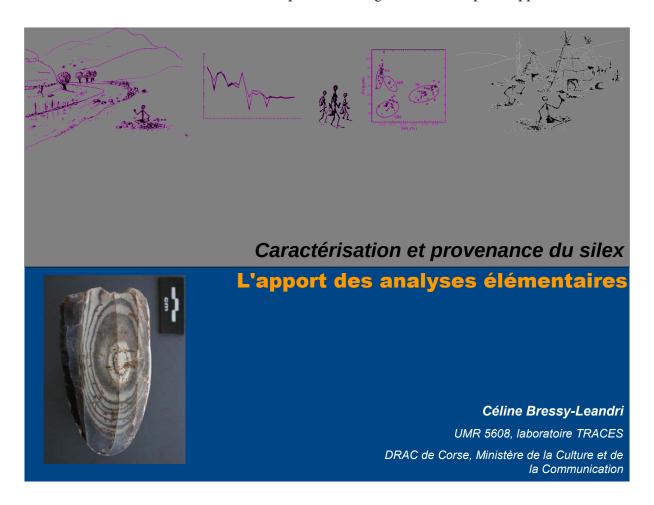








P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016



Plan

- Géochimie et silex : Historique des recherches
- Techniques d'analyse
- Résultats d'application au silex
 - Caractérisation du silex sénonien des Alpes du Nord
 - Diffusion des grandes lames en silex tertiaire dans le sud de la France

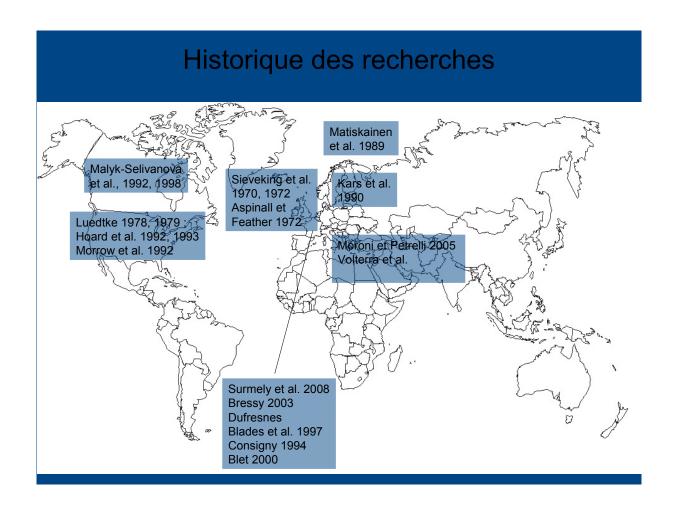
Historique des recherches

Obsidienne

Analyses dès les années 1960 (Cann & Renfrew 1964) - Méditerranée

Silex

Analyses dès les années 1970 (Sieveking et al. 1970) – Silex des minières de Grande-Bretagne ➤ Résultats mitigés



Historique des recherches

Problématiques abordées en France

- Silex du Bergeracois (Blades et al., 1997)
- Silex du bassin parisien (Consigny, 1994)
- Silex « blonds » du Vaucluse (Blet et al., 2000)
- Diffusion des silex crétacés dans le massif Central (Surmely et al., 2008)
- Silex crétacés des Alpes du Nord (Bressy, 2003)
- Diffusion de grandes lames en silex oligocène à la fin du Néolithique (Bressy, ...)

Méthodes

Méthodes de caractérisation	Référence	Destructivité
NAA, Neutron Activation Analysis	Aspinall et Feather, 1972 ; Luedtke, 1978 ; Hoard et al. 1992 ; Blade 1997	D
Spectrométrie d'absorption atomique	Matiskainen et al., 1989	ND
PIXE : Particle-Induced-X-ray Emission	Consigny, 1996	ND
ICP-AES, (LA)-ICP-MS : torche à plasma couplée à un spectromètre d'émission atomique ou de masse	Potts, 1998 ; Blet, 2000 ; Bressy, 2003	D, ND
Fluorescence des rayons X	Kuhn et Lanford, 1987 ; Gauthier et al., 2012	D
TIMS	Bressy en prép.	D



ICP = Inductively Coupled Plasma

MS = Mass Spectrometry

LA-ICP-MS Max-Planck-Institut für Chemie Mainz

Méthode non destructive

Limites de détection plus hautes





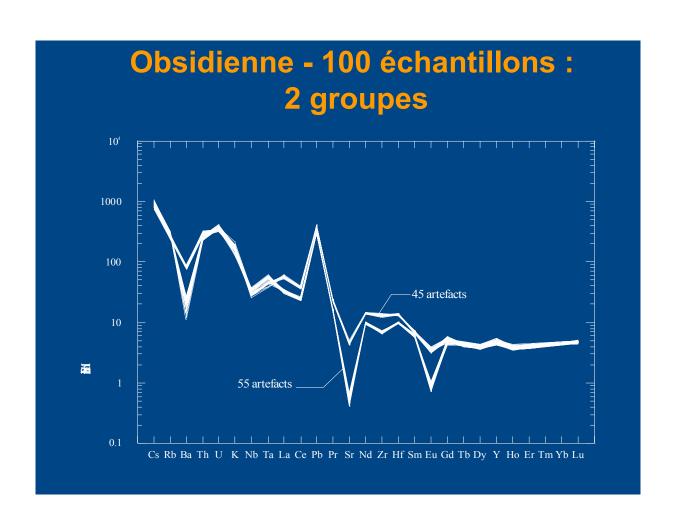
ICP-MS LGCA, Grenoble

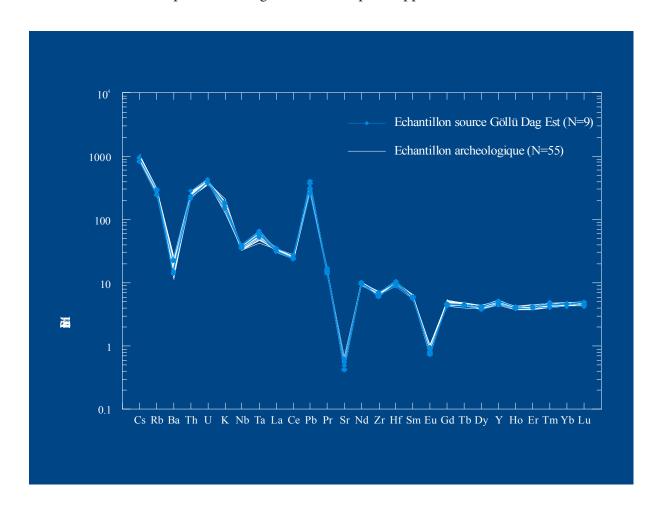
Méthode destructive (200 mg)

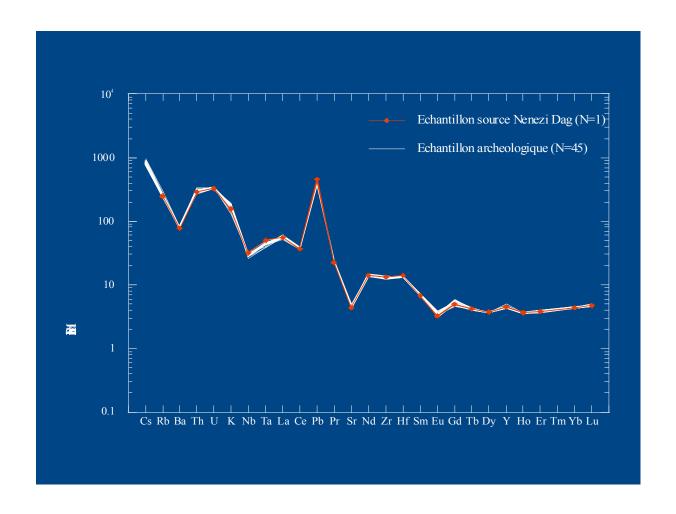
ICP-MS : traces et terres rares déterminées au cours d'un seul passage – Spike au Tm

Géochimie du silex							
Silex marin (ppm)	SiO ₂	98,06 %	Со	0,26	La	0,46	
	Al ₂ O ₃	1434	Rb	0,75	Ce	0,64	
	Fe ₂ O ₃	751	Sr	48,06	Pr	0,08	
	MnO	NM	Υ	0,39	Nd	0,31	
	MgO	NM	Zr	0,70	Sm	0,06	
	CaO	2,93 %	Nb	0,12	Eu	0,01	
	Na ₂ O	425	Ва	9,28	Gd	0,06	
	K ₂ O	361	Hf	ND	Tb	0,008	
	TiO ₂	55	Pb	0,68	Dy	0,05	
			Th	0,15	Но	0,01	
			U	5,10	Er	0,06	
NM : non mesuré ND : sous limites de détection					Yb	0,02	
					Lu	0,003	

Géochimie du silex						
Silex lacustre (ppm)	SiO ₂	98,45 %	Со	0,12	La	0,14
	Al ₂ O ₃	223	Rb	0,09	Се	0,25
	Fe ₂ O ₃	196	Sr	63	Pr	ND
	MnO	96	Y	0,06	Nd	ND
	MgO	80	Zr	19	Sm	ND
	CaO	430	Nb	8	Eu	ND
	Na ₂ O	295	Ва	44	Gd	ND
	K ₂ O	135	Hf	0,049	Tb	ND
	TiO ₂	148	Pb	0,04	Dy	ND
			Th	0,04	Но	ND
			U	0,84	Er	ND
					Yb	ND
NM : non mesuré ND : sous limites de détection					Lu	ND



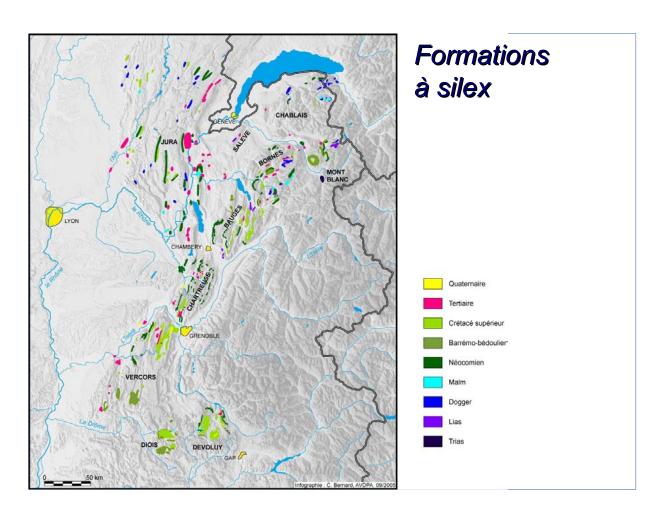


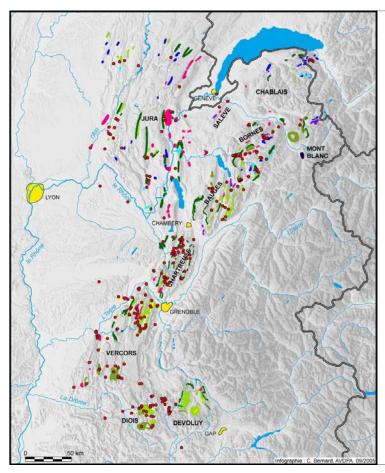


Géochimie : éléments traces Teneurs élémentaires absolues (ppm, ppb) 0,8 Diagrammes binaires, ternaires, box plot 0,6 Co (ppm) 0,4 Anomalies en élément Rapports d'élément 0,2 Ce/Ce*, Eu/Eu* La/Ce Gerbaix (N=7) Chartreuse (N=17) Bugey (N=14) Echantillon (ppm)/PAAS Abondances normalisées (PAAS) Spectres de terres rares SmEu GdTb Dy Ho Er









Prospections





Principales variétés exploitées en Vercors et Chartreuse

Sénonien



- Position primaire et secondaire
- Morphologies variées
- Large distribution
- Bonne qualité
- Dans argiles de décalcification
- Distribution limité : sud Vercors, Diois
- Excellente qualité

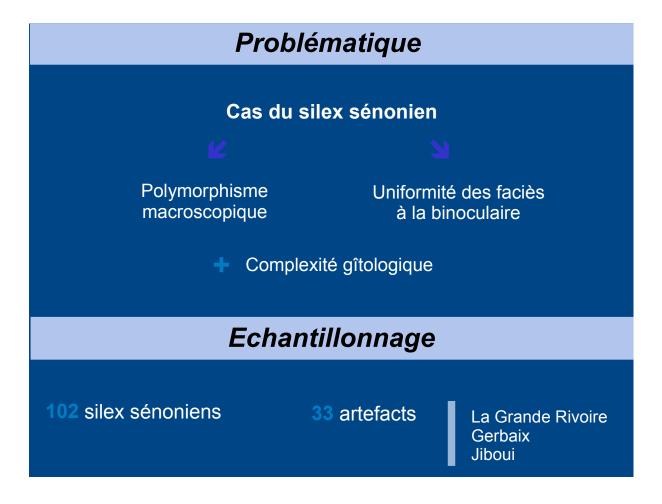


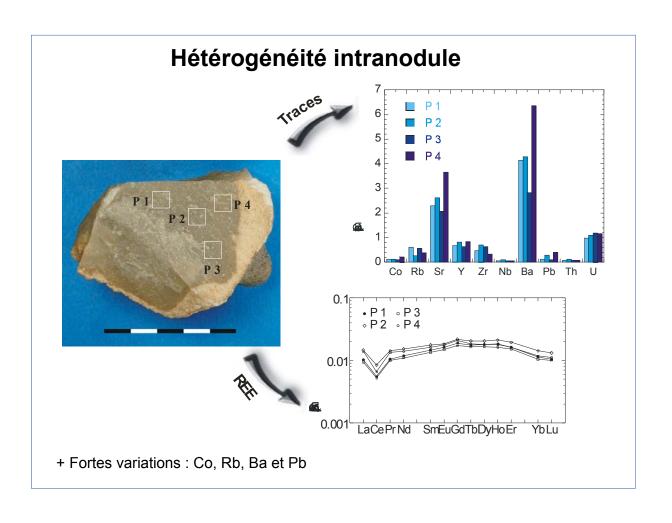
Barrémo-Bédoulien

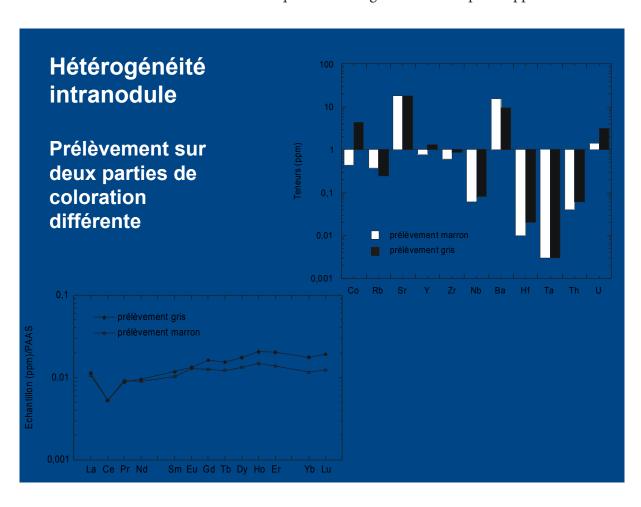
Valanginien

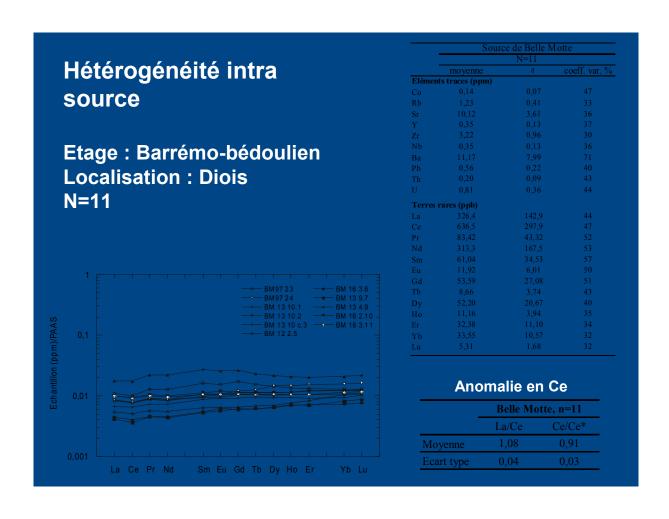


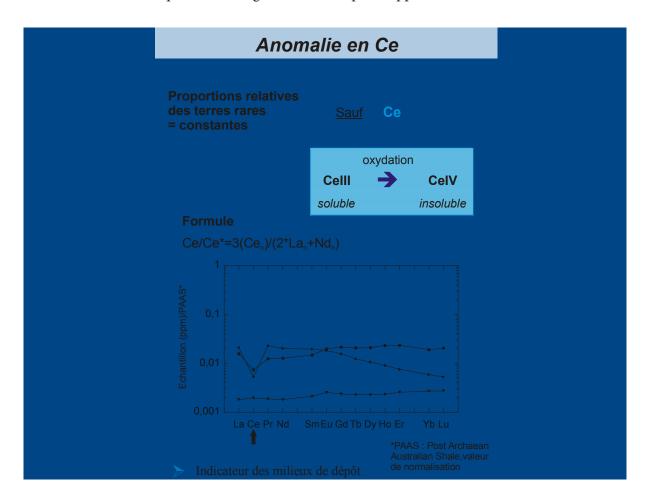
- Position primaire, éboulis
- Plaquettes ou lentilles
- Qualité médiocre

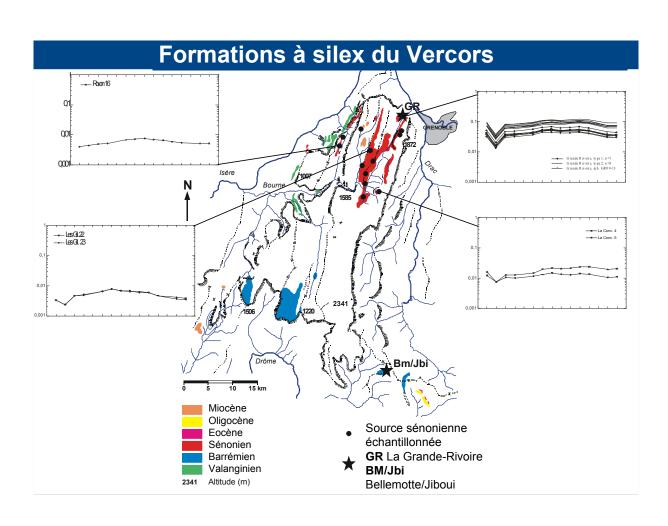


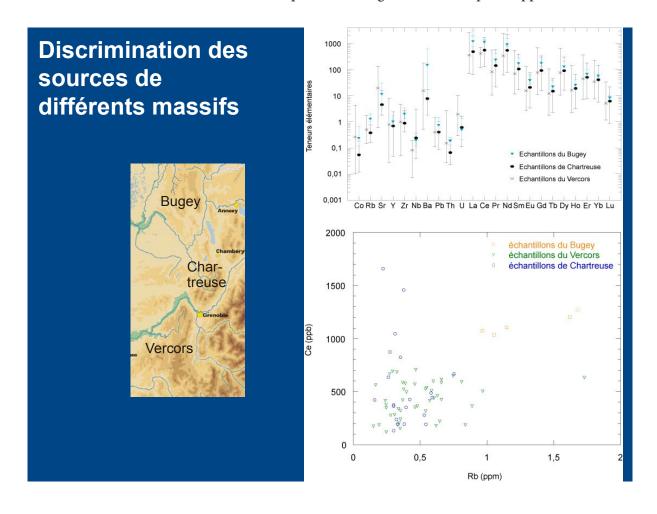


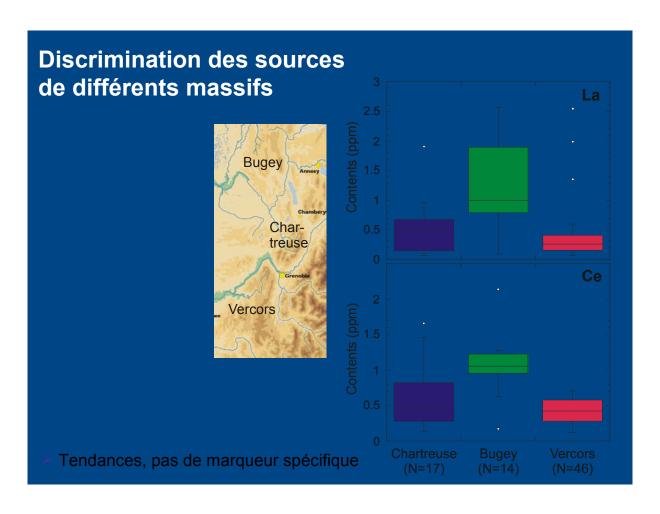


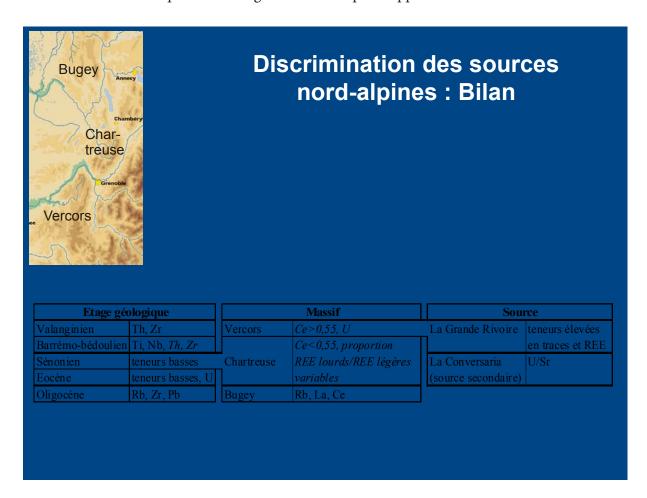


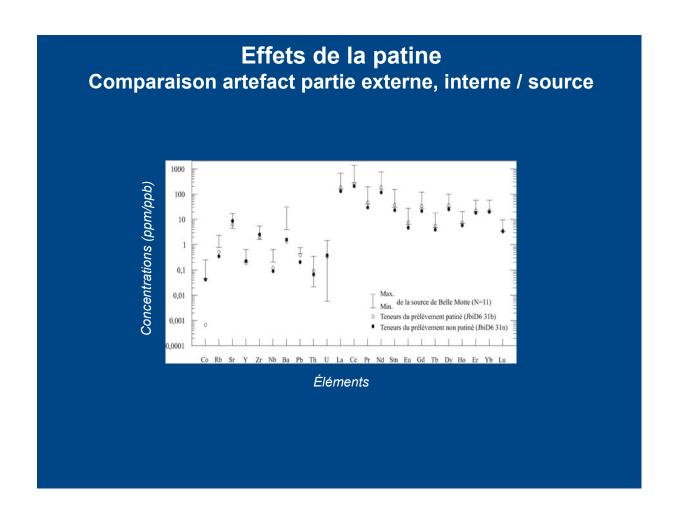


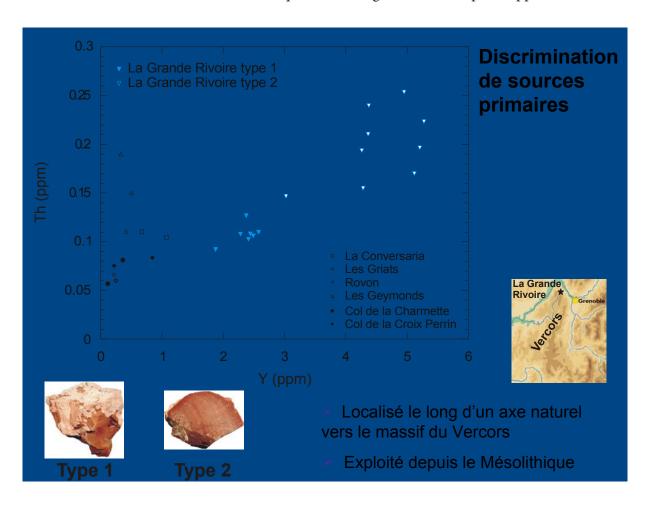


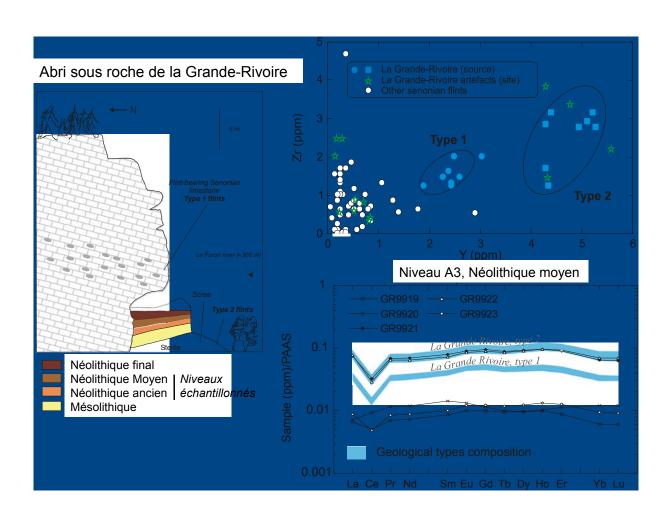




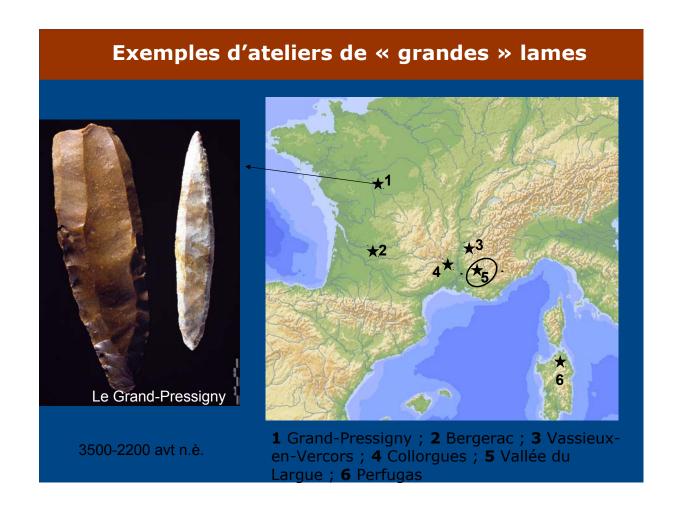


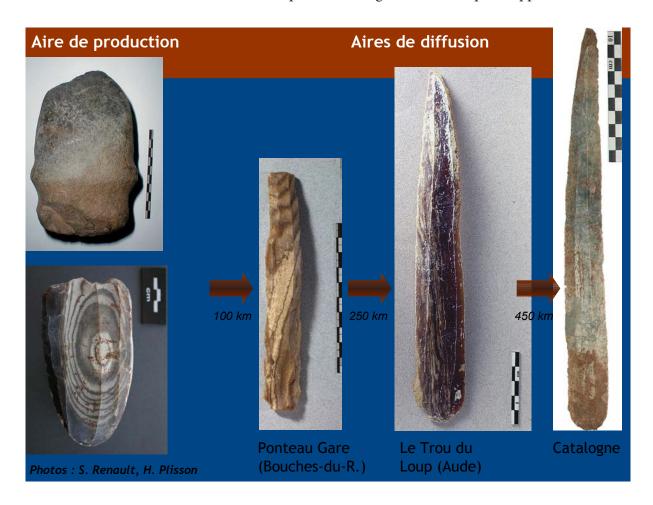


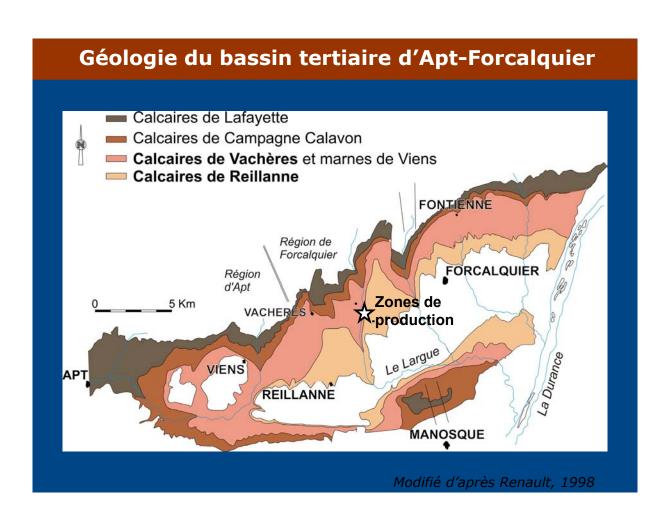






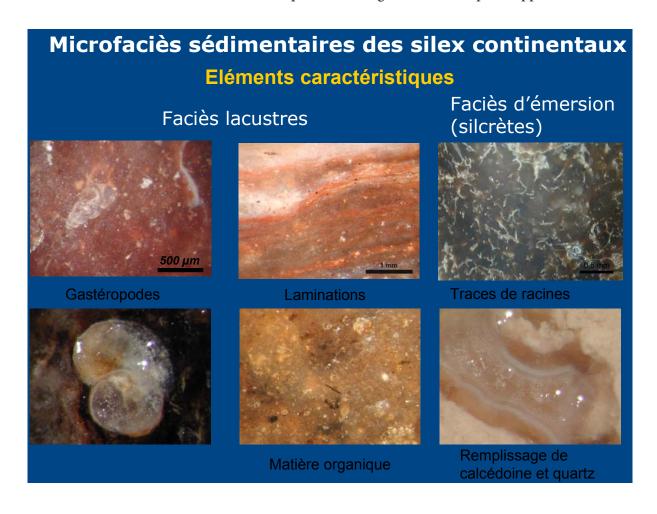




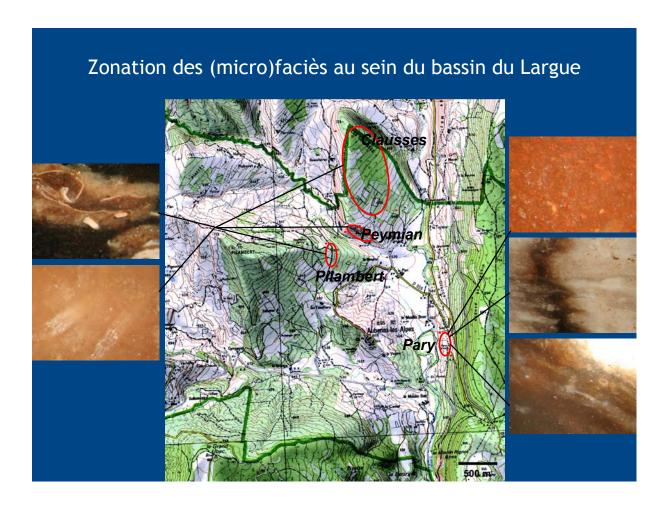




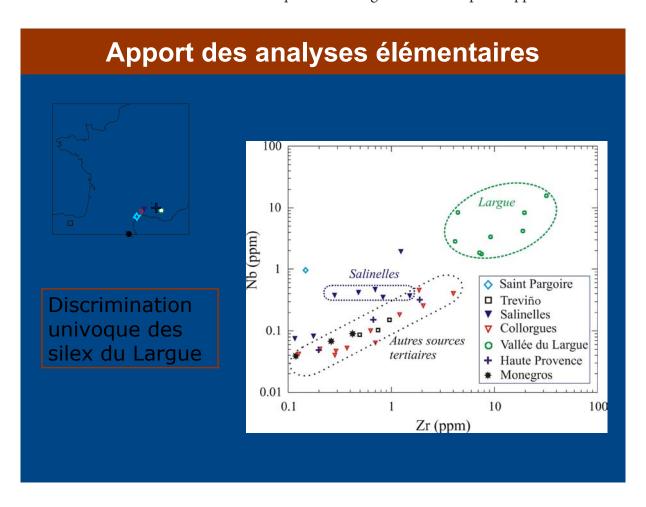


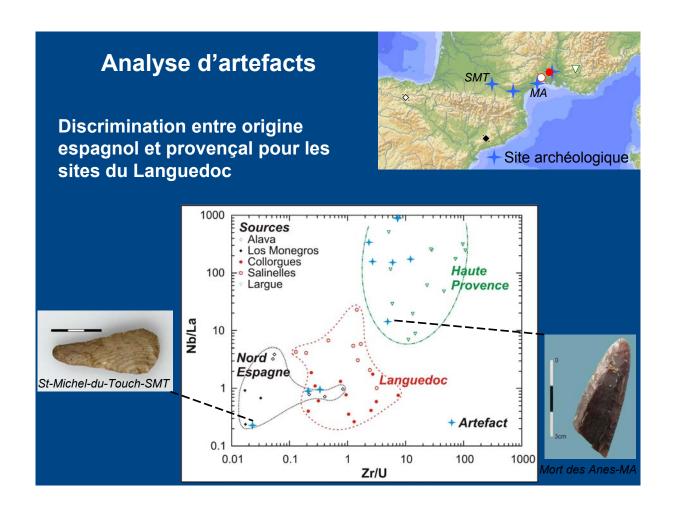














- Recouvrement des aires de diffusion Languedoc
- Rayonnement des productions : régional à supra-régional

Nouveaux développements analytiques

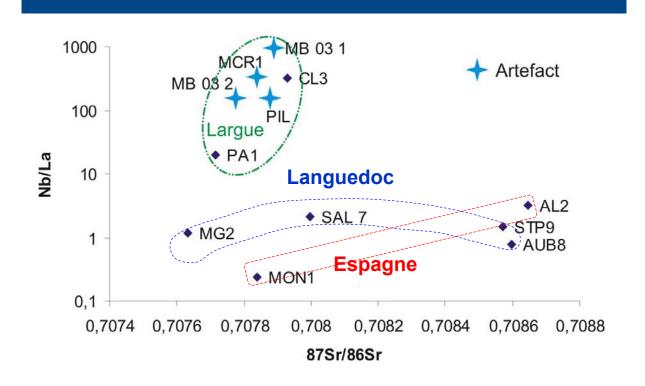
Caractérisation isotopique : Pb et Sr

Principe: Isotopes radiogéniques

Pertinence de la signature : Variations en fonction de l'âge de la roche, des teneurs élémentaires



Variations importantes des rapports isotopiques



Conclusion:

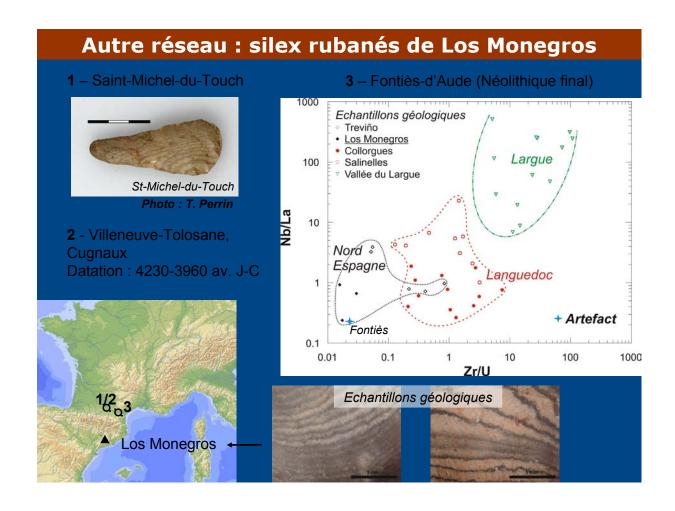
Apport de la caractérisation élémentaire pour identifier l'origine des archéomatériaux siliceux

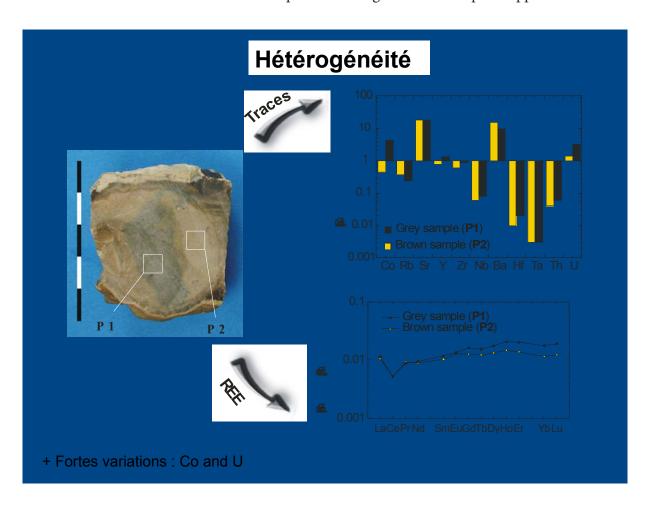
- Majeur pour les obsidiennes
 - principale possibilité de caractérisation avec les traces de fission
 - Homogénéité, signatures spécifiques
 - Analyses en routine
 - Développements méthodologiques actuels :
 - au MEB pour l'analyse d'un plus grand nombre de pièces, caractérisation exhaustive des séries
 - Analyses isotopiques permettant de différencier des coulées si composition similaire

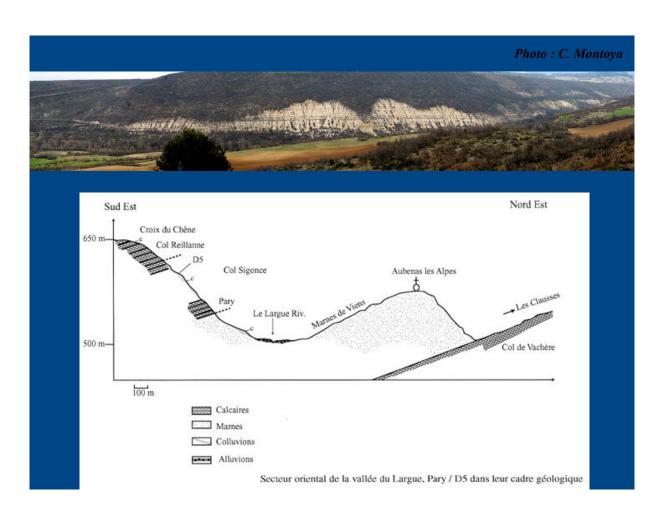
Conclusion:

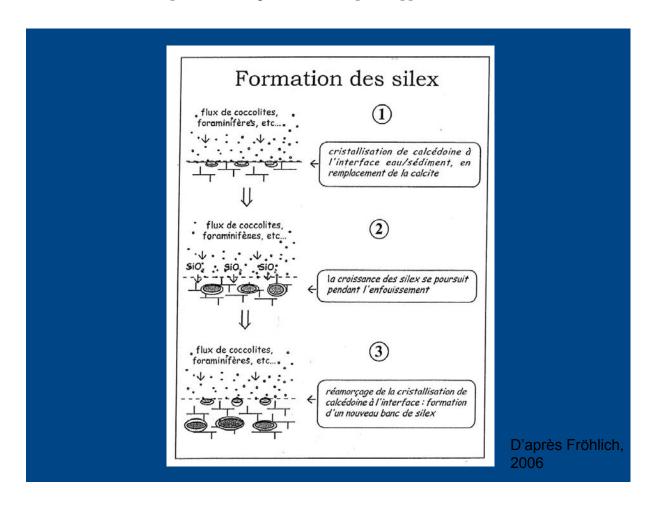
Apport de la caractérisation élémentaire pour identifier l'origine des archéomatériaux siliceux ?

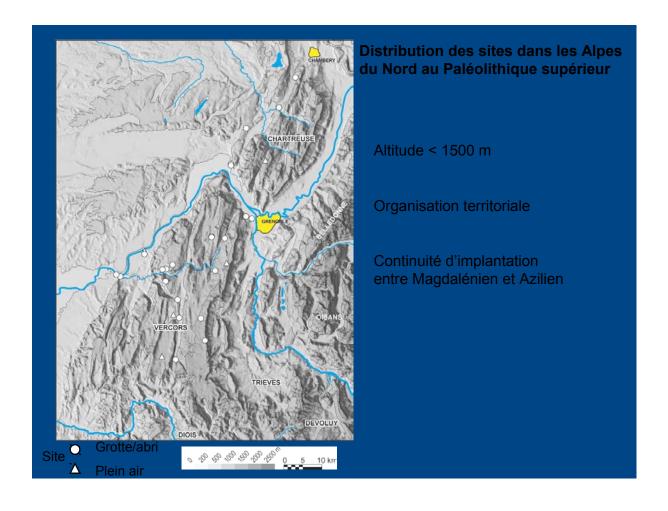
- Ponctuel pour le silex :
 - En aval de la caractérisation pétrographique
 - Hétérogénéité à l'échelle du nodule, d'une source
 - dans le cas de diffusions sur longue distance
 - Caractérisation de silex marqueurs













5-Teneurs en silice des eaux douces continentales

- Les teneurs en silice dans les eaux confinentales sont très variables. Elles dépendent de leurs origines, des milieux qu'elles traversent ou percolent, des sols, des phases silicatées à l'équilibre, des saisons, des climats et latitudes,...
- Pour différents bassins versants les teneurs moyennes* en H4SiO4 des eaux fluviatiles sont estimées à:
- -granites: 11.9 ppm
- -calcaires: 10.1ppm (en présence de cherts!)
- -gypse:10.2 ppm
- -marne: 6.1 ppm
- L'apport annuel en silice des eaux douces fluviatiles au milieu marin est estimé à 200*10⁶ t de SiO2/an. (Cette valeur moyenne est peut être sous estimée car Bruyevich (1953) avance 300*10⁶ t à 452*10⁶ t de SiO2/an...).

*d'après Hembree et al. (1952) U.S.G. Survey



5-Teneurs en silice des eaux douces continentales

- Les teneurs en silice dans les eaux continentales sont très variables. Elles dépendent de leurs origines, des milieux qu'elles traversent ou percolent, des sols, des phases silicatées à l'équilibre, des saisons, des climats et latitudes,...
- Pour différents bassins versants les teneurs moyennes* en H4SiO4 des eaux fluviatiles sont estimées à:
- -granites: 11.9 ppm
- -calcaires: 10.1ppm (en présence de cherts!)
- -gypse:10.2 ppm
- -marne: 6.1 ppm
- L'apport annuel en silice des eaux douces fluviatiles au milieu marin est estimé à 200*10⁶ t de SiO2/an. (Cette valeur moyenne est peut être sous estimée car Bruyevich (1953) avance 300*10⁶ t à 452*10⁶ t de SiO2/an...).

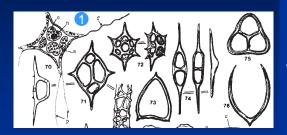
*d'après Hembree et al. (1952) U.S.G. Survey

5-Teneurs en silice des eaux marines

Total de	34.479 ppm dissous
Cl ⁻	18.980
Na+	10.556
SO4 ²⁻	2.649
Mg ²⁺	1.272
Ca ²⁺	400
K ⁺	380
CO ₂	140 (HCO ₃ - & CO ₃ 2-)
Br -	65
B(OH) ₄	26
Sr ²⁺	8
F ⁻	1.3
H ₄ SiO ₄	1
NO ₃ -	0.5
Fe ²⁺ ,Fe ³⁺	0.01
Al(OH) ⁴⁻	0.01
Unité:ppm	(in Mason et al. 1966)

- La teneur moyenne des eaux marines de surface en H4SiO4 est faible et de l'ordre du ppm (et souvent nettement inférieure).
- D'un point de vue biologique cette teneur est paradoxale car les planctons siliceux (à diatomées & radiolaires) sont constituées d'opale.
- La composition de l'eau de mer est telle (SiO2 ≤ 1ppm) que les squelettes devraient être solubilisés en raison de la très forte sous-saturation (2 ordres de magnitude inférieurs à la teneur à l'équilibre avec l'opale : ~140ppm).
- Pour Heath (1974) 96% de l'opale est dissoute avant la sédimentation; 0.1 à 2% de la production siliceuse sont intégrés aux sédiments.

5-La silice particulaire biogène dans l'eau de mer

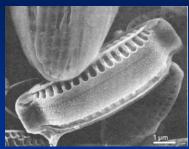


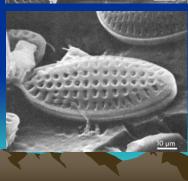


Doc. Bigot : Intro. à la Micropaléontologie

- Dans les milieux marins la silice minérale la plus fréquente est d'origine organique (opale A).
- Elle est métabolisée par les organismes planctoniques algaires (diatomées) ou animaux (radiolaires, silicoflagellés -1). En raison de la taille des organismes planctoniques la silice en suspension dans le milieu océanique est considérée comme particulaire.
- (Les spicules constituent la trame squelettique des tissus des spongiaires qui vivent sur les fonds marins. Ceux des éponges siliceuses (2) constituent une part notable du stock de la silice biologique. Cette silice peut intervenir dans la genèse des silex marins).

5-Diatomées

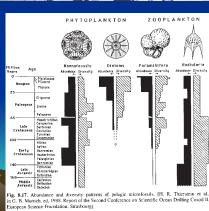




- Les diatomées sont des algues unicellulaires siliceuses modernes (crétacé supérieur à quaternaire) qui vivent principalement dans les eaux froides (phytoplancton).
- Elles jouent un rôle prépondérant dans le cycle biologique de la silice principalement dans les eaux marines.
- Leur « squelette » (ou frustule) est constitué d'opale. La matière organique vivante protège l'opale et évite le contact des « squelettes » avec l'eau de mer.
- A la mort de la cellule la dissolution démarre rapidement.
 - Cette dissolution est facilitée par la structure porcuse des frustules et leur grande surface d'échange avec l'eau (150m²/g).

5-Les radiolaires





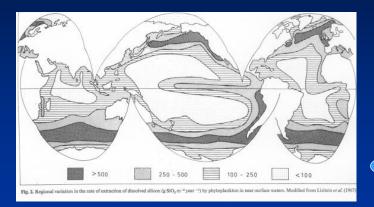
- Les radiolaires sont des organismes unicellulaires marins. Contrairement aux diatomées précédentes les radiolaires ne sont pas strictement attachées à la zone photique.
- Elles vivent principalement dans les eaux inter- tropicales où elles constituent une fraction importante du zooplancton.
- La structure du squelette est ici moins favorable à la dissolution. Les radiolaires jouent un rôle important dans la formation de certaines boues bathyales.
- Par le passé en particulier au mésozoïque les radiolaires ont joué un rôle notable dans la formation de certaines roches siliceuses.

5-Fréquences des organismes siliceux océaniques

effectif / m³ à la surface	Antarctique	%	Tropique	%
Diatomées	6767256	99.44	8625	31.86 à 75.84
Radiolaires	10 à 100	-	qq 100 à 16000	2.64 à 59.10
Silicoflagellés	38100	0.56	2448	9.04 à 21.52

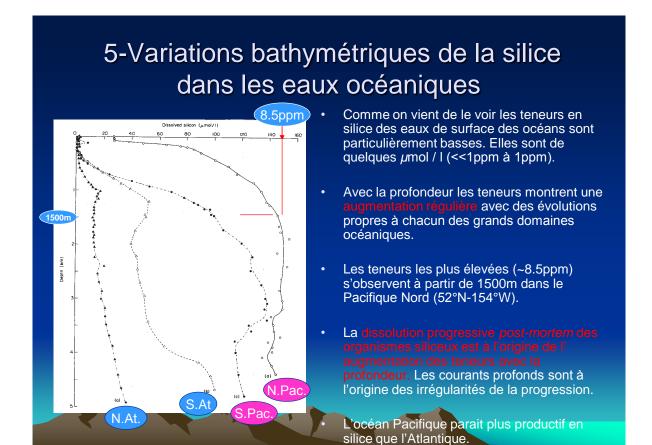
- Répartition. Une grande majorité des organismes siliceux vit à proximité de la surface dans la zone lumineuse (en fait jusqu'à 200 mètres). Plus bas ces organismes sont morts à l'exception de quelques radiolaires.
- Les diatomées sont les organismes les plus fréquents particulièrement dans les eaux de l'Antarctique où l'on a pu compter de 200 à 1000*10⁶ frustules/m³. On verra que la répartition latitudinale dans les océans est extrêmement variable.
- Les radiolaires : leur relative rareté aux comptages pose le problème des sédiments siliceux profonds. La transposition des observations actuelles au passé est délicate.
- Les silicoflagellés sont des organismes également subordonnés par rapport aux diatomées. Leur importance est négligeable dans les dépôts marins actuels et leur rôle dans la formation de roches siliceuses bathyales est nul.

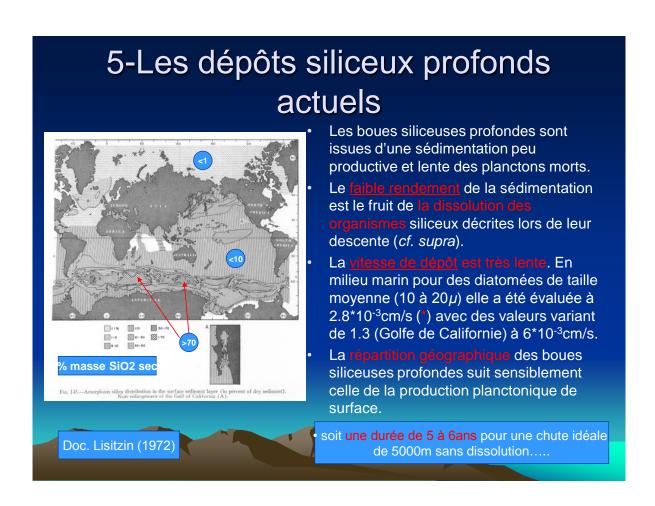
5-Répartition du phytoplancton et d'extraction de la silice

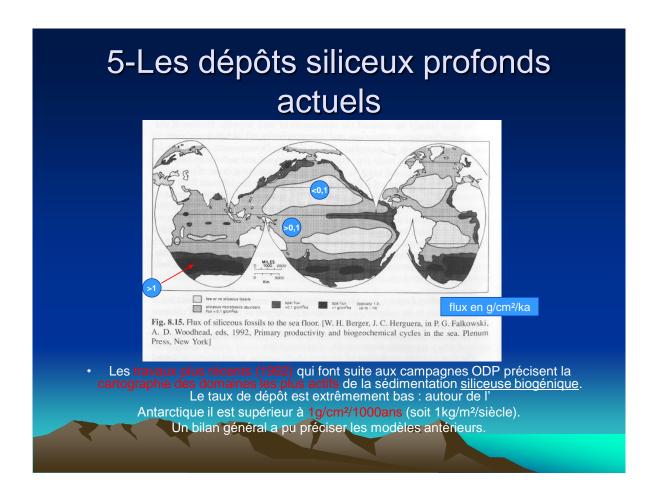


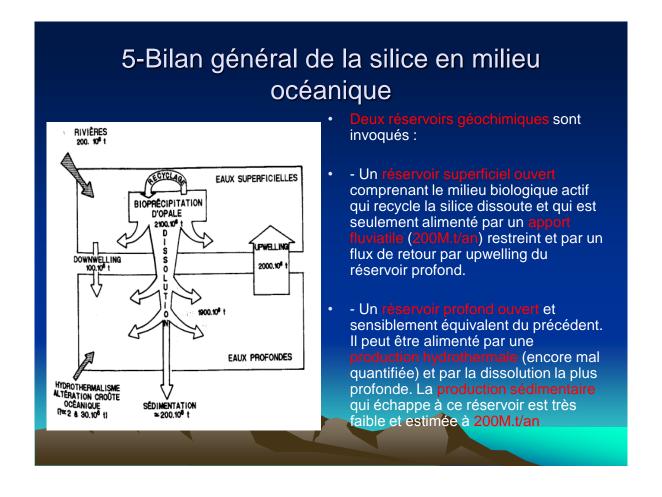
g SiO2/m²/an

- Les diatomées marines vivent dans les domaines océaniques froids, plus dans les zones bordières des continents ou dans les zones d'îles et dans les zones d'upwelling. Les eaux équatoriales ou tropicales offrent de bas taux d'extraction liés à des effectifs faibles.
- Le paradoxe de cette répartition tient au fait que les diatomées vivent principalement dans les éaux pauvres en silice. Les bilans concernant la silice biologique montrent que leur pullulation est à l'origine de ce déficit en silice à la surface (s. 150m).









6 – Un exemple du dépôt rapide de la silice lors de la formation des sinters:
la voie biologique la chimie organique utile pour comprendre la pétrogenèse de certains matériaux siliceux

Calothrix: une cyanobactérie

Cette cyanobactérie est considérée comme thermophiles de basses à moyennes températures. Elle joue un rôle très important dans les processus rapides de biosilicification. Elle vit régulièrement en communauté avec d'autres espèces en particulier sur les tables d'écoulement et de drainage des eaux où elle contrôle le dépôt de la silice sous la forme de sinters.

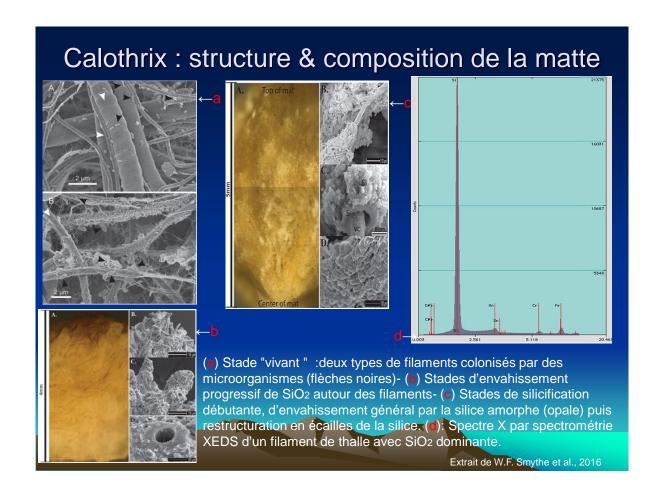
Ce genre est présent dans les milieux marins, les eaux douces et les environnements terrestres. Son spectre de température est de 30 à 45-50°c. Pour le pH: 6 à 9.

A Yellowstone: l'espèce vit dans les eaux neutres à alcalines entre 25 et 50°c (site de Queen's Laundrey*) en aval d'une source très chaude (T:92°c), profonde et qui débite 0.6m³/h. La teneur en silice est très largement saturée par rapport à l'opale à cette température.

En aval de la source des eaux subissent une nette diminution de la température et du pH à la faveur de leur écoulement.

(* voir W. F. Smithe et al., 2016)





Calothrix: une cyanobactérie qui fixe la silice

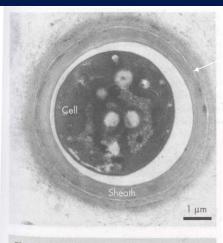
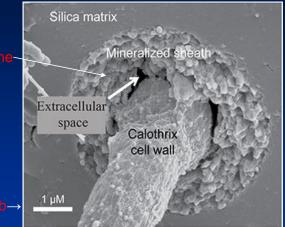


Figure 3.5 TEM image of Calothrix sp.. These cyanobacteria produce extremely thick sheaths that can often double to triple the size of the cell. (Courtesy of Vernon Phoenix.)



Le filament présente un fourreau de 1 micron de molécules de polysaccharides dont le volume excède celui de la cellule (a). Cette gaine est rapidement épigénisée par la silice par sa

bordure. Elle permet ensuite la fixation par polymérisation de la silice à partir de l'eau autour des filaments. Ainsi le dépôt de SiO₂ enrobe très rapidement le feutrage filamenteux puis la totalité de la matte (b).

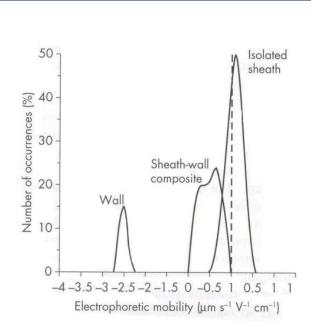
K.Konhauser et al., 2004 & K.Konhauser, 2007

Figure 3.5 TEM image of Calathrix sp., These cyanobacteria produce extremely thick sheaths that can often double to triple the size of the cell. (Courtesy of Vernon Phoenix.)

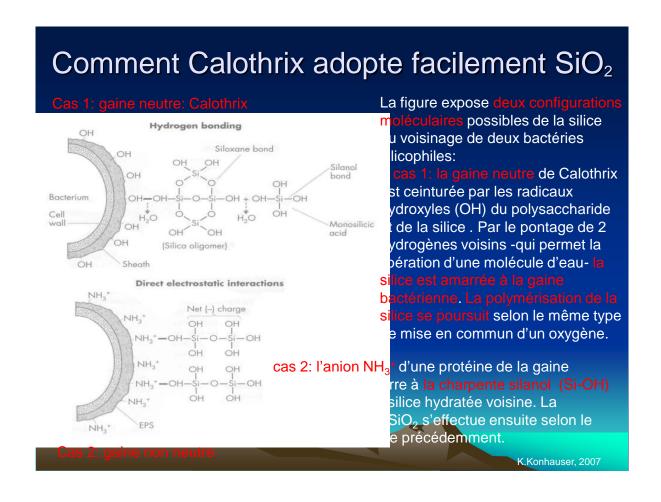
Calothrix: charges électriques

L'analyse par électrophorèse* des cellules de Calothrix, de leurs paro et de la gaine externe permet de préciser leur charge électrique au contact eau-filaments. Elle permet surtout de comprendre l'organisatié électrique des molécules de polysaccharide qui sont au contact directe avec l'eau chargée de silice

* l'électrophorèse; sous l'effet d'un chan les ions des macromolécules ou des particules en suspension les entraînent vers l'électrode de charge opposée à la leur.



K.Konhauser, 2007





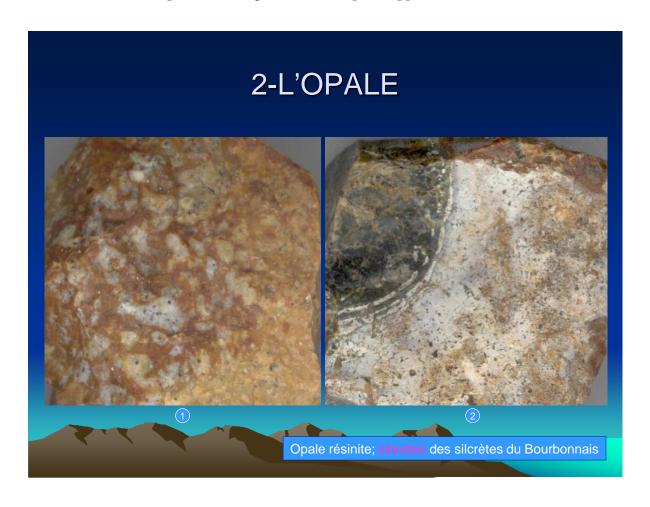


PHASES MINERALES SILICEUSES A BASSE TEMPERATURE (25°c)

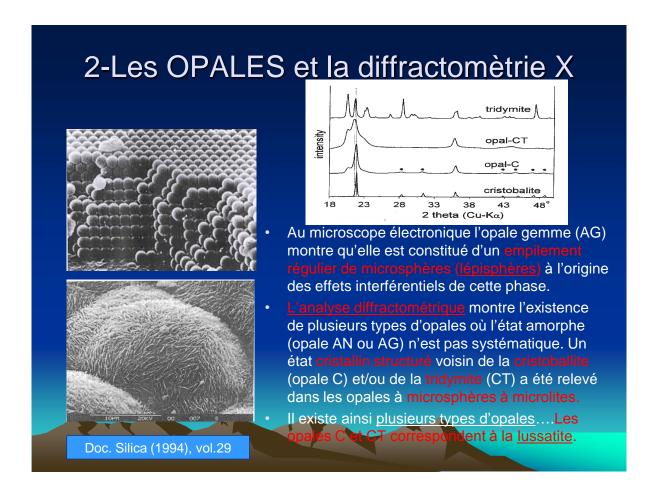
2-Rappel :de l'opale au quartz....

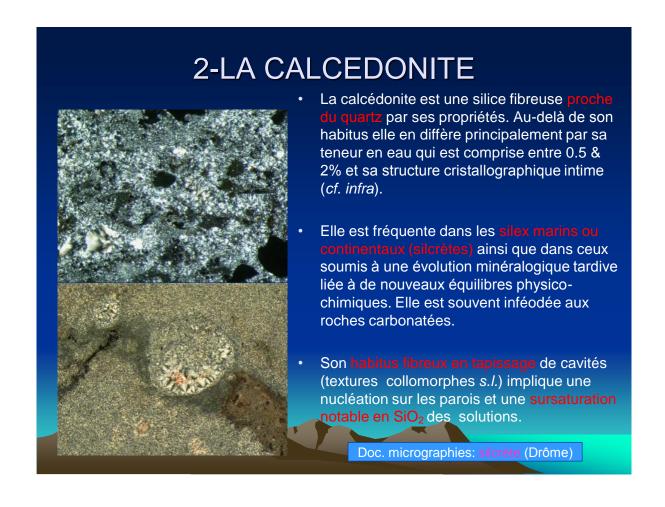
Eau de composition du minéral (ou d'une roche)

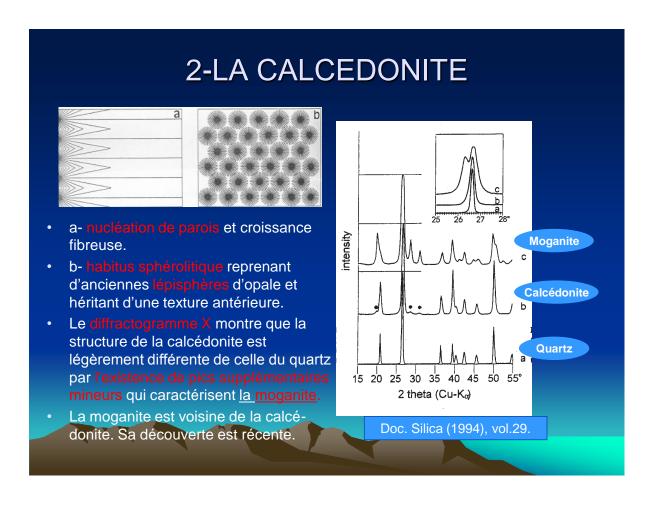
- Le dosage de l'eau est généralement utile pour satisfaire au bouclage de l'analyse des éléments majeurs. Dosage pondéral à la suite d'un double grillage.
 - <u>Eau de composition</u> H₂O + eau qui participe à la structure du minéral; Pour les phases de la silice c'est H₂O + qui est prise en considération ici.
- <u>Eau d'imprégnation</u> H₂O : eau qui occupe les interstices du minéral sans participer à son équilibre structural



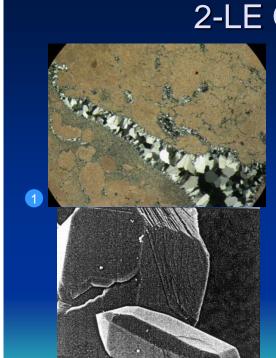
2-L'OPALE: un matériau hydraté L'opale est une silice amorphe ou cryptocristalline. Certains échantillons offrent une mean refractive index isotropie microscopique marquée; d'autres montrent une anisotropie légère en désaccord chalcedony avec le caractère amorphe qu'on lui accorde. La composition de l'opale sl. comporte une quantité importante d'eau; sa formule SiO2.nH2O montre que la teneur en eau est très variable. water content (weight %) Les analyses livrent des teneurs en eau comprises entre 1.5 et 10%. density (g/cm3) La densité (2.01 à 2.16) et l'indice de réfraction (1.441 à 1.459) dépendent étroitement de la quantité d'eau contenue. (Aucune différence cristobalite entre les différents types d'opales -AG ou AN, C, CT- ne peut être mise en évidence). water content (weight %) se des silex s.l. est souvent liée à l'opale









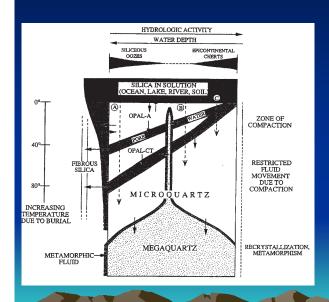


2-LE QUARTZ

- Pour les tapissages de cavités la morphologie du quartz est fibreuse avec des cristaux implantés normalement à la parois (quartz palissadique).
- La bordure externe du tapissage peut offrir des quartz automorphes (parfaitement cristallisés).
- lci: il s'agit d'un calcaire lacustre partiellement silicifié où une solution aqueuse contenant la silice (5 à 10ppm) a envahi le matériau et déposé le quartz. La silicification se fait à la faveur d'une décalcification progressive par un envahissement intergranulaire des carbonates et par le tapissage des vides de dissolution.

Doc. Micrographie 1: calcaire silicifié, 2 : Arbey, 1980

1-Evolution temporelle et séquence minéralogique



La séquence évolutive des phases de la silice impliquant : opale sl. →

Avec le temps, la <u>métastabilité des</u> <u>phases</u> de la chaîne, les <u>imprégnations</u> <u>hydriques successives</u>, la <u>recristallisation</u>,...conduisent à dissoudre et/ou à « <u>quartzitiser</u> » les dépôts siliceux (silicifications s.l.).

La durée de cette évolution est réputée bornée (200-250Ma).

3-Un exemple de formation des silex

Cas des cherts des milieux océaniques

3-Formations des « cherts » marins

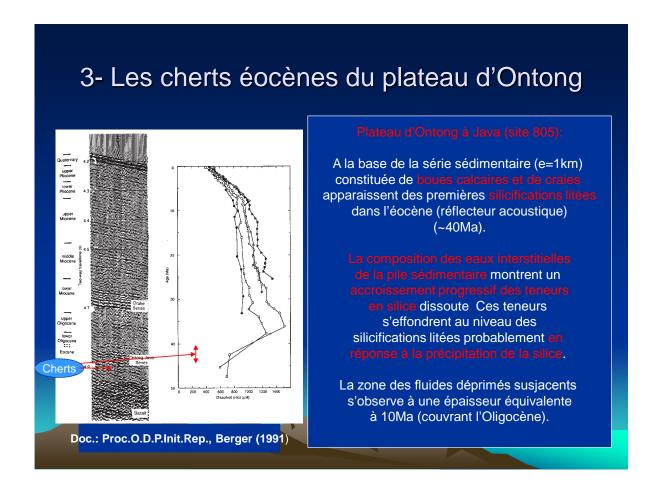
Les programmes océanographiques DSDP dans les années 70 ont fait avancer la connaissance sur le point des silicifications marines.

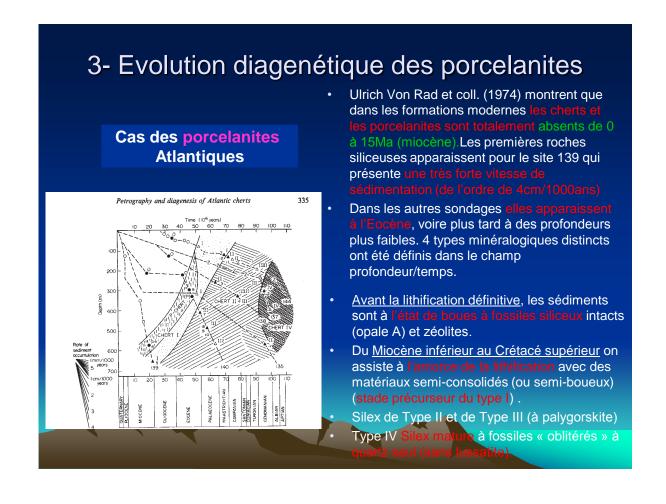
Ces travaux permettent de comprendre en particulier la formation des porcelanites et des cherts(terme de la nomenclature américaine) qui sont accidents siliceux stratifiés qui s'apparentent beaucoup aux silex usuels.

Les études des sondages sous-marins ont porté sur:

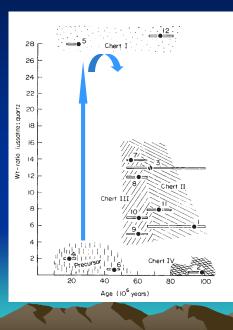
- des sédiments meubles ou lithifiés d'épaisseurs variables (100 à 700mètres),
- des formations couvrant tous les étages du quaternaire à l'Aptien (110Ma),
- les eaux prélevées dans certains sondages et issues des pores des sédiments forés au voisinage du fond marin ou sur la totalité des sondages.

Le sondage du site 805 du Plateau d'Ontong à Java peut-être pris comme premier exemple. Il descend jusqu'à l'Oligocène et au substratum basaltique. L'Atlantique constitue le second.

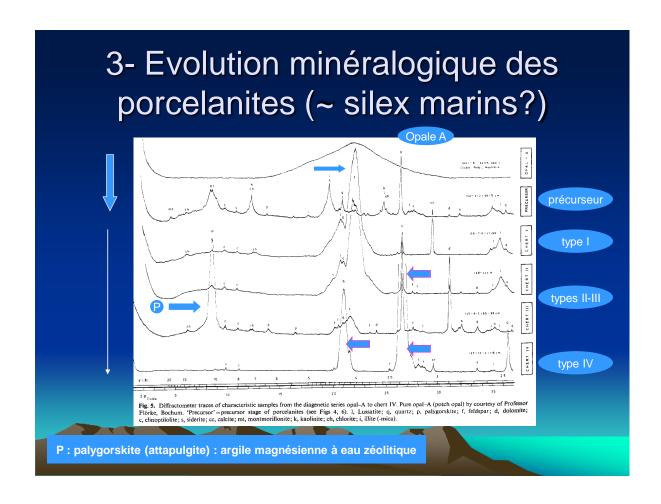




3- Dualité opale CT-quartz



- Ce diagramme montre l'évolution diagenétique et minéralogique (rapport des 2 phases siliceuses présentes soit: lussatite opale CT/quartz) avec l'âge des sédiments.
- Les sédiments précurseurs sont riches en quartz et en opale A(non prise en compte ici).
- Le <u>début de la lithification</u> est caractérisé par la richesse en richesse en lussatite (opale CT)(chert I).
- L'évolution (chert II & III) se fait avec le développement du quartz au détriment de l'opale CT.
- Le stade mature est atteint avec la disparition de l'opaie CT au bénéfice du quart



3- Une origine possible des silex marins? Les données et leurs conséquences....

- Pour <u>la genèse des porcelanites les points précédents</u> sont importants :
- ?? Certains silex que l'on observe à l'affleurement ont pu être été issus à la suite d'une longue évolution diagenétique dans un milieu poreux riche en eau.
- L'évolution minéralogique qui a fait suite à la sédimentation a conduit à une dégradation de l'opale amorphe héritée des organismes siliceux.
- L'évolution minéralogique qui s'amorce ensuite au début de la consolidation des sédiments montre l'apparition de l'opale CT (lussatite) puis son remplacement progressif par le quartz.
- L'état minéralogique final comporte comme phase siliceuse le quartz : ce minéral (et les espèces assimilées à ce minéral) est le produit ultime de cette
 « dégénérescence » minérale. Les silex marins que l'on observe à l'affleurement se rapportent pour une grande majorité à ce dernier type dont la paragenèse est dominée par le quartz.

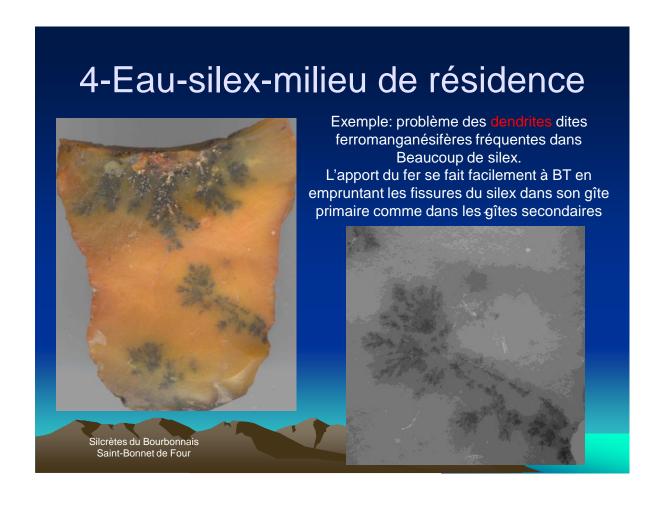
4-L'eau et le solide siliceux

- Systéme géochimique et modélisation:
- Souvent les géochimistes sont confrontés à des systèmes multiparamètrés avec de nombreuses variables contrôlant les systèmes naturels (P, pression partielle de H2O, CO2,... T, teneurs,....).
- Les lois physico-chimiques sont relativement délicates à appliquer....
- La simplification est généralement une règle...
- Ici le silex par sa composition (proche de 100 % de quartz) est un cas relativement favorable pour la compréhension de sa mise en solution (cf. supra)

4-L'eau et le silex

- Système clos: aucun échange géochimique avec les milieux géochimiques voisins
- Système ouvert: les échanges deviennent possibles grâce aux fluides. Ici l'eau est le seul vecteur important pour des échanges « in & out ». Ces mécanismes d'échanges passent par l'ouverture d'une porosité du solide à l'interface eau-solide.

Au plan des compositions chimiques le système à l'interface conduit dans le cas le plus simple à un départ de silice (silex allégés des géologues) et à l'apport et l'accumulation d'éléments exotiques à la géochimie initiale du silex (apport et fixation de Fe, Mn,....)



4-L'eau, le silex et le milieu de résidence

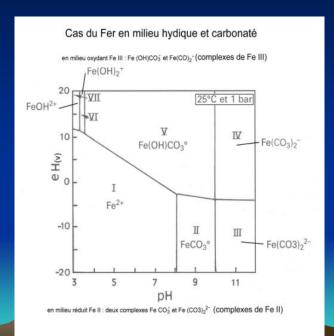




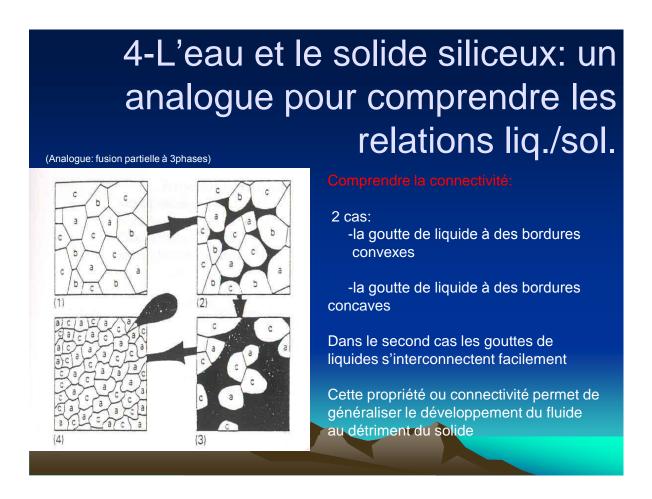
Voie d'accès de l'eau : contrôle structural (fissures et joints intergranulaires) et contrôle physique régit par la capillarité (*cf.* tension de surface cidessous) – (morphologie fractale en 2D ou 3D)

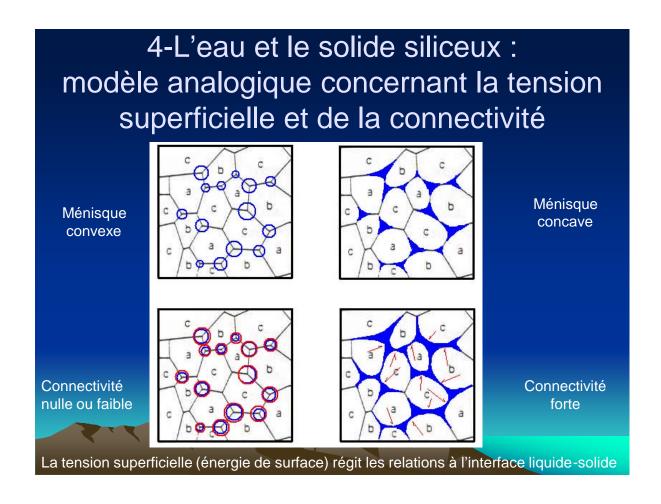
Silcrète en rognon: sol arénique argileux mal drainé souvent accompagné de dépôts d'alios Saint-Bonnet de Four

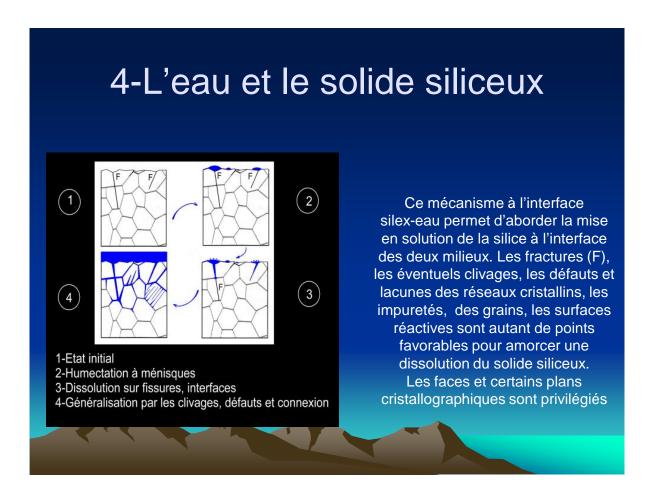
4-L'eau, le silex et le dépôt du Fer

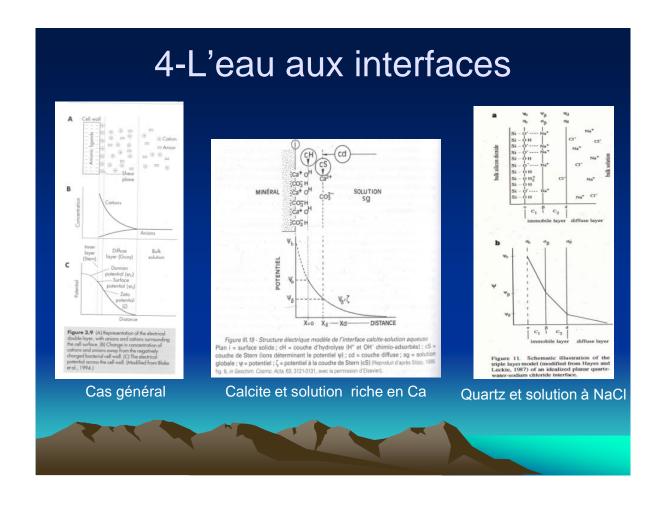


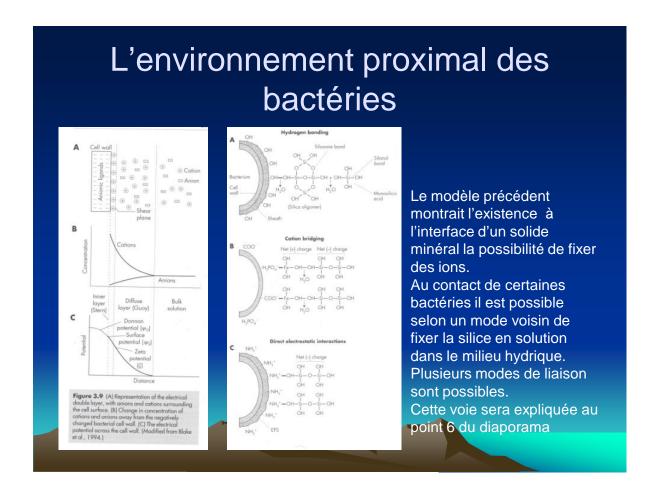
Les diagrammes de spéciation Métallique permettent d'évaluer les paramètres physico-chimiques qui gèrent la mobilité (transport) et le dépôt d'un métal en milieux aqueux. Les systèmes à conditions de BT (ici 25°c et à basse pression) sont assez biens connus. Par contre les systèmes impliquant certains complexes et métaux rares sont encore à connaître.... C'est probablement l'une des voies à partir de laquelle l'on découvrira certaines anomalies géochimiques des silex. D'autres voies sont également Possibles.

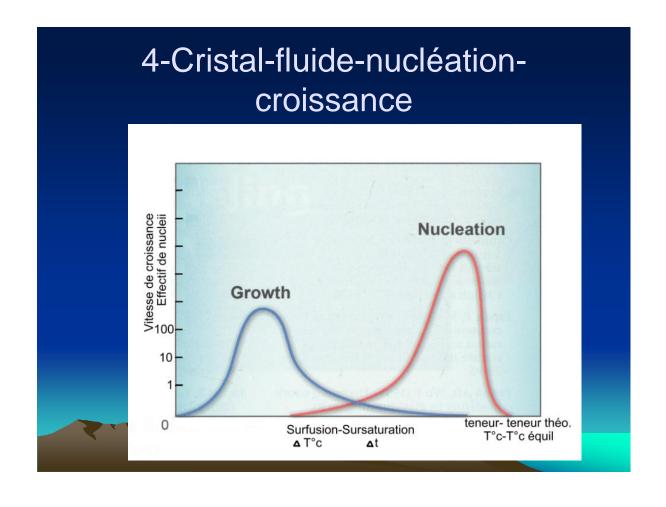












4-Nucléation sur un substrat

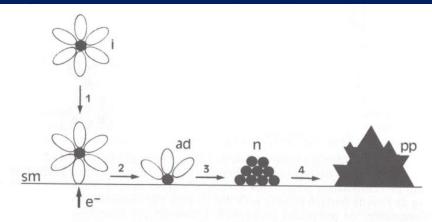
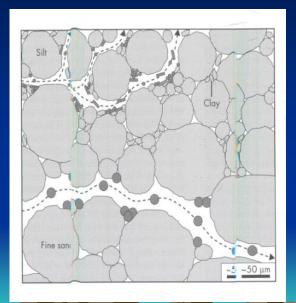


Figure III.21 - Etapes de la précipitation de surface sur un substrat semi-conducteur i = ion; sm = surface minérale; ad = adatome; n = nucleus; pp = précipitat de surface. (1) = diffusion globale; (2) = transfert électronique; (3) = diffusion de surface; (4) = croissance à partir du nucléus [Reproduit avec la permission de Greef et al., 1990, fig. 9-1, in Instrumental Methods in Electrochemistry, 2nd edition, avec la permission d'Horwood Publ. LTD].

4-L'eau et le milieu siliceux



La mise en porosité d'un milieu siliceux conduit rapidement à basculer d'un système idéalement abiotique vers un système biogéochimique. La prolifération des bactéries dans l'eau portée par un milieu sableux en est ici un exemple. D'une façon générale les matériaux situés dan les sols humides sont mis en contact avec les mycorhizes des champignons, les rhizoides et les racines des végétaux. La matière organique avec les acides organiques, les chélates, facilitent avec l'eau l'altération des substrats et la mise en solution par échange d'ions.

La silice n'échappe pas à ces remobilisations tant dans les sols que dans avec leurs substrats. Les végétaux en bénéficient (châtaignier, prêles,...)

Chélate: cation métallique fixé par 2 ou plusieurs liaisons à des molécules complexes

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

Géochimie des silex 2

Distribution des éléments Problèmes de normalisation des données géochimiques

Loi d'ODDO-HARKINS

L'abondance des éléments naturels classés selon leurs n° atomiques croissants et à partir du carbone (Z=5) suit une décroissance jusqu'au plomb (Z=82) avec une distribution en dents de scie. Les n° de Z pairs ont des teneurs supérieures à celles de leurs deux voisins (Z-1 & Z+1).

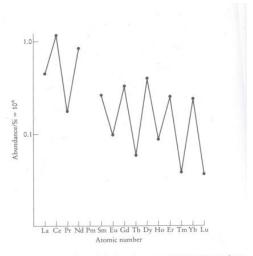
Ceci est vrai pour tous les milieux analysables:

```
* terrestres (basaltes, granites, silex, etc...),
* stellaires (soleil, comètes, chondrites,....
* galactique (notre propre galaxie, Andromède, etc...).
```

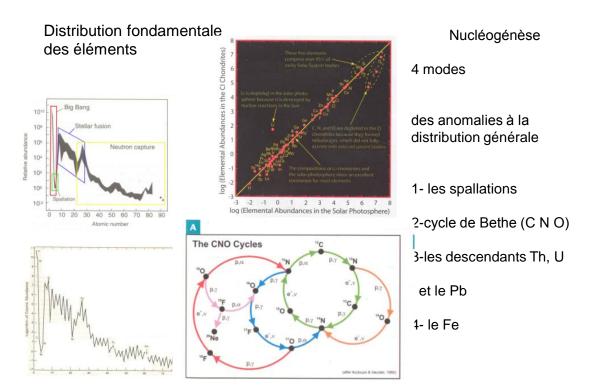
Cette loi est universelle.

Loi d'Oddo-Harkins

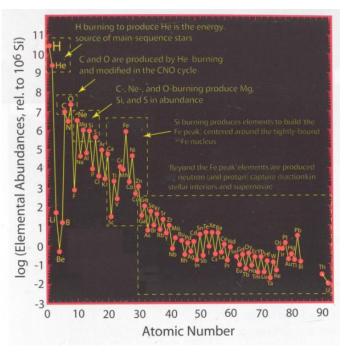
Exemple: la distribution des terres rares



Rare earth element abundances (log scale) in the solar system plotted against atomic nun Data from Anders and Ebihara (1982), normalized to $\mathrm{Si} = 10^6$ atoms. Elements with atomic numbers have higher abundances than those with odd atomic numbers.



Loi d'Oddo: distribution des éléments



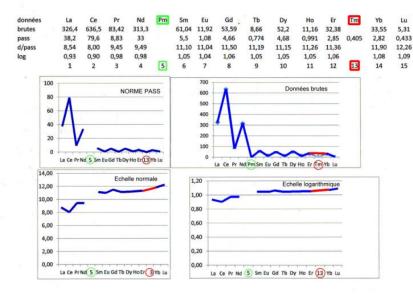
Pourquoi cette distribution favorisant en général les nombres Z pairs?

Les noyaux les plus stables sont les plus produits Stabilité des noyaux atomiques liées aux énergies de liaison nucléaires des nucléons (protons et neutrons)

Zp+Np> plus de production Zi+Ni > moins de production

Z	N	Élément		Énergie de liaison par neutron (MeV)
1	1	Hydrogène ²	2,225	2,225
2	2	Hélium	19,814	20,578
3	3	Lithium	4,588	5,663
4	4	Béryllium	17,255	18,900
5	5	Bore	6,586	8,436
6	6	Carbone	15,957	18,722
7	7	Azote	7,551	10,553
8	8	Oxygène	12,127	15,664
9	9	Fluor	5,607	9,149
10	10	Néon	12,844	16,865
11	11	Sodium	6,740	11,070
12	12	Magnésium	11,693	16,531
13	13	Aluminium	6,306	11,365
14	14	Silicium	11,585	17,180
15	15	Phosphore	5,595	11,319
16	16	Soufre	8,864	15,042
17	17	Chlore	5,143	11,508
18	18	Argon	8,507	15,255

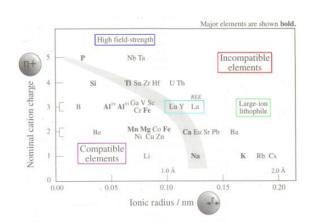
Loi d'Oddo : Nécessité ou non d'éviter les effets de la loi! Principe de la normalisation & norme PASS Cas d'une movenne de silex: Belle-Motte (Bédoulien)

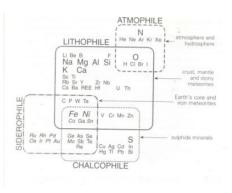


- Nécessité ou non de corriger les effets de cette loi?
- Exemple: Etude d'un silex: Terres rares Silex bédouliens de Belle-Motte

Choix des normes

- Le modèle cosmogénique: le choix des éléments par les magmatistes repose :
- 1- sur l'héritage géochimique ancien lié à la genèse du système solaire (choix de la norme chondritique par exemple)
- 2- sur les grandes affinités géochimiques des éléments (selon Goldschmidt)
- 3- sur l'essai de mise en évidence des effets de processus géochimiques liés à l'évolution des matériaux (fusion et effets de source, différenciation, altération,....) qui tiennent compte à la fois des rayons ioniques des éléments et de leurs charges. Pour les silex?
- 4- pour les roches sédimentaires? Terrigènes? Volcanogènes? Carbonatées? Evaporitiques?
- 5- Choix: PASS ou NASC?
- · 6- Est-ce un bon choix pour étudier la géochimie des silex?





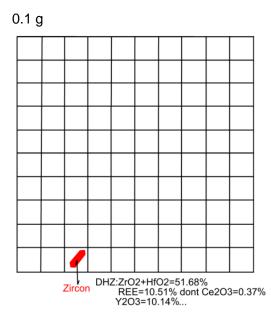
Géochimie des silex 3

- Lesquels? Marins de plateforme, marins des grands fonds
- Continentaux: lacustres, bassins endoréïques
- silcrètes pédogénétiques, silcrètes de nappe
- Hydrothermaux: jaspéroïdes, sinters,....
- Héritages successifs:
- Matériaux antérieurs: important?
- Stade hydrique et transport de la silice? Subtil car discret
- Stade dépôt, épigénie-remplacement-diagenèse siliceuse? Idem
- Stade post diagenèse? discret
- Stade altération précoce? notable
- Stade altération (gîte secondaire) Variable, important, multitude de cas
- Choix d'une norme commune?
- Sortir ou non d'un embrigadement méthodologique hérité: la démarche typologique naturaliste est très utile mais elle doit prendre en considération les mécanismes qui gèrent dans le temps la composition du matériau silex

Effet "pépite"

- Cet effet concerne avant tout l'analyse des matériaux très pauvres en éléments traces et dominés par un ou plusieurs éléments majeurs très abondants.
- C'est le cas des silex où SiO2 est souvent supérieur à 95%. La présence d'un élément dominant laisse de ce fait peu de place pour les autres éléments à doser....
- Problème analytique: quelle est la masse à analyser pour qu'elle soit significative? Réponse d'un polytechnicien statisticien géologue dans les années 50: Prendre au delà de 100 fois le volume du plus gros grain. Pour un granite à mégacristaux de 10cm³ il faudrait théoriquement analyser au minimum 1000cm³ de matière..... 10fois c'est mieux! Ou plus....
- D'où pour réduire les hétérogénéites la nécessité d'effectuer une préparation au broyage de l'échantillon suffisamment fine en granulométrie et homogène pour être significative (pb du quartage, prise analytique avec les ICP, ICPMS, etc... nécessitant des solutions "claires")(Rappel: préparation à l'attaque de 50 à 100 microgrammes).
- L'application du principe est très délicate à pratiquer dans les conditions cidessus : problème bien connu sur les gîtes métalliques à éléments précieux dispersés : cas de l'or où souvent l'échantillon significatif à analyser fourni par les statisticiens est supérieur (en théorie) à la totalité du gisement à exploiter...d'où les problèmes analytiques liés à l'effet pépite...

Effet pépite



Dans le cas précis la probabilité de trouver du Hf à analyser sera de 1%

Dans ce cas il y aura très peu d'analyses indiquant la présence de Zr, Hf, Ce et Y si les prises sont de 0.1 gramme

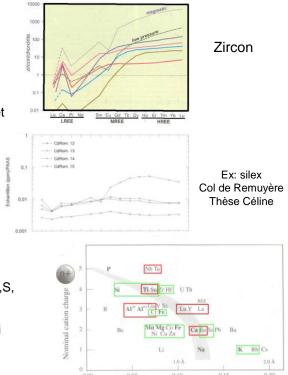
L'analyse des traces lorsqu'elles sont supportées par un minéral très riche implique dans un matériau non homogène d'éviter l'effet pépite

La prise implique une masse importante à analyser suivie d'une extraction des éléments à doser

Ex: analyse du Pt, Pd, Rh,.. dans le manteau (niveau ppb) prise initiale à 10 grammes suivie d'une extraction pour l'analyse ICPMS

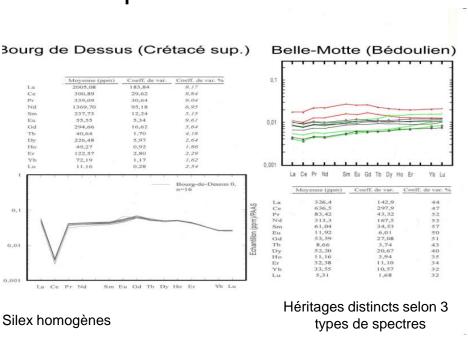
Effet pépite

- Dans le cas des silex il y a quelques minéraux qui contrôlent fortement cet effet et qui sont assez communs....
- Zircon: Zr, Hf, Th, P, U,...
- Rutile: Ti, Sn, Cr, Ta, Nb,....
- Tourmaline: U, B, F,....
- Sphène (Titanite CaTi(SiO₄)(O,OH,F)): Ti, Nb, Ta, Y,REE,....
- Apatite (PO4)₃ Ca₅ (OH,F,Cl):Sr,Pb,Ba,Si,S, REE,U,etc....
- Monazite:(Ce,La, Th) PO4: REE,Th,U, Si (substitution coupléeTh4+ Si4+ par Ce3+ P5+)



Exemple: silex du Vercors

Substitutions simples



Effet pépite : cas des REE

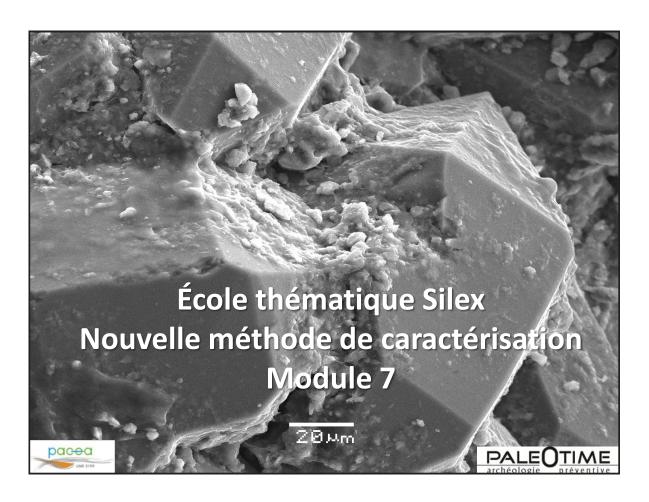
Nom	Formule chimique	Système	- % Oxydes terres rares
Bastnaésite	(Ce,La)(CO ₃)F	rhomboédrique	74,81
Parisite	Ca(Ce,La,Nd) ₂ (CO ₃) ₃ F ₂	rhomboédrique	62,60
Synchisite	Ca(Ce,La,Nd)(CO ₃) ₂ F	orthorhombique	52,64
Cordylite	Ba(Ce,La) ₂ (CO ₃) ₃ F ₂	hexagonal	51,60
Ancylite	SrCe(CO ₃) ₂ (OH)·(H ₂ O)	orthorhombique	42,8
Huanghoïte	(Ba,Ce)(CO ₃) ₂ F	rhomboédrique	39,40
Monazite	(Ce,La,Nd,Th)PO ₄	monoclinique	69,73
Xénotime	YPO ₄	quadratique	61,4
Churchite	YPO ₄ ·2(H ₂ O)	monoclinique	51,34
Florencite	(La,Nd,Ce)Al ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ₆	rhomboédrique	32
Cérianite	(Ce,Th)O ₂	cubique	63,09
Loparite	(Ce,Na,Ca) ₂ (Ti,Nb) ₂ O ₆	cubique	29,84
Gadolinite-(Ce)	$(Ce, La, Nd, Y)_2Fe^{2+}Be_2Si_2O_{10}$	monoclinique	59,56
Gadolinite-(Y)	$Y_2Fe^{2+}Be_2(Si_2O_{10})$	monoclinique	48,27

Minéraux rares et pour la plupart dans les roches alcalines. Par contre le groupe des crandallites dont la florencite fait partie est présent dans les sols. Utile à connaître pour les silex liés aux phosphates sédimentaires



D'après le Canard enchaîné du 15 décembre 2010, avec l'aimable autorisation du Canard et de

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016



PLAN

État de l'art

Protocole niveau 1 : diagnose classique renouvelée

Protocole niveau 2 : diagnose qui intègre la chaine

évolutive

Protocole niveau 3 : diagnose des transformations minéralogiques et chimiques du cœur à la périphérie des silicifications

Conclusions et perspectives

Un objectif à ne jamais oublier

Décrypter les rapports entre les hommes préhistoriques et leur territoire Par la détermination de la provenance du lithique

Par la mise en commun et l'harmonisation des données des disciplines concernées : archéologie, géologie, cartographie, pétrologie, minéralogie, géochimie, taphonomie, tracéologie, géoarchéologie



Protocole de caractérisation Historique

-Dès la fin du 19^è siècle les archéologues s'intéressent à l'origine des silex:

Meillet 1862, Boule 1887, Hue 1910, Hewitt 1915, Bouyssonie 1931, Curwen 1940, Méroc 1943, Bordes 1947, Hurst et al 1961, Simonet 1967, Bintz 1970, Séronie-Vivien 1970, Turq 1976, Morala 1978, Demars 1980, Geneste 1985, Mauger 1985, Aubry 1988, Chalard 1992, Binder 1994, Grünwald 1994, Bon 1996, Riche 1998, Feblot-Augustin 1997, Bon 2000, Grégoire 2000, Affolter 2001, Primault 2003, Bressy 2002, Néraudeau 2004, Allard 2005, Djindjan 2005, Marchand 2010, Bordes 2012, Tomasso 2014, Bostyn *et al.* 2014, Caux 2015, Delvigne 2016...

- Depuis plus de cinquante ans géologues, cristallographes, minéralogistes, micropaléontologues, géoarchéologues, pétroarchéologues, tracéologues, archéomètres, géochimistes et physiciens collaborent :
 - 10 Flint Symposiums depuis 1969, Silex et Préhistoire Bordeaux 1982, Table ronde d'Aurillac 2002, Table ronde de Latte 2008, Table ronde de Lyon 2010, QP18 Marqueurs minéralogiques 2012, Séances SPF Nice 2013, UISPP Commission on Flint Mining 2012,2016, Raw Material Faro 2016 et plusieurs bilans Malissen 1974, Masson 1981, Trauth 1983, Séronie-Vivien 1987, Kempe and Harvey 1983, Church 1994, Delage C 2003, Crandell 2008, Fernandes 2012...

État de l'art

Pétrologie et échelles d'observation

Approches macroscopiques et mésoscopiques :

- Micropaléontologiques
- Pétrofabriques
- Altérologiques

Approches microscopiques et ultramicroscopiques :

- Minéralogiques
- Micropaléontologiques
- Pétrofabriques
- Altérologiques

Outils d'imagerie et analyses élémentaires

- la binoculaire, le macroscope, de 10 à 200X
- le microscope polarisant,
- le MEB associé à sondes
- le microscope confocal
- Analyse d'image

7

État de l'art

Analyses chimiques

- Spectrométrie de résonnance magnétique nucléaire
- -Spectrométrie du proche et du moyen infrarouge
- -Spectrométrie Raman
- Spectrométrie de rayonnement X : les XRF,ED-XRF, PIXE et analyses de fluorescence
- Microsonde Castaing avec MEB
- Spectrométrie par ICP: MS, AES et LA ICP MS
- Activation neutronique...

Autres outils

- Analyses isotopiques de l'oxygène et du silicium
- Analyses isotopiques du Strontium et de Rubidium
- les inclusions par microthermométrie, par Spectrométrie Raman
- Oxydes et inclusions métalliques

9

État de l'art

Quels types d'échantillons

Il faut se rapprocher de l'objet archéologique :

Blocs : pour l'habitus et les états de surface macro et mésoscopiques

Éclat à cassure fraiche pour : MEB et confocal pour la pétrofabrique et les états de surface micro et ultramicroscopiques

Talon poli de l'épaisseur de la majorité des objets : pour la pétrofabrique et la micropaléontologie

Lames minces non couvertes (30 μ m et 300 μ m) : pour la minéralogie la pétrofabrique et l'altération (microscope polarisant, LA ICP MS, Raman et spectroscopie infrarouge).

Prélever des échantillons en notant la polarité

Niveau 1

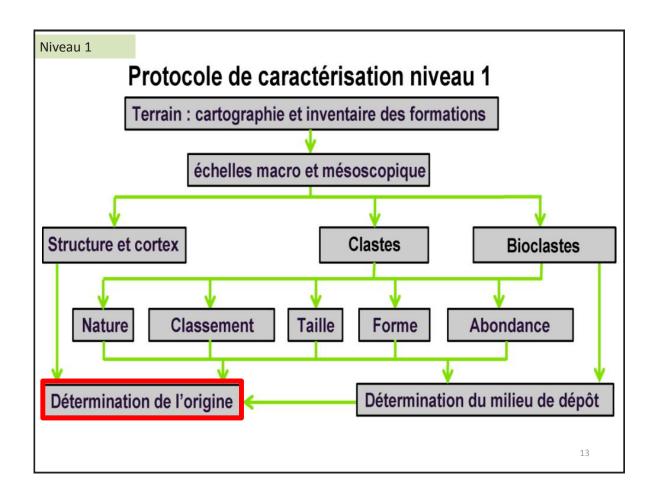
Deuxième partie : le niveau 1 ou diagnose classique renouvelée

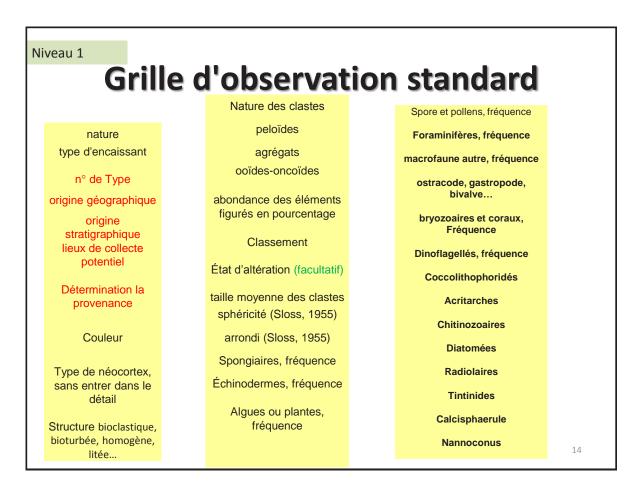
protocole adapté aux grandes séries lithiques on prélève un échantillon représentatif par formation on utilise les lithothèques existantes associées à un SIG classique

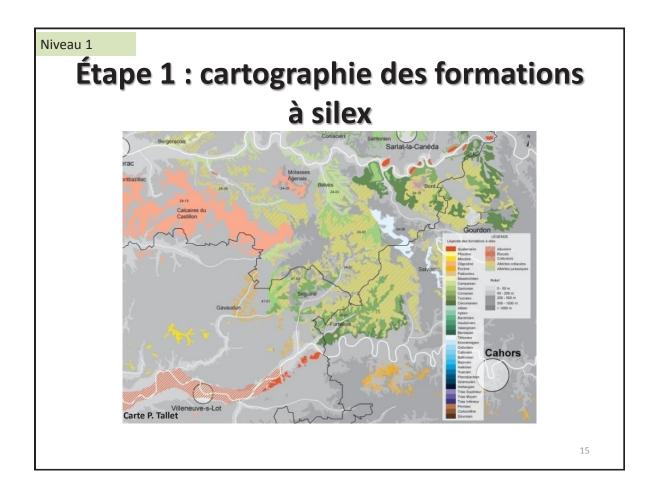
11

Niveau 1

Observations aux échelles macroscopiques et mésoscopiques de la totalité des objets

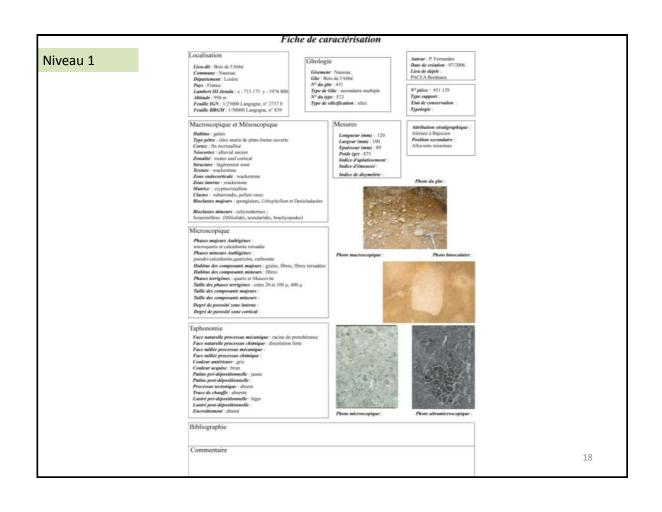






série-étage des encalssants	nom de la formation	âge du silex ou de la silicification	localisation	milieu	type de silex	habitus	épaisseur du cortex	taux de fragmentation	type de cortex	stigmates et patines	couleur de la matrice
Quaternaire	alluvions anciennes Fy, terrasse 0-10 m	Campanierret Plio- guaternaire	saint-Amboise	continental	silex marins et lacustres	galets alluviaux et blocs roulés de silex pluridécimétriques	non observé	faible	alluvial	patine absente, noire et brune	grise
Quaternaire	alluvions anciennes Fx, terrasse 10-20 m	Campanien et Blio- quaternaire	Saint-Amboise	continental	silex marins et lacustres	galets alluviaux et blocs roulés de silex pluridécimétriques	absent	falble à moyen	alluvial	racine de guillocahge et patines absente, noire et brune	blonde à grise
Quaternaire	alluvions anciennes Fw, terrasse 20-30 m	Campanien et Pio- quaternaire	Bois-Le-Roi	continental	silex marins et lacustres	galets décimétriques alluviaux et blocs roulés	plurimillimétrique	moyen à fort	alluvial et gélifract	patine blanche noirs et bruns	blonde
Quaternaire	Callloutis de Sénart alluvions anciennes Fv, terrasse 45-55 m	Campanien et Pilo- quaternaire Campanierset Pilo-	Dammarie-Les-Lys, la Rochette	continental	silex marins et lacustres	galets décimétriques alluviaux et blocs roulés	plurimillimétrique	faible à moyen	alluvial et gélifract	patines blanche, jaune, noire et brune	blonde
Quaternaire	alluvions anciennes Fu, terrasse 65 m	Campaniemet Plio- guaternaire	carrefour de la Table du Roi	continental	silex marins et lacustres	fragments centimétriques	non observé	falble à moyen	alluvial et gélifract	patine jaune noire et brune	non observé
indéterminés	argiles à silex	Campanien supérieur	Malassise	continental	silex marin	rognons de silex branchus entiers et galets décimétriques	non observé	faible à moyen	alluvial	patine blanche, jaune ou noire	non observée
indéterminés	nappe à galets noirs, issue des formations yprésiennes	Campanien et Pilo- quaternairo	Voulx	continental	silex marins et lacustres	galets alluviaux et blocs roulés, infradécimétrique	non observé	non observé	alluvial	patine noire et brune	non observée
Miocène	calcaires de Pithiviers	Plio-Quaternaire	Nangeville	lacustre	meulières	bancs pluridécimétriques	plurimillimétrique	faible	faciès sub-primaire	absente	non observée
indéterminés	limons des plateaux LP	Campanien supérieur	le Plisson, Voisenon	continental	silex marin	blocs roulés silex tertiaires de 10 cm maxi et galets de petite taille silex crétacés, issus des sables de Fontainebleau	plurimillimétrique	faible à moyen	faciès marin évolué	à patines noire et grise	non observée
indéterminés	colluvions issus des sables de Fontainebleau RC g2	Campanien et Blio- quaternaire	Bois de marché Marais	continental	silex marins et meulières	galets marins de 5 à 20 cm, issus des sables de Fontainebleau	non observé	faible	faciès marin évolué	ovoides avec traces de chocs importantes et patine grise	non observée
indéterminés	poudingue de Pers-en- Gatinais	Campanien supérieur	Montmachoux	fluviatile	silex marin	galets de silex jurassiques et crétacés 20 à 40 cm	non observé	faible à moyen	alluvial	patine grise ou noire, avec traces de chocs importantes, d'origine marine ou fluviatile	non observée
amplen supérieur	argiles de Montmorency	Plio-Quaternaire	Sain-Yon-Montils	continental	meulières	blocs pluridécimétriques	plurimillimétrique	faible	faciès sub-primaire	absente	non observée
amplen supérieur	calcaire d'Étampes	Plio-Quaternaire	Carrefour de la table du Grand Maitre	lacustre	meulières	bancs pluridécimétriques	plurimillimétrique	faible	faciès sub-primaire	aspect quartzitique	non observée
ampien supérieur	sables de Vauroux et de Pierrefitte	Campanien supérieur	Étampes, Saint-Hilaire	dépôt de chenal	silex marin	galets de 1 à 5 cm	non observé	faible	alluvial	ovoïdes avec traces de chocs importantes avec ou sans patine blanche	grise à blonde
ampien supérieur	Sables à galets d'Étréchy	Campanien supérieur	carrière du Mississipi	cordon littoral	silex marin	galets de 1 à 20 cm	non observé	faible	faciès marin	ovoïdes avec traces de chocs importantes avec ou sans patine blanche avec traces de chocs	grise à blonde
ampien supérieur	Sables à galets de Saclas	Campanien supérieur	Nanteau-sur-Essone	cordon littoral	silex marin	galets de 1 à 20 cm	non observé	non observé	alluvial	importantes, patine blanche à brune	grise à blonde
ampien moyen et supérieur	Sables de Fontainebleau g2a-b	Campanien supérieur	Vert-Saint-Denis, Montaigu, Bois du Jard, Beauregard, Diant	cordon littoral	silex marin	galets marins de 5 à 20 cm	absent	faible	faciès marin	ovoides avec traces de chocs importantes avec ou sans patine blanche	grise
ampien inférieur	zone de Larchant	Campanien et Plio- quaternaire	Villiers-sous-Grez	continental	silex marins et lacustres	galets marins de 10 cm	non observé	non observé	faciès marin	non observé	non observée
ampien inférieur	calcaire et meulières de Brie g1b	Plio-Quaternaire	Thorigny, Ponceaux, plateau Briard	continental	silcrètes plio- quaternaires	dalles et bancs de silcrètes et silex lacustres, de 10 à 70 cm	plurimillimétrique	faible	faciès sub-primaire	absente	beige
Éocène	Poudingue de Neumours	Campanien supérieur	Bolsroux-Rebours	fluvial à lacustre	silex marin	rognons et blocs roulés jurassiques et crétacés, pluridécimétriques	non observé	non observé	alluvial	patine noire et brune avec traces de chocs importantes	non observée
Bartonien	Marnes de Pantin e7b	Plio-Quaternaire	la Chapelle-Gauthier	lacustre	silex et silcrètes	rognons siliceux	non observé	non observé	faciès sub-primaire	absente	non observée
Bartonien	Calcaire de Champigny	Plio-Quaternaire	Le Mée-sur-Seine-Bois-Le- Roi	continental	silcrètes	non observé	non observé	non observé	faciès sub-primaire	absente	non observée
Bartonien	Calcaire de Saint-Ouen	Plio-Quaternaire	Laval-en-Brie	laguno-continental	silex et silcrètes	non observé	non observé	non observé	faciës sub-primaire	brune	grise à blonde
Yprésien	sables à galets noirs	Campanien supérieur	Voulx	fluviatile	silex marin	galets Sénoniens noirs ou blanchâtres de 3 à 10 cm	non observé	faible	alluvial	ovoïdes avec traces de chocs importantes	grise
npanien supérieur	crale blanche à Belemnitella	Campanien supérieur	Chaumont	marin	silex marin	rares rognons dans partie supérieure	plurimillimétrique	faible	faciës sub-primaire	non observé	grise à blonde
mpanien inférieur	crale blanche sèche	Campanien supérieur	Pont-sur-Yonne	marin	silex marin	silex peu abondants	centimétrique	faible	faciès sub-primaire	rognons branchus gris à bruns à cortex épais, 30 à 40 cm	grise à blonde
Santonien	crale blanche noduleuse	Santonien	Gisy-les-Nobles	marin	silex marin	rognons	non observé	faible	faciès sub-primaire	non observé	grise à blonde

série-étage	nom de la formation		itions Car																														
l' Cartes géologiques		682	683	685	706	707	708	709	730	731	732	733	734	735	755	756	757	758	759	782	783	784	806	807	808	809	829	830	831	832	854	855	856
Miocène inférieur	Calcaire Gris de l'Agenais					_	_																			_							
Miocène inférieur	Calcaire Blanc de l'Agenais					_	_																	e1Mh		_	m1a	m1a	m1a		m1aC	m1a	
Oligocène inférieur	Monbazillac						_																	B		_	g2C2	g2C	g2C	gM	g2C	g2C	gC
Oligocène inférieur Eocène supérieur	Castillon					_	_																e7b-g1	g1Bs		_	g1C1 e7cC	g1 e7cC	g1C e7cC		g1C	g1C	
Eocene superieur						_	_																			_	e/cL	e/cL	e/cL				
Eocène supérieur	Langlès / Ste Croix de Beaumont																						e7a1				e7a-b		e7a-b			e7a-b	
Eocène supérieur	Ondes / St Cernin																						e6-7b					e7a-b			e7a-b	e6-7b	
Campanien 6	Maurens						_										c5Ma			c7			c7										
Campanien 5	Lalinde (24)				c7	c6e	c7			c6e	c6e	c6e				c6e				c6e	c5Ll		c6e	c5Cz				c6d-e	c6d-e				
Campanien 5	Lalinde (24)				c7	c6e	c7			c6e	c6e	c6e				c6e				c6e	c5LI		c6e	c5Cz				c6d-e	c6d-e				
Campanien 5	Mussidan (24)				c7	c6e	c7			c6e	c6e	c6e				c6e	c5Au			c6e			c6e	c5Cz					c6d-e				
Campanien 5	Aubeterre - c5 Au				c7	c6e	c7			c6e	c6e	c6e				c6e	c5Au			c6e			c6e	c5Cz		_			c6d-e				
Campanien 4	Barbezieux - c5 Ba				c7	c6d	c7		c7a	c6d	c6d	c6d				c6d	c5Ba	c6d		c6d	c5Lm		c6d	c5Cz					c6d-e	c5b-6			
Campanien 3	Biron - c5 Bi (16)	c6c			c6c	c6c	c6		c6c	c6c	c6c	c6c				c6c	c5Bi	c6c		c6c	c5Cs / c5Jo		c6c	c5Jo					c6c	c5b-6			
Campanien 2	Segonzac - c5 Sg	c6b			c6b	c6b	c6		c6b	c6b	c6b	c6b				c6b	c5Sg	c6b	c6b	c6b	c5Mg			cSTm					c6a-b	c5b-6	\vdash		
Campanien 1-2	Trémolat - c5 Tm (24)																							cSTm						c5b-6	\vdash		
Campanien 1	Trémolat - c5 Tm (24)																							c5Tm						c5b-6	\vdash		
Campanien 1	Gimeux - c5Gi	c6a			c6a	c6a	c6		c6a	c6a	c6a	c6a	c6a			c6a	c5Gi	c6a	c6a	c6a	c5At				c6a				c6a-b	c5b-6	\perp		
Santonien supérieur	St-Félix de Reilhac (24)	c5	c5		c5	c5	c5-6	c5	c5b	c5	c5	c5b-c	c5b-c		c5b-c			c5b-c	c5	c5	c4LM	c5c		c4Sv	c5c				c5b-c	c5b-6		c5b-6	c5b-c
Santonien supérieur	St-Félix de Reilhac (24)	c5	c5		c5	c5	c5-6	c5	c5b	c5		c5b-c	c5b-c		c5b-c			c5b-c	c5	c5	c4LM	c5c		c4Mz	c5c				c5b-c	c5b-6		c5b-6	c5b-c
Santonien supérieur	St-Félix de Reilhac (24)	c5	c5		c5	c5	c5-6	c5	c5b	c5		c5b-c	c5b-c		c5b-c			c5b-c	c5	c5	c4LM	c5c		c4Mz	c5c				c5b-c	c5b-6		c5b-6	c5b-c
Santonien supérieur	Saint-Laurent-des-Combes (16)																c4SL																
Santonien inférieur	Saintes	c5	c5		c5	c5	c5-6	c5		c5		c5a	c5a	c5	c5a			c5a	c5	c5		c5a		c4Bs	c5a				c5a	c4-5a		c5a	c4-5a
Santonien	Coutures	c5	c5		c5	c5	c5-6	c5	c5	c5		c5	c5	c5	c5			c5	c5	c5		c5		c4Bs	c5				c5a	c4-5a		c5a	c4-5a
Santonien	dans les Charentes : Saintes en Périgord : Boulazac - Boussitran - St-Laurent sur Manoire - St-Félix de Reilhac	c5	c5		c5	c5	c5-6	c5	c5	c5		c5a	c5	c5	c5			c5	c5	c5	c4LM/c4FR/ c4Bz/c4Bs	c5		c48s	c5				c5a	c4-5a		c5a	c4-5a
Santonien	dans les Charentes : Saintes en Périgord : Boulazac - Boussitran - St-Laurent sur Manoire - St-Félix de Reilhac	cS	cS		cS	c5	c5-6	cS	cS	c5		c5a	c5	c5	c5			c5	c5	c5	c4LM/c4FR/ c4Bz/c4Bs	cS		c4Bs	cS				cSa	c4-5a		c5a	c4-5a
Conlacien supérieur	Périgueux (24)	c4	c4		c4	c4	c4	c4	c4	c4		c4	c4	c4	c4			c4	c4	c4	c3Px	c4b		c3Ez	c4b				c4	c4-5a		c4	c4-5a
Conlacien	Cognac-Bourdeilles	c4	c4		c4	c4	c4	c4	c4	c4		c4	c4	c4	c4			c4	c4	c4	c3Px/c3Ez	c4		- 3	c4				c4	c4-5a		c4	c4-5a
Conlacien inférieur	La Rouquette (24)	c4	c4		c4	c4	c4	c4		c4		c4	c4	c4	c4			c4	c4			c4a		c3Rq	c4a				c4	c3c-4		c4	c4-5a
Conlacien inférieur	La Rouquette (24)	c4	c4		c4	c4	c4	c4		c4		c4	c4	c4	c4			c4	c4			c4a		c3Rq	c4a				c4	c3c-4		c4	c4-5a
Conlacien inférieur	La Rouquette (24)	c4	c4		c4	c4	c4	c4		c4		c4	c4	c4	c4			c4	c4			c4a		c3Rq	c4a				c4	c3c-4		c4	c4-5a
Turonien supérieur	Châteauneuf	c3c	c3b		c3b	c3c	c3b	c3b		c3c		c3c	c3c	c3c	c3b-c			c3c	c3c			c3c		c2Cq	c3c	c1-3b			c3b-c	c3c-4		c3b-C	с3
Turonien	Châteauneuf	c3	c3		c3	c3	c3	c3		c3			c3	c3	c3b-c			с3	c3					62	c3	c1-3b			c3	c3		c3b-C	c3
Turonien moyen	Les Mauds	c3b	c3b		c3b	c3b	c3b	c3b		c3b			c3b	c3b	c3b-c			c3b	c3b			c3b		c2Cp	c3b	c1-3b			c3b-c	c3a-b		c3b-C	c3
Turonien moyen	Saint-Valze	c3b	c3b		c3b	c3b	c3b	c3b		c3b			c3b	c3b	c3b-c			c3b	c3b			c3b		c2Cp	c3b	c1-3b			c3b-c	c3a-b		c3b-C	c3
uronien moyen basal	Domme (24)	c3b	c3b		c3b	c3b	c3b	c3b		c3b			c3b	c3b	c3b-c			c3b	c3b			c3b		c2Cp	c3b	c1-3b			c3b-c	c3a-b		c3b-C	c3
Turonien inférieur	Domme (24)	c3a	c3a		c3a	c3a	c3a	c3a		c3a			c3a	c3a	c3a			c3a	c3a			c3a		c2Dm	c3a	c1-3b			c3a	c3a-b		c3a	с3
énomanien supérieur			c2c		c2b2	c2b	c2c	c2c		c2b			c1-2	c1-2				c1-2	c1-2			c1-2			c1-2	c1			c2	c1-2			c1-2
Cénomanien moyen	Sireuil (16)	c2a	c2b		c2b1	c2a	c2b	c2b		c2a			c1-2	c1-2				c1-2	c1-2														
Cénomanien Inférieur	Archingeay	c1	c2a		c2a1-2-3	c1	c2a	c2a		c1			c1-2	c1-2				c1-2	c1-2														
Tithonien supérieur	Cazals																																j9b
Oxfordien moyen et supérieur	La Braconne																																
Callovien sup	formations à vérifier : Pamproux ou Pierre chauffante			j1																													
Callovien inf	Pamproux			j1																													
Bathonien	Ruffec																																
Bajocien	St-Maixent																																
Domérien	Pierre rousse																																
Domérien	Pierre rousse																																
Sinémurien	Calcaires jaunes Nankin																																
Sinémurien	Calcaires jaunes Nankin																																
Sinémurien	Cakaires jaunes Nankin																																
Sinémurien	Calcaires jaunes Nankin																																



Description des clastes Intégrer le semi quantitatif par l'utilisation de chartes

- Abondance
- Classement
- Arrondi
- Sphéricité
- Taille
- Nature
- Orientation
- État d'altération

19

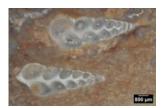
Niveau 1

Analyse des bioclastes

Micropaléontologie benthique, planctonique, palustre, lacustre et continental?

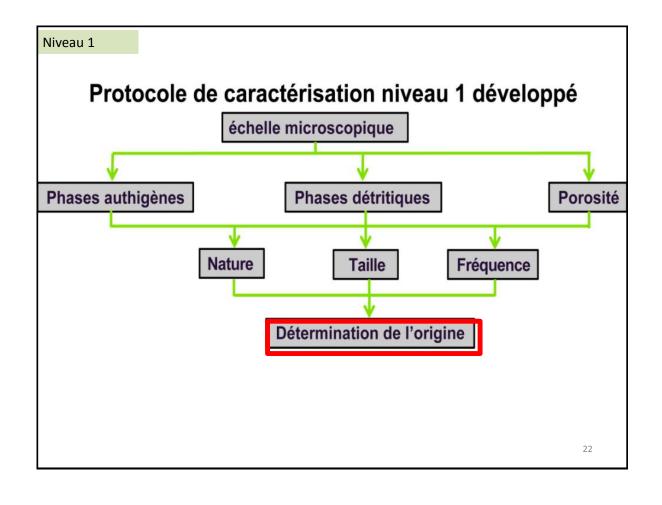






le niveau 1 développé diagnose développant la minéralogie ou les approches physico-chimiques

protocole adapté aux grandes séries lithiques



Grille d'observation développée

Nature de la forme authigène principale :

Nature des formes authigènes secondaires :

Matrice: crypto, micro, macro

Taille moyenne des cristaux de remplacement de remplissage

et de recristallisation:

Nature des éléments détritiques :

Taille des éléments détritiques :

Fréquence:

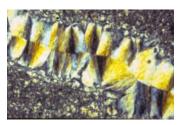
Type de porosité aux différentes échelles :

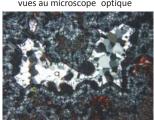
Pseudomorphoses:

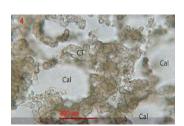
23

Niveau 1

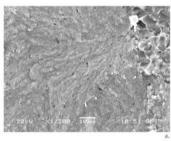
Minéralogie

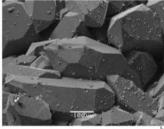






vues au microscope électronique à balayage



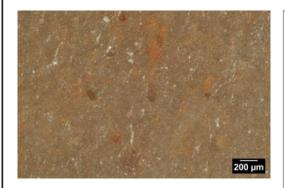




Les formes de la silice : a. calcédoine, b. quartz, c. opale. (Photos P. Fernandes, F. X. le Bourdonnec, CRP2A, Université Bordeaux 3).

Il est fait de plusieurs formes de silice : calcédoine, quartz et opale CT

Exemples de phases détritiques



Grains de quartz (photo bino)



Muscovite et grains de quartz LPA

25

Résultats du niveau 1



Les limites du niveau 1

Des diagnoses complexes qui ne permettent pas de déterminer pas la totalité des objets

Des protocoles insuffisamment interdisciplinaires

Un vocabulaire parfois inapproprié

Une palette analytique souvent inadaptée aux problématiques des silex

Et surtout une sous exploitation des capacités d'enregistrement propres aux silex

Des diagnoses complexes

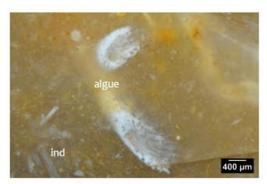


Photo 2 – Échantillon géologique HS7, texture wackestone à fragments d'algues et élément indéterminé.



Photo 2 – Échantillon archéologique n° 391, texture wackestone à débris de bryozoaire.

20

Niveau 1 classique

Dasycladacées ou échinide?



Faux amis jusqu'à l'échelle microscopique



Bédoulien Cruas (Ardèche)

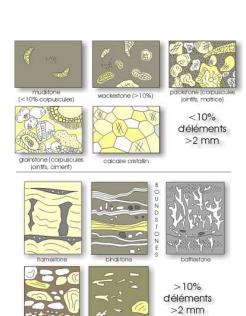


Aalénien-Bajocien de Naussac (Lozère)

31

Niveau 1

Les classifications ne sont pas adaptables au silex



Car la texture des silex ne reproduit pas complètement le microfaciès (la texture originelle du sédiment)

Il faut intégrer des indices discriminants supplémentaires

Déterminer les déplacements des hommes préhistoriques et participer à l'étude taphonomique du site étudié demande un complément d'information.

- en reconstituant l'itinéraire parcouru par le silex avant sa collecte par l'homme préhistorique,
 >>> nous précisons la provenance du mobilier lithique présent dans une unité archéologique;
- en décryptant l'intensité et la chronologie des mécanismes susceptibles d'avoir pris part à la sédimentogenèse et à la diagenèse des dépôts,

>>> nous participons à l'évaluation du degré d'intégrité de la zone fouillée.

33

Niveau 2

Troisieme partie niveau 2 d'analyse: une diagnose qui intégre la notion de Chaîne évolutive

sur le terrain : vers un protocole dynamique, on prélève 50 echantillons par formations superficielles.

prélever les échantillons en notant la polarité constitution de lithothèques renouvellées

passage à un SIG dynamique

en laboratoire quatre outils utilisés : binoculaire, microscope polarisant, MEB et confocal

Notion de base : définition des types

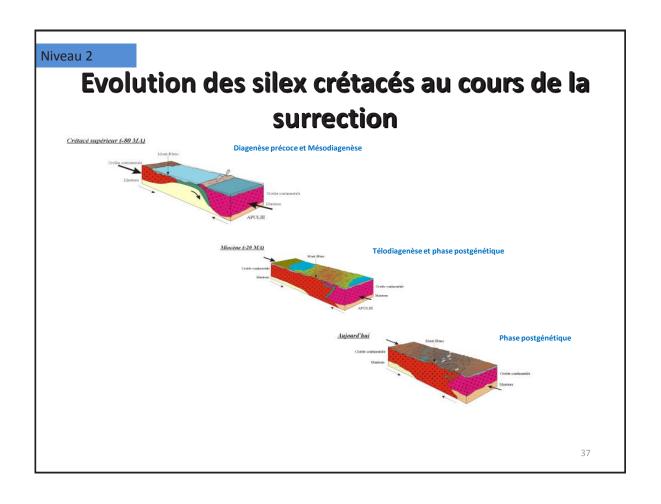
Types	Histoire	Mécanismes
archéologique	évolution postdépositionnelle : postérieure à la taille	transformations au sein du gisement archéologique : altération, néo-cortex secondaire
	Récolte par les préhistoriques et i	ntroduction dans le site
gîtologique	évolution prédépositionnelle : remaniement	transformations post-génétiques : désagrégation, traces de chocs, altération, néo-cortex
	Mise à l'affleure	ment
génétique	formation des silex	Processus enregistrés pendant la sédimentation et la lithification, cortex

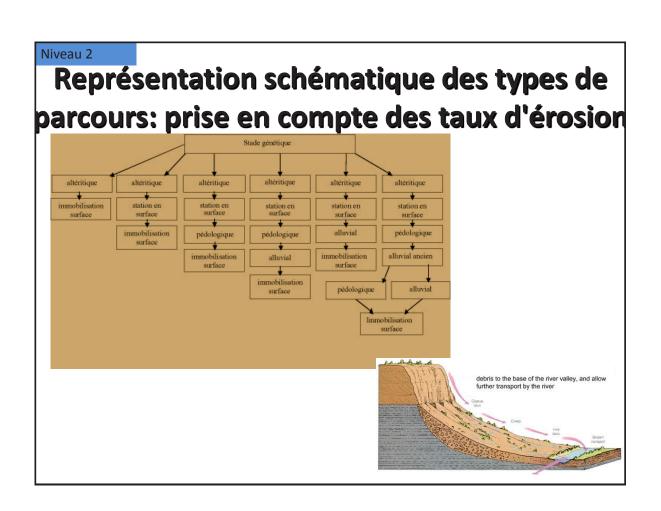
35

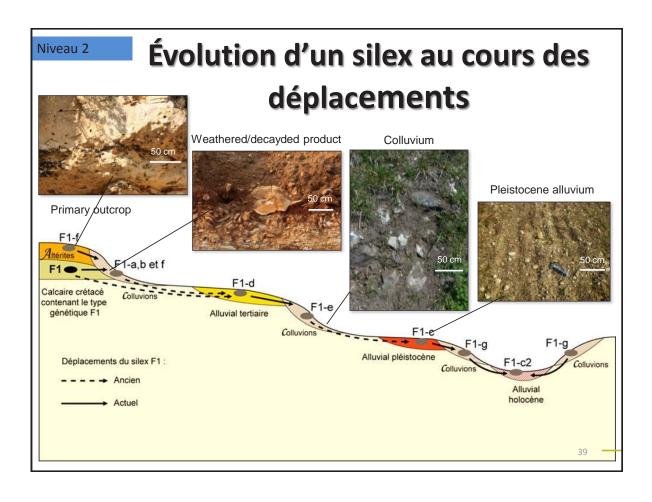
Niveau 2

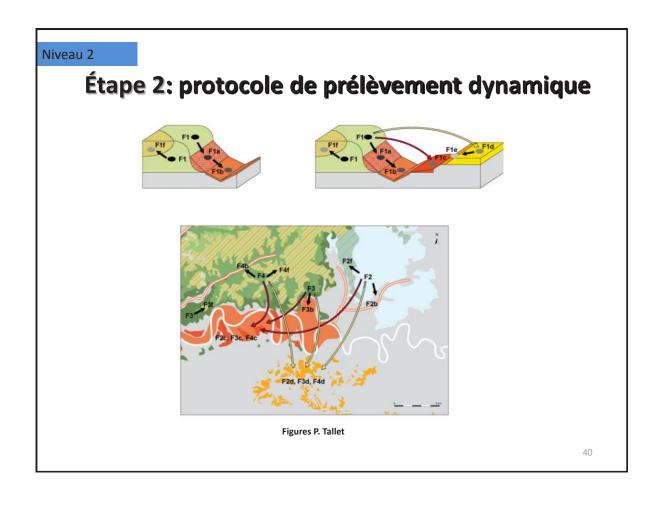
Notion de base : la chaine évolutive rapportée à l'archéologie

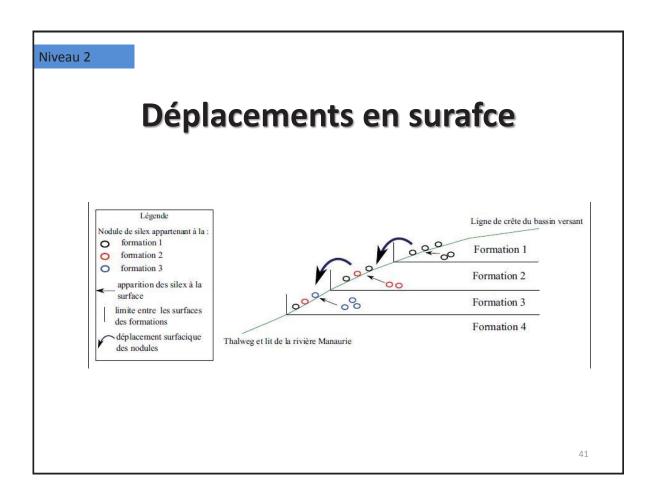
Collectes préhistoriques	Histoire		Stades génétiques	Évolution	Mécanismes
	Dépôt archéologique	enèse	Postdépositionnelle	pète	Dépot et remaniement anthropiques : désagrégation, abrasion, traces de chocs, altération, patine secondaire
	Remaniement	Post-genèse	Prédépositionnelle	Centripète	Remaniement et dépôt : désagrégation, abrasion, traces de chocs, altération, patine
	Arrivé à l'affleurement		Initiale		Dissolution, recristallisation
		nèse	Lithification	ifuge	Cristallisation initiale, dont cortex
	Sédimentaire	Diagenèse	Sédimentation	Centrifuge	Diminution de la porosité (compaction)

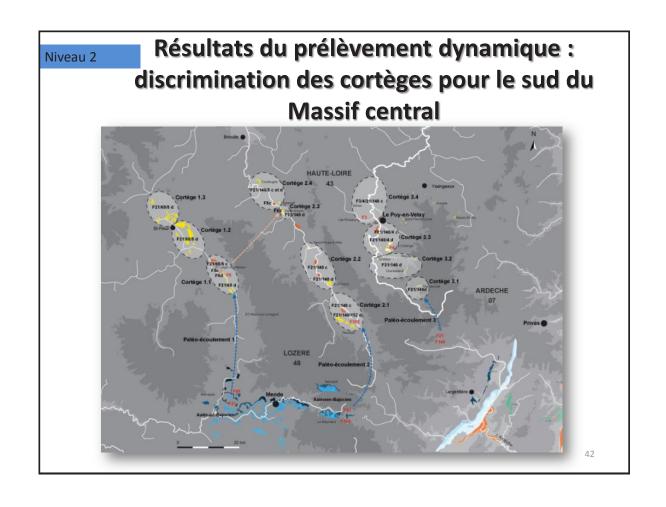


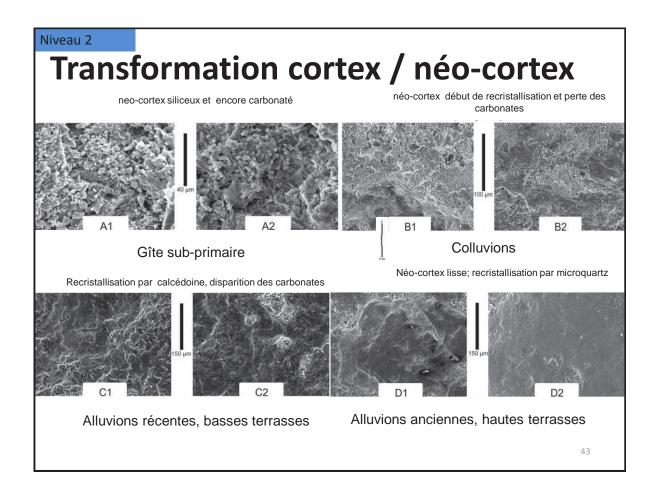


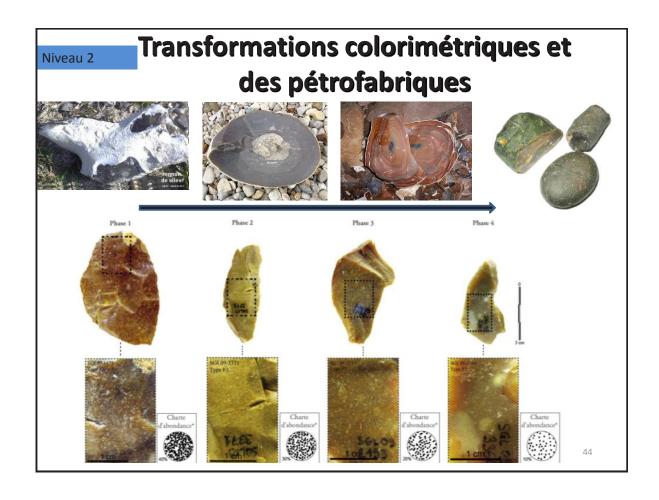




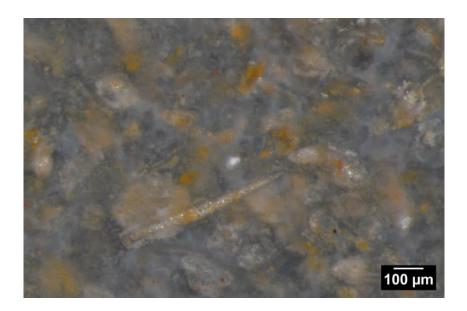








Évolution minérale intraclastique



45

Niveau 2

Au niveau 2 on utilise trois grilles d'observation. Seule la première est utile dans le cadre d'une recherche de provenance

Les trois grilles d'observation

La grille 1 : présente les informations sur les effets des processus liés à la phase prédépositionnelle ; les surfaces observées correspondes au cortex et au surfaces liées à la lithoclase prédépositionnelle.

La grille 2 ou tableau taphonomique : présente les informations sur les effets des processus contrôlés par la phase post-dépositionnelle. Les surfaces observées correspondent aux négatifs liés à la fabrication de l'objet.

La grille 3 : comprend les informations tracéologiques et complète en cela les informations contenues dans les deux grilles précédentes. Les surfaces observées correspondent aux négatifs liés à la fonction de l'objet. Cette dernière est encours de constitution.

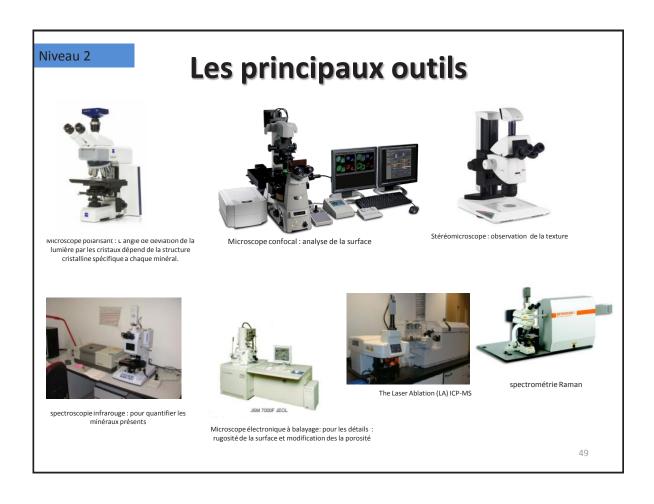
47

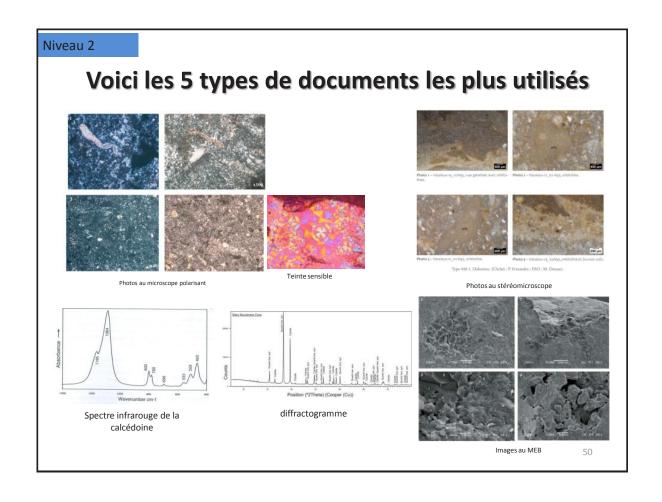
Niveau 2

Techniques et outils retenus

Approche multi-technique et multi-échelle d'étude des propriétés des silex

- imagerie et analyses élémentaires : LA MÉSOSCOPIE, la microscopie de polarisation, la microscopie électronique à balayage équipée pour la microanalyse X (MEB-EDX, XRF), le microscope confocal.
- Techniques pour la caractérisation de la composition et de la structure: la diffraction des rayons X (DRX), la spectroscopie Raman, la spectroscopie infrarouge à transformées de Fourrier (IRTF), la spectroscopie par résonance paramagnétique des électrons (RPE), la Cathode-Luminescence; le Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry (LA-ICP-MS)-analyse isotopique (LA-MC-ICP-MS).
- le recours à d'autres techniques de caractérisation de matériaux est envisagé selon les nécessités de la recherche.





Analyse des transformations

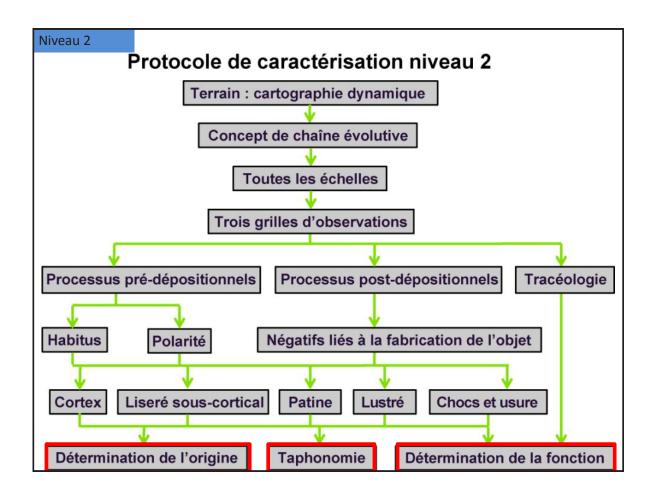
- . Il s'est avéré que les analyses minéralogiques, pétrographiques et chimiques devaient se faire en prenant en compte les transformations.
- . L'analyse taphonomique des surfaces ou de la zone interne, guidée par les travaux de Hue 1929, Hurst et Kelly 1961, Le Ribault 1975, Vilas Boas 1975, Rottländer 1975, Stapert 1976, Coutard j.-P. at al.(1977-2008), Trauth et al 1978, Masson 1981, Besançon 1982, Thiry 2005, ... permet de reconstituer l'histoire du silex avant et après sa collecte par l'homme préhistorique.
- . Les résultats expérimentaux ne sont pas toujours directement applicables (explication partielle des faits observés).
- . La démarche utilise une terminologie inspirée des travaux de Valensi 1953, le Ribault 1975, Aubry 1975, Fernandes 2006-2012, Claud 2012.
- . Polarité génétique et lithoclase servent de jalons, pour éviter la prolifération de types inutiles et certaines ubiquités.

51

Niveau 2

Problémes des expérimentations

- -le dispositif expérimental ne reproduit pas de manière réaliste les processus [Kuenen, 1956; Mikos et Jaeggi, 1995],
- dans beaucoup d'environnements, les apports sédimentaires issus des versants ou des affluents ne se limitent pas à un point source (Knighton, 1982 ; Heller et al., 2001, Fernandes 2012)
- les conditions expérimentales ne sont pas assez vigoureuses [Kodama, 1994b],
- le matériel utilisé n'est pas caractéristique des sédiments transportés ; la sous-estimation du taux d'altération des galets au cours de périodes de stockage temporaire peut par exemple entraîner des variations non-négligeables des taux d'abrasion [Bradley, 1970 ; Jones et Humphrey, 1997].



Résultats du niveau 2 grille 1

goupes		silex campanien		Calcaire de Saint-Ouen	silex des calcaires de Brie	aux origines in	déterminées
types	F701	F701	F701	F703	F702	F704b non définitif	F705
sous types	non observé	F701a	F701b,F701c,F701e	F703b	F702b	non observé	non observé
confère gite	Sables de Fontainebleau	alluvions anciennes Fv,Fw,fx	alluvions anciennes Fy	affleurements localisés dans les vallées	affieurements localisés au nord et à l'est sur les plateaux	indéterminé	indéterminé
nature	silex marin épicontinental	silex marin épicontinental	silex marin épicontinental	silex laguno continental	silex lacustre peu profond	silex marin	silcrète
origine stratigraphique	campanien moyen à supérieur	campanien moyen à supérieur	campanien moyen à supérieur	Bartonien moyen	Stampien inférieur	indéterminée	Cénozolque
type d'encaissant	sables fins	graves siliceuses	grave silico-calcaire	série mamo calcaire	calcaires siliceux	indéterminé	indéterminé
âge de l'encaissant	Stamplen moyen	Quaternaire: anté-wurmiennes	Quaternaire: Wurm	indéterminé	Stamplen inférieur	indéterminé	indéterminé
habitus	galets	rognons roulés	galets	bancs massifs	bancs massifs	indéterminé	indéterminé
néo-cortex	marin gélifracté	alluvial gélifracté	alluvial parfois gélifracté	non observé	sub-primaire et alluvial	non observé	non observé
épalsseur cortex	absent	millimétrique à plurimillimétrique	absent à millimétrique	non observée	d'origine	non observée	non observée
patine	absente à blanche moyenne	blanche forte, absente, brune, rouge	absente, blanche légère, brune légère	non observée	absente à brune	non observée	non observée
matrice couleur d'origine	noire à grise	absente	noire à grise	beige	incolore à beige	indéterminé	Indéterminé
matrice couleur acquise	absente	blonde	absente	absente	brun à rouge	beige	beige
porosité	géodes et intraclastique	géodes et intraclastique	géodes et intraclastique	intraclastique	non observée		intraclastique
structure apparente	bioturbée parfois bréchique	bioturbée parfois bréchique	bioturbée parfois bréchique	homogène	homogène à bréchique	bréchique	homogène
texture d'origine	wackestone	wackestone	wackestone	wackestone	mudstone à packstone	wackestone	wackestone
texture acquise	mudstone	mudstone	mudstone	absente	absente	absente	absente
matrice	microcristalline	microcristalline	microcristalline	microcristalline	microcristalline	microcristalline	microcristalline
ninéralogie authigène majeure	calcédoine	calcédoine	calcédoine	calcédoine	calcédoine	calcédoine	calcédoine
minéralogie secondaire	quartz	quartz	quartz	quartz	quartz	non observée	non observée
phases détritiques	non observée	non observée	non observée	non observée	non observée	non observée	non observée
pellets	absents	absents	absents	absents	absents	absents	absents
oolithes	absentes	absentes	absentes	absentes	absentes	absentes	absentes
éléments figurés abondance	40 à moins de 10%	40 à moins de 10%	40 à moins de 10%	20 à 30 %	2 à 50 %	30%	20 à 30 %
clastes classement	modéré	modéré	modéré	bon	faible	faible	faible
clastes taille moyenne	200 μm à > 1 mm	200 μm à > 1 mm	200 μm à > 1 mm	400 à 600 μm	200 μm à > 1 mm	non mesurée	400 µm à 1mm
lastes forme sphéricité arrondi	0,7-0,1	0,7-0,1	0,7-0,1	0,7-0,1	0,9-0,3	non mesurée	formes lamellaires
débris de végétaux	non observés	non observés	non observés	characées	non observés	non observés	non observés
macrofaune	échinides rare à fréquents	échinides rare à fréquents	échinides rare à fréquents	ostracodes	non observée	non observée	non observée
Nannofaune-flore	dinoflagellés	dinoflagellés	dinoflagellés	non observée	non observée	non observée	non observée
spongiaires	fréquents	fréquents	fréquents	non observés	non observés	rares	non observés
Bryozoaires	rares à fréquents	rares à fréquents	rares à fréquents	non observés	non observés	non observés	non observés
foraminifères planctoniques	rares	rares	rares	non observés	non observés	non observés	non observés
foraminifères benthiqques	fréquents	fréquents	fréquents	rares	non observés	rares	non observés
divers			débris noirs	débris noirs	non observés	non observés	filonnets
255 obiets observés en 2014	10 objets	83 objets	140 objets	15 objets	3 oblets	2 objets	55 Sebiets

Niveau 2 Rubriques de la grille 1 niveau 2 •N° du type •Nombre observé à ce stade de l'analyse : •Type de formation : •Provenance: •Confirmation de la nature : •Confirmation de l'étage : •Zone de dépôt : •Longueur, largeur, épaisseur : • Habitus : • Pourcentage de surface naturelle : (facultatif) •Polarité génétique : (facultatif) •Polarité prédépositionnelle : •Pour la suite du protocole on traite la face exposée si elle est visible Usure corticale : •Degré de cimentation du cortex : •Chocs sur cortex: • Altération corticale principale : • Altération corticale tardive : (facultatif) •Stigmates prédépositionnels des processus thermiques : • Fréquence des effets des processus thermiques : (facultatif) Épaisseur du cortex : •Type de patine prédépositionnelle sur cortex : •Intensité de la patine prédépositionnelle : (facultatif) •Couleur du liseré sous cortical : •Épaisseur du liseré sous cortical :

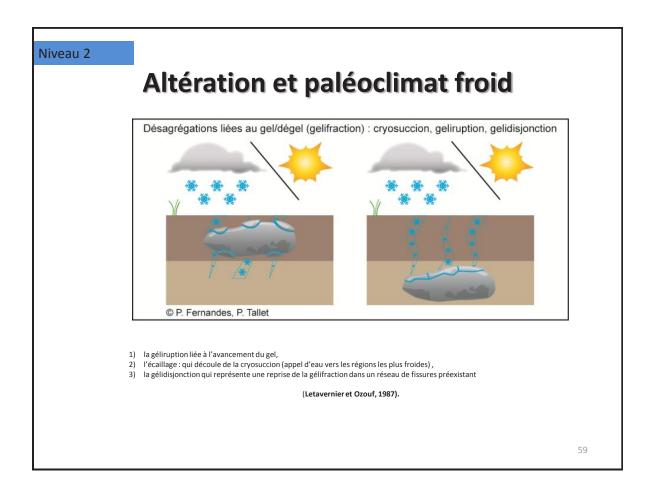
•Intensité de la couleur du liseré : (facultatif) •Couleur originelle de la matrice :

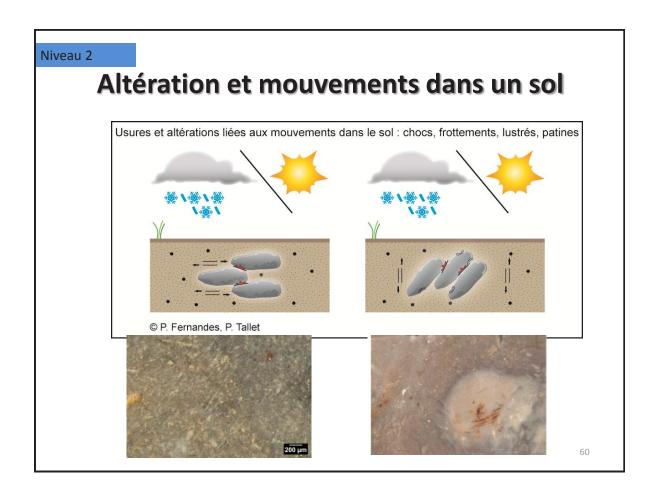
•Couleur acquise par la matrice : •Usure face naturelle (surfaces liées à la lithoclase prédépositionnelle) (facultatif) •Chocs sur face naturelle : (facultatif) • Altération sur face naturelle : (facultatif) • Patine prédépositionnelle sur face naturelle : (facultatif) •Lustré prédépositionnel sur cortex : • Lustré prédépositionnel sur surface naturelle : (facultatif) •Reconstitution de l'itinéraire parcouru •Détermination d'un type de formation (lieu de provenance)

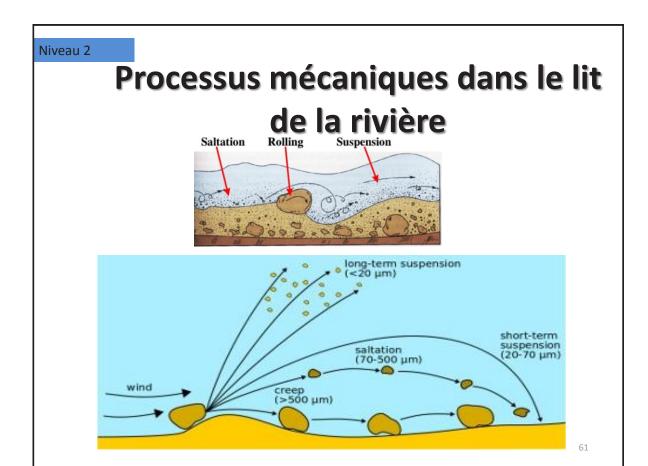
A ce stade il s'agit de déterminer l'arrangement spatial et la chronologie des surfaces naturelles pour reconstituer et caractériser les paléoenvironnements successifs

57

Altération et paléoclimat tempéré Si dissolution Si deposits Si deposits







Protocole Niveau 2

Etape 1

- Distinction entre surface exposée et surface reposante ; polarité gîtologique
- Distinction entre mécanismes physiques et processus chimiques
- Distinction entre zone corticale et surfaces liées à la lithoclase
- Distinction entre fragmentation naturelle et enlèvements ou aménagements

Etape 2

- Analyse de la surface exposée
- Analyse de la surface corticale
- Analyse de la surface liée à la taille
- Analyse des surfaces actives

Protocole Niveau 2 suite

Etape 3:

Les effets des processus d'altération varient selon la topographie des échantillons.

Analyse de chaque relief : des zones bordières, des nervures, des surfaces planes et concaves.

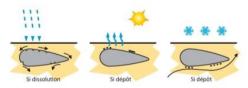
A ce stade, pour chaque type de surface, on a des jalons d'actions physiques (fissuration, fragmentation, taille, aménagement) et des phases dont la vitesse de propagation est plus lente, (usure, altération, diffusion d'oxydes dans la matrice, ...). Cette séparation duelle, contrôlée par le positionnement des surfaces qui recoupent les zones plus anciennes et se trouvent tronquées par la fragmentation plus tardive, forme un ordre qui fournit la clé pour la compréhension de l'enchaînement des transformations prédépositionnelles et post-dépositionnelles.

Ces indices renseignent sur les lieux de résidence par lesquels le silex a transité.

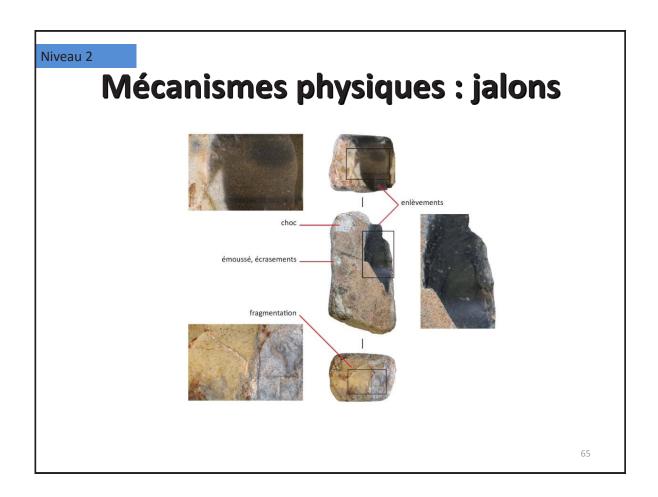
63

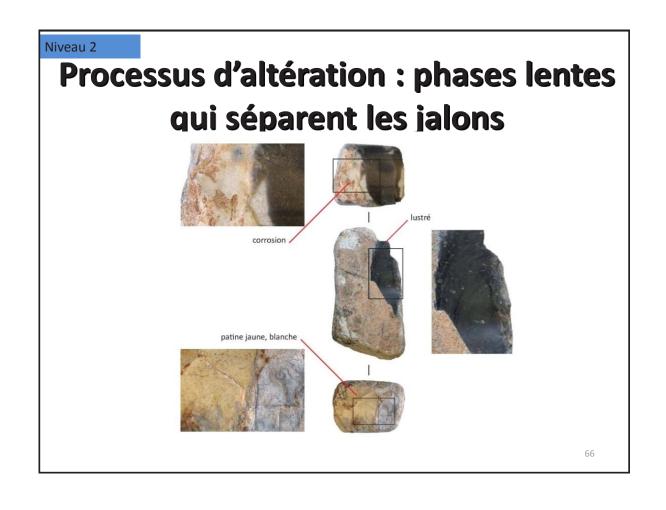
Niveau 2

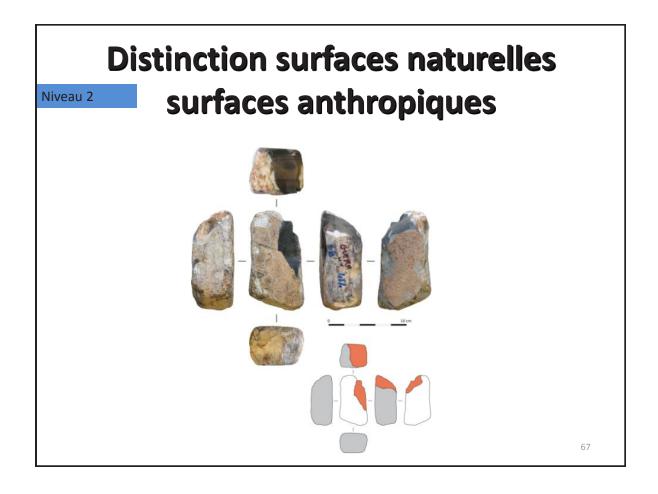
Distinction surface exposée surface reposante : polarité

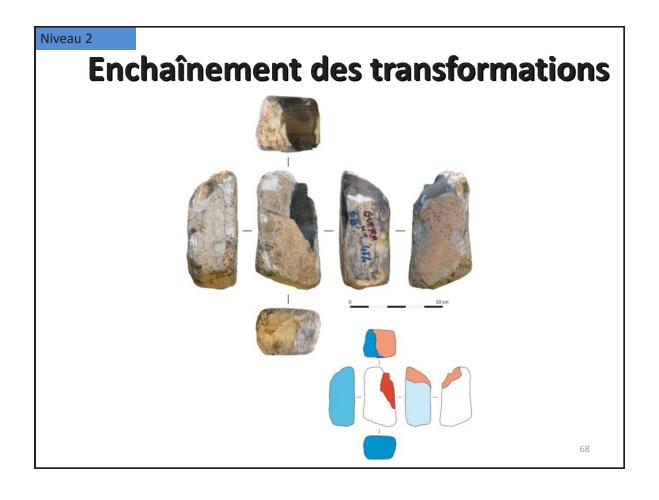












Grille 2 : décrypter la chronologie des processus post-dépositionnels

- 1. analyse des caractères du néocortex;
- 2. Distinction de la polarité post-dépositionnelle;
- 3. analyse des négatifs liés à l'activité humaine (enlèvements, retouches);

jalon médian qui induit l'âge des processus post-dépositionnels;

- 4. analyse des surfaces recoupées par l'activité humaine et/ou qui présentent une association de stigmates plus évoluée ;
- 5. analyse des surfaces qui recoupent les traces d'activité humaine et/ou qui présentent une association de stigmates moins évoluée ;
- 6. au final, on fait la corrélation entre les données obtenues, afin de reconstituer une chronologie relative des processus à l'origine des aspects du silex étudié.

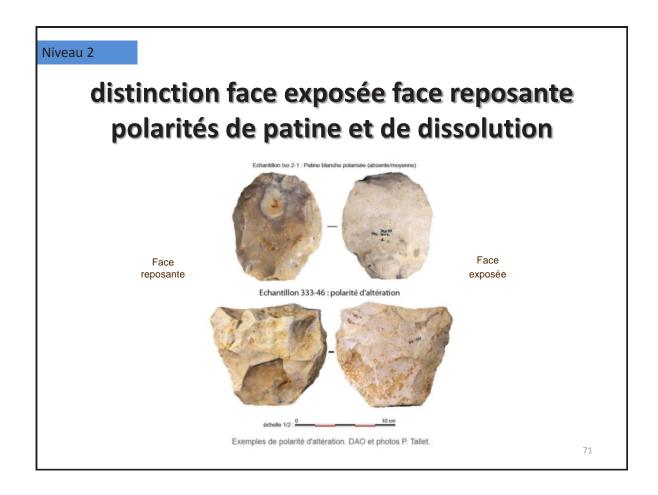
69

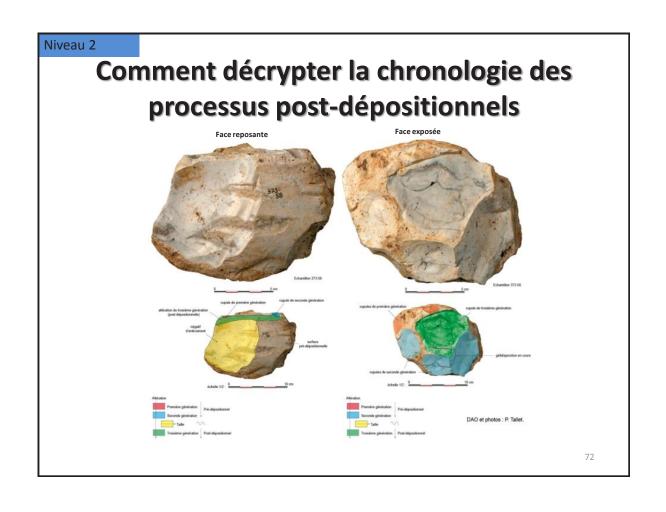
Niveau 2

Rubrique de la grille 2 niveau 2

- •Type d'Us :
- •Couleur de la patine post-dépositionnelle :
- •Intensité de la patine post-dépositionnelle : (facultatif)
- Type de polarité post-dépositionnelle : de patine, d'altération, d'encroûtement ou de lustré
- •dans la majorité des cas on va travailler sur la face exposée si elle est visible
- •Localisation de la face exposée : (facultatif) (face exposée = face sup ou inf des lithiciens)
- Chocs sur nervures de la face exposée :
- •Intensité des chocs sur nervures : (facultatif)
- •Usure sur nervures :
- •Intensité de l'usure sur nervures : (facultatif)
- •Corrosion sur nervures :
- •Intensité de la corrosion sur nervures : (facultatif)
- •Choc sur rebords de la face exposée : (hormis la zone retouchée ou utilisée)
- •Intensité des chocs sur rebords : (facultatif)
- •Usure sur rebords :
- •Intensité de l'usure sur les rebords : (facultatif)
- •Corrosion sur rebords :
- •Intensité de la corrosion sur les rebords : (facultatif)
- Chocs sur face plane exposée :
- •Intensité des chocs sur face plane : (facultatif)
- •Usure sur face plane exposée :

- •Intensité de l'usure sur face plane exposée : (facultatif)
- •Corrosion sur face plane :
- •Intensité de la corrosion sur face plane : (facultatif)
- Lustré post-dépositionnel :
- •Stigmates post-dépositionnels des processus thermiques naturels
- •Traces de chauffe :
- •Comparaison avec las autres données taphonomiques :





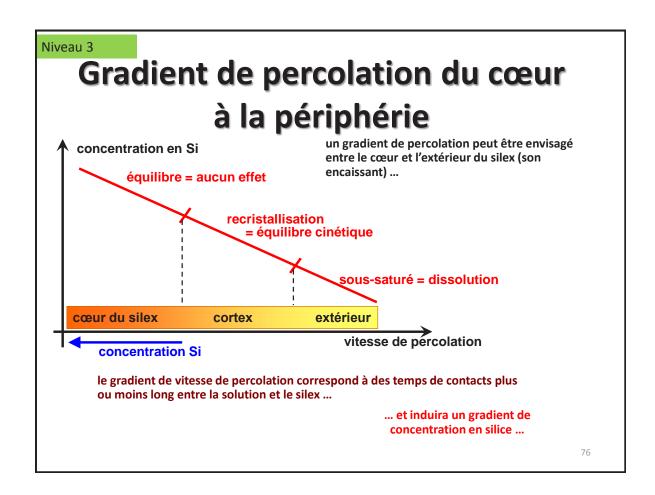
Résultats du niveau 2 grille 2

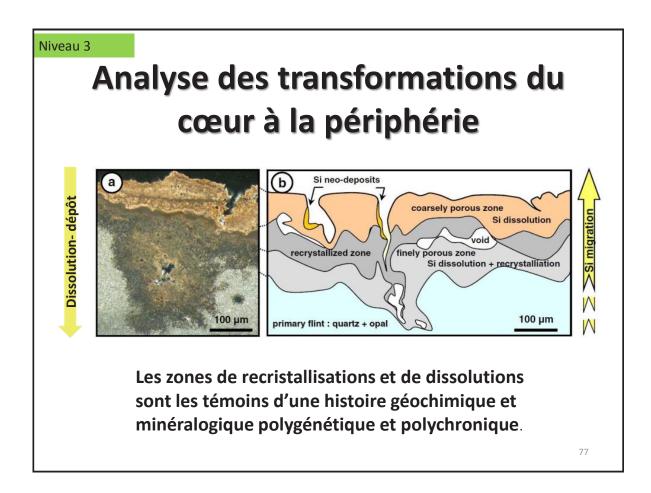
ı 2	Unités archéologiques	usa	US 4	uss	US 6	US7
		caractères po	st-dépositionnels			
		patin	e blanche			
un mâma	unto .	15			22	
r un même		10			23	
légè	re	5			16	
e de silex		4			2	
forte très	forte	0				
	terminée	2			8	
		po	olarité			
abse	ente	30	1		65	
de p		5			6	
de lu	ıstré	1			0	
		lustré orig	gine chimique			
abse		1				
lége moy		29		1 :	44	
fort		0			0	
	terminé	1			8	
			thocs			
abse		11			9	
	illes sur bordure	20	1		49	
	cs sur face plane	1			1	
strie		0			0	
fissu		2		,		
Indé	termminės	0		1	11	
			sures			
	entes de glace	19 16			43	
	de giace sussé sur bordure	16				
	ussé sur nervures	1		,	0	
indé	terminée	0			10	
			solution			
abso		31	1	:	71	
faibi	le	5		1	0	
_			de chauffe			
	entes publics	31 4			61	
	nables Firmées	- 4			1	
	iterminées	0			4	
		ecro	ûtement			
abso	ent I	24			57	
	lo-carbonaté	12			7	
	terminé	0			7	
4	ble patine	d	livers			0
dour		** !! .				
	total: 136 objets	36 objets	16 objets	7 objets	71 objets	6 objets

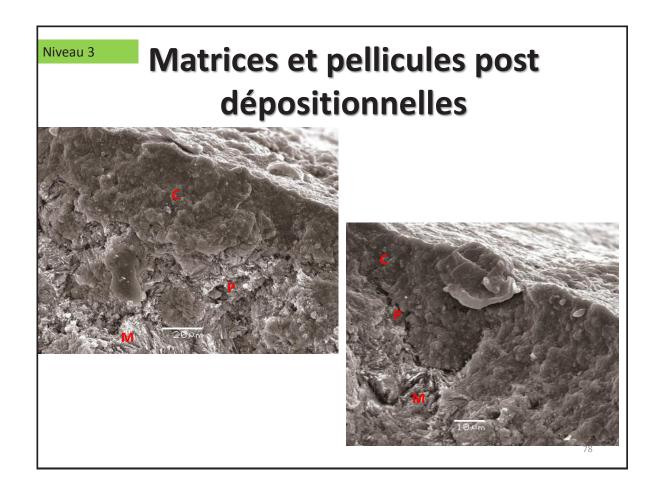
Quatrème partie niveau 3 d'analyse: perspectives

sur le terrain on prélève toujours l'encaissant en contact avec l'échantillon

outils utilisés : binoculaire, microscope polarisant, MEB, confocal, LA ICPMS, Infrarouge et Raman

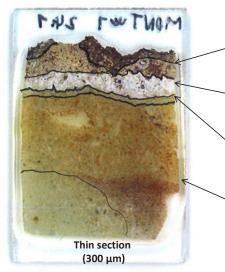






Résultats de l'analyse pétrographique en cours

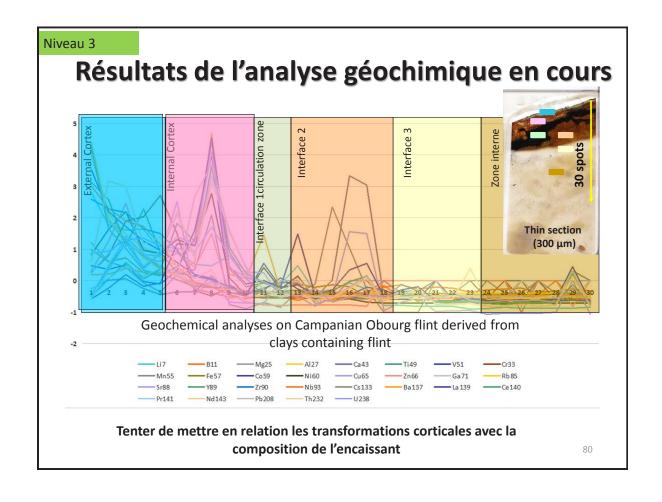
geological sample from forêt de Montclard



external cortex: 30% porosity megaquartz, chalcedony and ferruginous clays or carbonates internal cortex: lower porosity, petaloid quartz and chalcedony spherolites

Interface: 50% porosity chalcedony, microquartz and ferruginous clays or carbonates internal area: 2 à 5 % porosity, chalcedony, pseudo-chalcedony, quartz, rare carbonates, iron and unidentified opaque material

Tenter de décrypter la nature et la chronologie des transformations.



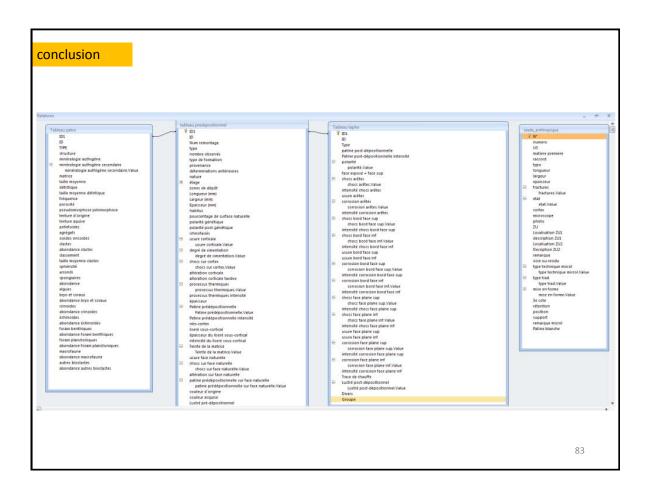
conclusion

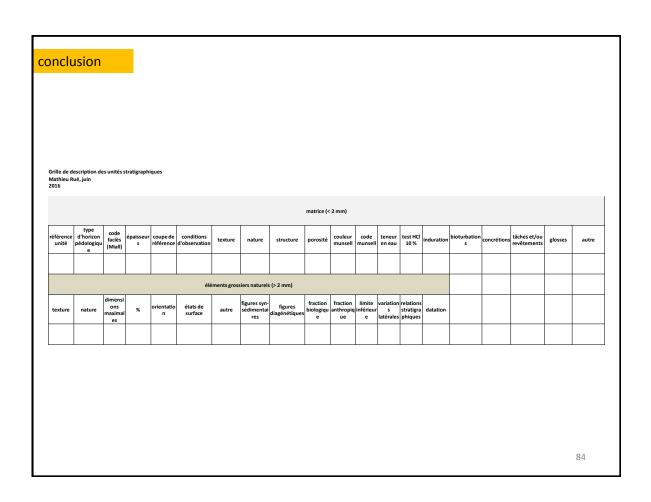
L'étude des transformations participe à la détermination des lieux de collecte et à l'évaluation du degré d'intégrité de la zone fouillée.

81

conclusion

Le but est de réunir et d'harmoniser les données des différentes disciplines concernées dans une même base de données et de correler les indicateurs les plus discriminants.



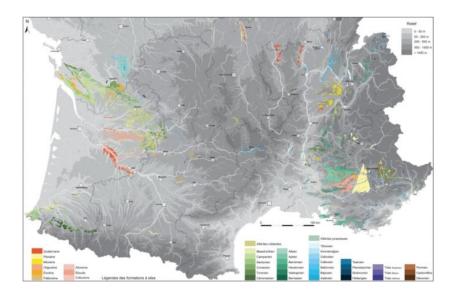


Perspectives

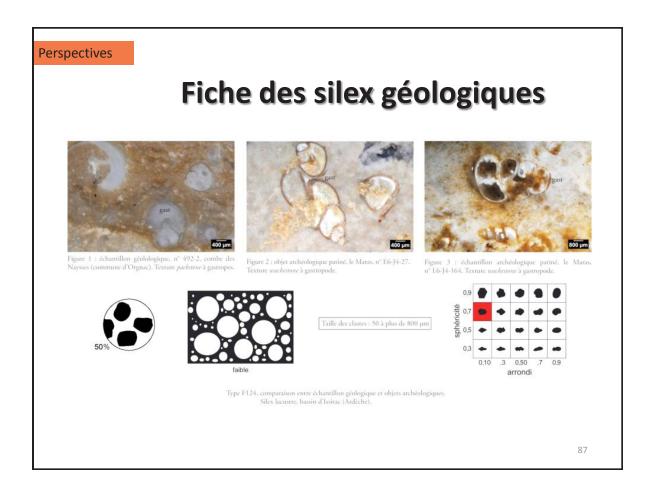
Création d'une carte des formations à silex à l'échelle nationale et d'atlas par bassins sédimentaires

85

Etat de la carte en 2013



86

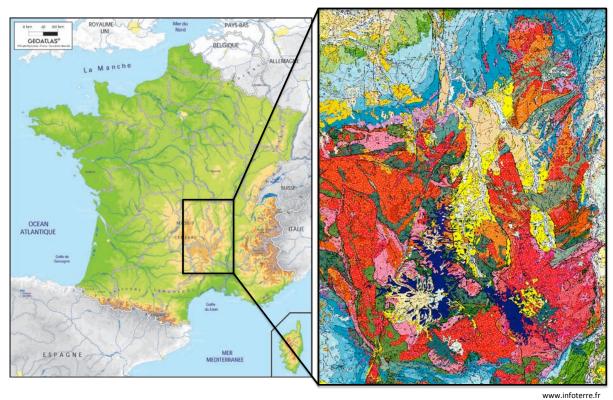




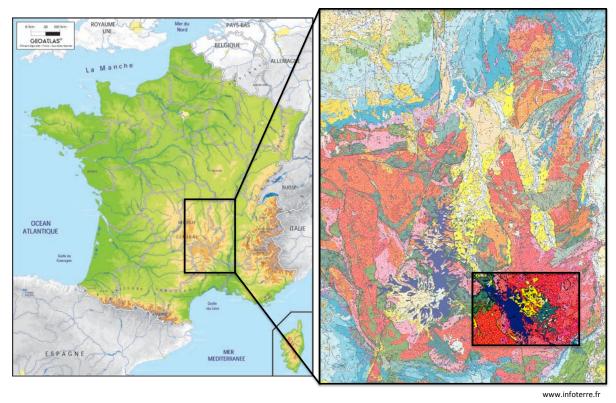
P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016



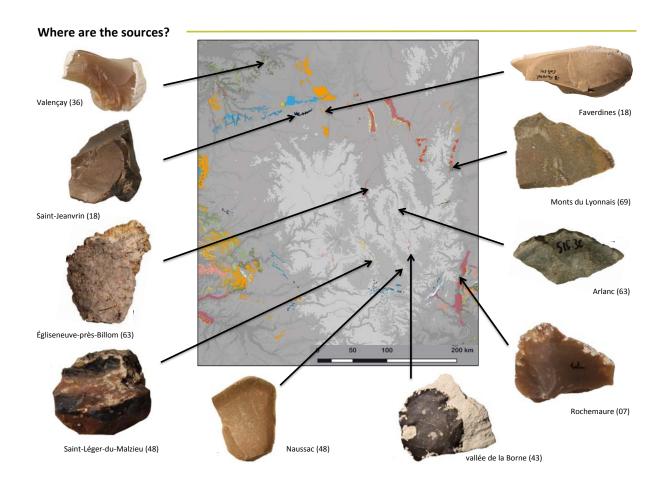
The French Massif central



Cadre de l'étude



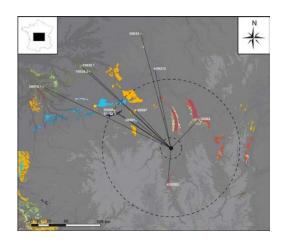
UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016

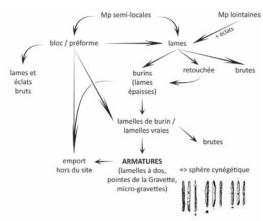


Problematic

It has been suggested that flint sources were rare in the French Massif Central. In this context, what lithic resource management system was used by the population at the end of the Pleistocene?

→ A petroarchaeological and techno-economical approach





--> A suggested model for prehistoric territories

UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016

Method

What is petroarchaeology?

Petroarchaeology stands between geology and archaeology Objectives :

Characterization of the exploited mineral environment

Contributions to the definition of techno-economical systems

Acquisition (a) Introduction (b) Transformation (c)









- Land systems that were traversed and exploited

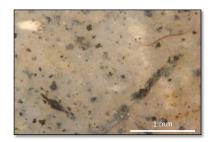
- Circulation of humans and objects



A palaeo-geographical tool

Method

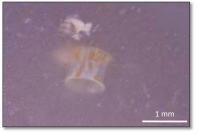
Meso-scopical observation methodology (Séronie-Vivien M. and M.-R., 1987)



Lacustrine flint: type D0003,



Pedological silcrete: type F0012, origin: Laps (Puy de Dôme)



Marine flint: type F0038.1, origin: Lower Turonian from Loir-et-Cher

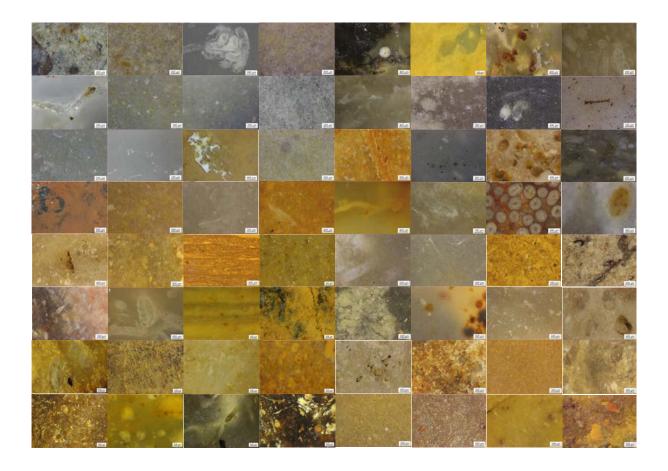
Description of sedimentary microfacies:

=> % allochems, structure, sorting of particles, matrix, transparency...

ALL allochems are registered

=> Abundance, sphericity, rounding, fragmentation

=> **GENETIC TYPE** (type of silicification + depositional environment = position in the chronostratigraphic scale)



Method

The chaîne évolutive of flint

Prehistoric gathering	History		Genetic stages	Evolution	Mechanisms	
	Archaeological deposit	sis	Postdepositional	al	Anthropic deposition and reworking: disaggregation, abrasion, impact features, weathering, secondary patina.	
	Reworking	Post-genesis	Predepositional	Centripetal	Reworking and deposition: disaggregation, abrasion, impact features, weathering, patina, neocortex.	
∥┗━	Initial exposure		Initial		Solution, recrystallization	
	Sedimentary Sedimentary		Lithification Sedimentation	Centrifugal	Initial crystallization including cortex Porosity decrease, (compaction)	

Silica forms (flint, silcrete, chert, hydrothermal silica) are **metastable** materials in nature.

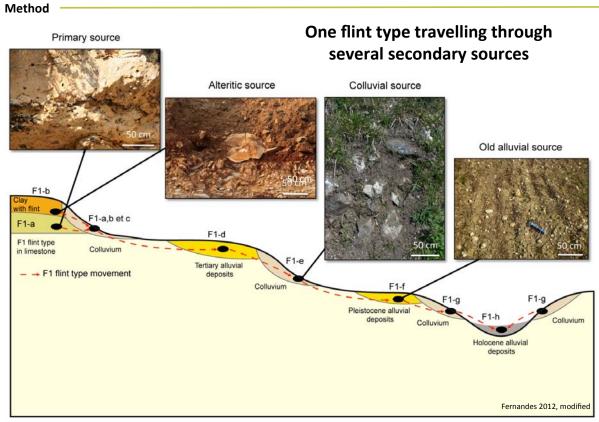
Their internal structures evolve as a function of the various environments in which they exist.

Each step in their travel to a secondary position is recorded by a particular physico-chemical signature.

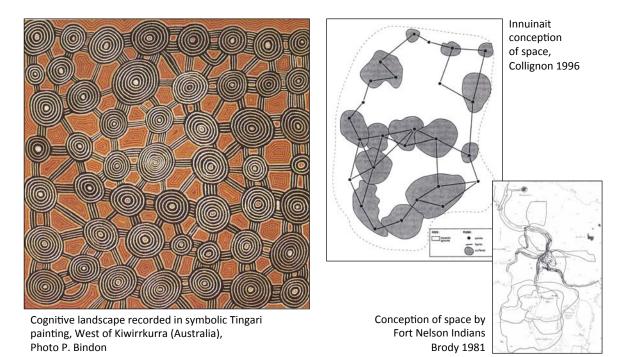
Misinterpretation of some evolutionary steps may lead to a false conclusion.

Fernandes & Raynal 2006

UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016



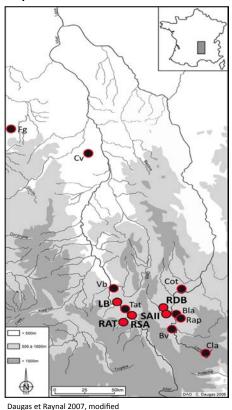
Method



=> Network of places, Debarbieux 2009

• UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016

Corpus

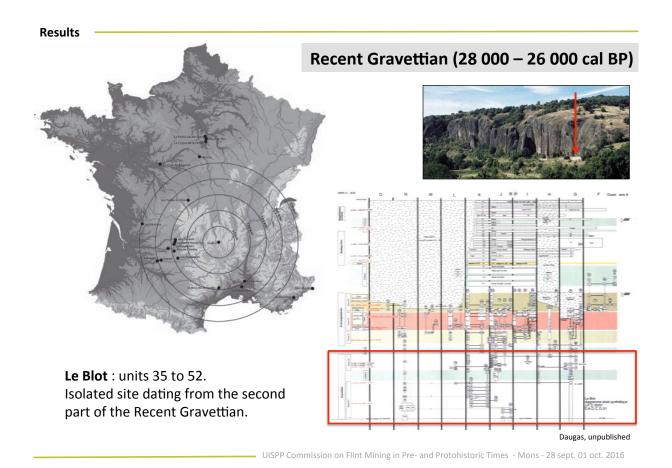




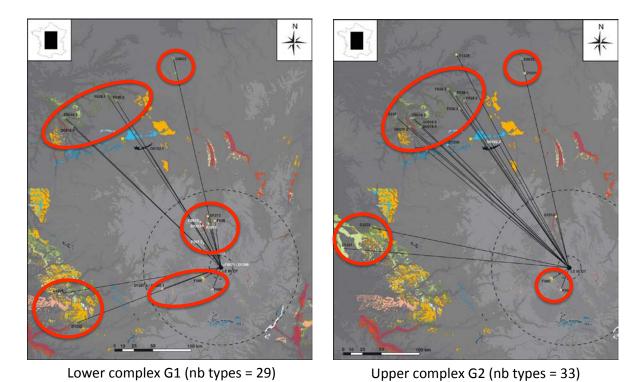
14 sites dating from Recent Gravettian to Mesolithic. 5 major sites: Le Blot, Le Rond de Saint-Arcons, La Roche à Tavernat, Le Rond-du-Barry and Sainte Anne II.

Almost 21 000 artefacts were analyzed.

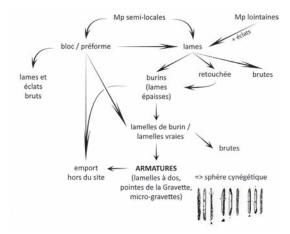
Was there an environmental impact on the socioeconomical strategies developed by prehistoric humans?



Results Recent Gravettian



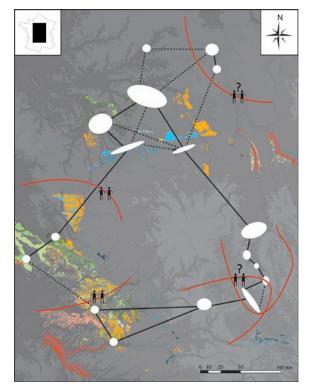
Results Recent Gravettian



Successive temporary camps are related to hunting activities.

Privileged relationships exist between the southern Paris Basin, the Poitou and Aquitaine.

Techno-economical structure of the lithic assemblage varies with site function and the occupation duration.



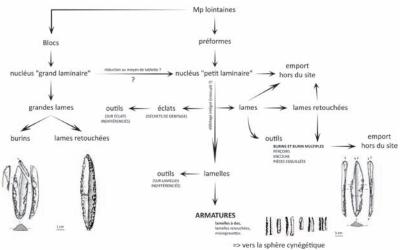
■ UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016

Results





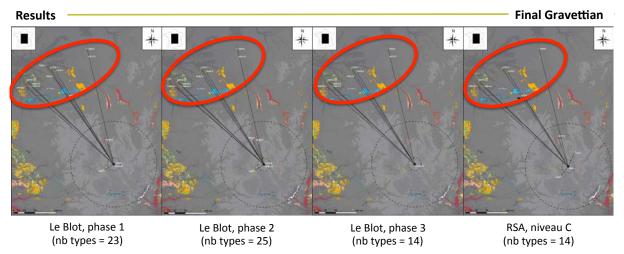
Final Gravettian (26 000 – 25 000 cal BP)



Le Blot, units 22 to 34; Le Rond-de-Saint-Arcons, unit C.

Imports from remote sources (> 200 km): whole flint nodules.

Needs are fully anticipated but this does not imply an absence of environmental knowledge.



No local lithic resources but a few semi-local raw materials (F0005, F0044).

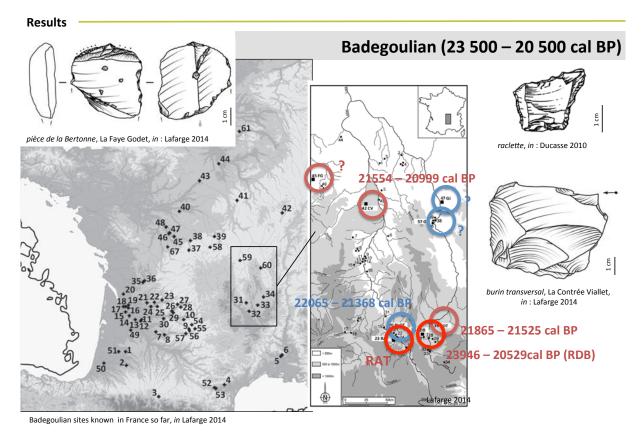
Homogeneous gathering from the south of Paris Basin all throughout the sequence, but no contemporaneous site is known in this gathering space.

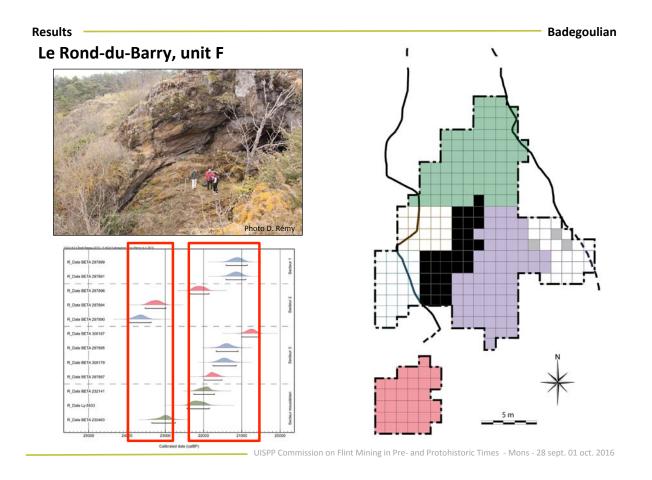
Humans have a good knowledge of distant sources in their various locations (primary and secondary) and the flint types available.

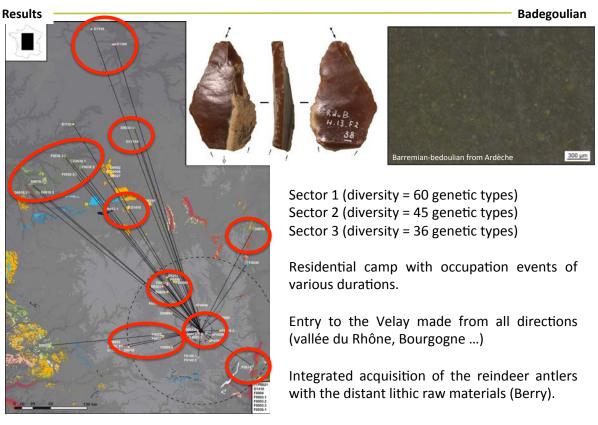
e.g.: Upper Turonian from Touraine = D0018.1,D0018.3, D0018.4, D0018.5 ...

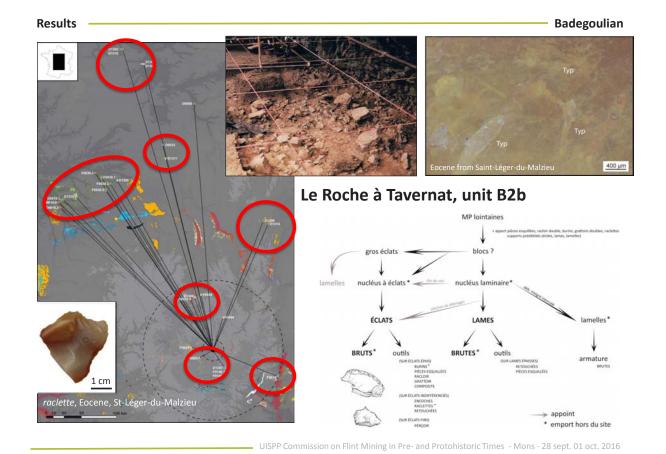
The Upper valley of the Allier River is a reindeer hunting zone accommodating brief expeditions aimed at meat acquisition.

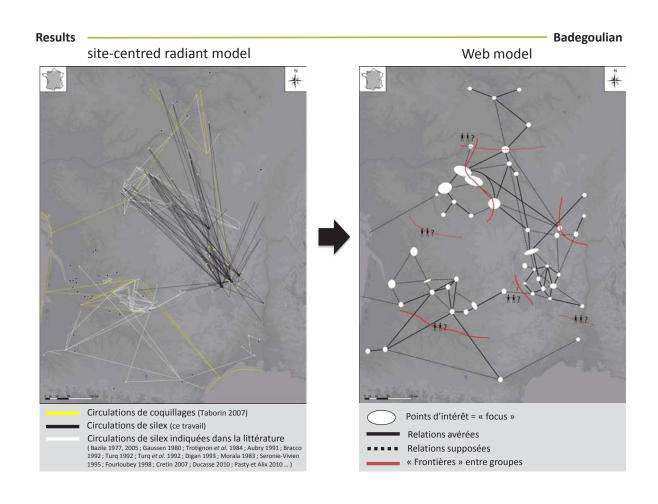
UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016









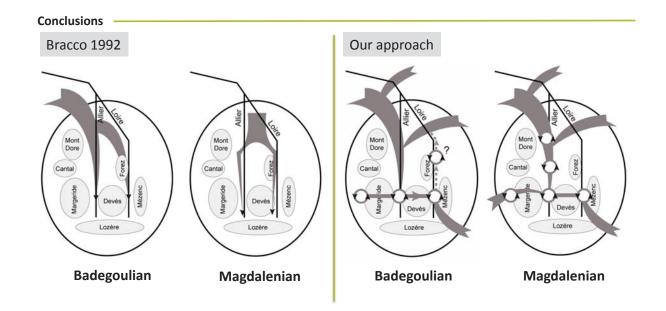


Bracco 1992 Our approach Our approach Our approach Our approach Recent Gravettian Final Gravettian

Gravettian occupations in the Velay are linked to migrations of a mobile resource (reindeer) = extrinsic factor

The Velay is a fringing space of a vital zone centered in the southern Paris Basin.

UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016



The Velay is fully integrated within a nomadic circuit and all the resources from the environment are exploited over relatively long periods

= intrinsic factor.

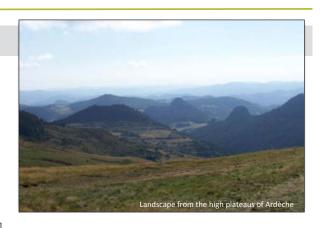
Conclusions

About determinism and choices

Topography, climate, availability of RM...

Constant adaptation by humans.

If Nature controls the development of various behaviors and techniques, only cultural factors rule human choices.



Ford and flint source of Muides-sur-Loire (45)

A wide-open massif

Velay was long considered to be a blind alley, but...

Humans crossed large rivers and interfluves (Devès, Margeride, Monts du Mézenc...)

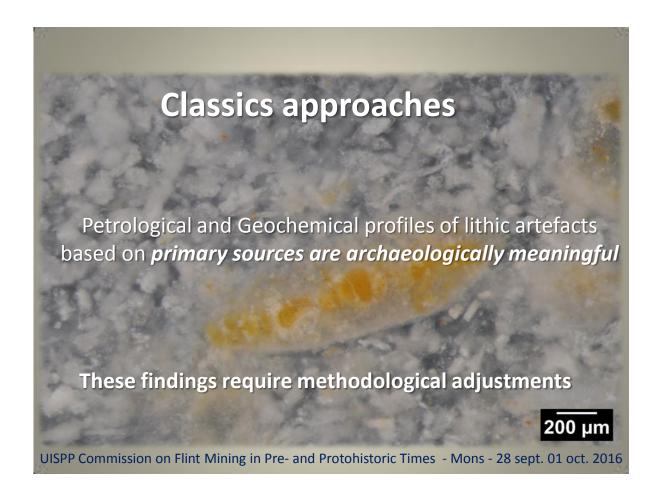
Velay is part of a vast territory including several landscapes and the southern Paris Basin.

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016









New Methods

Multi-technical and multi-scale approaches

Dynamic Petroarchaeological method

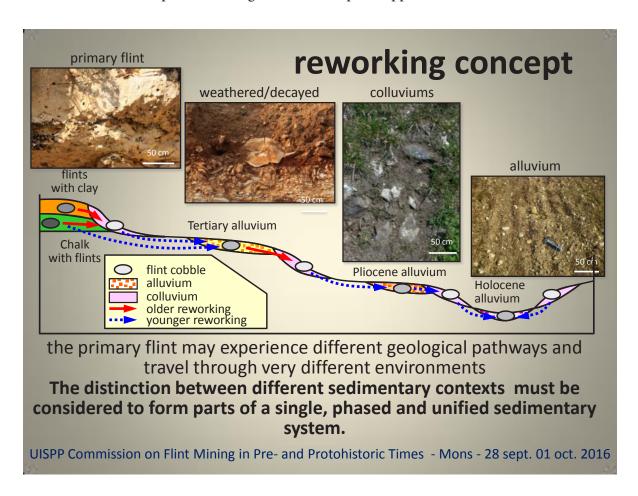
Dynamic Geochemistry method

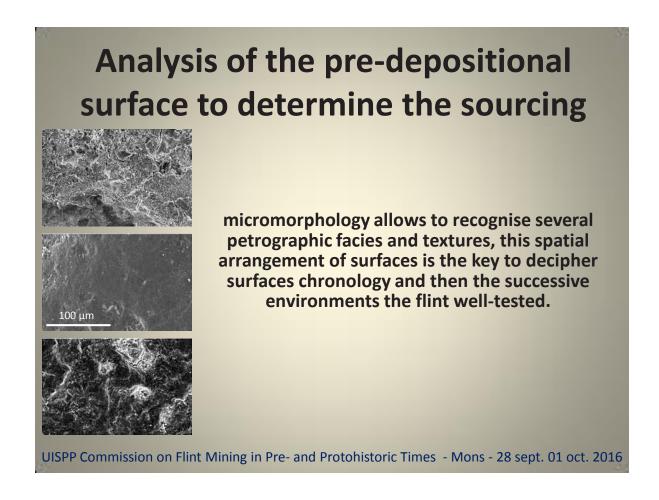
the textures and chemical composition are matched against pedological and sedimentological environments in which the flints went through, building up a referential of characteristic facies.

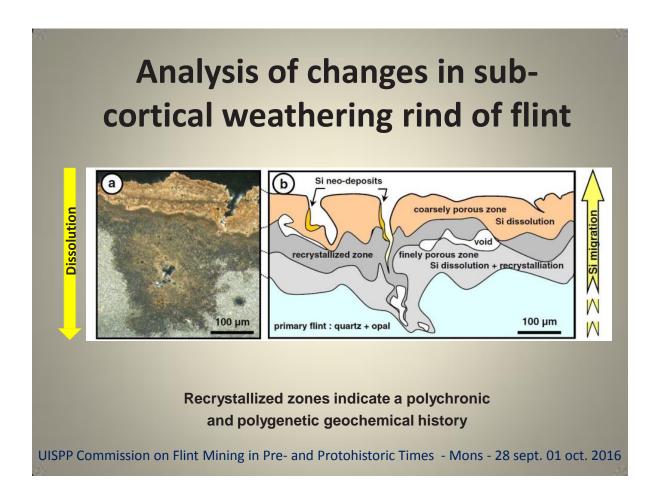
UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016

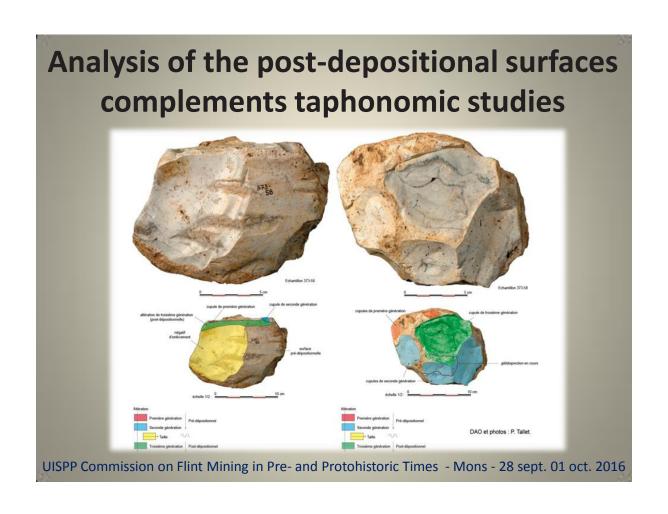
evolutionary chain of flints

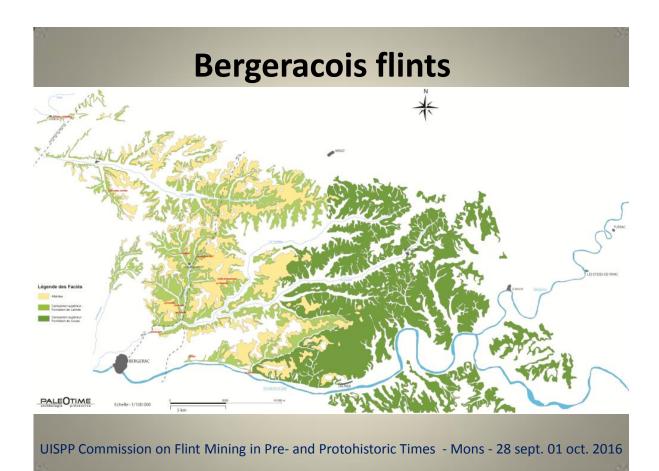
SOU	ırci	ng	history	evolution stages			mechanisms		
1		L	archeological deposit		post-deposition		secondary patina abrasion - wear knapping		
			reworking	oost-genetic	ante-deposition	centri-pedal	patina abrasion disruption		
			outcroping	post-g	initial	la)	re-crystallisation dissolution		
			sedimentary	diag-	lithification	centri-fugal	crystallisation compaction		

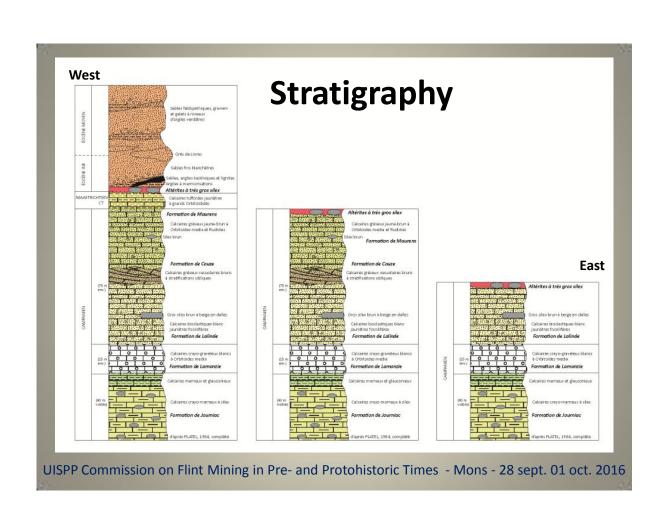


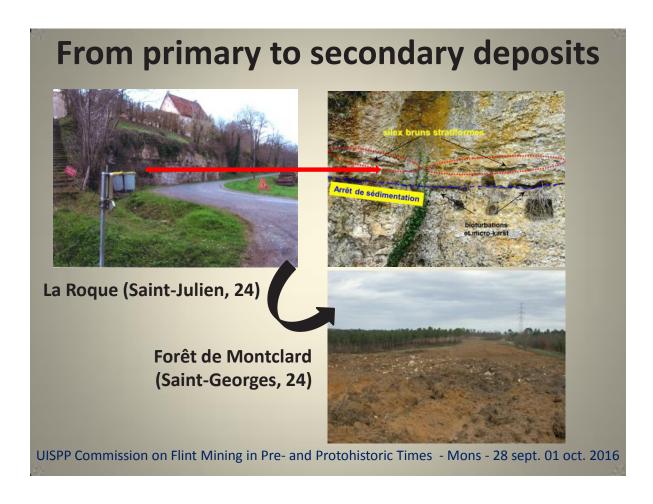


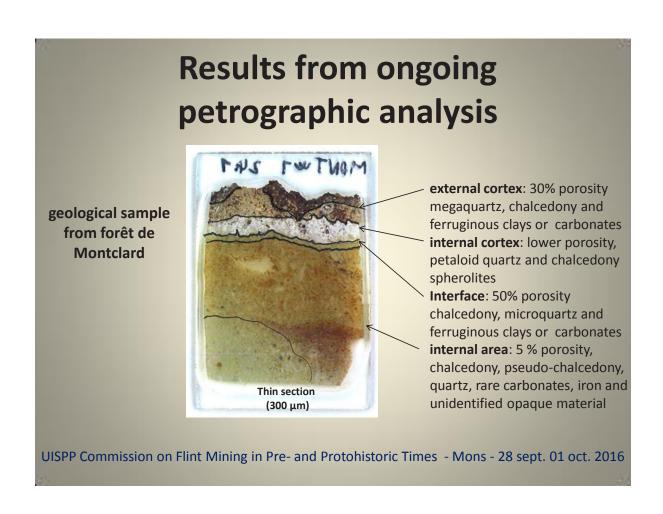


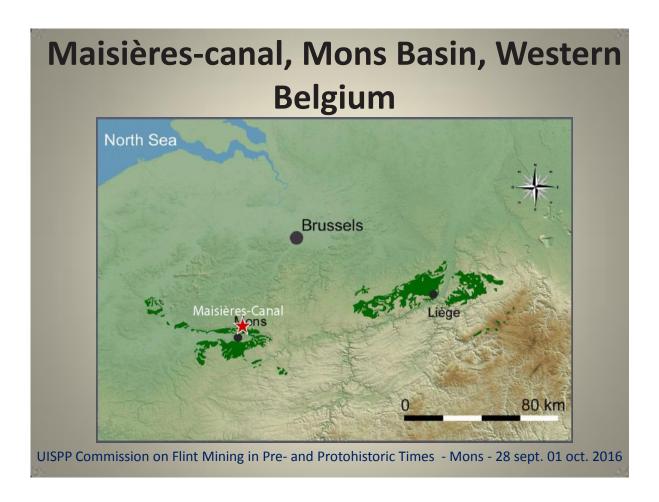


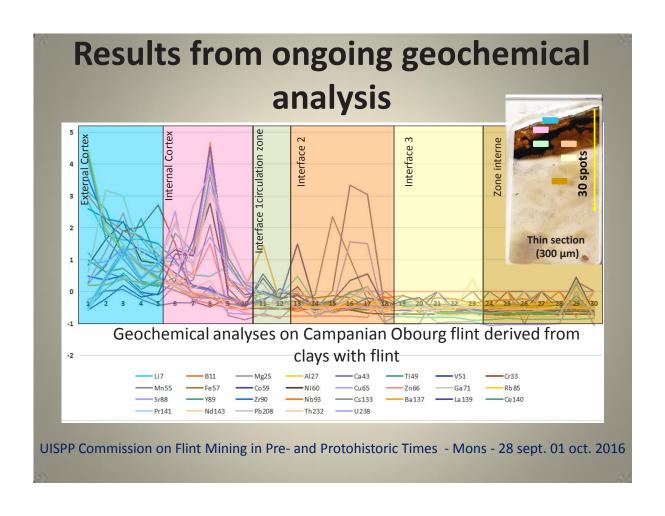












Preliminary results

Recrystallized areas indicate a polychronic and polygenetic mineralogical and geochemical history.

The compositional variability of the cortical and endocortical zones is significantly more pronounced than in the internal zone.

despite the poverty in weatherable minerals observed variations have a interest.

UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016

Conclusions and Perspectives

The alteration cortex must be considered as the record in time of the different pedologics events.

The study of the transformations participates in identifying collection sources and assessing the archaeological site's degree of integrity.

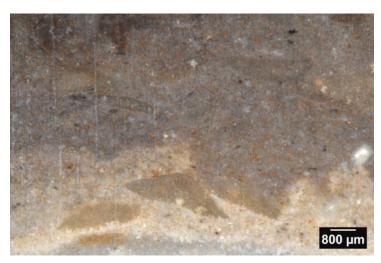
The multi-technical and multi-scale approaches appear to be particularly efficient in reconstructing the "lithoespace" of each archaeological site to finally determinate prehistoric territories.

1.Paléotime 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard 38250 Villard-de-Lans Paul.fernandes@paleotime.fr
2. Université de Bordeaux 1, UMR 5199 PACEA, bâtiment B8, allée Geoffroy Saint-Hilaire, CS 50023, 33615 Pessac cedex,
3. Université Bordeaux Montaigne IRAMAT-CRPAA, UMR 5060, Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles 33607
Pessac,
4. Expert Géosciences, 9 allée des Tourterelles, 33610 Canéjan
5. Musée National de Préhistoire Les Eyzies-de-Tayac, 1 rue du Musée 24620 Les Eyzies de Tayac,
6., McDonald Institute for Archaeological Research, University of Cambridge, Downing Street, CB2 3ER Cambridge, UK
7. rue du Général Ferrie 21, 38100 Grenoble, France.
8. Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Deutscher Platz 6, D-04103
Leipzig,

UISPP Commission on Flint Mining in Pre- and Protohistoric Times - Mons - 28 sept. 01 oct. 2016

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

Les silex de Vassieux et d'Ambel : état de l'Art



Paul Fernandes, Céline Bressy-Léandri, Pascal Tallet













Table Ronde: L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Synclinal de Vassieux situation





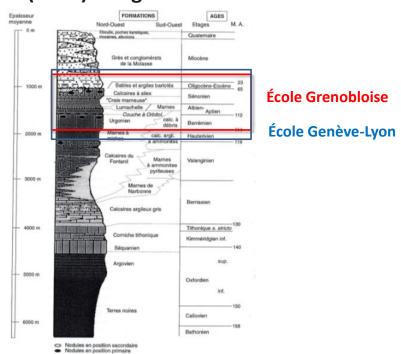
Vassieux est situé sur le plateau le plus méridional du Vercors occidental, il correspond au fond d'un **synclinal**. Il a été totalement débarrassé par l'érosion des terrains plus récents que l'Urgonien, lequel forme, sous une mince couche quaternaire, le soubassement du plateau.

La datation de la mise en place de la plate forme urgonienne est encore discutée

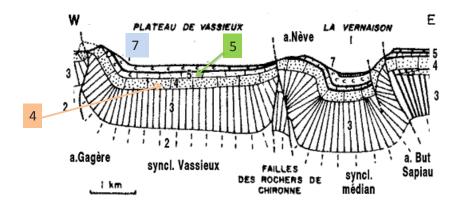
A ce jour, sa mise en place dans le SE de la France fait l'objet de deux interprétations biostratigraphiques différentes : **Hauterivien** supérieur (Clavel & Charollais 1989a, b ; Clavel et al. 1995,2014) contre **Barrémien supérieur élevé** (Arnaud-Vanneau 1980 ; Arnaud 1981 ; Arnaud & Arnaud-Vanneau 1989 ; Arnaud et al. 1998 ; Bodin et al. 2006b ; Föllmi et al. 2006, 2007 ; Föllmi & Gainon 2008 ; Godet et al.2012).

Table Ronde: L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

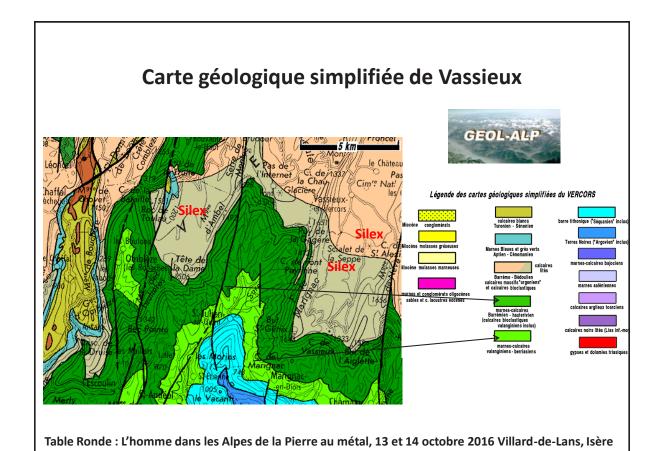
Représentation des niveaux urgoniens d'après Gidon (2002) intégrant les deux modèles



Coupe simplifiée (H. Arnaud 1976)



2. Calcaires argileux et marnes de l'Hauterivien ; 3. Calcaires argileux du Barrémien inférieur ; 4. Calcaires lités à petits débris ou à silex ; 5. Calcaires bioclastiques lité 4 6. Calcaires dolomitiques ; 7. Calcaires à 5 distes



Carte géologique harmonisée : présence de plusieurs domaines contenant des silex Domaine méridional étage infralittoral: Calcaires lités à silex noirs, et débris, calcaires détritiques (Aptien inférieur) Calcaires à Rudistes, subrécifaux, calcaires fins à silex gris, bioclastiques et niveaux marneux à Orbitolines (Barrémien-Aptien inférieur) Coupe des rochers de Chironne

Table Ronde: L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Historique des recherches archéologiques

- 1969 découverte par M. Malenfant et G. Chaffenet
- 1970 découverte et sondage de l'atelier pressignien, mise en place par P. Bintz d'une lithothèque
- 1971 à 1976 fouilles de l'atelier P51 (M. Malenfant)
- 1976 congrès UISPP: première synthèse (M. Malenfant)
- 1977 création du CRPV
- 1978 fouilles : A. Beeching, 1980 D. Helmer, 1988 JM. Roche, 1989 C. Picavet
- 1980 inauguration du Musée de Vassieux
- 1990 première évaluation par J. Pellegrin
- 1992 mise en place du PCR « Ateliers néolithiques du Vercors » dir J. Pellegrin
- 1995 Grünwald-Affolter-Bintz premières synthèses sur les ressources en matières premières
- 1997à1999 thèse C. Riche, programme CIRCALP dir Beeching
- 2002 thèse C. Bressy, 2007 plate-forme « Petrarch »
- 2012 reprise de l'analyse pétrographique dans la cadre du PCR

Tableau des caractères macroscopiques											
caractères macroscopiques classification C. Riche et Fernandes	16 sous types	couleur d'origine	couleur acquise	aspect	structure	taille des grains	habitus	dimension	néocortex		
Groupe 1	111,112,113, 114,115,116	noir évoluant vers le gris, plages plus claires	le sous type 116 est imprégné par le fer	mat et opaque	homogène à litée	fin à moyen	grands rognons ovoïdes	50 cm à 1m 50	3 à 5 mm délimitation nette, brun en surface blanc en section		
Goupe 2	121, 122, 123, 124, 125	gris foncé à plages plus claires plus fréquentes	les sous types 121, 124 sont imprégnés de fer	mat à brillant et opaque	homogène à bioturbée	fin à moyen	rognons ovoïdes petits à moyens	10 à 40 cm	3 à 5 mm délimitation irrégulière, brun en surface blanc en section		
Groupe 3 à Orbitolines	131, 132	gris foncé, clastes blancs	imprégantion de fer intraclastique	mat à brillant et opaque	bioturbée	fin à moyen	rognons ovoïdes petits à moyens	10 à 50 cm	1 à 4 mm délimitation irrégulière, brun en surface blanc en section		
Goupe 4	141, 142, 143	indéterminée	beige à brun, imprégnation du fer dans la totalité de la matrice	mat à brillant et opaque	Homogène à bioturbée	fin à moyen	rognons allongés petits	5 à 20 cm	4 à 5 mm délimitation nette, brun en surface blanc en section		



Groupe 1 de Vassieux à spicules et *Glomospira* : type 451, vases sableuses déposées en bordure de la plate-forme interne , étage infralittoral

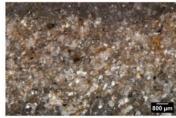




Photo 1- WX A802 3 92, vue générale.

Photo 2 - VX A808_3 92, bioclaste indéterminé.



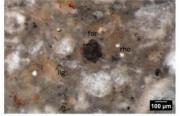


Photo 3 - VX A809 3 92, algue

Photo 4 – VX A810_3 92, foraminifère, rhomboèdres et débris ligneux.

Table Ronde : L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Tableau des caractères microscopiques des silex de Vassieux

caractères microscopiques classification C. Riche	caractères microscopiques classification Fernandes	pourcentage éléments figurés	taille	classement	forme	bioclastes	minéralogie discriminante
Groupe 1 type 111 Atelier P51	Type 451 spicules Glomospira	15 à 25 %	80 à 600 μm	faible	sub-anguleux	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, textularidés	rhomboèdres fréquents,oxydes, glauconie rare, macroquartz dans cavités intrabioclastique
Groupe 1 type 112 Atelier P51	type 452 spicules Glomospira	10 à 15 %	200 à 400 μm	bon	sub- arrondis	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, Textularidés, Reophax	rhomboèdres, macroquartz, oxydes, présence de pyrite
Goupe 2 type 121	type 440b incertae Glomospira	10 à 15 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	incertae sedis, débris noirs, textularidés, Glomospira, Earlandia, Patelina	rhomboèdres abondants, oxydes
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 1 Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, Annélides, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, quartz détritiques
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 2 Glomospira Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite
Groupe 3 à Orbitolines, type 132	type 440 3 Algues 30 à 40 %		200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris noirs, algues, Glomospira, incertae sedis, débris d'Orbitolines et de bivalves	rhomboèdres fréquents, oxydes
Goupe 4 type 142	type 142 type 449 Orbitolines 30 à 40 %		200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris de spongiaires, échinodermes, grands benthiques dont orbitolines, Glomospira	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite, quartz détritiques

Groupe 1 d'Ambel à spicules, échinodermes et foraminifères moyens: type 452 (211 CR) vases sableuses déposées en bordure de la plate-forme, étage infralittoral





for Cal

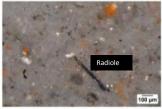


Photo 3 - Ambel-07 Sbis, foraminifère.

Photo 4 - Ambel-03_2, débris ligneux.

Table Ronde: L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Tableau des caractères microscopiques des silex de Vassieux

caractères microscopiques classification C. Riche	caractères microscopiques classification Fernandes	pourcentage éléments figurés	taille	classement	forme	bioclastes	minéralogie discriminante
Groupe 1 type 111 Atelier P51	Type 451 spicules Glomospira	15 à 25 %	80 à 600 μm	faible	sub-anguleux	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, textularidés	rhomboèdres fréquents,oxydes, glauconie rare, macroquartz dans cavités intrabioclastique
Groupe 1 type 112 Atelier P51/Ambel	type 452 spicules Glomospira	10 à 15 %	200 à 400 μm	bon	sub- arrondis	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, Textularidés, Reophax	rhomboèdres, macroquartz, oxydes, présence de pyrite
Goupe 2 type 121	type 440b incertae Glomospira	10 à 15 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	incertae sedis, débris noirs, textularidés, Glomospira, Earlandia, Patelina	rhomboèdres abondants, oxydes
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 1 Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, Annélides, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, quartz détritiques
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 2 Glomospira Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite
Groupe 3 à Orbitolines, type 132	type 440 3 Algues	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris noirs, algues, Glomospira, incertae sedis, débris d'Orbitolines et de bivalves	rhomboèdres fréquents, oxydes
Goupe 4 type 142	type 449 Orbitolines Miliolidés	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris de spongiaires, échinodermes, grands benthiques dont orbitolines, Glomospira	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite, quartz détritiques

Groupe 2 à incertae sedis et grande variabilité de foraminifères : type 440b, sables vaseux bioclastiques, domaine interne de la plate-forme

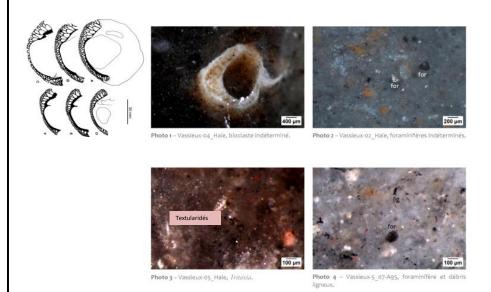


Table Ronde: L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Tableau des caractères microscopiques des silex de Vassieux

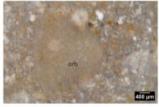
caractères microscopiques classification C. Riche	caractères microscopiques classification Fernandes	pourcentage éléments figurés	taille	classement	forme	bioclastes	minéralogie discriminante
Groupe 1 type 111 Atelier P51	Type 451 spicules Glomospira	15 à 25 %	80 à 600 μm	faible	sub-anguleux	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, textularidés	rhomboèdres fréquents,oxydes, glauconie rare, macroquartz dans cavités intrabioclastique
Groupe 1 type 112 Atelier P51	type 452 spicules Glomospira	10 à 15 %	200 à 400 μm	bon	sub- arrondis	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, Textularidés, Reophax	oxydes, présence de
Goupe 2 type 121	type 440b incertae Glomospira	10 à 15 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	incertae sedis, débris noirs, textularidés, Glomospira, Earlandia, Patelina	rhomboèdres abondants, oxydes
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 1 Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, Annélides, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, quartz détritiques
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 2 Glomospira Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite
Groupe 3 à Orbitolines, type 132	type 440 3 Algues	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris noirs, algues, Glomospira, incertae sedis, débris d'Orbitolines et de bivalves	rhomboèdres fréquents, oxydes
Goupe 4 type 142	type 449 Orbitolines Miliolidés	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris de spongiaires, échinodermes, grands benthiques dont orbitolines, Glomospira	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite, quartz détritiques

Groupe 3 à Orbitolines type 440-1, chenaux recoupant la plate-forme











lines.





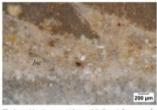


Table Ronde : L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Tableau des caractères microscopiques des silex de Vassieux

caractères microscopiques classification C. Riche	caractères microscopiques classification Fernandes	pourcentage éléments figurés	taille	classement	forme	bioclastes	minéralogie discriminante
Groupe 1 type 111 Atelier P51	Type 451 spicules Glomospira	15 à 25 %	80 à 600 μm	faible	sub-anguleux	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, textularidés	rhomboèdres fréquents,oxydes, glauconie rare, macroquartz dans cavités intrabioclastique
Groupe 1 type 112 Atelier P51	type 452 spicules Glomospira	10 à 15 %	200 à 400 μm	bon	sub- arrondis	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, Textularidés, Reophax	rhomboèdres, macroquartz, oxydes, présence de pyrite
Goupe 2 type 121	type 440b incertae Glomospira	10 à 15 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	incertae sedis, débris noirs, textularidés, Glomospira, Earlandia, Patelina	rhomboèdres abondants, oxydes
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 1 Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, Annélides, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, quartz détritiques
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 2 Glomospira Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite
Groupe 3 à Orbitolines, type 132	type 440 3 Algues	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris noirs, algues, Glomospira, incertae sedis, débris d'Orbitolines et de bivalves	rhomboèdres fréquents, oxydes
Goupe 4 type 142	type 449 Orbitolines Miliolidés	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris de spongiaires, échinodermes, grands benthiques dont orbitolines, Glomospira	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite, quartz détritiques

Groupe 3 à *Glomospira* et Orbitolines type 440-2, sables vaseux grossiers bordure de la plate-forme, étage infralittoral

Glomospira

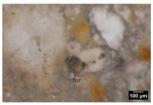




Photo 1 – Vassieux-12 03-A95, foraminifère.

Photo 2 - Vassieux-12 05-A95, foraminifère.

Insertae sedis



Photo 3 – Vassieux-14_11A95, Incertae sedis.

Table Ronde : L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Tableau des caractères microscopiques des silex de Vassieux

caractères microscopiques classification C. Riche	caractères microscopiques classification Fernandes	pourcentage éléments figurés	taille	classement	forme	bioclastes	minéralogie discriminante
Groupe 1 type 111 Atelier P51	Type 451 spicules Glomospira	15 à 25 %	80 à 600 μm	faible	sub-anguleux	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, textularidés	rhomboèdres fréquents,oxydes, glauconie rare, macroquartz dans cavités intrabioclastique
Groupe 1 type 112 Atelier P51	type 452 spicules Glomospira	10 à 15 %	200 à 400 μm	bon	sub- arrondis	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, Textularidés, Reophax	rhomboèdres, macroquartz, oxydes, présence de pyrite
Goupe 2 type 121	type 440b incertae Glomospira	10 à 15 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	incertae sedis, débris noirs, textularidés, Glomospira, Earlandia, Patelina	rhomboèdres abondants, oxydes
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 1 Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, Annélides, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, quartz détritiques
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 2 Glomospira Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite
Groupe 3 à Orbitolines, type 132	type 440 3 Algues	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris noirs, algues, Glomospira, incertae sedis, débris d'Orbitolines et de bivalves	rhomboèdres fréquents, oxydes
Goupe 4 type 142	type 449 Orbitolines Miliolidés	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris de spongiaires, échinodermes, grands benthiques dont orbitolines, Glomospira	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite, quartz détritiques

Groupe 3 à algues et Orbitolines type 440-3 vases en bordure de chenaux, étage infralittoral

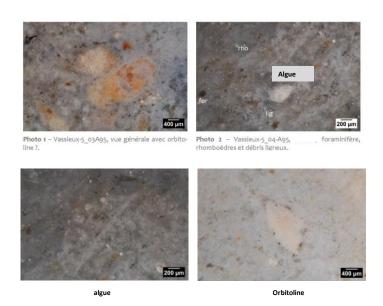


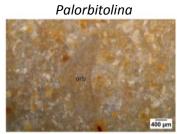
Table Ronde: L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Tableau des caractères microscopiques des silex de Vassieux

caractères microscopiques classification C. Riche	caractères microscopiques classification Fernandes	pourcentage éléments figurés	taille	classement	forme	bioclastes	minéralogie discriminante
Groupe 1 type 111 Atelier P51	Type 451 spicules Glomospira	15 à 25 %	80 à 600 μm	faible	sub-anguleux	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, textularidés	rhomboèdres fréquents,oxydes, glauconie rare, macroquartz dans cavités intrabioclastique
Groupe 1 type 112 Atelier P51	type 452 spicules Glomospira	10 à 15 %	200 à 400 μm	bon	sub- arrondis	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, Textularidés, Reophax	rhomboèdres, macroquartz, oxydes, présence de pyrite
Goupe 2 type 121	type 440b incertae Glomospira	10 à 15 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	incertae sedis, débris noirs, textularidés, Glomospira, Earlandia, Patelina	rhomboèdres abondants, oxydes
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 1 Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, Annélides, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, quartz détritiques
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 2 Glomospira Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite
Groupe 3 à Orbitolines, type 132	type 440 3 Algues	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris noirs, algues, Glomospira, incertae sedis, débris d'Orbitolines et de	rhomboèdres fréquents, oxydes
Goupe 4 type 142	type 449 Orbitolines Miliolidés	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris de spongiaires, échinodermes, grands benthiques dont orbitolines, Glomospira	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite, quartz détritiques

Groupe 4 à Orbitolines et Miliolidés type 449, sables vaseux domaine interne de la plate-forme ou chenal





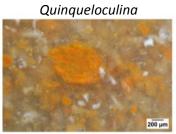


Photo 1 - Vassieux J92_440-1, orbitoline.

Photo 2- Les Chaux21_440-1, bloclaste indéterminé

Quinqueloculina









oto 3 – Les Chaux19_440-1, spongiaire, spicules et Photo 4 – Les Chaux22_440-1, m

Table Ronde : L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Tableau des caractères microscopiques des silex de Vassieux

caractères microscopiques classification C. Riche	caractères microscopiques classification Fernandes	pourcentage éléments figurés	taille	classement	forme	bioclastes	minéralogie discriminante
Groupe 1 type 111 Atelier P51	Type 451 spicules Glomospira	15 à 25 %	80 à 600 μm	faible	sub-anguleux	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, textularidés	rhomboèdres fréquents,oxydes, glauconie rare, macroquartz dans cavités intrabioclastique
Groupe 1 type 112 Atelier P51	type 452 spicules Glomospira	10 à 15 %	200 à 400 μm	bon sub-arro	sub- arrondis	spicules, débris noirs, algues, incertae sedis, Glomospira, Textularidés, Reophax	rhomboèdres, macroquartz, oxydes, présence de pyrite
Goupe 2 type 121	type 440b incertae Glomospira	10 à 15 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	incertae sedis, débris noirs, textularidés, Glomospira, Earlandia, Patelina	rhomboèdres abondants, oxydes
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 1 Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, Annélides, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, quartz détritiques
Groupe 3 à Orbitolines type 131	type 440 2 Glomospira Orbitolines	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-anguleux	Orbitolines, incertae sedis, Glomospira, spicules	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite
Groupe 3 à Orbitolines, type 132	type 440 3 Algues	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, débris noirs, algues, Glomospira, incertae sedis, débris d'Orbitolines et de bivalves	rhomboèdres fréquents, oxydes
Goupe 4 type 142	type 449 Orbitolines Miliolidés	30 à 40 %	200 μm à > 1 mm	faible	sub-arrondis	spicules, debris de spongiaires, échinodermes, grands benthiques dont orbitolines, Glomospira	rhomboèdres fréquents, oxydes, présence de pyrite, quartz détritiques

Fond de carte géologique avec localisation des affleurements des différents groupes de silex (C. Riche)

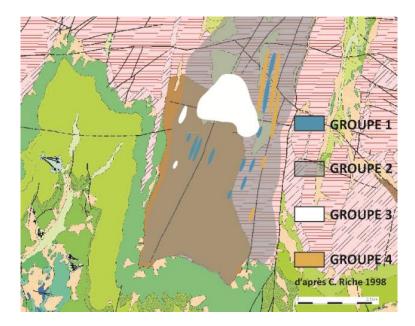


Table Ronde: L'homme dans les Alpes de la Pierre au métal, 13 et 14 octobre 2016 Villard-de-Lans, Isère

Conclusions

- Les nombreuses publications d'archéologues, de géologues et de micropaléontologues livrent une bonne synthèse.
- Il reste des problèmes de convergence entre certains silex de Vassieux et ceux du Diois (Pellebit par exemple).
- La reprise de l'étude confirme la présence de 4 faciès macroscopiques.
- Nous avons à ce jour caractérisé 7 microfaciès au lieu de 16 avec un corpus de bioclastes indicateur de dépôts différents dans l'étage infralittoral.
- Il reste du travail pour déterminer le positionnement des microfaciès au sein du plateau de Vassieux.

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016





Renewed petrographical and geochemical studies of flint from secondary deposits:

Belgium as a case study

Luc Moreau, Paul Fernandes, Michael Brandl, Peter Filzmoser Éric Goemaere, Anne Hauzeur, Ivan Jadin, Jason Day, Sally A. Gibsor



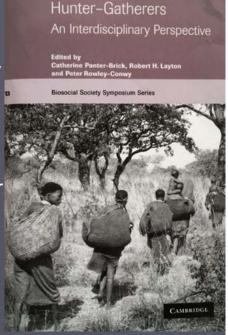


Provenance postulates

- Inter-source variation must be greater than intra-source variation for successful source discrimination
- Characteristic "*fingerprints*" can be measured with sufficient precision in the finished artefacts to enable discrimination between competing potential sources
- Post-depositional processes have negligible effect on the characteristic fingerprint of lithic artefacts, or at least such alteration can be detected
- Matching geochemical fingerprints of lithic artefacts with *primary* lithic raw material sources is archaeologically meaningful

Geochemical fingerprint of lithic artefacts based on *primary* sources is archaeologically meaningful

- However, Palaeolithic foragers primarily collected toolstone from secondary deposits;
- Raw material procurement is considered to be embedded within other foraging activities (Binford, 1979)



Post-depositional processes have negligible effect on the characteristic fingerprint of lithic artefacts

- What about pre-depositional processes (i.e. before collection by prehistoric foragers)?
- Even those artifacts that seem macroscopically "fresh" might have been altered by natural processes (both pre- and postdepositional)

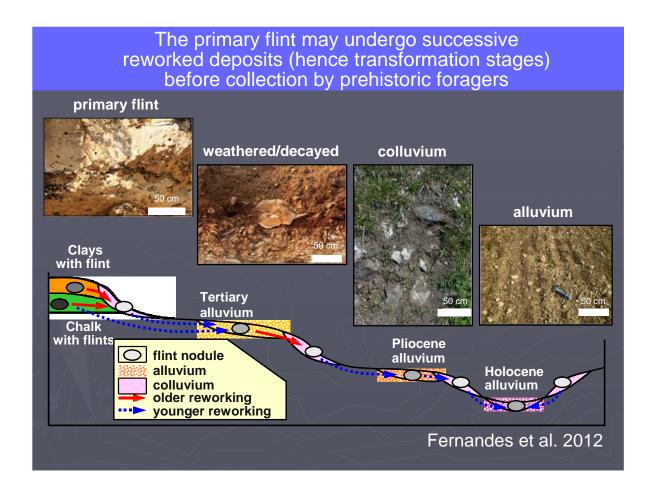


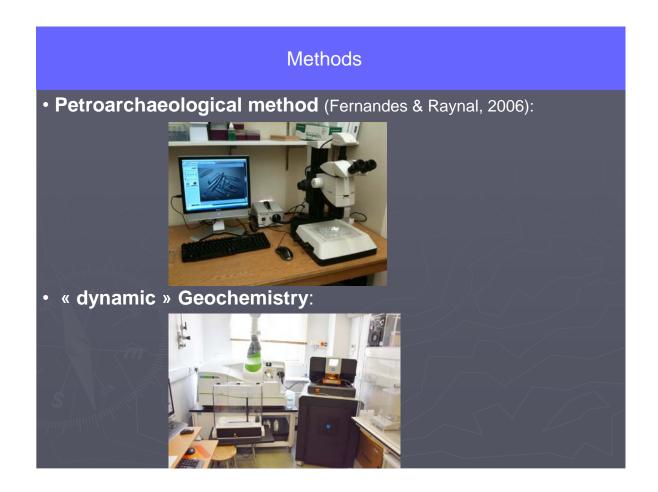
Objectives

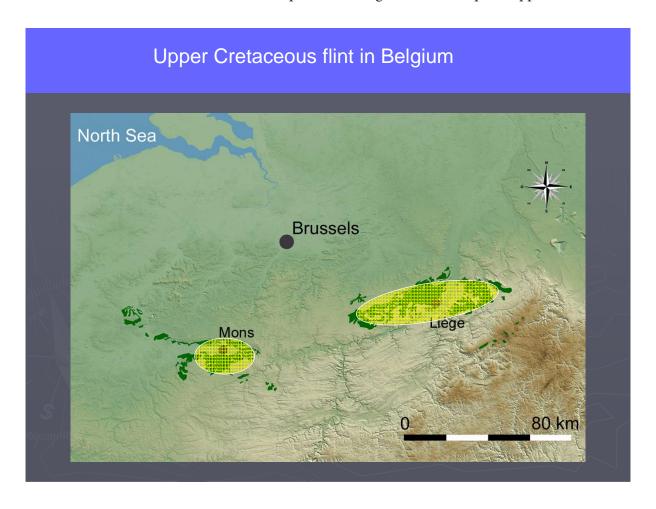
- Improve characterisation of *secondary* raw material sources used by Palaeolithic foragers
- Effectively substantiate detailed interpretations of prehistoric hunter-gatherer behavioral change across time and space

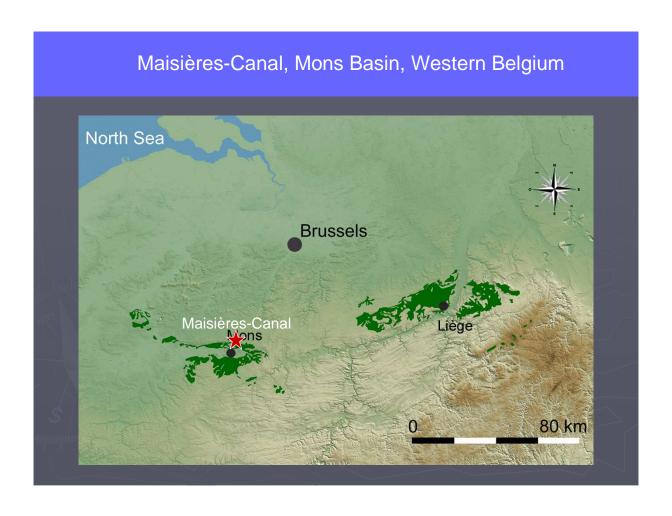
Methods

- Petroarchaeological method (Fernandes & Raynal, 2006)
- Geochemistry



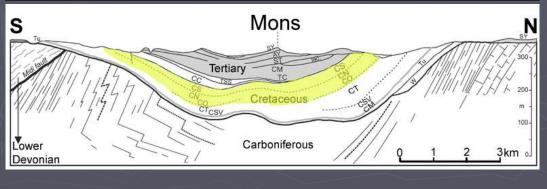


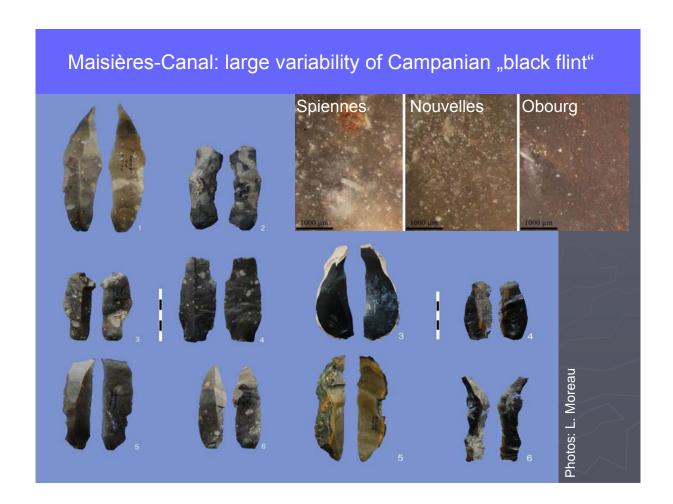




Stratigraphy of the Mons Basin: Upper Cretaceous chalks

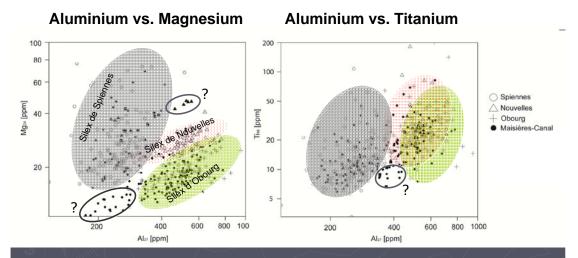
Formation	Abbreviation	Chronostratigraphy	Thickness (m)
Craie de Saint-Symphorien	TSS	Maastrichtien	0 à 10
Craie de Ciply	CC	Maastrichtien	0 à 70
Craie de Spiennes	CS	Campanien supérieur	20 à 50
Craie de Nouvelles	CN	Campanien moyen	20 à 75
Craie d´Obourg	CO	Campanien moyen	25 max.
Craie de Trivières	СТ	Campanien inférieur	120 max.
Craie de Saint-Vaast	CSV	Coniacien-Santonien	15 à 50
Craie de Maisières	СМ	Coniacien-Santonien	7 max.
Craie turonienne	Tu	Turonien	25 max.





Pilot study on "black flint" from Western Belgium Geochemical analyses using LA-ICP-MS Agilent 7500ce quadrupole ICP-MS Lithic artefacts from Maisières-Canal Pilot study on "black flint" from Western Belgium Geochemical analyses using LA-ICP-MS Lithic artefacts from Maisières-Canal Pilot study on "black flint" from Western Belgium Geochemical analyses using LA-ICP-MS Agilent 7500ce quadrupole ICP-MS Lithic artefacts from Maisières-Canal Pilot study on "black flint" from Western Belgium Geochemical analyses using LA-ICP-MS Agilent 7500ce quadrupole ICP-MS Lithic artefacts from Maisières-Canal Pilot study on "black flint" from Western Belgium Geochemical analyses using LA-ICP-MS

Bivariate scatter plots: trace element concentrations on geological and archaeological samples



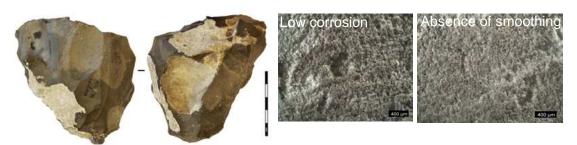
In archaeological context, to identify the genetic type is insufficient; many possible gathering places for one genetic type!

Preliminary conclusions

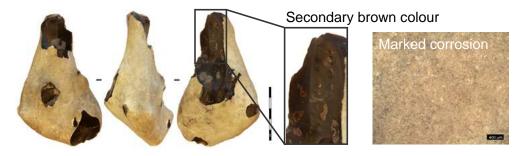
- Multiple source provisioning for Maisières-Canal: Despite limited sample size of analyzed artifacts, we contend that Spiennes and Nouvelles flint play a much larger role in the Gravettian raw material economy of Maisières-Canal, contrary to previous assumptions
- Given the distribution of Campanian flint outcrops across the Mons Basin, a provisioning territory of at least
 10 km around the site is indicated

Characterisation of various types of secondary deposits

Upper Campanian (Spiennes flint): sub-primary deposit



Middle Campanian (Obourg/Nouvelles flint): "clay with flints" (résidus à silex)



Characterisation of various types of secondary deposits

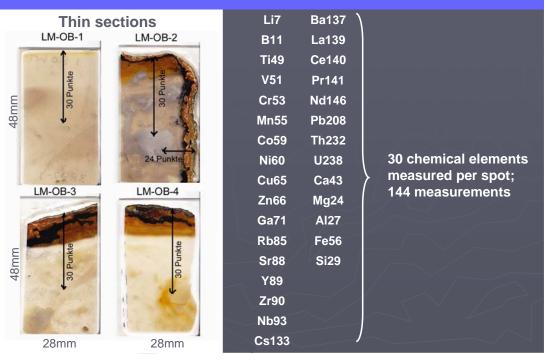
Middle Campanian (Obourg/Nouvelles flint): ancient hydrographic system

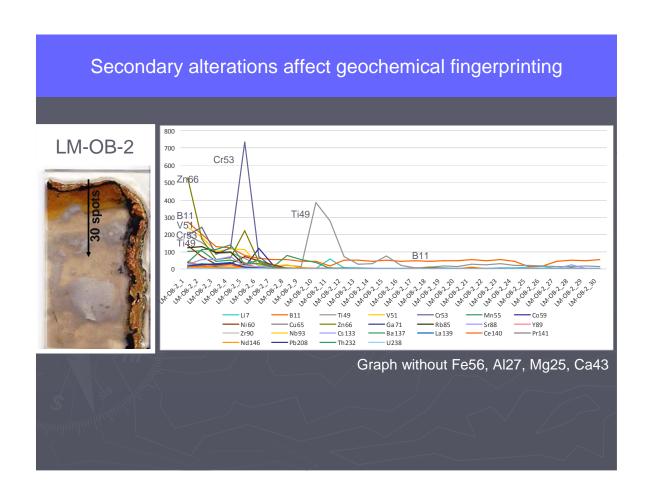


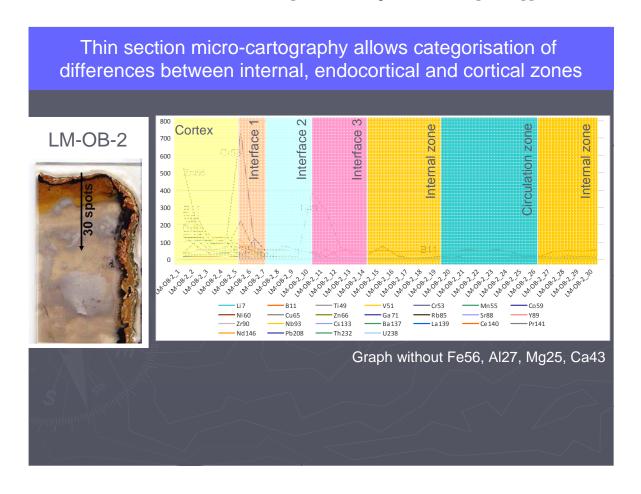
Preliminary conclusions

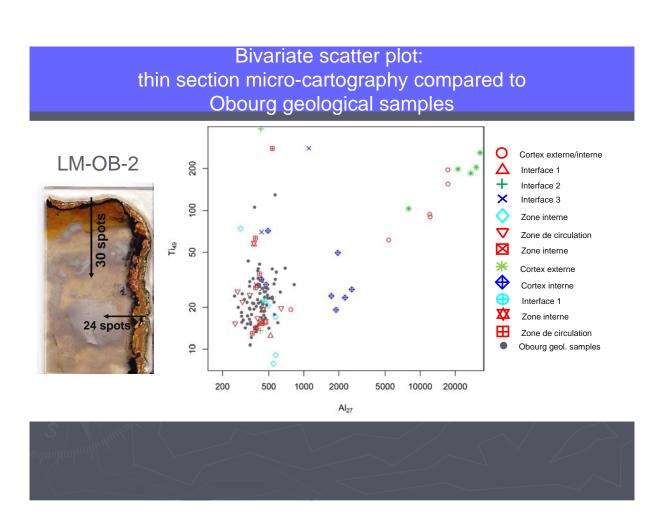
 Over 2/3 of exploited raw material nodules at Maisières-Canal derive from clays with flint (altérites) or from the former hydographic bed (alluvium) of the Haine river nearby the site

Unravelling various secondary pre-depositional facies: Geochemical analyses on Obourg flint derived from "clays with flint"

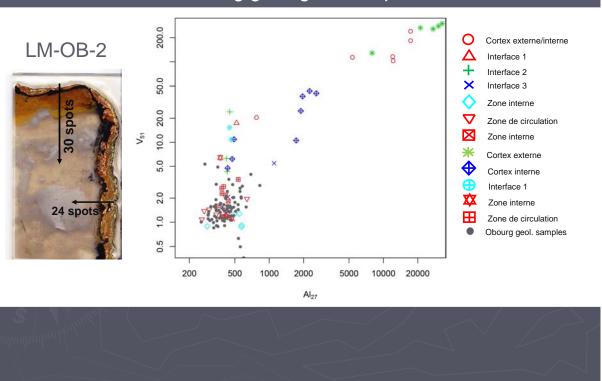




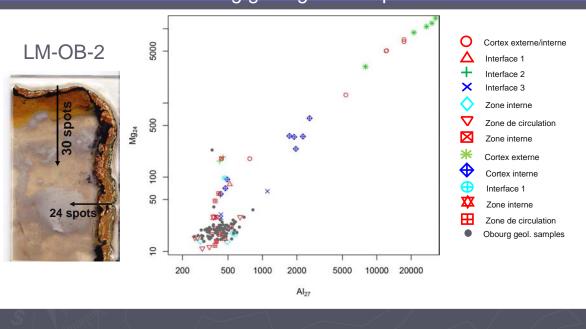


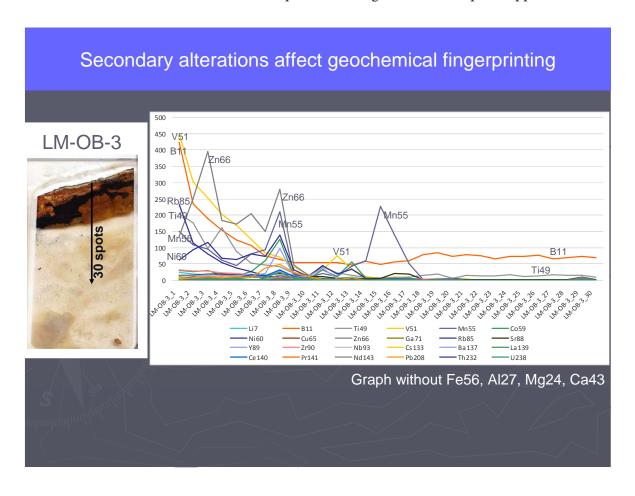


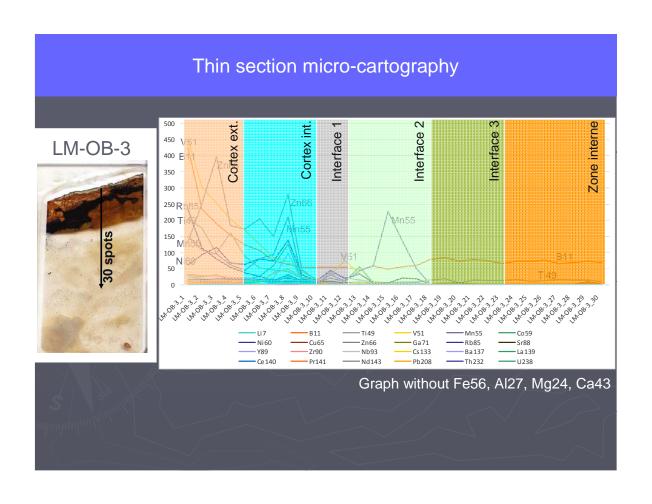
Bivariate scatter plot: thin section micro-cartography compared to Obourg geological samples

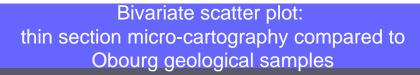


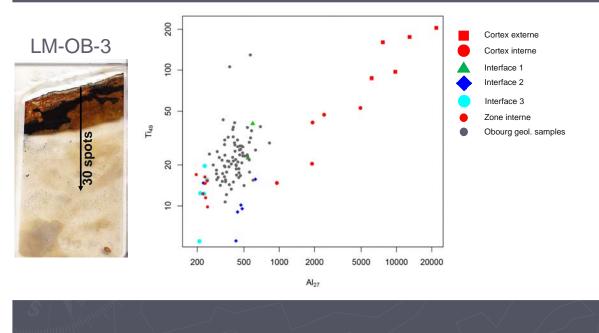




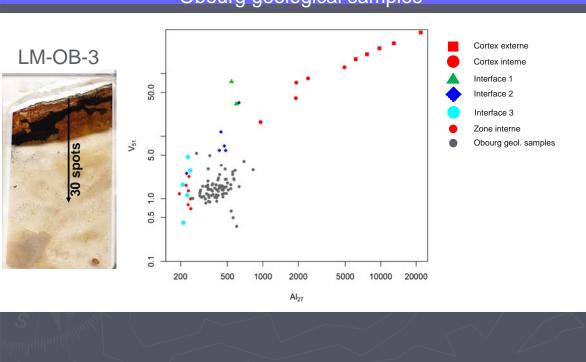


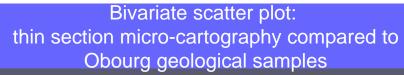


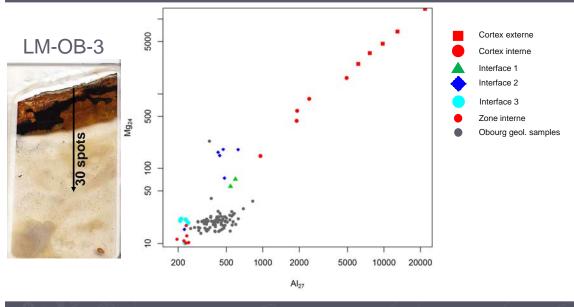




Bivariate scatter plot: thin section micro-cartography compared to Obourg geological samples







Conclusions & Perspectives

- Research on the primary deposit alone (the *genetic type*)
 is insufficient if we want to understand mobility patterns at a
 regional scale;
- Pre-despositional processes seem to have a negligible effect on the fingerprint of the genetic flint type;
- Geochemistry may strengthen the "classic" petroarchaeological approach in characterising the last pre-depositional environment before collection by prehistoric foragers;
- Explore further the combined approach using petroarchaeology and dynamic geochemistry to achieve a better level of precision in characterising and locating the secondary sources of flint/chert in a given palaeogeographical region

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

LA CIRCULATION DES SILEX BARRÉMO-BÉDOULIENS EN HAUTE-LOIRE **DURANT LA PRÉHISTOIRE**

Vincent Delvigne (1), Paul Fernandes (1,2), Michel Piboule (3), Daniel Chomette (4), Emmanuelle Defive (5), Audrey Lafarge (6), René Liabeuf (7), Marie-Hélène Moncel (8), Rebecca Wragg-Sykes (1), Jean-Paul Raynal (1-9)

- UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, bâtiment B18, Allée Geoffroy Saint-Hilaire, 33615 Pessac Cedex, vincent.delvigne@hotmail.fr.
 SARL Paléotime, 6173 rue Jean Séraphin Achard Picard, 38350 Villard-de-Lans.
 21 rue du Général Ferrié, 38100 Grenoble.

- 4. 5 route de Charensol, 07190 Saint-Sauveur-de-Montagut.
- 5. UMR 6042 GEOLAB, Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal, 4 rue Ledru, 63052 Clermont-Ferrand cedex 1.

 6. UMR 5140 Archéologie des sociétés méditerranéennes, Université de Montpellier 3, route de Mende, 34199 Montpellier.

 7. Ministère de la culture et de la communication, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, 4 rue Pascal, 63000 Clermont-Ferrand.

- 8. Département de Préhistoire, Muséum national d'Histoire naturelle CNRS Institut de Paléontologie humaine, 1 rue René Panhard, 75013 Paris. 9. Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig.

Etat des lieux et problématique

Bien que longtemps considéré comme un espace dépourvu de matière première siliceuse utilisable par l'homme préhistorique, le sud du Massif central (figure 1) constitue un terrain propice aux études pétroarchéologiques car les affleurements y sont aujourd'hui, pour la plupart, bien identifiés et caractérisés. L'Auvergne du Paléolithique supérieur marque son originalité par la présence, non négligeable, de silex provenant de plus de 100 kilomètres des sites. Ce constat, initialement fait par F. Pomerol en 1888 sur le gisement magdalénien de Blanzat (Puy-de-Dôme), mais seulement démontré un siècle plus tard par A. Masson pour différents sites de l'espace régional, fut pourtant loin d'être considéré comme acquis, enflammant la littérature scientifique de la fin du XXème siècle, Pour autant, si A. Masson avait identifié dans les séries du Paléolithique du Velay et plus largement d'Auvergne des silex provenant du sud du Bassin parisien - une origine aujourd'hui confirmée par les études récentes - les ressources locales (notamment celles des gîtes secondaires) ou provenant d'un espace méridional ont été sous-estimées, si ce n'est totalement ignorées. La définition précise des caractéristiques pétrographiques des silex du Barrémo-Bédoulien de la rive droite du Rhône a permis de définir différents sous-types génétiques le long d'un axe nord-sud en fonction de leur contenu micropaléontologique, mais aussi de mieux appréhender les transformations minéralogiques aboutissant aux différents types gîtologiques. Aujourd'hui, la seule description macroscopique des silex, classiquement fondée sur la couleur (critère ô combien subjectif) et la texture, ne peut plus être utilisée telle quelle dans les études de provenance des matériaux. Les silex Barrémo-bédoulien d'Ardèche en sont un bon exemple puisqu'ils ont été confondus par le passé avec des silex lozériens du Bajocien en position secondaire ou plus encore avec des silex du Turonien du sud-ouest du Bassin parisien. Un écueil qu'une observation micrographique fine et méthodique de nombreux échantillons permet d'éviter aisément.

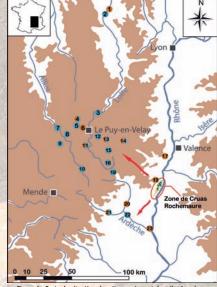


Figure 1 : Carte de situation des sites contenant des bédouliens. Les points orange représentent les sites o moyen, les points bleu, ceux du Paléolithique supérieur/Mésolithiq

Figure 2 · à gauche - Carte des form Figure 2: a gaucie - Carte des formations a siste d'Ardécke (Fernandes 2012, modifié) ; à droite : exemples de microfaciès siliceux riche en rhomboèdres du Barrémo-Bédoulien de Rochemaure-Cruas.

Géologie

Au sein des séries du Paléolithique du Velay nous n'avons retrouvé qu'un seul type de silex ardéchois, le barrémo-bédoulien des conglomérats oligocènes de la zone de Rochemaure-Cruas (figure 2). Les silex affleurent sous la forme de rognons pluridécimétriques portant un cortex généralement centimétrique, grumeleux, blanc à beige, à porosité faible et à dominante siliceuse. La limite avec la zone silicifiée est nette et irrégulière. La zone silicifiée, de couleur brune à rouge est homogène. La matrice (orthochems) est principalement constituée de calcédonite crypto- à microcristalline. Les éléments figurés (allochems), bien triés et répartis de façon homogène, se séparent en trois catégories : 1) la composante détritique, représentée par de rares grains de quartz corrodés < 50 microns et de petits éléments arrondis ; 2) la composante chimique, illustrée par de fréquents petits (70 à 110 microns) pelloïdes et 3) la composante biologique, formée par une fréquence variable de petits débris noirs allongés que nous assimilons à de la matière organique (fragments de tiges), par de fréquents spicules monoaxones peu fragmentés de Demosponges et par de rares foraminifères bisériés (Textularia ?). Outre ces éléments de diagnose, les silex barrémo-bédouliens de la rive droite du Rhône se caractérisent par l'abondance de petits rhomboèdres de carbonate (dolomite) assez peu altérés. Dans les faciès les plus évolués, ces formes minérales sont dissoutes (boxworks) et colmatées par de la silice néogène

Implications archéologiques

Cette approche fine des formations géologiques, maintenant développée depuis une dizaine d'années au sein des PCR « Réseau de lithothèques Rhône-Alpes » et « Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central », a permis d'identifier les silex du Barrémo-Bédoulien des conglomérats oligocènes de la région de Rochemaure-Cruas comme une géoressource primordiale de l'espace minéral paléolithique (notamment moyen) de l'Ardèche mais aussi de l'Auvergne. Ils ont en effet été reconnus dans la quasi-totalité des sites vellaves depuis le début du Paléolithique moyen jusqu'au Mésolithique (figure 3), exception faite du Paléolithique supérieur ancien (Aurignacien, Gravettien, Solutréen), une période assez mal représentée dans l'espace auvergnat. Si l'une des voies de traversée du massif semble se dessiner par la haute-vallée de l'Allier et le bassin de Langogne, d'où on rejoint facilement les hauts cours de l'Ardèche et du Chassezac, la découverte de la pointe de Devesset montre que d'autres chemins de traverse ont pu exister, par la vallée du Doux ou de l'Eyrieux par exemple.

Par l'analyse de l'origine des matières premières on peut donc établir que dès les premières occupations du Paléolithique moyen, les interfluves sont franchis et que le Velay, intégré à de vastes réseaux de parcours, d'échanges et de transmissions est situé à la croisée de différentes influences. Un seul silex peut donc invalider un modèle de déplacements préétabli et seule l'étude exhaustive (mais fastidieuse) des séries lithiques est à même d'enrichir cette problématique.

Publication détaillée

Delvigne V., Fernandes P., Piboule M., Chomette D., Defive E., Lafarge A., Liabeuf R., Moncel M.-H., Wragg-Sykes R., Raynal J.-P. - De Vivarais en Velay par les monts du Mézenc, circulation du silex barrémo-bédoulien depuis le Paléolithique moyen. Ardèche Archéologie, (sous presse).

Ce travail a été financé par l'association Archéo-Logis/CDERAD, le Département de la Haute-Loire, la Communauté de Communes de la jeune Loire et du Mézenc, la commune de Laussonne, les régions Aquitaine (projet Origines II), Auvergne et Rhône-Alpes, le Ministère de la culture et de la communication (PCR « Réseaux de lithothèques en Rhône-Alpes » et « Espaces et subsistance au Paléolithique moyen dans le sud du Massif central », bourse Patrimoine) et l'Université de Bordeaux, Nous tenons également à remercier F. Letterlé, C. Schwab, E. Magne, J.-P. et C. Daugas, R. Séguy, J.-P. Bracco, E. Thomas et M.-S. Larguèze pour l'accès aux collections ; ainsi que M. Langlais, L. Klaric, C. Bressy, J. Virmont, M. Aulanier, F. Bazile, J.-M. Geneste, C. Ferrier et P. Bindon pour les discussions qui sont venues enrichir notre réflexion.



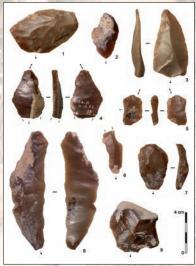
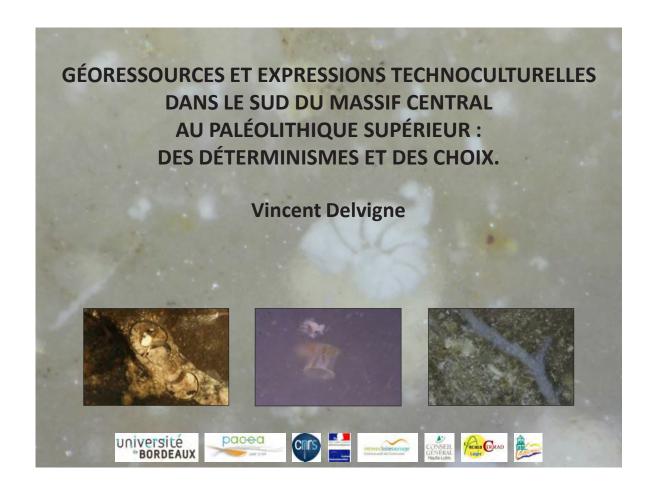
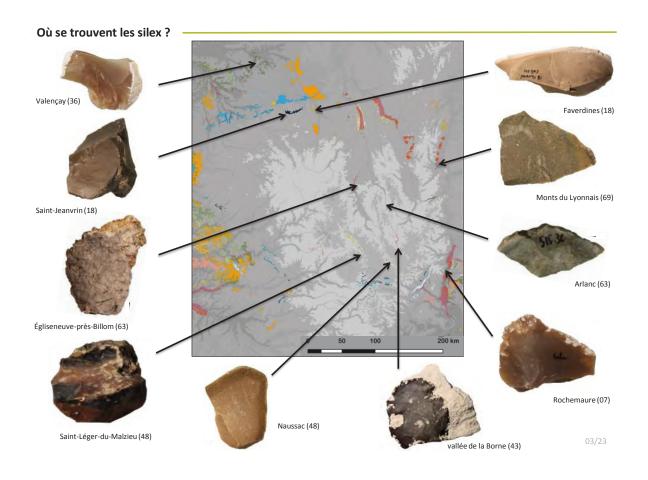


Figure 3 – 1. Le Rond-du-Barry, couche H, racloir ; 2. Baume Vallée, couche 22 base, pointe moustérienne ; 3. Devesset, pointe moustérienne ; 4. Le Rond-du-Barry, couche F2, burin ; 5. Le Rond-du-Barry, couche F2, burin ; 6. Le col de Claron, la Montbani ; 7. Le Rond-du-Barry, couche F2, grattoir Rond-du-Barry, couche E, lame ; 9. Abri Dufau, éclat.

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

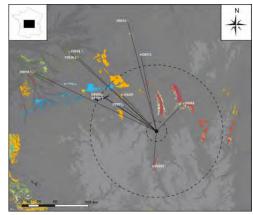


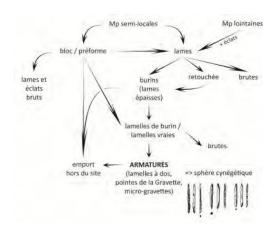


Problématique

Comment les hommes de la fin du Pléistocène ont-ils géré les géoressources à leur disposition dans un environnement réputé pauvre en matières premières ?

--> Approche pétroarchéologique et techno-économique





Origine des matières premières lithiques de la Contrée Viallet

Circulations des objets et des personnes

--> Essai de modélisation des territoires préhistoriques

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 03/23

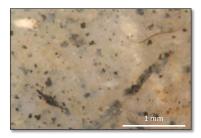
Méthodologie Qu'est ce que la pétroarchéologie ? Discipline à l'interface géologie / archéologie Objectifs : Caractérisation de l'environnement minéral exploité Contribution à la définition du système techno-économique Acquisition (a) Introduction (b) Transformation (c) Introduction (c) Espaces parcourus et exploités

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 04/23

Un outil de paléogéographie

Méthodologie

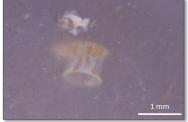
La méthode d'observation mésoscopique (Séronie-Vivien M. et M.-R., 1987)



Le silex lacustre de type D0003



Le silcrête de type F0012, origine : Laps (Puy de Dôme)



Le silex marin de type F0038.1, origine : Turonien inférieur du Cher

Description des microfaciès sédimentaires :

=> % allochems, structure, tri des particules, matrice, degré de transparence...

Recensement exhaustif de TOUS les éléments figurés

=> Abondance, sphéricité, émoussé, fragmentation

=> TYPE GENETIQUE (type de silicification + environnement de dépôt attribution stratigraphique)

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 05/23

Méthodologie

La chaîne évolutive des silicifications

Collectes préhistoriques	Histoire	Stades génétiques		Évolution	Mécanismes	
 	Dépôt archéologique	ase	post - dépositionnel	te	Dépôt et remaniement anthropiques : désagrégation, abrasion, trace de chocs, altération, patine secondaire Remaniement et dépôt : désagrégation, abrasion, traces de chocs, altération, patine, nêocortex	
	Remaniement Arrivée à l'affleurement Arrivée à l'affleurement	Post-genèse	Prédépositionnel	Centripète		
			Initial		Dissolution, recristallisation	
Sédimentaire	Diagenèse	Lithification Sédimentation	Centrifuge	Cristallisation initiale, dont cortex. Diminution de la porosité (compaction)		

Fernandes & Raynal 2006

Les silicifications (silex; silcrète; chert; silice hydrothermale) sont des matériaux métastables dans leur environnement.

Leur structure interne **évolue** en fonction des différents milieux traversés.

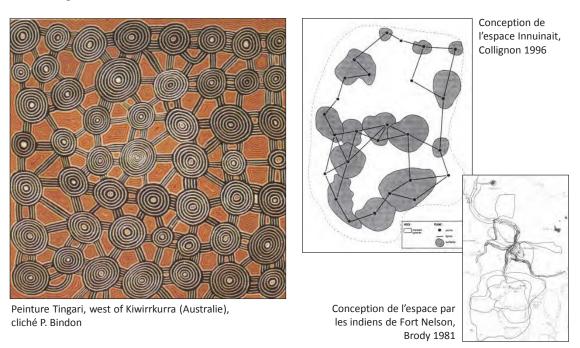
Chaque nouvelle étape du parcours (gîte secondaire) est enregistrée par une association particulière de stigmates physico-chimiques.

Certains silex évolués peuvent être confondus : les faux amis.

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 05/26

Méthodologie Un même silex pour différents faciès gîtologiques Primaire Colluvions Altérites Alluvions pléistocènes F1-a,b et f 50 cm F1-d Calcaire crétacé contenant le type génétique F1 Alluvial tertiaire F1-c Colluvions Alluvial pléistocène Déplacements du silex F1 : Colluvions - - - - → Ancien Alluvial holocène - Actuel Fernandes 2012, modifié

Méthodologie

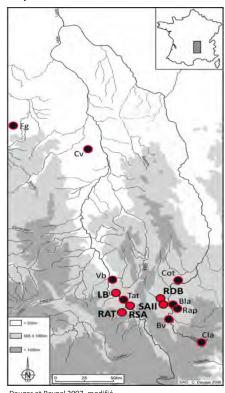


=> **Réseau de lieux**, Debarbieux 2009

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 07/23

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 08/23

Corpus



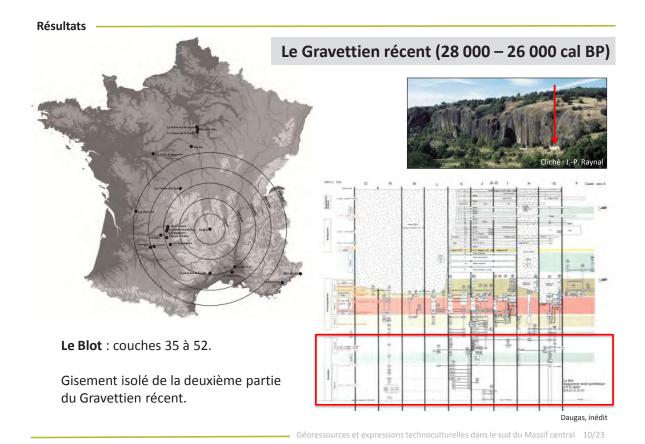


14 sites allant du Gravettien récent au Mésolithique dont 5 principaux : Le Blot, Le Rond de Saint-Arcons, La Roche à Tavernat, Le Rond-du-Barry et Sainte Anne II.

Près de 21 000 objets archéologiques analysés.

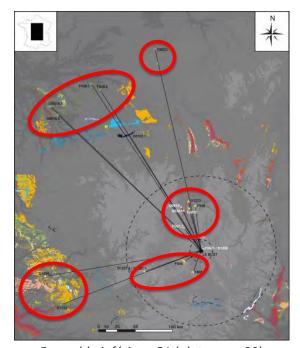
Quel est l'impact des conditions environnementales dans les stratégies socio-économiques des hommes préhistoriques ?

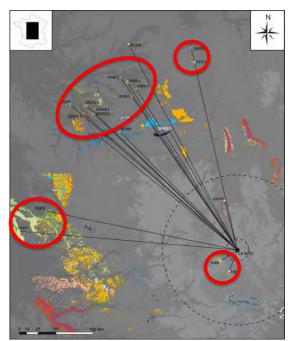
Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 09/23



319

Résultats Le Gravettien récent





Ensemble inférieur G1 (nb types = 29)

Ensemble supérieur G2 (nb types = 33)

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 11/23

Résultats

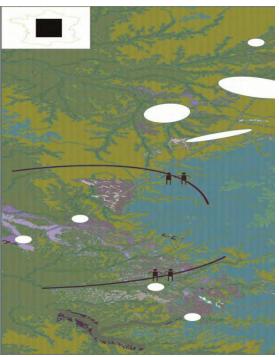
Iames et éclats bruts burins (lames épaisses) lamelles de burin / lamelles vraies brutes emport (Jamelles dos, pointes de la Gravette, micro-gravettes) Mp lointaines Mp lointaines brutes brutes brutes camport (Jamelles dos, pointes de la Gravette, micro-gravettes)

Une succession de camps temporaires en relation avec des activités de chasse.

Des liens privilégiés avec le **sud du Bassin parisien**, mais aussi le Poitou et l'Aquitaine.

La structuration techno-économique de l'assemblage lithique est dépendante de la fonction du site et de la durée d'occupation.

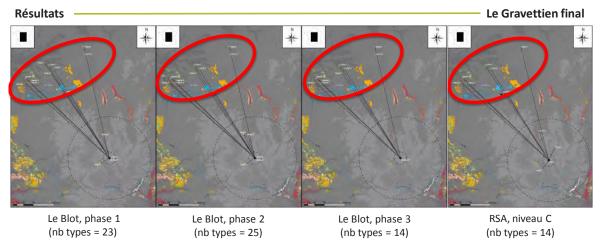
Le Gravettien récent



Modèle réticulaire du territoire des gravettiens récents

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 12/23

Résultats Le Gravettien final (26 000 – 25 000 cal BP) Mp lointaines préformes Blocs emport grand la petit laminaire grandes lame => vers la sphère cynégétiq Le Blot, couches 22 à 34 ; Le Rond-de-Saint-Arcons, niveau C. Apports de silex lointains (> 200 km) sous forme de blocs non préparés. Une anticipation totale des besoins qui ne signifie pas la méconnaissance du milieu. L'abri du Rond-de-Saint-Arcor Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 13/23



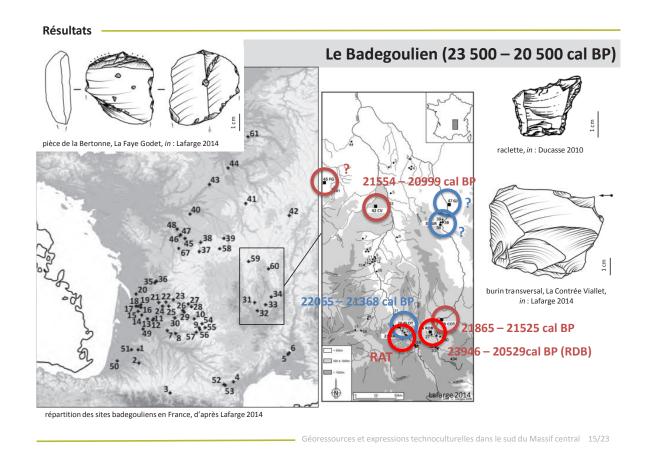
Absence de matériau local, rareté des matériaux semi-locaux (F0005, F0044).

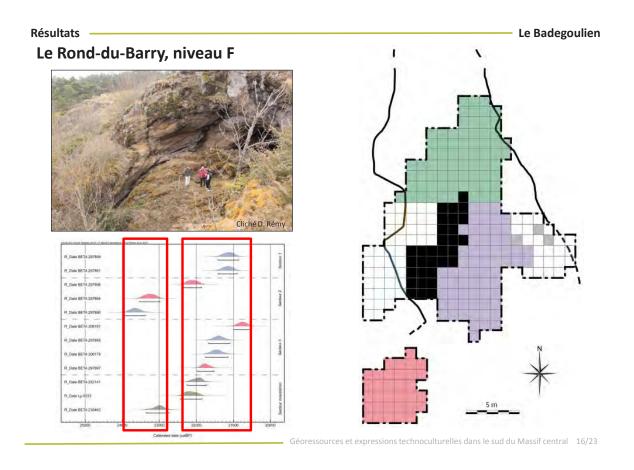
Homogénéité des approvisionnements centrés sur le sud du Bassin parisien durant toute la séquence, mais pas de site contemporain connu dans cet espace.

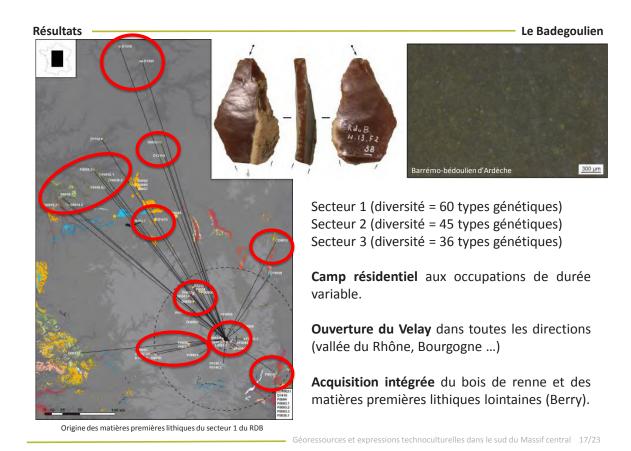
Bonne connaissance des milieux lointains exploités (diversités de gîtes et de types) p. ex : Turonien sup. de Touraine = D0018.1,D0018.3, D0018.4, D0018.5 ...

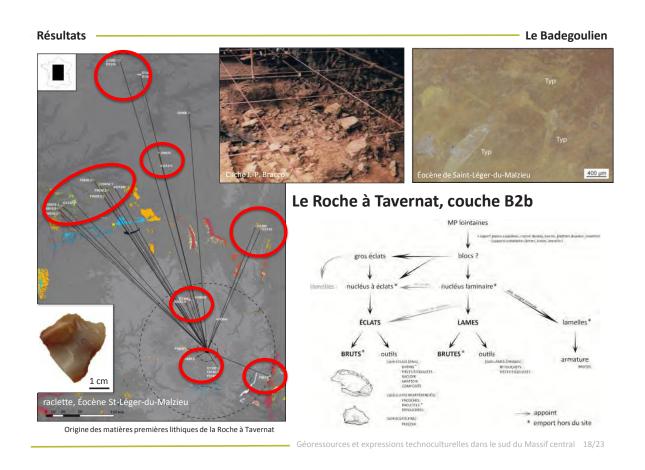
La Haute vallée de l'Allier est considérée comme une zone de chasse fréquentée lors d'expéditions en vue de l'acquisition de matière carnée (rennes).

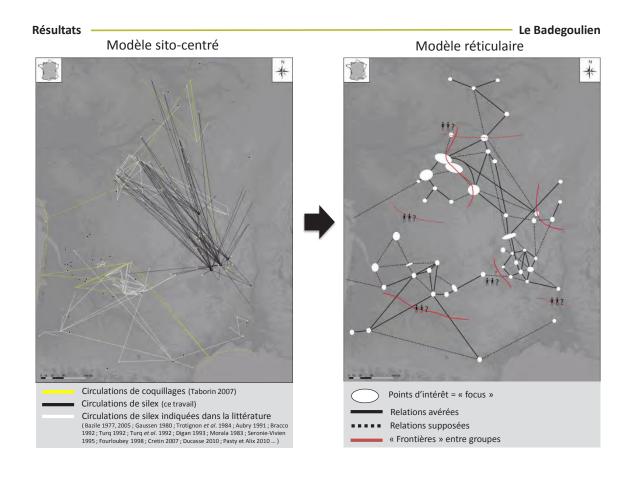
Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 14/23

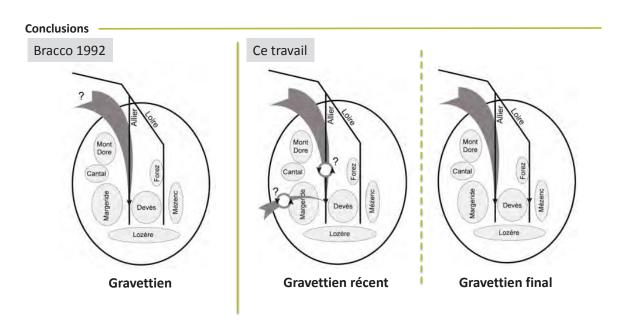












Le moteur des occupations gravettiennes du Velay résulterait du déplacement ponctuel d'une ressource mobile (le renne) = **facteur extrinsèque.**

Le Velay est considéré comme **un espace marginal** d'une zone de vie centrée sur le sud du Bassin parisien.

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 20/23

Bracco 1992 Ce travail Ce travail Ce travail Deves Deves Deves Lozère Badegoulien Magdalénien Badegoulien Magdalénien

le Velay est **pleinement intégré** dans le circuit de nomadisme et l'ensemble des ressources qu'offre l'environnement est exploité sur des périodes plus ou moins longues = **facteur intrinsèque**.

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 21/23

Conclusions

Des déterminismes et des choix

Topographie, climat, disponibilité en MP ...

Adaptation constante des hommes.

Si la nature autorise le développement d'un panel comportemental et technique, seuls les facteurs culturels régissent le choix du ou des comportements.





L'ouverture du massif

Le Velay, un soit disant « cul-de-sac »?

Franchissement des fleuves et interfluves des domaines régionaux et lointains : Devès, Margeride, Monts du Mézenc...

Intégration du Velay dans un vaste territoire bipartite incorporant le sud du Bassin parisien.

Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central 22/23

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016

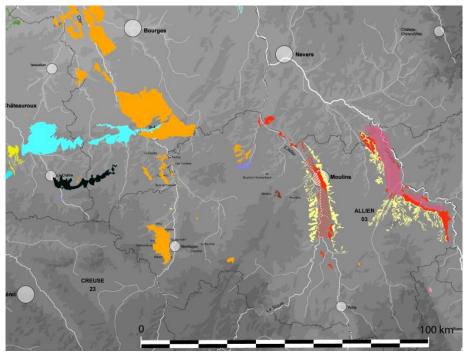
PRINCIPALES MATIERES PREMIERES LITHIQUES ENTRE BASSIN PARISIEN & AUVERGNE

Partie 1- ALLIER CHER INDRE

Variétés des matériaux et leurs transits au Paléolithique Moyen

PIBOULE Michel, DELVIGNE V., FERNANDES P., LAFARGE A., RAYNAL J.-P.

Formations à silex dans la région



Silex du Permien (Autunien inférieur) Silex noirs de Gros Bois-Bois Perdu & Gipcy Renière B Renière A Autunien Renière A Autunien Autunien



Intérêt archéologique



A-biface Gipcy



B-Saint-Bonnet de Four n°4518. Boxworks de dolomite Éclat en silex de Gipcy

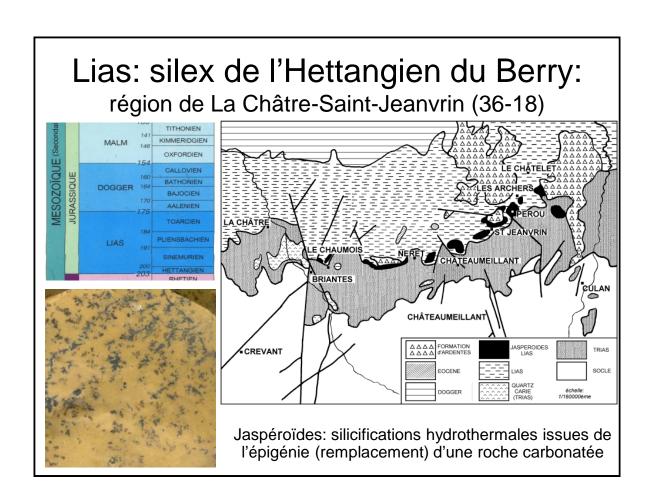


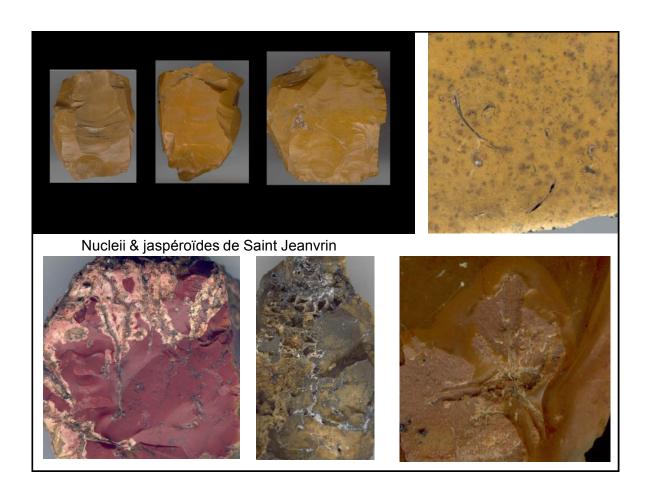
Sinters de Meillers

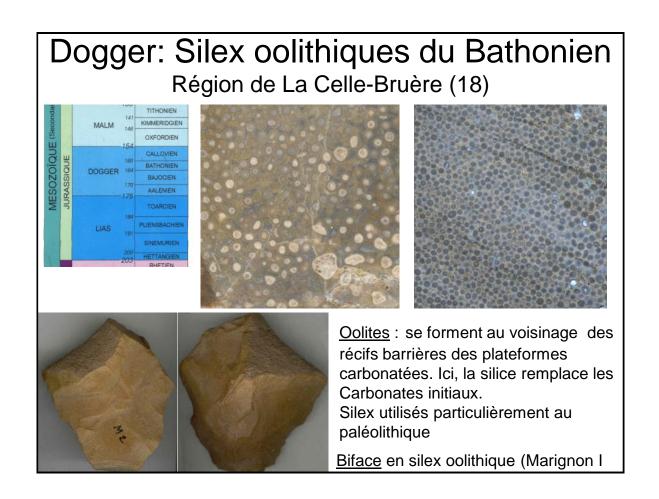


Sinter (ou geysérite):silicification liée à l'activité des sources chaudes et geysers constitué de fines lamines construites par des cyanobactéries









Sidérolithique: Villevendret-Nassigny (03)

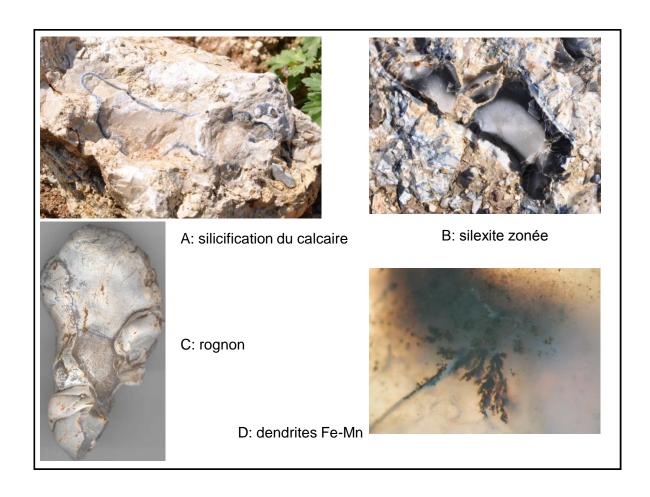


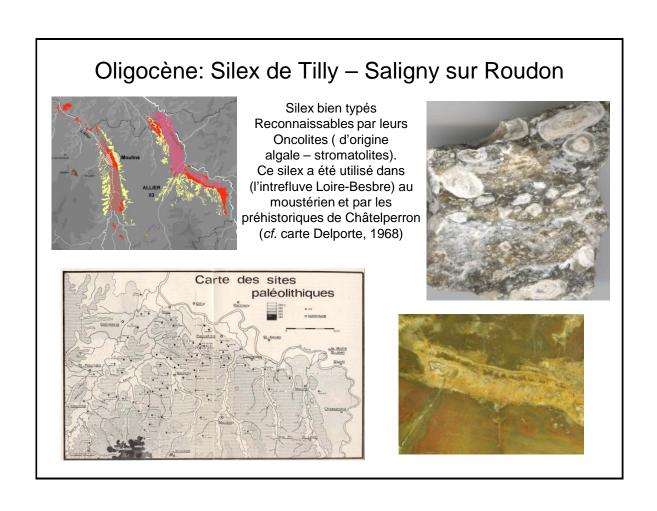
Sidérolithique: période éotertiaire probable à dépôts continentaux et cuirasses rubéfiées. A Villevendret : dépôts fluviaux à galets fluviaux de silex jurassiques.Industries moustériennes de l'atelier de Nassigny.

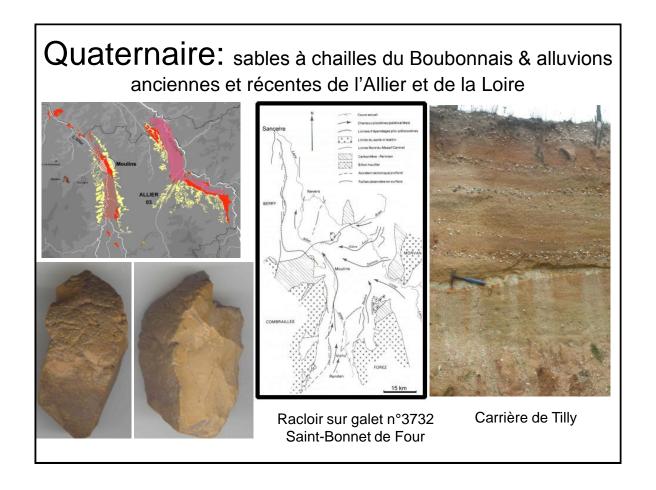


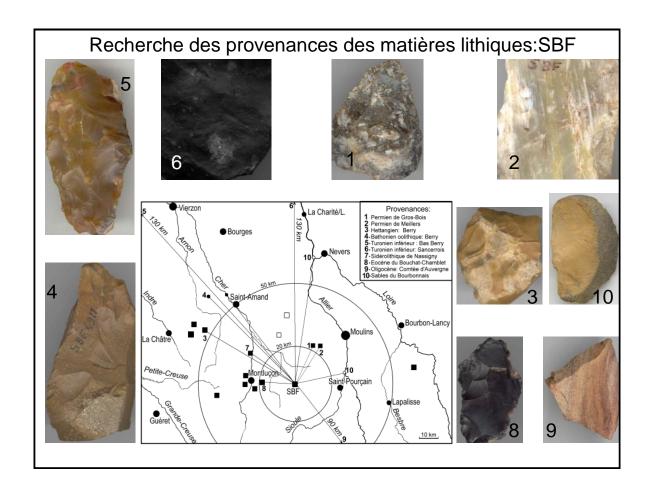


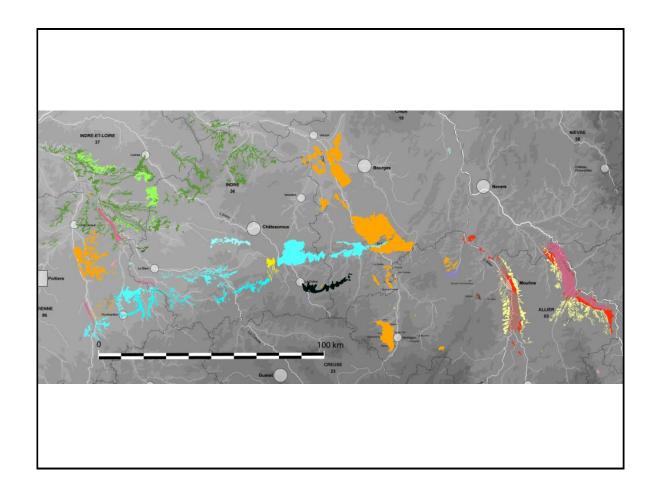
Tertiaire Eocène tardif: Bassin Domérat-Montluçon











P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016





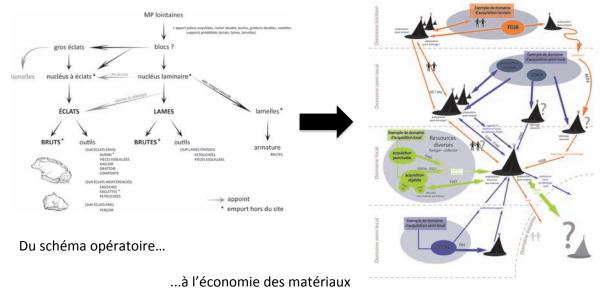
Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

Circulations des objets et des personnes

Méthodologie

La chaîne opératoire : un puissant outil

« Une succession ordonnée de gestes, organiquement liées les uns aux autres par une intention technique, un projet économique et des connaissances » N. Pigeot, 1992.

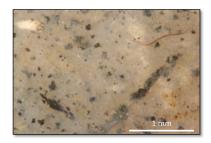


Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

02/21

Méthodologie

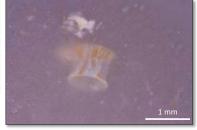
La méthode d'observation mésoscopique (Séronie-Vivien M. et M.-R., 1987)



Le silex lacustre de type D0003



La silcrète de type F0012, origine : Laps (Puy de Dôme)



Le silex marin de type F0038.1, origine : Turonien inférieur du Che

Description des microfaciès sédimentaires :

=> % allochems, structure, tri des particules, matrice, degré de transparence...

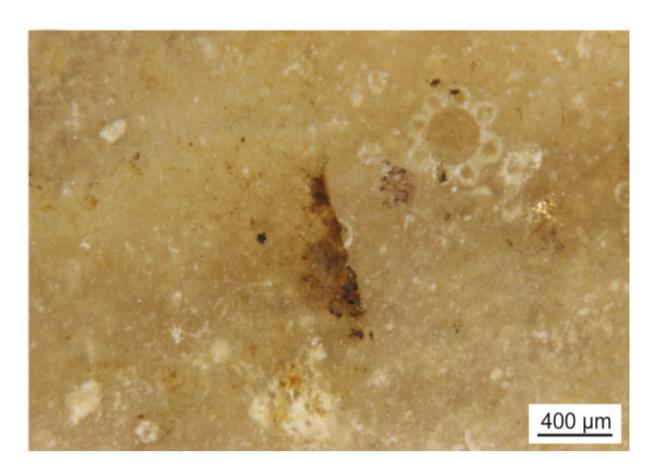
Recensement exhaustif de TOUS les éléments figurés

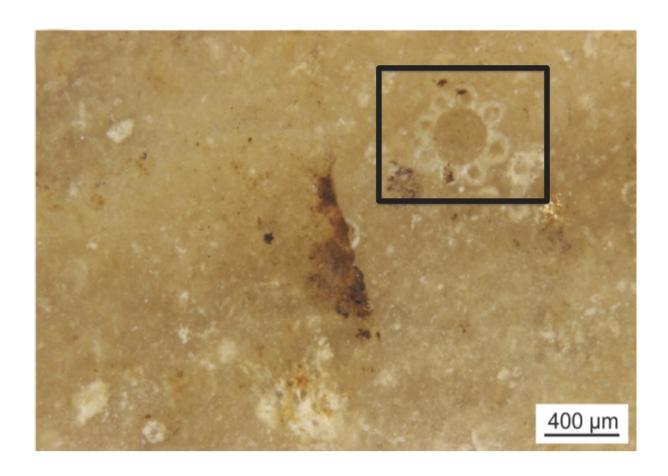
=> Abondance, sphéricité, émoussé, fragmentation

=> **TYPE GENETIQUE** (type de silicification + environnement de dépôt attribution stratigraphique)

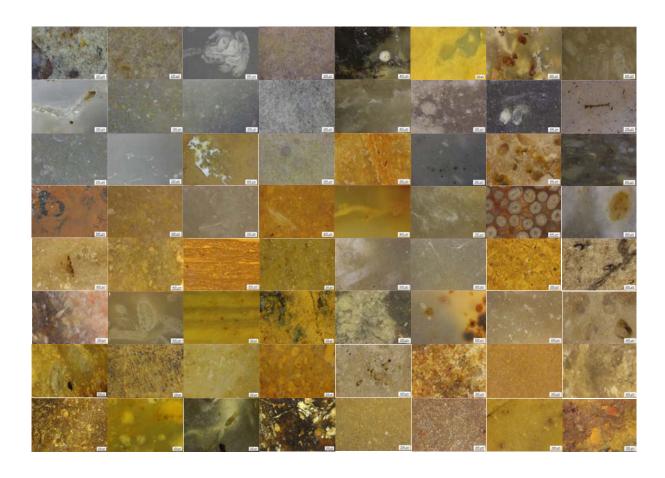
Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

04/25



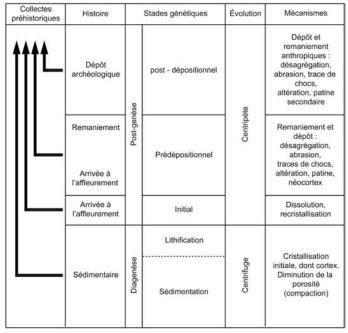






Méthodologie

La chaîne évolutive des silicifications



Les silicifications (silex; silcrète; chert; silice hydrothermale) sont des matériaux métastables dans leur environnement.

Leur structure interne **évolue** en fonction des différents milieux traversés.

Chaque nouvelle étape du parcours (gîte secondaire) est enregistrée par une association particulière de stigmates physico-chimiques.

Certains silex évolués peuvent être confondus : les faux amis.

Fernandes & Raynal 2006

Calcaire crétacé

contenant le type génétique F1 Colluvions

Déplacements du silex F1 :

→ Actuel

- - - - → Ancien

Alluvial tertiaire

Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

09/25

Un même silex pour différents faciès gîtologiques Primaire Colluvions Altérites Alluvions pléistocènes F1-a,b et f F1-d

Colluvions

Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

F1-c2

Alluvial holocène

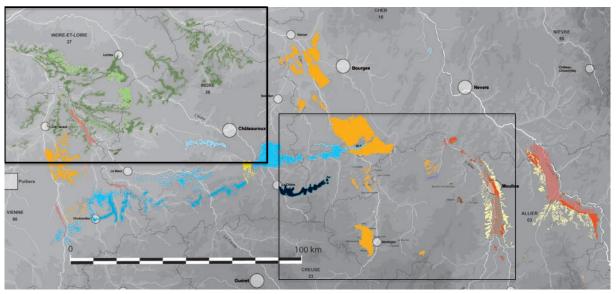
F1-c

Alluvial pléistocène

10/25

Fernandes 2012, modifié

Colluvions

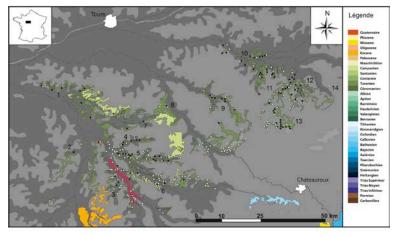


Carte des formations à silex du sud du Bassin parisien (Indre-et-Loire, Vienne, Indre, Creuse, Cher, Allier)

Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

11/25

Étude de cas : le Turonien du sud du Bassin parisien



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





Une longue histoire de la recherche :

1888 - F. Pomerol : Circulations à longue distance ? abri Blanzat (Puy-de-Dôme)

1950 à 1980 - L. Valensi: micropaléontologie des silex du Turonien du Bassin parisien (1955, 1957)

O. Charbonier: inventaire des ressources minérales du département de l'Indre (1962)

M. Gratier: étude sur les gîtes-ateliers du Turonien inférieur du Berry (1977a, 1977b)

1980 : A. Masson : thèse (1981) ; définition des silex turoniens supérieurs de Touraine (1986)

D. Giot : définition des silex turoniens supérieurs de Touraine (Giot et al. 1986)

1990 : T. Aubry : Thèse (1991) : « L'exploitation des ressources en matières premières lithiques dans les gisements solutréens et badegouliens du bassin versant de la Creuse (France) »

N. Mallet: Thèse (1992): « Le Grand-Pressigny. Ses relations avec la civilisation Saône-et-Loire »

L.-A. Millet-Richard et J. Primault (1993) : prospection thématique



2000 à aujourd'hui:

- J. Primault = Thèse (2003) : « Exploitation et diffusion des silex de la région du Grand-Pressigny au Paléolithique »,
- **T. Aubry et B. Walter** : <u>prospection thématique</u> et travaux de terrains (notamment fouilles des Roches à Abilly et des Maîtreaux à Bossay-sur-Claise)
- **F. Surmely** = Les silex blonds d'Auvergne (Surmely et *al.* 1998), <u>prospection thématique (</u>2006), géochimie (Surmely et *al.* 2008)
- + Depuis les années 70' : établissement de la **carte géologique** *cf*. travaux de G. Alcaydé, S. Debrand-Passard, G. Lablanche, J. Manivit, R. Médioni, S. Mouhsine, L. Rasplus...
- + Des travaux ponctuels en réponse à des questions archéologiques : P. Alix ; J. Affolter ; D. Pesesse ; J.-P. Bracco ; M. Digan ; L. Slimak et Y. Giraud...

Étude de cas : le Turonien du sud du Bassin parisien

Six types génétiques dérivés :

F0038.

F0038.

F0038.3

F0038.1; F0038.2; F0038.3; F0038.4; F0038.5; F0038.6

Aire d'affleurement compris entre Vierzon (Cher) à l'est, Pouillé (Loir-et-Cher) au nord-ouest et Luçay-le-Mâle (Indre) au sud-ouest ≈ 400 km²

Rognons et blocs pluridécimétriques de **silex marin de plate-forme externe** (+/-200m de profondeur), à bas niveau d'énergie

Similitudes: structure homogène, *allochems* < 10 %, *allochems* = fréquents spicules monoaxones ou triaxones libres; présence de bryozoaires cheilostomes et foraminifères planctoniques (*Hedbergella*, *Praeglobotruncana*); rareté des quartz détritiques

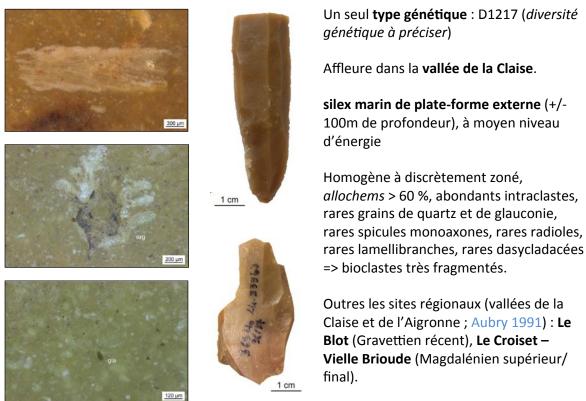
Teinte variable: vert, jaune, blond, gris, brun, noir => degré d'altération

Différences fondées entre autre sur le degré de fragmentation des *allochems*, la teneur en éléments détritiques et/ou organiques, la présence/absence de dendrites, l'homogénéité de la matrice, la proportion de foraminifères *versus* de bryozoaires, la présence de lamellibranches et/ou de restes de poissons...

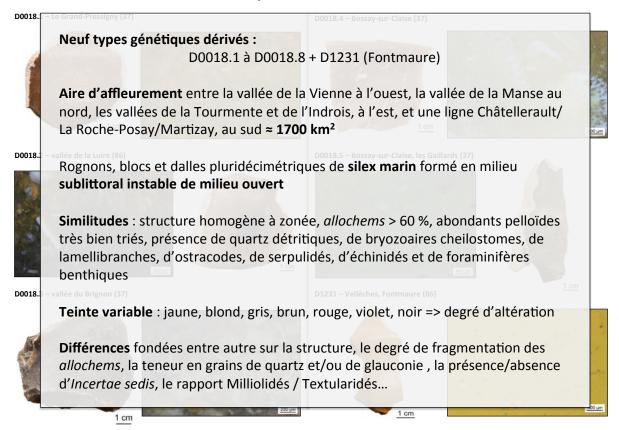




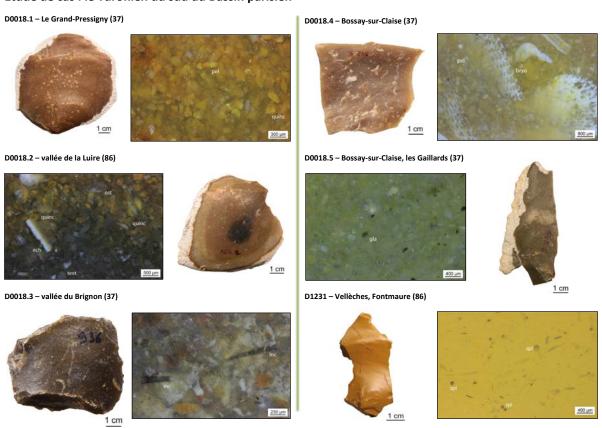
Étude de cas : le Turonien du sud du Bassin parisien

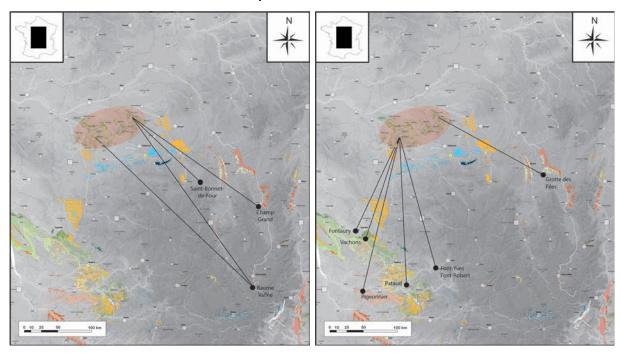


Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016



Étude de cas : le Turonien du sud du Bassin parisien





Paléolithique moyen (-300 000 à -38 000 ans)

CG : Slimak et Giraud, 2007 ; SBF, BV : ce travail

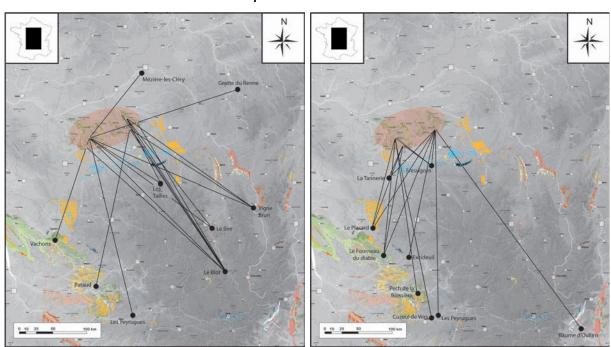
Aurignacien (-38 000 à -31 000 ans)

GF : Surmely et Pasty 2003 ; Fontaury et Vac : Primault 2003 ; Font-Yves et Font-Robert : Bordes et *al.* 2005 ; Pataud et Pigeonnier : Caux, 2015

Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

19/25

Étude de cas : le Turonien du sud du Bassin parisien



Gravettien (-31 000 à -25 000 ans)

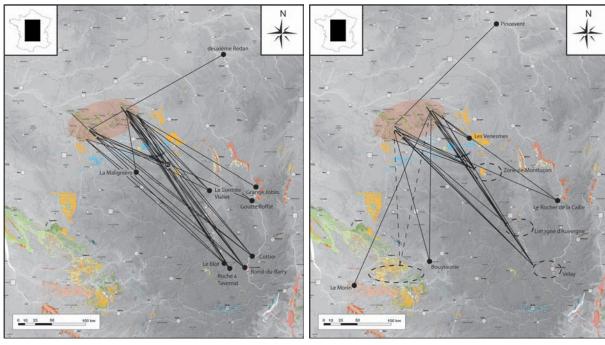
Mez : Le Licon et Jesset 1996 ; GR et Vac : Primault 2003 ; Vigne Brun : Digan 2006 et Pesesse 2013 ; LB : ce travail ; LS : Surmely et al. 2011 ; LT : Pasty et al. 2013 ; Pat : Chiotti et al. 2013 ; Pey : Guillermin et Morala 2014

Solutréen (-25 000 à -23 500 ans)

BO: Boccaccio com. orale; Pey: Allard 2016; Bassin Aquitain: Mangado-Llach et al. 2014; Aubry et Walter 2014

Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

20/25



Badegoulien (-23 500 à -20 500 ans)

2nd Red : Bodu, com. pers ; GJ : Pasty et Alix 2010 ; GR : Digan 1993 ; Mal : Demars 1985 ; Cot, RdB, Rat, LB, CV : ce travail

Magdalénien (-20 500 à -14 000 ans)

RoC: Alix et *al.* 2003; Pin: Bodu, com. pers.; *Limagne et Allier*: Angevin 2010, 2013; Fontana et al. 2003, 2009; Genty 1977, 1979; Piboule 1979, 1985; Surmely 1998, 2000, Surmely et Pasty 2003; *Dordogne*: Morala com. pers; Mor, Bouy, *Velay, Montluçon*: ce travail

Préhistoire en France central, Montluçon le 19/11/2016

21/25

Conclusion et perspectives

- => La définition micrographique fine des silex turoniens du sud du Bassin parisien, permet leur considération comme matériaux traceurs des relations entre provinces préhistoriques.
- => Ce travail ainsi que ceux de T. Aubry, J. Primault, L.-A. Millet-Richard, D. Giot, C. Verjux, N. Mallet... forment un prélalable à l'établissement du PCR « Réseau de lithothèque en région Centre Val de Loire », début 2016

Géologie:

- Précision de la diversité génétique du Turonien, notamment moyen ;
- Mise en place de la troisième étape dans la chaîne analytique de caractérisation gîtologique du Turonien supérieur du Grand-Pressigny (minéralogie et géochimie de la zone sous-corticale);
- Multiplication des prospections et caractérisation gîtologique fine des matériaux siliceux autre que le Turonien du Berry et de Touraine (p. ex. vallée du Loir, Portlandien d'Orville).

Archéologie:

- Caractérisaton des gîtes ateliers du Turonien inférieur ;
- Reconnaissance de la gestion des silex turoniens dans les industrie régionales (cf. PT « L'occupation humaine de la vallée du Cher au Paléolithique supérieur »)
- Mais également **plus loin** : Reconnaissance et révision de séries d'Aquitaine, d'Auvergne et du Bassin parisien.

P.C.R. Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes : rapport d'activité 2016



SIST 2016 : Séries Interopérables et Systèmes de Traitement

29 septembre - Plateformes de données techniques

L'usage d'outils, de données et de webservices interopérables pour la cartographie des formations à silex en France : l'expérience du PCR « Réseau de lithothèques

Christophe TUFFERY (Inrap), David TALEC (CNP), Jean-Baptiste CAVERNE (Paléotime), Pascal TALLET (Paléotime), Geneviève PINÇON (CNP), Stéphane KÖNIK (CNP), Jean-Pierre PLATEL, Alain TURQ (MNP), André MORALA (MNP), Paul FERNANDES (Paléotime)

CNP : Centre National de Préhistoire, Périgueux MNP : Musée National de Préhistoire, Les Eyzies-de-Tayac

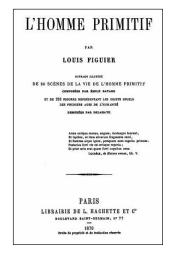


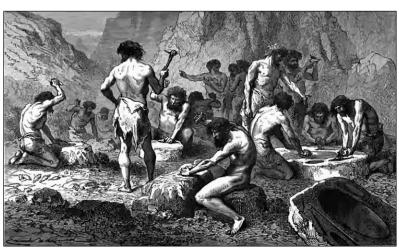


Plan de la communication

- A. La problématique scientifique
- B. Les problèmes méthodologiques des lithothèques
- C. Les travaux réalisés
- D. En guise de conclusion

L'identification des sources d'approvisionnement en matières premières en archéologie : une question ancienne

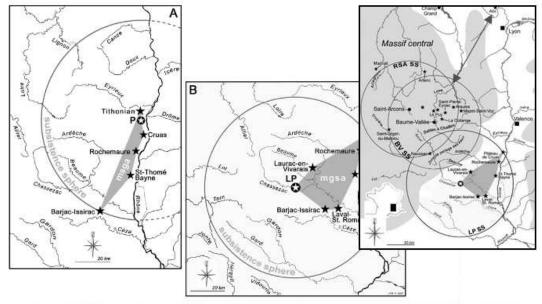




("L'homme primitif" de Louis Figuier, 1870)

A. La problématique scientifique

Les territoires d'approvisionnement des populations préhistoriques : une vision très schématique



Source: http://hal-mnhn.archives-ouvertes.fr/docs/00/66/05/26/PDF/Silex-Lyon_Raynal_Fernandes_Moncel_-def.pdf

La détermination des sources d'approvisionnement s'appuie sur :

- 1. la connaissance des ressources en géomatériaux
- 2. la caractérisation des géomatériaux par l'étude de leur évolution physico-chimique dans le temps et dans l'espace
- → vers une typologie génétique

A. La problématique scientifique

1. La connaissance des ressources en géomatériaux













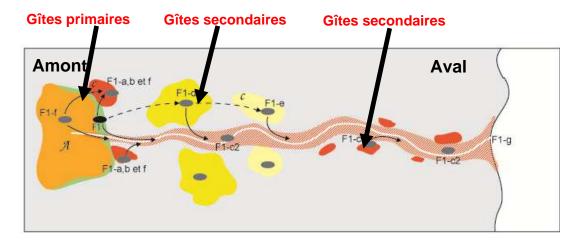
L'évolution physico-chimique dans le temps et dans l'espace des divers types génétiques de silex

Amont Gîtes secondaires F1-a,b et f Colluvions pliocènes Alluvial pléistocène F1-c Alluvial pléistocène F1-c2

Vue en coupe

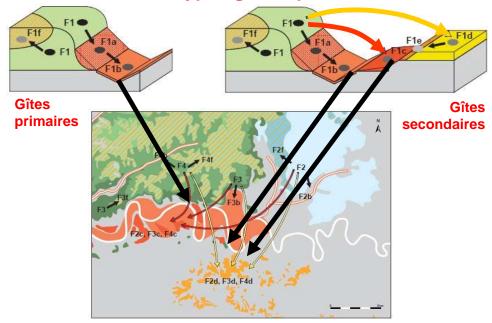
A. La problématique scientifique

L'évolution physico-chimique dans le temps et dans l'espace des divers types génétiques de silex



Vue en plan

L'évolution physico-chimique dans le temps et dans l'espace des divers types génétiques de silex

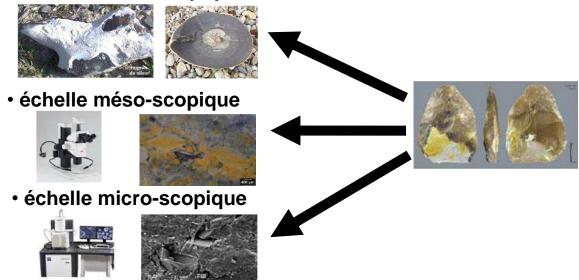


A. La problématique scientifique

Etude et description à 3 échelles des géomatériaux

Confrontation avec les vestiges archéologiques





B. Les problèmes méthodologiques des lithothèques

Les problèmes actuels :

- une diversité des pratiques dans la description :
 - des formations à silex in situ
 - des échantillons géologiques
 - des vestiges archéologiques
- des données disparates et souvent inadéquates
- un cloisonnement inutile des initiatives

B. Les problèmes méthodologiques des lithothèques

Les améliorations attendues :

- niveau de qualité de la précision spatiale dans la géométrie des formations à silex
- interopérabilité sémantique et technique des données
- échanges au sein de la communauté scientifique

10 ans déjà:

2005 : premières cartes de localisation de gîtes à silex avec ArcGIS (Massif central, Alpes, vallée du Rhône)

2006-2010 : 1er PCR "Réseau des lithothèques en Rhône-Alpes"

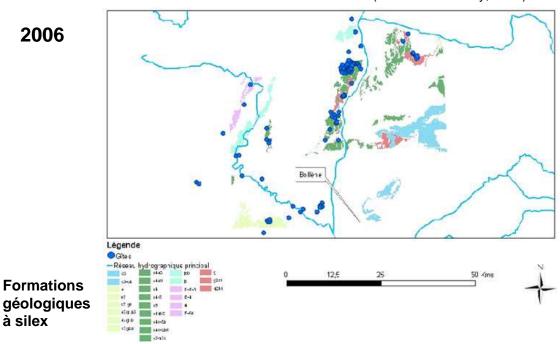
2011-2012 : début d'harmonisation de plusieurs BDD

2013-2015 : nouveaux PCR (PACA, Centre - Val de Loire)

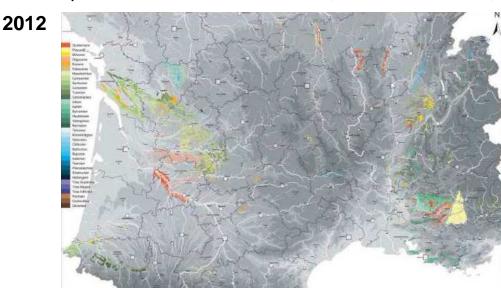
2016 : nouveau PCR sur le sud-ouest enquête nationale sur les lithothèques 1ère école thématique Silex (nov. 2016, Nice)

C. Les étapes et les travaux réalisés

Carte de localisation de gîtes à silex avec ArcGIS dans le couloir médio-rhodanien (Fernandes-Tufféry, 2006)



Carte statique des formations à silex avec Adobe Illustrator pour tout le sud de la France (Fernandes, Tallet, 2012)



C. Les étapes et les travaux réalisés



Passer de cartes statiques

produites et consultables par un seul chercheur...





...à des cartes "interactives" et évolutives produites par un collectif de chercheurs et disponibles sur une plateforme en ligne











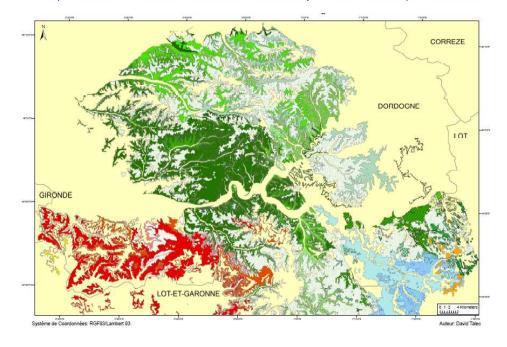
La numérisation des contours des formations à silex



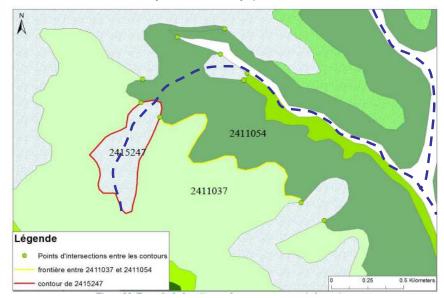
C. Les étapes et les travaux réalisés

Carte des formations à silex de Dordogne

(Fernandes, Platel, Könik, Talec, Turq, Morala, 2015)



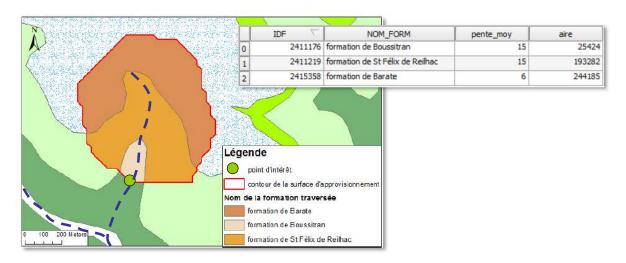
Développement d'une application pour l'étude des relations spatiales entre polygones de formations à silex avec des fonctionnalités de PostGIS (récursivité) (Dalphinet, 2014)

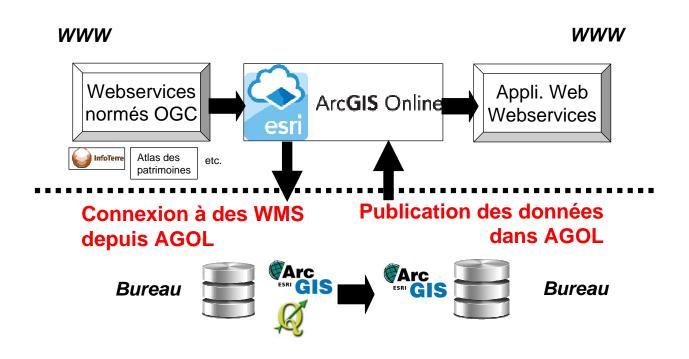


Identification des frontières entre formations contigües

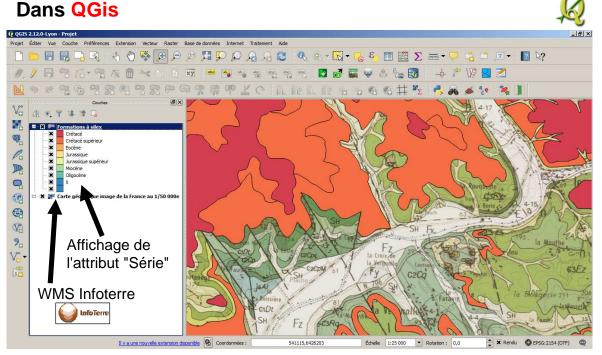
C. Les étapes et les travaux réalisés

Identification de la surface théorique d'approvisionnement en silex à partir d'un point d'intérêt dans un bassin-versant





C. Les étapes et les travaux réalisés

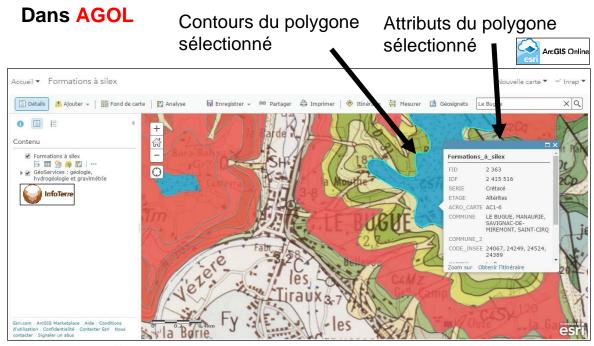


Affichage des données sur les formations à silex et du WMS Infoterre en fond cartographique

C. Les étapes et les travaux réalisés Dans ArcGis Proyonet_virilité_302Amd Arctlap Protocolaire Resonaile Resonai

Affichage des données sur les formations à silex et du WMS Infoterre en fond cartographique

C. Les étapes et les travaux réalisés

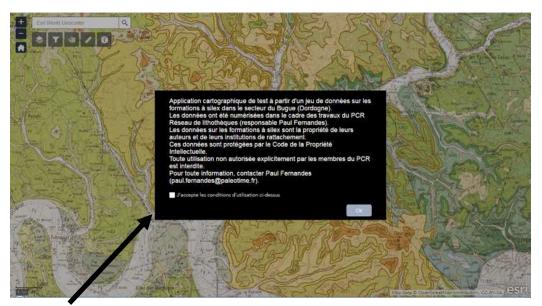


Affichage des données sur les formations à silex et du WMS Infoterre en fond cartographique

Application web développée dans AGOL



Panneau d'accueil



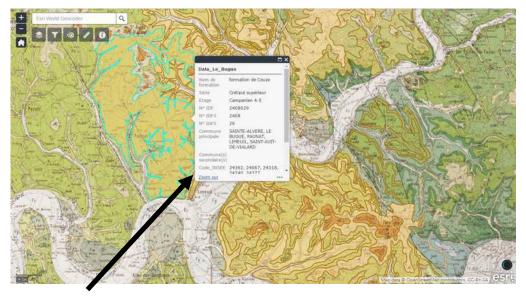
Acceptation des conditions d'utilisation : sensibilisation à la propriété des données

C. Les étapes et les travaux réalisés

Application web développée dans AGOL



Consultation des données

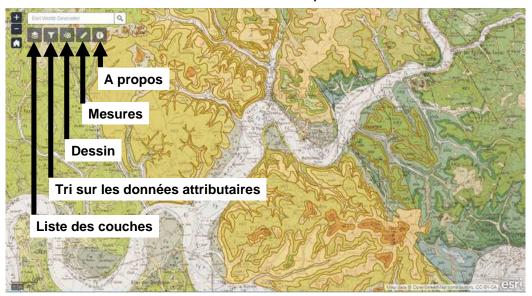


Sélection d'un polygone et affichage de ses données attributaires

Application web développée dans AGOL



Fonctionnalités au choix et aisément paramétrables



C. Les étapes et les travaux réalisés

Application web développée dans AGOL



Liste des couches de données

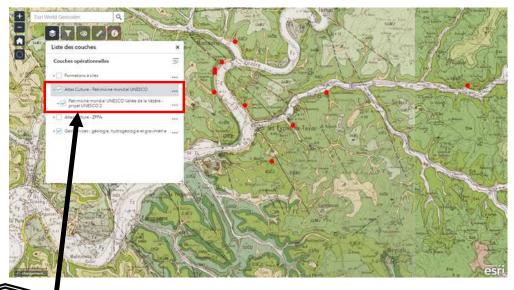


Couche WMS Infoterre : Cartes géologiques au 1/50 000

Application web développée dans AGOL



Liste des couches de données



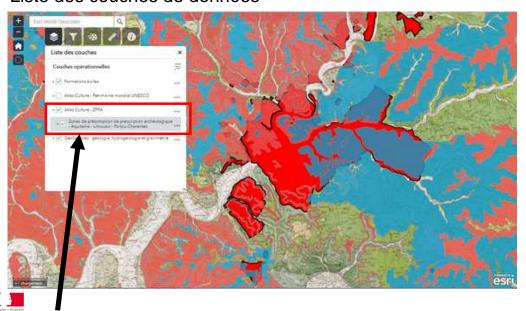
Couche WMS Atlas Culture : Patrimoine mondial de l'UNESCO

C. Les étapes et les travaux réalisés

Application web développée dans AGOL



Liste des couches de données



Couche WMS Atlas des Patrimoines : ZPPA

Application web développée dans AGOL



Tri sur les données attributaires



C. Les étapes et les travaux réalisés

Application web développée dans AGOL



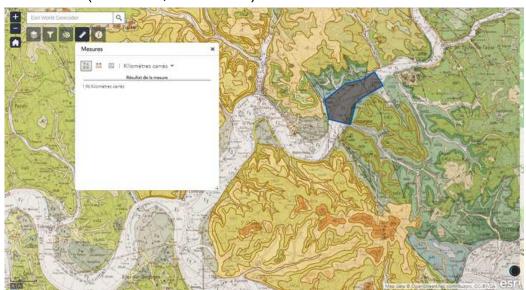
Couche de dessin (polygones, de lignes, polylignes, points, etc.)



Application web développée dans AGOL



Mesures (surfaces, distances)



C. Les étapes et les travaux réalisés

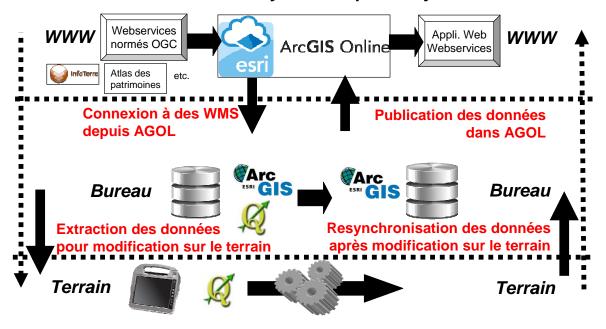
Application web développée dans AGOL



A propos (mention des co-auteurs de la BDD)

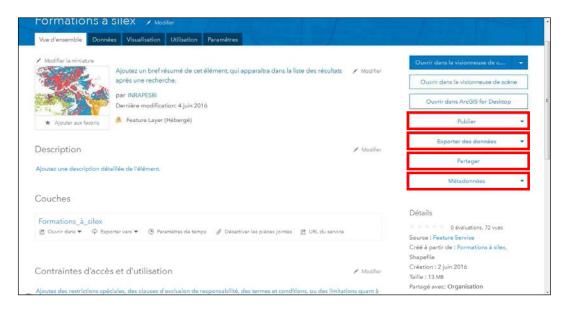


Projet d'application mobile pour la consultation et la modification des données en mode asynchrone puis resynchronisation



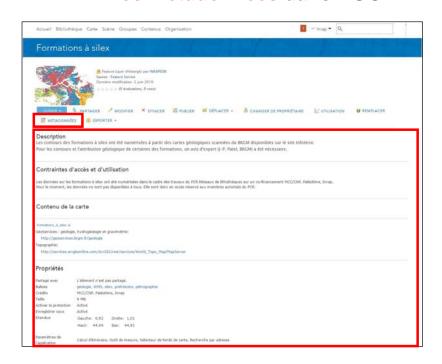
C. Les étapes et les travaux réalisés

Console d'administration des contenus et des fonctionnalités pour chaque couche



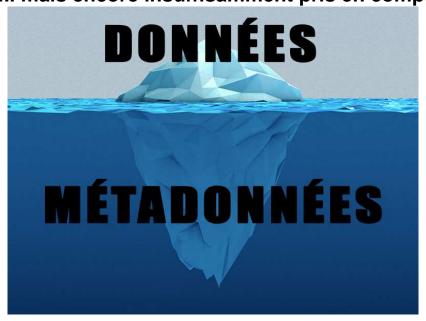
D. En guise de conclusion

Les métadonnées dans AGOL



D. En guise de conclusion

Les métadonnées : un point essentiel mais encore insuffisamment pris en compte



D. En guise de conclusion

La qualité des données : un problème spécifique à l'archéologie ?

Comment avancer?

- le dialogue entre disciplines et entre chercheurs
- des actions d'accompagnement (sensibilisation, démonstrations, formation, communications, etc.)

D. En guise de conclusion

Les Plans de Gestion des Données (PGD)

Le cycle de vie des données de la recherche

