



PALEO

Revue d'archéologie préhistorique

27 | 2016

Varia

Le silex Grain de mil, ressource clé du Sud-Ouest de la France au Paléolithique : caractérisation pétroarchéologique et clé de détermination en contexte archéologique

The Grain de mil flint, a Key-resource from South-Western France during the Paleolithic : characterization and determination criteria in archeological context

Solène Caux et Jean-Guillaume Bordes



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/paleo/3196>

DOI : 10.4000/paleo.3196

ISSN : 2101-0420

Éditeur

SAMRA

Édition imprimée

Date de publication : 30 décembre 2016

Pagination : 105-131

ISSN : 1145-3370

Référence électronique

Solène Caux et Jean-Guillaume Bordes, « Le silex Grain de mil, ressource clé du Sud-Ouest de la France au Paléolithique : caractérisation pétroarchéologique et clé de détermination en contexte archéologique », *PALEO* [En ligne], 27 | 2016, mis en ligne le 01 juin 2018, consulté le 07 juillet 2020.

URL : <http://journals.openedition.org/paleo/3196> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/paleo.3196>



PALEO est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Le silex Grain de mil, ressource clé du Sud-Ouest de la France au Paléolithique : caractérisation pétroarchéologique et clé de détermination en contexte archéologique

Solène CAUX^(a), Jean-Guillaume BORDES^(a)

Résumé : Les territoires et leur gestion sont un des facteurs les plus caractéristiques de l'organisation des groupes nomades de chasseurs-collecteurs du Paléolithique. Le développement précoce de la pétroarchéologie notamment dans le Sud-ouest de la France a conduit à faire de cette région une des mieux documentées concernant les ressources siliceuses exploitées au Paléolithique. Mais il reste néanmoins encore une inconnue majeure : le silex dit « Grain de mil » dont la caractérisation et l'origine restent à préciser, bien que ce matériau ait été repéré en contexte archéologique sur une très large aire géographique. Pour résoudre cette problématique, nous abordons tout d'abord la question du choix méthodologique d'étude des matières premières : l'analyse sédimentologique demeure encore le meilleur mode de caractérisation pour intégrer directement les données des matières premières dans une étude techno-économique. Ensuite, nous présentons les résultats de l'étude pétroarchéologique du Grain de mil : ce matériau est typique de Charente-Maritime puisque sa formation est liée à l'anticlinal de Jonzac. Il s'agit d'une famille de silex au sein de laquelle deux types peuvent être distingués (« Jonzac » et « Saintes ») qui présentent des différences en termes de géologie, et de morphologie et dimensions des blocs. En contexte archéologique, les critères observables à la loupe binoculaire suffisent à différencier le Grain de mil des autres matériaux crétacés nord-aquitains à nombreux grains, notamment l'organisation, le mode des grains et l'absence de quartz.

Mots-clés : Silex Grain de mil, pétroarchéologie, Sud-Ouest de la France, analyse sédimentologique.

Abstract: *The Grain de mil flint, a Key-resource from South-Western France during the Paleolithic: characterization and determination criteria in archeological context.* The territory and its management is one of the most typical factors describing the Paleolithic hunter-gatherer nomad groups. The methodological development of petroarcheology in South-western France in particular made this region one the best-documented European areas regarding the siliceous resources. But one major unknown remains to be addressed: the characterization and origin of the so called "Grain de mil" flint, a common raw material that has never been properly described and sourced even though it was identified in archeological context in a very large area. In order to address this issue, we first approach the question of lithic raw materials analytical method: the sedimentary petrographic description remains the best approach to directly include petrological data in a petro-techno-economical study. We then present the results of the Grain de mil study: this material is typical from the Charente-Maritime, for its formation is tied to the Jonzac anticline. It forms a flint-type in which two types could be distinguished (Jonzac and Saintes) mostly differing in regard to outcrops localization, and nodules size and shape. In archeological context, criteria observable with a binocular microscope are sufficient to distinguish the Grain de mil from other north-Aquitaine cretaceous materials with numerous grains, particularly regarding their organization and mode, and the absence of quartz grains.

Key-words: Grain de mil flint, petroarcheology, South-Western France, sedimentological analysis.

(a) Laboratoire PACEA - UMR 5199 B18, allée Geoffroy St-Hilaire, CS 50023 – FR-33615 Pessac Cedex - solene.caux@gmail.com

Introduction

Le territoire se définit comme un espace géographique au sein duquel toute société exprime son identité culturelle à travers la relation à son environnement (Godelier 1984 ; Bourgeot 1991). La diversité des matériaux siliceux et de leur origine géologique et géographique a rapidement été pressentie par les préhistoriens comme un puissant moyen de reconstitution des territoires d'approvisionnement des groupes paléolithiques (e.g. Lartet et Christy 1865-1875 ; Boule 1892 ; Vayson de Pradene 1938 ; Bordes et Sonneville-Bordes 1954). Ces dernières décennies, les avancées méthodologiques concernant l'étude des roches siliceuses ont conduit à l'individualisation d'une nouvelle discipline : la pétroarchéologie (Stelcl et Malina 1970 ; Masson 1981). Couplée à l'analyse typologique puis technologique, la détermination de l'origine des matériaux lithiques a permis de proposer, notamment dans le sud ouest de la France, les premiers modèles territoriaux pour le Paléolithique supérieur, centrés sur la diffusion des silex locaux et régionaux dans le nord de l'Aquitaine, tel notamment le silex du Bergeracois (e.g. Guichard 1965 ; Guichard et Guichard 1966 ; Combaz 1966 ; Demars 1980, 1994). Une connaissance plus large des ressources de l'ensemble du Bassin a ensuite conduit à réviser ces premiers modèles en mettant en évidence la diffusion de matériaux sur de plus grandes distances, montrant des connexions entre le nord et le sud de cette région notamment à l'Aurignacien ancien (e.g. Bordes, Bon, Le Brun-Ricalens 2005 ; Bon, Simonnet, Vézian 2005). Dans tous ces travaux cependant, la liste des pièces d'origine indéterminée est encore importante. Parmi ceux-ci, un type de matériau a, dès les années 1980, été identifié sans que son aire d'affleurement ne soit jamais démontrée : le silex dit « Grain de mil »¹.

Ce matériau a été mentionné pour la première fois par R. Simonnet pour décrire la matière première d'une des quatre lames retrouvées dans la cachette magdalénienne de la grotte du Mas-d'Azil en Ariège (Simonnet 1982). Dans sa description, R. Simonnet signalait « *l'abondance de fossiles discernables à l'œil nu* » qui « *ont l'aspect de petits grains de mil* » et qui lui valurent son appellation (fig. 1). Sur cette description macroscopique, le silex dit « Grain de mil » a ensuite été reconnu dans de nombreux gisements de l'ensemble du Bassin aquitain (fig. 1), notamment à l'Aurignacien et au Magdalénien (Simonnet 1982, 1999). Sa diffusion sur une vaste aire géographique ainsi que la qualité et les dimensions des blocs estimées à partir des vestiges archéologiques, semblent faire de ce matériau une ressource exceptionnelle semblable au silex Bergeracois tant par ses propriétés que par son traitement (Simonnet 1999) : il est en effet souvent présent sous forme de grandes lames ou d'outils très retouchés. Malgré

l'investissement technique et économique important dont il semble avoir été l'objet, l'origine de ce matériau n'a jamais été précisée. Dès sa reconnaissance, une première hypothèse fut évoquée : le Crétacé supérieur, voire le Danien de l'Ouest de la plateforme carbonatée nord-aquitaine (Peybernès cité dans Simonnet 1985). La découverte de gîtes dans le secteur de Jonzac a confirmé cette hypothèse et a permis de proposer l'attribution de ce matériau aux étages coniaciens ou santoniens (Bordes 2002 ; Primault 2003 ; Airvaux, Berthet, Castel 2003 ; Simonnet *et al.* 2007). Néanmoins, il n'est pas impossible qu'il existe d'autres silex semblables dans le secteur de Saintes ou en Dordogne comme cela a également été proposé (Morala, Lenoir, Turq 2005). L'aire d'affleurement du silex dit « Grain de mil » demeure donc mal ciblée. De plus, les critères de détermination en contexte archéologique ne sont pas clairement définis et ce silex reste principalement déterminé par son aspect macroscopique.

De cet historique des recherches, trois questions majeures nécessitent aujourd'hui une étude pétroarchéologique du Grain de mil :

- 1/ Quelle est la définition du Grain de mil et comment le reconnaître en contexte archéologique dans le cadre d'une étude techno-économique : les silex jusqu'à présents dits « Grain de mil » renvoient-ils effectivement toujours au même matériau et donc aux mêmes gîtes ?
- 2/ Quels étaient les lieux de collecte de ce matériau au Paléolithique (aire d'affleurement, types de gîtes) : le Grain de mil affleure-t-il seulement en Charente, ou dans d'autres parties du nord de l'Aquitaine ?
- 3/ Quelles étaient les propriétés (qualité de taille, dimensions et formes des blocs) qui ont pu motiver la sélection et la diffusion de ce matériau ?

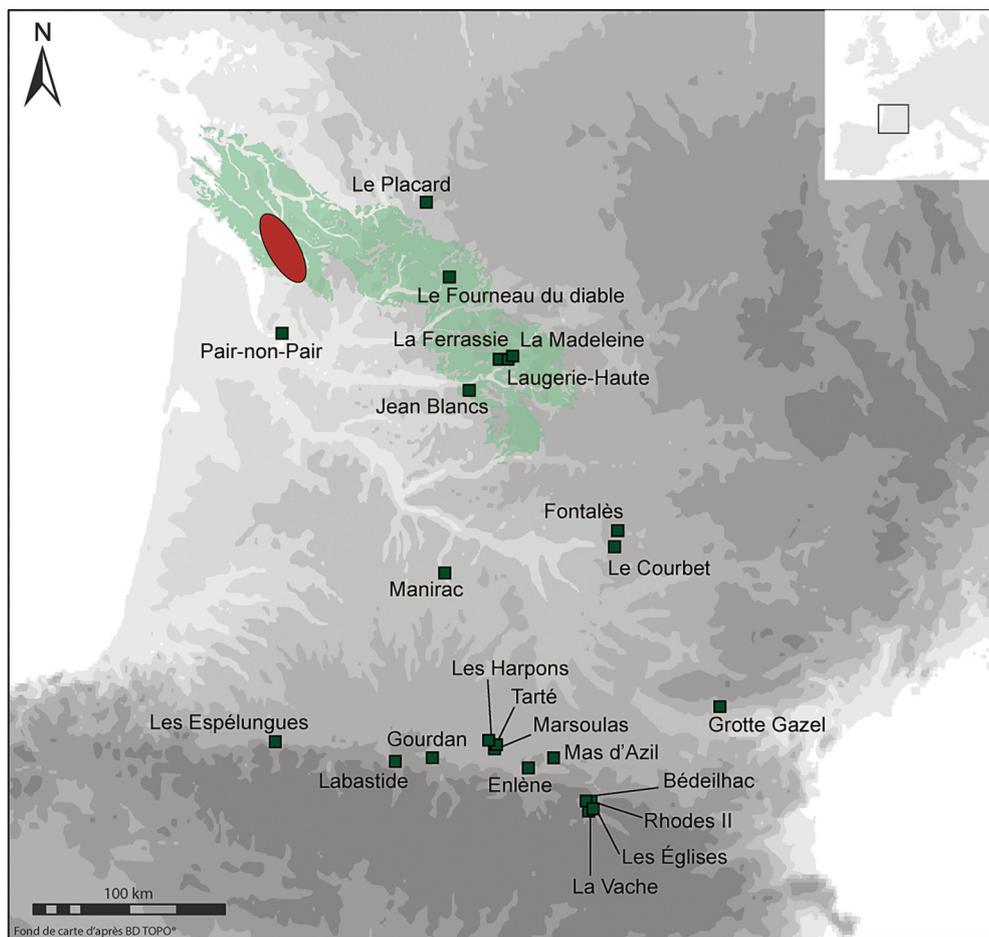
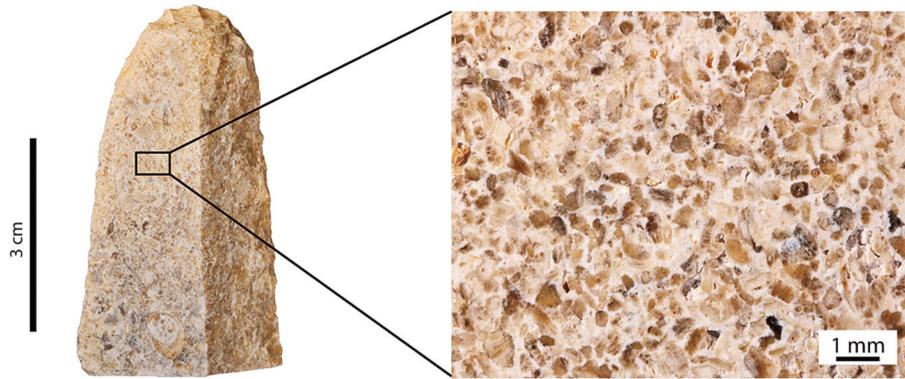
Dans le cadre de cet article, nous explicitons tout d'abord les choix méthodologiques en fonction de notre objectif : réaliser une étude pétroarchéologique du Grain de mil, pouvant servir de base à une analyse techno-économique, c'est-à-dire prenant en compte toutes les pièces d'une collection archéologique. Nous exposons ensuite en détail les résultats et interprétations de notre étude : origine géologique, variabilité pétrographique, variabilité des blocs, aire et contextes d'affleurement, critères de détermination en contexte archéologique.

1 - Matériel et méthode

1.1 - Échantillons étudiés et prospections

Dans un premier temps, nous avons étudié les silex dits « Grain de mil » de Charente-Maritime. Le manque d'étude pétroarchéologique concernant ce matériau se traduit

(1) Dans la suite de cet article, le terme Grain de mil sera réservé au type une fois caractérisé et clairement identifiable en contexte archéologique. Le terme silex dit « Grain de mil » désignera en revanche tous les silex correspondant à la définition bibliographique actuelle du type : nombreux grains dont des fragments de Bryozoaires (Peybernès in Simonnet 1985). Ce terme renvoie donc à la fois aux échantillons géologiques intégrant cette large définition, ainsi qu'aux échantillons archéologiques déterminés jusqu'à présent en bibliographie.



- Sites avec silex dits «Grain de mil» d'après Simonnet 1999
- Plateforme crétacée nord-aquitaine d'après les données du BRGM
- Gites de silex dits «Grain de mil» d'après Simonnet *et al.* 2007

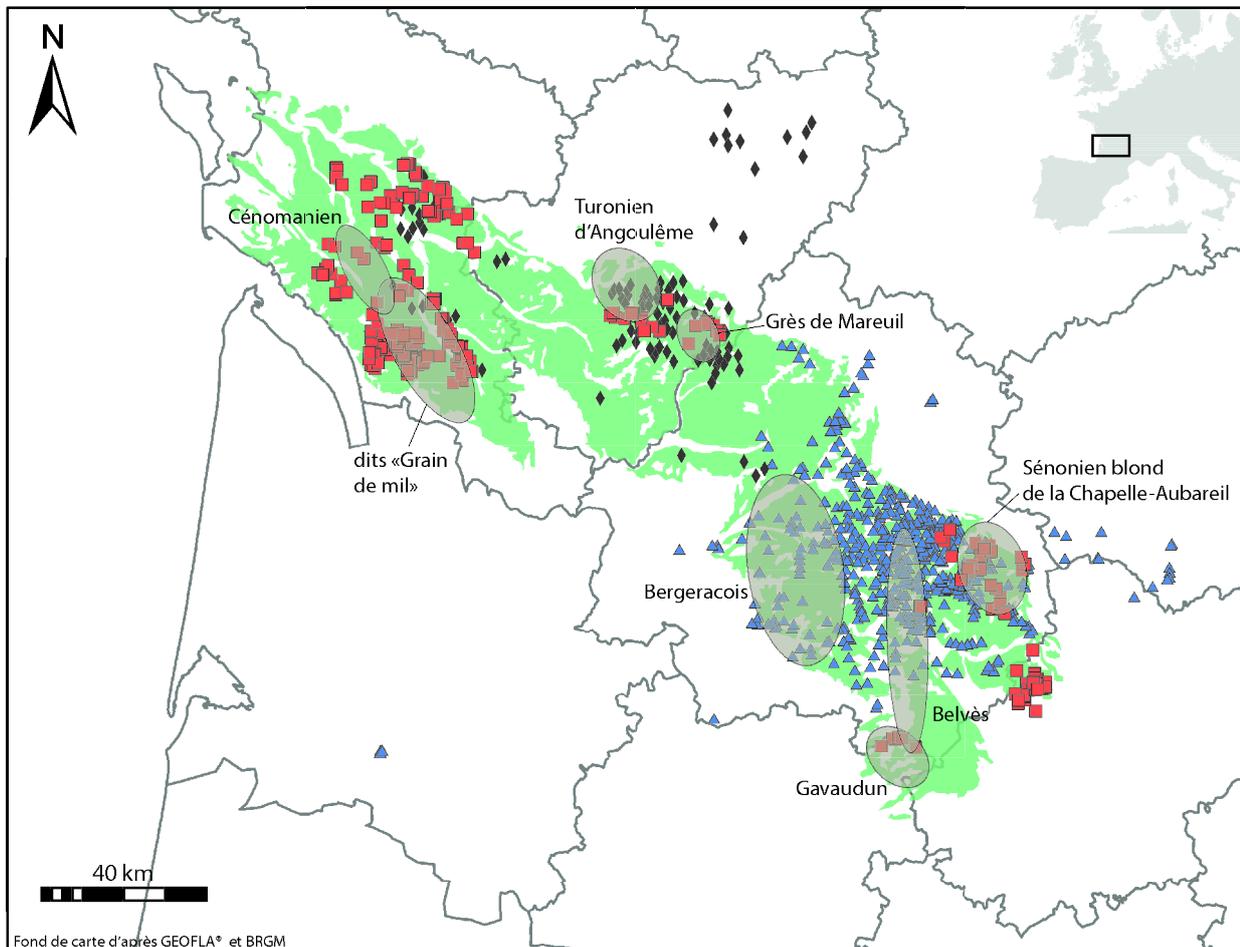
Figure 1 - Grain de mil. a. Grain de mil patiné : les nombreux fossiles évoquent de « petits grains de mil » ; b. carte de diffusion du silex dit « Grain de mil » au Paléolithique supérieur.

Figure 1 - Grain de mil. a. Weathered Grain de mil: the numerous fossils suggestive of millet seeds (« grain de mil ») ; b. Map of Grain de mil diffusion during the Upper Palaeolithic.

directement par la rareté des échantillons présents dans les différentes lithothèques préexistantes (fig. 2), notamment la lithothèque Poitou-Charentes (Delagnes *et al.* 2005) et la lithothèque universitaire du laboratoire PACEA. Ces quelques échantillons ne permettent pas une étude de la variabilité de cette ressource. De plus, en absence d'échantillon collecté en gîte primaire, l'origine géologique reste difficile à préciser. Nous avons donc réalisé de nouvelles prospections (Caux 2015), en gîtes primaires et en gîtes secondaires de type altérites, dans le but de préciser l'âge et le contexte de formation ainsi que la variabilité pétrographique (concernant la phase siliceuse) et macroscopique (la forme et les dimensions des blocs)

(fig. 2). L'aire ainsi étudiée comprend les gîtes déjà connus situés dans les altérites des étages coniaciens et/ou santoniens du secteur de Jonzac (Bordes 2002 ; Primault 2003 ; Airvaux, Berthet, Castel 2003 ; Simonnet *et al.* 2007), et s'étend jusqu'au secteur de Saintes (Morala, Lenoir, Turq 2005).

Dans un second temps, afin de proposer une clé de détermination du Grain de mil efficace en contexte archéologique, les silex dits « Grain de mil » de Charente-Maritime ont été comparés aux autres silex d'aspect macroscopiquement similaire de la plateforme crétacée nord-aquitaine. Les lithothèques Poitou-Charentes et



- Plateforme crétacée nord-aquitaine, d'après les données du BRGM
- Gîtes, lithothèque universitaire - laboratoire PACEA
- Gîtes, lithothèque Poitou-Charentes
- Gîtes, prospections S. Caux

Figure 2 - Origines des échantillons étudiés.

Figure 2 - Origin of the studied samples.

PACEA comprennent des lacunes pour certains secteurs pour lesquels les cartes géologiques indiquent des calcaires similaires à la roche-mère du Grain de mil. Nous avons donc basé notre étude comparative non seulement sur les échantillons issus de ces lithothèques, mais aussi sur ceux issus de nouvelles prospections afin de recenser tous les types de silex similaires au Grain de mil (fig. 2).

Lors des prospections, la localisation des gîtes a été relevée d'après les fonds de carte topographique IGN (Institut Géographique National) au 1/25000^e. Le contexte géologique local (type d'affleurement et caractérisation des calcaires encaissants pour les gîtes primaires) a été noté sur le terrain. Le contexte géologique régional a été déduit de la confrontation des observations de terrain avec les cartes géologiques du BRGM (Bureau de la Recherche Géologique et Minière) au 1/50000^e. L'ensemble de ces données a été traité avec le logiciel ArcGis (système de coordonnées : Lambert 93). Tous les échantillons collectés ont été lavés et marqués (numéro de gîte unique et numéro de l'échantillon sur ce gîte). La totalité des échantillons a été déposée au laboratoire PACEA à la fin de notre recherche afin de compléter la lithothèque universitaire.

1.2 - Analyse pétrographique et pétrologique des échantillons

1.2.1 - Choix d'une méthodologie et d'outils d'analyse adaptés à notre problématique

Il existe différents outils méthodologiques utilisés en pétroarchéologie, présentant chacun des avantages et des limites qui lui sont propres et pouvant être regroupés en quatre catégories : trois d'entre elles sont basées sur des principes, méthodes et outils empruntés respectivement à la minéralogie, la géochimie et la sédimentologie, tandis que la quatrième est strictement empirique et concerne l'observation macroscopique (e.g. Masson 1981 ; Séronie-Vivien et Séronie-Vivien 1987 ; Grégoire 2001 ; Bressy 2002 ; Fernandes 2012). L'objectif de notre étude est de proposer une méthode de détermination du Grain de mil permettant de croiser les données pétroarchéologiques et techno-économiques, c'est-à-dire une méthode applicable à l'ensemble d'une collection archéologique (Caux 2015). Les différentes analyses minéralogiques et géochimiques ne peuvent pas être appliquées systématiquement et sont donc incompatibles avec l'étude de toute une collection : prises de mesures trop lentes, caractère destructif de certaines analyses, appareillage complexe et coûteux adapté à des analyses ponctuelles mais non à une étude de collection archéologique.

L'analyse sédimentologique pouvant en grande partie être réalisée uniquement grâce à l'observation des échantillons à faible et moyen grossissement semble donc la méthodologie la mieux adaptée à l'étude pétrologique des silex, comme l'avait déjà proposé M.-R. et M. Séronie-Vivien (1987) dans le cadre de l'étude des silex mézozoïques collectés en gîtes primaires. Cette méthode a été mise en place pour l'étude pétrologique des calcaires ; le silex étant considéré comme une épigénie de ces roches

(préservant ainsi les structures à l'échelle microscopique), l'analyse sédimentologique est toujours l'une des méthodes les plus employées par les pétroarchéologues (e.g. Fernandes 2012 ; Tomasso 2014 ; Delvigne 2016). Néanmoins, avant d'étendre systématiquement cette méthode à l'étude des silex, il semble nécessaire de rappeler quatre limites à son transfert direct et intégral à l'étude des matières premières siliceuses exploitées au Paléolithique.

Premièrement, la nature-même de la roche diffère puisque l'analyse sédimentologique a été conçue pour l'étude des calcaires, ce qui invalide l'utilisation de certaines classifications comme, par exemple, celle de Folk (1959). En effet, cette classification est basée sur la nature de la matrice : une roche sédimentaire est dénommée « micrite » dans le cas d'une matrice calcaire ou « sparite » dans le cas d'un ciment recristallisé, par exemple siliceux. À la suite de l'épigénie, matrice (ou ciment) et grains sont généralement tous remplacés par la silice, ce qui rend la classification de Folk inexploitable pour les silex.

Deuxièmement, certaines analyses pratiquées en géologie sédimentaire sur les échantillons calcaires nécessitent la destruction de ces derniers pendant les phases de préparation ou d'observation, ce qu'il n'est généralement pas possible de réaliser dans le cadre d'une étude pétroarchéologique. C'est le cas par exemple de l'étude micropaléontologique basée sur l'observation externe et interne des fossiles, notamment pour les foraminifères : la combinaison de l'ensemble des caractères externes (pores, protubérances, épines, etc.) et internes (arrangement des loges, forams et cloisons) permet la détermination jusqu'à l'espèce (e.g. Neumann 1967). Pour l'observation des critères externes, les géologues procèdent à une dissolution du calcaire afin d'étudier les microfossiles résidualisés. Les critères internes sont observables sur des sections spécifiques de fossiles (longitudinales, axiales, passant par l'ombilic etc.) ; les géologues multiplient donc les lames minces réalisées pour chaque échantillon afin d'augmenter la probabilité d'observation des critères caractéristiques. L'échantillon archéologique, et *a fortiori* une collection lithique, ne peuvent donc pas être étudiés comme des échantillons géologiques selon ces différents modes d'analyse : le pétroarchéologue doit se contenter des sections de fossiles observables au hasard des surfaces débitées, ce qui conditionne le taux de précision de la détermination des taxons.

Troisièmement, les outils mis en place pour l'étude des calcaires sont des outils pétrologiques, c'est-à-dire permettant l'interprétation de la genèse du calcaire (âge et faciès) à partir de son observation. Or, la description des silex en pétroarchéologie a un double objectif : identifier l'origine géologique du matériau (en cela elle rejoint l'analyse sédimentologique des calcaires) mais aussi permettre la détermination du matériau en contexte archéologique. Pour ce deuxième objectif, l'interprétation globale du faciès sédimentaire n'est pas suffisante : il faut au contraire une description pétrographique la plus fine possible, permettant de proposer des critères diagnostiques

spécifiques des matériaux étudiés, notamment en cas de convergence de faciès. Les outils méthodologiques de la sédimentologie ne sont donc pas adaptés. Ainsi par exemple, la classification de Dunham permet d'interpréter l'énergie de dépôt des sédiments à partir de la quantité de grains en quatre catégories principales : *mudstone* (moins de 10 % de grains), *wackestone* (plus de 10 % de grains, grains non jointifs), *packstone* (grains jointifs mais présence de matrice), *grainstone* (grains jointifs sans matrice) (Dunham 1962). Cependant, une fois épigénisé, *packstone* et *grainstone* se confondent : dans un cas la matrice est épigénisée, dans l'autre un ciment siliceux comble les espaces intergranulaires. De plus, les accidents siliceux en milieu de haute énergie sont rares (calcaire *grainstone* et *packstone* ; Séronie-Vivien et Séronie-Vivien 1987) et les calcaires *mudstone* ne présentent par définition que très peu de grains donc peu de critères diagnostiques. On peut donc conclure que la quasi-totalité des silex pour lesquels l'analyse sédimentologique peut être efficace, entrent dans la catégorie « *wackestone* ». L'intérêt d'une telle classification en pétroarchéologie est donc extrêmement limité.

Enfin, quatrième, le transfert de la méthodologie d'étude des calcaires aux silex se base sur le mode de formation des silex : à la suite de l'épigénie, le silex est l'image fidèle de sa roche-mère. Or cela est vrai au moment de la formation du silex (voire en gîte primaire), mais consécutivement à l'évolution du silex dans les différents gîtes, cette image de la roche-mère est susceptible d'être modifiée (Fernandes et Raynal 2006 ; Fernandes 2012). En effet, en fonction des conditions d'affleurement, la composition minéralogique varie et tend à former des cristaux de plus en plus volumineux qui, à terme, détruisent l'image des grains et donc de la roche-mère initialement conservée lors de l'épigénie (Folk 1959, 1965 ; Lasemi et Sandberg 1984 ; Munnecke 1997). Pour les échantillons de silex les plus évolués (contexte de colluvions et alluvions notamment), le pourcentage de grains ne peut donc pas être directement interprété en termes d'énergie de dépôt au moment de la formation du calcaire encaissant. Il n'est donc pas rigoureux d'appliquer la classification de Dunham à ces éléments. Le pourcentage de grains, comparé à la classification de Dunham, porte donc une information pétrologique seulement dans le cas de silex très peu évolués (gîtes primaires, voire altérites). La quantité de grains demeure néanmoins un critère descriptif, pouvant permettre la détermination d'une matière première : il convient alors de l'exprimer par classes de pourcentage, et non selon la classification de Dunham. Un autre critère fréquemment utilisé en sédimentologie est la forme des grains. Pour les bioclastes de plus de 2 mm, l'éroulé et l'arrondi peuvent être corrélés au transport et à l'énergie de dépôt le long de la plateforme (Pilkey *et al.* 1967). De même, différentes classifications permettent d'interpréter la forme des grains de quartz dans les roches meubles en termes de milieu de dépôt (Krumbein 1941 ; Powers 1953 ; Folk 1955 ; Krumbein et Sloss 1979). Aucune de ces classifications n'est adaptée à la description des grains dans les silex qui ne sont que rarement des sables silicifiés et dans lesquels il n'existe que très peu de bioclastes de plus de 2 mm.

Ces quatre arguments mettent en évidence la nécessité de discuter de l'adaptation de chaque outil méthodologique emprunté à la sédimentologie pour l'étude des silex. Cette adaptation passe également par l'emploi d'un vocabulaire rigoureusement choisi. Par la suite, les termes géologiques et sédimentologiques sont toujours préférentiellement employés. Lorsqu'un terme n'est pas strictement adapté à l'étude des silex, un autre sera proposé et explicité afin de ne pas créer de confusion.

1.2.2 - Organisation de la phase siliceuse

L'organisation de la phase siliceuse renvoie au terme « structure » utilisé lors de l'étude des formations calcaires. La structure d'une roche carbonatée est caractérisée par différentes figures sédimentaires observables à l'œil nu (Demico et Hardie 1994). Certaines de ces figures de grande envergure (à l'échelle de l'affleurement) ne sont pas visibles à l'échelle centimétrique du bloc de silex. De plus, d'autres sont caractéristiques de l'histoire du calcaire lors de la phase de diagenèse tardive (*e.g.* phénomènes de compaction) alors que l'épigénie du calcaire par la silice a lieu en phase de diagenèse précoce (*e.g.* White et Corwin 1961 ; Baronnet 1988) : ces figures sédimentaires n'existent donc pas dans le silex. La révision de la classification des structures des roches carbonatées en vue de la description des silex a conduit à réserver le terme « structure » à sa signification et son utilisation actuelle ; le terme « organisation » semble donc préférable dans le cas de l'étude des silex. Seuls les types de structures susceptibles d'avoir été conservés lors de l'épigénie et visibles à l'échelle d'un échantillon centimétrique ont été retenus : les figures de stratification (organisation litée ou à grains orientés) et de déformation (volutes et mélange de phases). À ces types d'organisation ont été ajoutées l'organisation homogène (absence de figures sédimentaires) et l'organisation hétérogène (la phase siliceuse n'est pas identique en tout point sans pour autant présenter de figure sédimentaire directement interprétable en termes de conditions de dépôt).

1.2.3 - Quantité de grains

Dans la classification de R. Dunham, la texture est le rapport entre la quantité de grains et la quantité de phase de liaison ; ce rapport est directement dépendant de l'énergie du milieu de formation du calcaire (*cf. supra* ; Dunham 1962). Dans le cadre des échantillons étudiés (gîtes primaires et altérites), le silex est peu évolué et la corrélation entre le pourcentage de grains observé et l'énergie du milieu de dépôt est donc justifiée. Cependant, l'utilisation d'une charte graphique d'estimation des fréquences (Baccelle et Bosellini 1965) est préférable à la classification de Dunham, car elle permet de décrire plus précisément la proportion de grains. Les classes proposées d'après cette charte graphique sont plus nombreuses que dans la classification de R. Dunham mais peuvent être comparées à cette dernière afin d'inférer l'énergie du milieu de formation du silex (fig. 3).

Classification des carbonates

roche structurée par la boue		par les grains
boue < 10 %	boue > 10 %	packstone
mudstone	wackestone	

Energie du milieu de dépôt

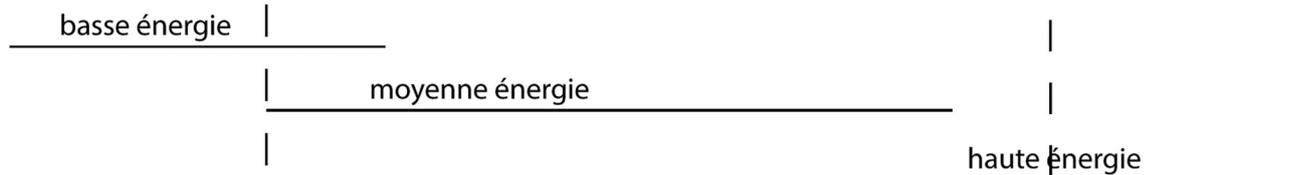
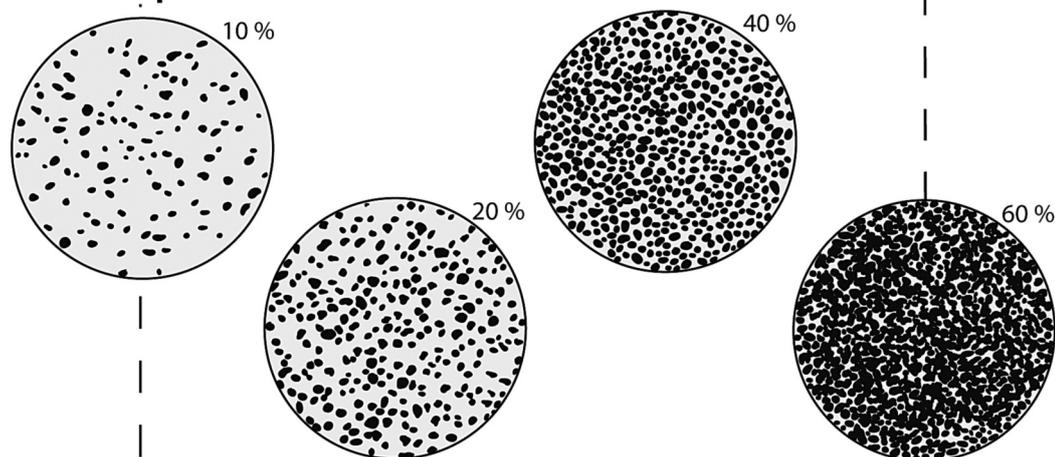


Diagramme de fréquences



Classes de fréquences pour la caractérisation du silex

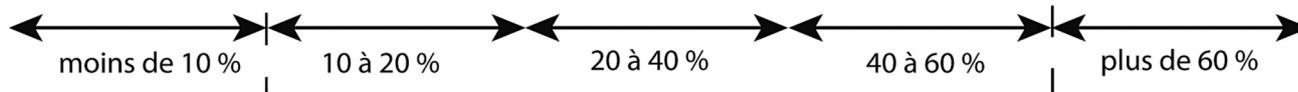


Figure 3 - Charte graphique d'estimation de la proportion de grains dans les silex en corrélation avec la classification des carbonates de Dunham. Modifié d'après Dunham 1962 et Bacelle et Bosellini 1965.

Figure 3 - Graphic charter for the estimation of grain proportion, and correlation with Dunham's carbonate classification. Modified after Dunham 1962 and Bacelle and Bosellini 1965.

1.2.4 - Tri et mode des grains

La taille d'un grain contenu dans une roche carbonatée est fonction des transformations (fragmentation, émoussé) dues au transport et aux conditions de dépôt affectant différemment les grains selon leur nature et leur taille initiale. Les modes de transports sont caractéristiques des

différents faciès sédimentaires ; l'analyse de la taille des grains permet donc d'inférer sa zone de formation le long de la plateforme. De nombreux paramètres sont calculés et mesurés pour décrire la taille des grains au sein d'une roche calcaire (e.g. Flügel 2004) parmi lesquels seuls les plus courants, le mode et le tri, ont été retenus. Le mode est

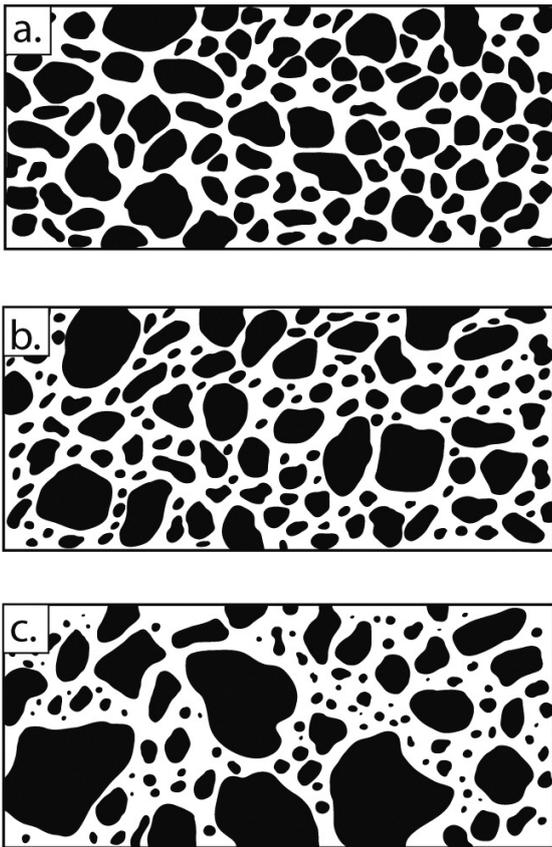


Figure 4 - Charte graphique d'estimation du tri. a. tri très bon ; b. tri moyen ; c. tri mauvais. D'après Pettijohn et al. 1973.

Figure 4 - Graphic charter for the estimation of grain sorting. a. very good sorting ; b. middle sorting ; c. poor sorting. After Pettijohn et al. 1973.

le diamètre moyen du grain le plus fréquent : il est estimé sur la base d'une vingtaine de mesures et les classes de taille sont exprimées d'après l'échelle logarithmique de Wentworth (1922) au sein de laquelle les classes suivantes ont été considérées dans le cas de l'étude des silex : 125 – 250 µm ; 250 – 500 µm ; 500 µm – 1 mm ; 1 – 2 mm ; supérieur à 2 mm. Les éléments inférieurs à 125 µm ont été assimilés à la matrice car leur structure interne est trop modifiée par l'épigénie et par la recristallisation du silex au cours de son évolution pour être systématiquement caractérisée. Le tri exprime la répartition des différentes tailles autour de la moyenne (fig. 4) ; il est estimé grâce à une charte graphique (Pettijohn, Potter, Siever 1973).

1.2.5 - Nature des grains

D'une manière générale, les grains non biotiques comprennent quatre principaux types qui diffèrent par leur nature et leur phase d'intégration à la matrice siliceuse (cf. Flügel 2004 ; Fernandes 2012 pour une synthèse) :

- les grains non biotiques n'ont donc pas tous la même signification. Chacun d'eux peut participer à la description d'un échantillon. Cependant, le faciès de formation du silex

est principalement caractérisé grâce aux grains carbonatés et détritiques.

- les éléments détritiques témoignent d'un apport terrigène et sont présents dans la boue carbonatée ; le plus fréquent est le quartz bien que l'on puisse également retrouver des feldspaths voire des micas ;

- les minéraux synsédimentaires et diagénétiques sont des minéraux qui se forment au sein même de la boue carbonatée lors du dépôt de cette dernière ou lors de la diagenèse comme les oxydes de fer et la glauconie ;

- d'autres minéraux sont intégrés au silex lors d'échanges géochimiques entre ce dernier et son environnement dans ses différents gîtes secondaires ; les plus fréquents d'entre eux sont les oxydes de fer.

Les grains non biotiques n'ont donc pas tous la même signification. Chacun d'eux peut participer à la description d'un échantillon. Cependant, le faciès de formation du silex est principalement caractérisé grâce aux grains carbonatés et détritiques.

Par *grains biotiques* nous entendons tous les éléments micropaléontologiques observables à la loupe binoculaire, au microscope optique et microscope électronique à balayage ce qui inclut une gamme de grains très variée tels que notamment les Foraminifères, les Eponges, les Bryozoaires, les Crinoïdes et les Echinodermes (Bignot 2001 ; Horowitz et Potter 1971 ; Flügel 2004). Les déterminations ont été réalisées selon des critères morphologiques généraux, puis précisées pour les groupes les mieux représentés tels, pour le Grain de mil, les Bryozoaires (e.g. Stach 1936 ; Buge 1960 ; Moissette et Saint Martin 1995 ; Zagorsek et Kroh 2003 ; Smith, Key, Gordon 2006) et les Foraminifères (Neumann 1967 ; Bilotte 1985 ; Loeblich et Tappan 1988 ; Bignot 2001). La caractérisation des Bryozoaires a suivi la classification des formes zoariales directement corrélées au milieu de croissance de la colonie (Stach 1936 ; Reguant et al. 1985), dont les critères sont observables en coupe c'est-à-dire tels qu'ils se présentent dans la phase siliceuse des silex taillés en contexte archéologique. Pour les foraminifères, nous avons tout d'abord caractérisé les fossiles selon des groupes larges mais écologiquement significatifs. En plus de donner une indication sur le faciès de formation du silex, cette première description peut servir de clés de détermination puisqu'elle se base sur des critères généraux ne nécessitant pas de section particulière des fossiles. Nous avons ensuite précisé ces déterminations autant que possible afin de mettre en évidence des fossiles stratigraphiques renseignant sur l'âge de formation du silex. La classification utilisée est celle de *The World Foraminifera Database* (Hayward et al. 2014) et les principales caractéristiques ont été distinguées d'après les descriptions de R. Loeblich et H. Tappan et de G. Bignot (Loeblich et Tappan 1988 ; Bignot 2001).

1.2.6 - Fréquence de chaque type de grain

La nature et l'importance relative des différents constituants d'une roche carbonatée caractérisent des associations de grains qui traduisent des environnements de dépôt différents. Le décompte de chaque type de grain et d'autant plus difficile à mettre en œuvre qu'il dépend du

pourcentage de grains total dans l'échantillon. Les géologues quantifient chaque type de grain soit par un classement relatif d'abondance (le rang 1 revient au type de grain le plus représenté, jusqu'au rang 4 comprenant tous les autres types de grains présents) qui nécessite de grandes surfaces d'observation pour estimer la fréquence de chaque type de grain, soit par mesure directe à l'aide de logiciel de traitement d'image (e.g. Flügel 2004). Aucune de ces méthodes n'est donc parfaitement appropriée à l'étude des matériaux siliceux en contexte archéologique.

La méthodologie d'étude du Grain de mil a donc été adaptée, en intégrant une estimation semi-quantitative de la fréquence de chaque type de grain. Le but de cette quantification est double : d'une part, déterminer tous les types de grains et les quantifier pour caractériser le faciès sédimentaire et l'âge de formation du silex ; d'autre part, déterminer les types de grains pouvant servir à l'identification de la matière première en contexte archéologique. Ce deuxième objectif est contraint par la dimension des pièces archéologiques : actuellement, les pièces sont cotées systématiquement à partir de 2 à 3 cm en moyenne, selon les sites. Une cible à trois mailles a donc été mise en place : « fréquent », « présent », « rare » (fig. 5). Cette cible est indépendante de la proportion

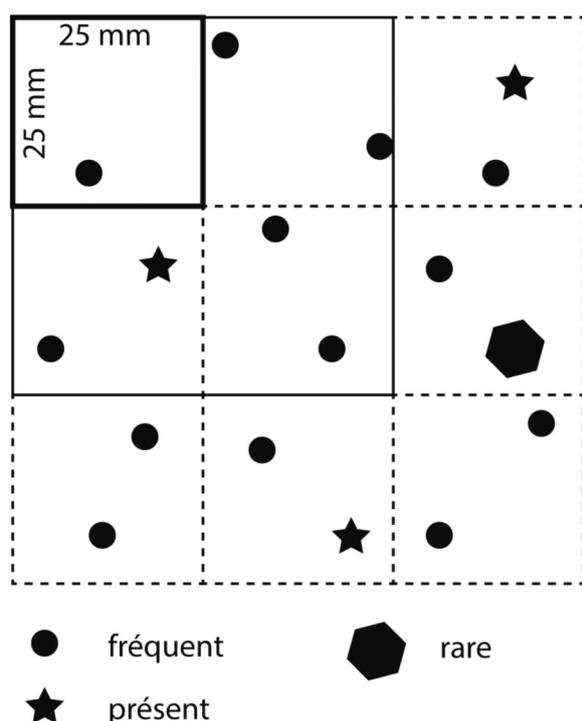


Figure 5 - Charte graphique d'estimation de la fréquence des grains. Grains présents : observables tous les 25x25 mm² ; présents : observables tous les 50x50 mm² ; rares : observables moins de une fois tous les 50x50 mm².

Figure 5 - Graphic charter for the estimation of grain frequency. Frequent: observable once per 25x25 mm²; present: observable once per 50x50 mm²; rare: observable less than once per 50x50 mm².

générale de grains, ce qui limite les erreurs d'estimation. Un type est considéré comme « fréquent » si l'on peut observer au moins un grain dans chaque aire de 25 par 25 mm prise aléatoirement à la surface de la pièce. Un type est « présent » si l'on peut observer au moins un grain dans chaque aire de 50 par 50 mm. Un type est « rare » si l'on observe moins d'un grain par aire de 50 par 50 mm. Il n'existe pas de correspondance exacte entre la dimension des pièces cotées et la cible proposée. De plus, les grains ne sont pas toujours répartis de façon homogène au sein de la phase siliceuse, ce qui modifie l'appréciation de leur fréquence. Néanmoins, la maille de base correspond à une aire de 25 par 25 mm, considérant ainsi que les grains « fréquents » devraient théoriquement être observables sur toutes les pièces cotées à la fouille.

1.2.7 - Analyse des faciès sédimentaires

1.3 - Estimation de l'aire de collecte paléolithique

Les calcaires formés en milieu marin durant le Crétacé sont aujourd'hui émergés dans l'actuel Bassin aquitain. Les différents processus géomorphologiques (plis, failles, érosion) et hydrographiques ont conduit à différents types d'affleurement des silex : gîtes primaires et gîtes secondaires de types altérites, colluvions, alluvions (Turq 1992, 2000 ; fig. 6). Les échantillons étudiés ont été collectés en gîtes primaires et en gîtes secondaires type altérites. La somme de ces gîtes ne reflète pas la totalité de l'aire de répartition de ces ressources : *a priori*, l'accessibilité actuelle aux gîtes ne permet pas de documenter de manière exhaustive tous les lieux de collectes paléolithiques potentiels. De plus, les zones de colluvions et d'alluvions n'ont pas été prospectées. Nous avons donc proposé une estimation théorique des aires et des contextes d'affleurement du Grain de mil. Pour cela, les différents échantillons ont été virtuellement replacés dans leur contexte géologique (carte du BRGM au 1 / 50 000^e) et topographique (carte de l'IGN au 1 / 25 000^e) grâce au logiciel de Système d'Information Géographique ArcGis. Tout d'abord, les données stratigraphiques et tectoniques ont été croisées pour inférer l'aire maximale d'affleurement des silex en gîtes primaires et en contexte d'altérites. Ensuite, les données topographiques (notamment le réseau hydrographique) ont été intégrées, les lignes de partage des eaux délimitant les bassins versants ainsi que le sens des cours d'eau pour déterminer les aires de diffusion des silex par le réseau alluvial. Par extrapolation, nous avons donc pu proposer des hypothèses d'aires et de modes de collecte du Grain de mil au Paléolithique, à l'échelle du bassin versant.

1.4 - Test statistique des critères de détermination : Analyse Factorielle de Données Mixtes

Afin de proposer une clé de détermination en contexte archéologique, l'efficacité des critères issus de la description sédimentologique a été testée par Analyse Factorielle de Données Mixtes ; (Pagès 2004). Cette

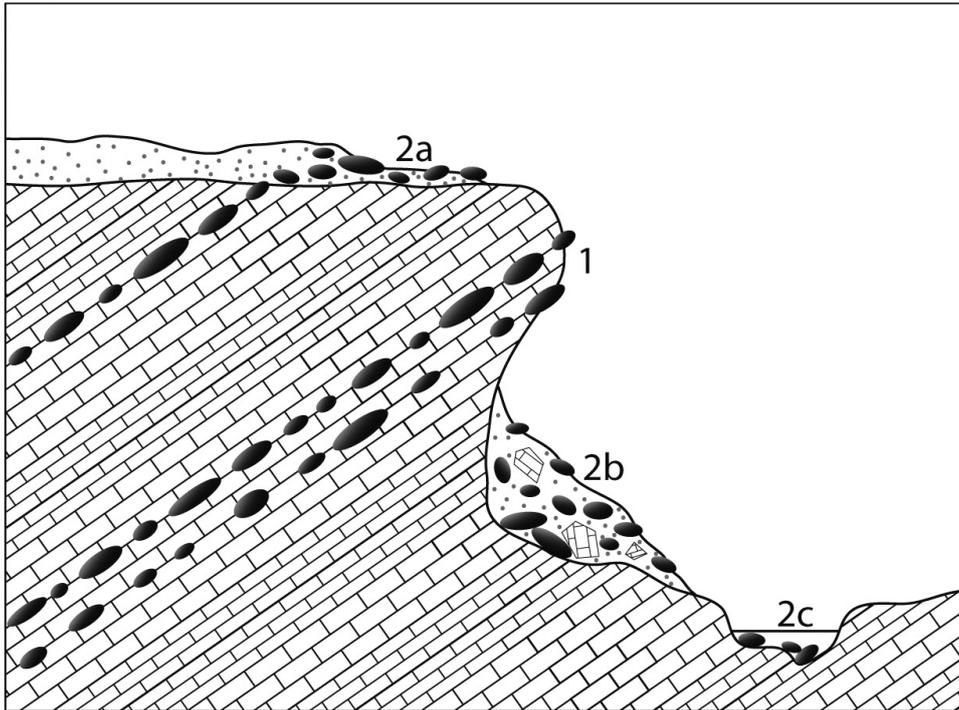


Figure 6 - Contexte géologique des gîtes primaires et secondaires. 1. gîtes primaires ; 2. gîtes secondaires : 2.a. altérites ; 2.b. colluvions ; 2.c. alluvions. Modifié d'après Turq 2000.

Figure 6 - Geological context of flint outcrops. 1. Primary outcrops; 2. Secondary outcrops: 2.a. alterites; 2.b. colluvial deposits; 2.c. alluvial deposits. Modified after Turq 2000.

analyse permet de comparer des échantillons caractérisés à la fois par des données quantitatives (proportions de grains, mode, tri) et qualitatives (organisation de la phase siliceuse). Ces tests ont été réalisés avec le logiciel R et le package FactoMineR (Husson *et al.* 2015). Pour chaque analyse, ont été comparés : l'organisation de la phase siliceuse, la proportion globale de grains, le mode et le tri des grains et la proportion des différents types de grains. Seules les variables pour lesquelles des différences entre au moins deux échantillons étaient observables ont été considérées lors de chaque test.

2 - Résultats et interprétations

2.1 - Étude des échantillons issus des gîtes primaires

Suite aux prospections des étages coniaciens et santoniens, quatre gîtes primaires ont été référencés (fig. 7). La confrontation de la caractérisation des calcaires encaissants et de la position des gîtes avec la carte et la notice géologique (Moreau *et al.* 1976) permettent d'attribuer les événements de silicification étudiés à la transition Coniacien – Santonien. L'étude des calcaires et des silex a permis d'établir la corrélation entre les différents logs stratigraphiques : à Marignac et aux Roches, la lumachelle à Huîtres signant le Coniacien supérieur sur le flanc nord de l'anticlinal de Jonzac est bien visible. Cinq événements de silicification formés entre le Coniacien supérieur et le Santonien inférieur sont mis en évidence par l'analyse stratigraphique.

Douze échantillons renvoyant à ces cinq types différents, nommés par la suite T1 à T5, ont été collectés en gîtes primaires (tabl.1 ; fig. 8). Le type T1 peut être rapporté à un milieu de formation de moyenne à haute énergie par l'organisation homogène de la phase siliceuse, la grande quantité de grains, le tri bon à moyen ainsi que la présence de Bryozoaires érigés fragmentés. Les types T3 et T5 présentent également des Bryozoaires érigés fragmentés mais montrent une plus faible proportion de grains, un tri moyen à mauvais et une organisation hétérogène de la phase siliceuse (voire des figures de déformation en volutes type mélange de phase) : ils peuvent être rapportés à un environnement de dépôt de moyenne énergie. Enfin, les types T2 et T4 sont à rapprocher d'environnements de dépôt plus profonds et de basse énergie : faible quantité de grains, tri moyen à mauvais et rares Bryozoaires peu fragmentés. Les types T2 et T4 ne correspondent donc pas à la définition des silex dits « Grain de mil ». Les types T1, T3 et T5 renvoient en revanche directement à cette définition. D'un point de vue macroscopique (tabl.1), le type T5 se présente sous la forme de minces plaquettes formant un banc discontinu de silex brun, tandis que les types T3 et T1 prennent la forme de blocs réguliers de silex brun à noir au cœur, pouvant dépasser 20 cm de longueur.

Il faut tout d'abord noter que les données issues de l'analyse des silex en gîtes primaires ne concordent pas avec les résultats des recherches concernant la géologie locale (Moreau *et al.* 1976). Ces travaux ne mentionnent en effet aucune silicification dans les niveaux coniaciens. De plus, de nombreux accidents siliceux sont évoqués dans l'ensemble du Santonien, mais cet étage est caractérisé dès sa base et sur toute sa séquence par des calcaires fins

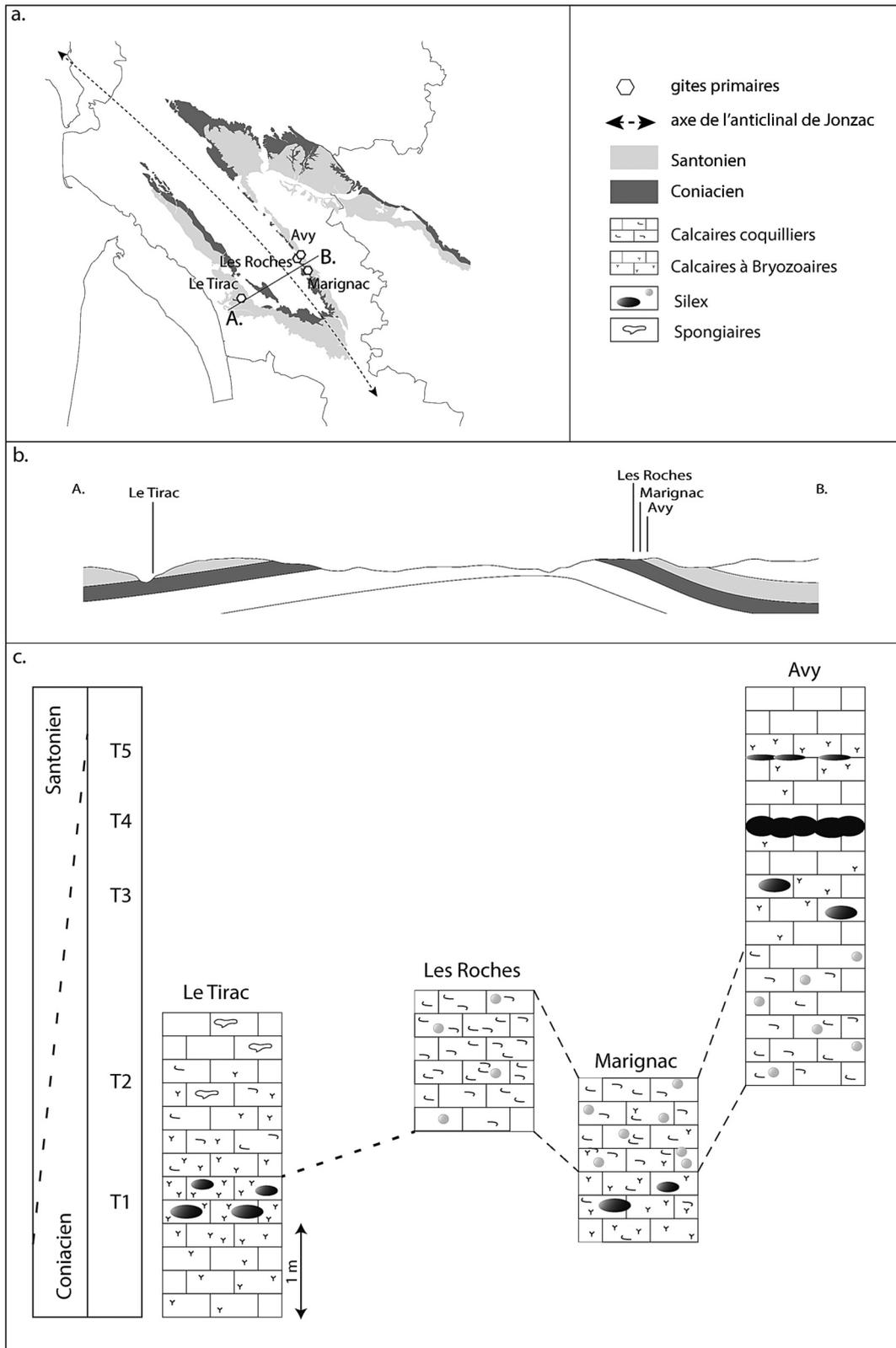


Figure 7 - Localisation et logs stratigraphiques des gîtes primaires. Profil géologique modifié d'après Moreau et al. 1976 ; carte modifiée d'après www.infoterre.fr (BRGM).

Figure 7 - Localisation and stratigraphic logs of primary outcrops. Geological profile modified after Moreau et al. 1976 ; map modified after www.infoterre.fr (BRGM).

Type	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre d'échantillons	3	5	2	1	1
Blocs	nodules ; jusqu'à 30 cm	nodules ; moins de 20 cm	nodules ; moins de 20 cm	banc continu ; 20 cm de haut en moyenne	plaquettes en banc discontinu ; moins de 10 cm de haut en moyenne
Aspect macroscopique		gris clair, opaque		noir, semi-translucide	
Organisation	homogène	homogène	homogène à hétérogène	homogène	hétérogène à homogène
Proportion de grains	40 à 60 %	moins de 10 %	20 à 60 %	moins de 10 %	20 à 40 %
Mode	250 - 500 µm	125 - 250 µm	250 - 500 µm	125 - 250 µm	250 - 500 µm
Tri	bon à moyen	moyen à mauvais	bon à moyen	moyen	bon à moyen
Contenu	Bryozoaires présents à abondants très fragmentés ; rares foraminifères benthiques	Spicules de Spongiaires présents ; Bryozoaire présents à rares, peu fragmentés	Bryozoaires présents à abondants très fragmentés ; rares foraminifères benthiques	Spicules de Spongiaires présents ; Bryozoaire rares	Bryozoaires présents à abondants très fragmentés ; rares foraminifères benthiques
Environnement de dépôt	Haute à moyenne énergie	Moyenne à basse énergie	Moyenne à haute énergie	Moyenne à basse énergie	Moyenne énergie

Tableau 1 - Description des types de silex collectés en gîtes primaires.

Table 1 - Description of flint types from primary outcrops.

et riches en Spongiaires, formés en milieu profond de basse énergie. Les faciès de haute énergie dont témoignent les silex dits « Grain de mil » sont généralement présents dans les zones proches du littoral (ressac) ou au niveau d'un relief le long de la plateforme (barrière, banc de sable). Les calcaires de la transition coniac-santonienne de Saintes à Cognac, situé en amont de l'anticlinal de Jonzac le long de la plateforme carbonatée, prouvent l'existence de milieux de basse énergie à cet endroit (Moreau *et al.* 1976 ; Platel 1977 ; Bourgueil et Moreau 1967, 1969). Les calcaires et silex (dont silex dits « Grain de mil ») de haute et moyenne énergie formés au droit de l'anticlinal témoignent donc d'une anomalie de la pente de cette plateforme pourtant jusqu'à présent considérée comme une plateforme en rampe (*e.g.* Platel 1987, 1996). Cette anomalie pourrait être la conséquence de phénomènes mineurs de transgression/ régression marine influençant le niveau d'eau et donc les milieux de dépôt des sédiments. Mais de tels phénomènes ne sont enregistrés nulle part ailleurs sur la plateforme pour la transition coniac-santonienne. Il est donc plus vraisemblable que ces variations soient directement imputables à la surrection de l'anticlinal : la variation du niveau d'eau due à la formation du pli aurait entraîné une variation de l'énergie du milieu et donc des conditions de formation des calcaires et silex à l'aplomb de cette structure tectonique.

2.2 - Étude des échantillons issus des altérites

En contexte d'altérites, 85 gîtes secondaires ont été référencés pour lesquels 94 échantillons correspondant uniquement à la définition des silex dits « Grain de mil » ont été collectés (cf. T1, T3 et T5 en gîtes primaires) grâce à une première observation à l'œil nu et à la loupe de géologue (x 20) de l'organisation et de la quantité de grains. Parmi ces échantillons, on distingue une variabilité continue entre trois types de faciès sédimentaires : le faciès de haute énergie (dit groupe « FHE » par la suite), le faciès de moyenne énergie (FME) et le faciès à volutes (FV) (tabl. 2 ; fig. 9). Ces trois faciès, et notamment les faciès de haute et de moyenne énergie, renvoient à des milieux de dépôt présentant des conditions graduellement variables d'un faciès à l'autre : la continuité observée au sein des échantillons de silex est donc cohérente du point de vue de l'analyse sédimentaire.

Parmi les échantillons de silex dits « Grain de mil », seulement 42 ont permis d'évaluer les dimensions et la morphologie des blocs (fig. 10). On note une grande variabilité concernant la morphologie, comprenant des dalles (présentant deux surfaces subparallèles) et rognons réguliers (morphologie sphérique à oblongue), ainsi que

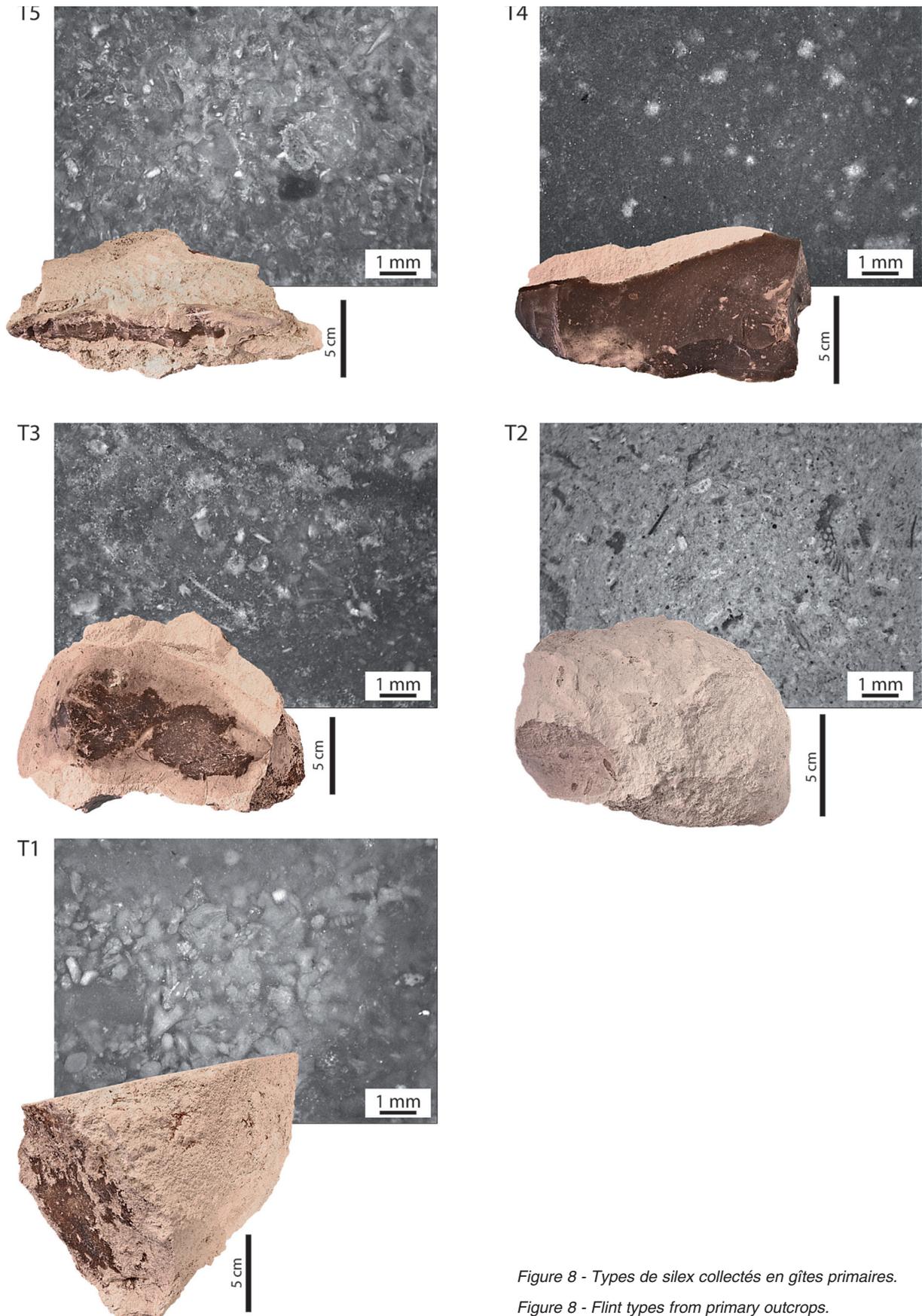


Figure 8 - Types de silex collectés en gîtes primaires.
Figure 8 - Flint types from primary outcrops.

Groupe	Faciès de Haute Energie	Faciès de Moyenne Energie	Faciès à Volutes
Nombre d'échantillons	30	57	7
Organisation	Homogène	Homogène à hétérogène sans figure sédimentaire	Hétérogène à figures types volutes (mélange de phases)
Proportion de grains	40 à 60 %	20 à 60 %	20 à 60 %
Mode	250 – 500 µm	250 – 500 µm	250 – 500 µm (rarement dans la classe 125 – 250 µm)
Tri	Bon à moyen	Moyen à mauvais	Moyen à mauvais
Contenu	- Bryozoaires présents à abondants très fragmentés - Rares foraminifères benthiques (<i>Textulariidés</i> , <i>Nonionidés</i> , <i>Miliolidés</i>)	- Fragments de Bryozoaires présents à rares peu fragmentés - Rares foraminifères benthiques (<i>Textulariidés</i> , <i>Nonionidés</i> , <i>Miliolidés</i>)	- Fragments de Bryozoaires présents à rares peu fragmentés - Rares foraminifères benthiques (<i>Textulariidés</i> , <i>Nonionidés</i> , <i>Miliolidés</i>)

Tableau 2 - Description des types de silex collectés en gîtes secondaires (altérites).

Tableau 2 - Description of flint types from secondary outcrops (alterites).

des blocs présentant des circonvolutions (bloc sans forme précise, présentant de nombreux replis témoignant d'une interface silice/calcaire complexe). Aucun bloc branchu n'a été noté, ces formes étant couramment interprétées comme le résultat d'un remplissage de terrier (Séronie-Vivien et Séronie-Vivien 1987). Il existe une nette corrélation entre les morphologies et les groupes de faciès (fig. 11 ; tabl. 3). Le groupe FHE se présente uniquement sous forme de dalles ou rognons réguliers, tandis que le groupe FV est effectivement lié aux blocs à circonvolutions. Les échantillons du groupe FME (faciès intermédiaire), se présentent préférentiellement sous forme de dalles et rognons réguliers, mais peut également montrer quelques blocs à circonvolutions.

Les échantillons des silex dits « Grain de mil » présentent également une grande variabilité quant aux dimensions des blocs (tabl. 4 ; fig. 11). Les dimensions ont été estimées par classes telles que : moins de 20 cm / 20 à 40 cm / plus de 40 cm. Les échantillons du groupe FV sont majoritairement de petites et rarement de moyennes dimensions. Les échantillons des groupes FHE et FME sont préférentiellement de moyennes et grandes dimensions, bien qu'il existe également quelques petits blocs.

La répartition géographique des échantillons issus des altérites (fig. 11) montre que les échantillons du groupe FV s'individualisent car ils proviennent tous du flanc nord-est de l'anticlinal de Jonzac et, dans une moindre mesure, de l'extrémité nord-ouest du synclinal de Saintes. Cependant, les silex appartenant aux groupes FHE et FME partagent la même aire géographique qui s'étend sur les deux flancs de l'anticlinal de Jonzac ainsi que sur l'extrémité nord-ouest du

synclinal de Saintes. Cette aire est donc en partie superposée à celle du groupe FV. Cette répartition géographique peut être la conséquence de variations latérales de faciès, un événement de silicification ponctuel épigénisant des calcaires de différents faciès le long de la plateforme. Cependant, l'analyse des gîtes primaires montre que les types T1, T3 et T5 appartiennent tous aux groupes des silex dits « Grain de mil » et témoignent qu'il y a eu au moins trois événements de silicification. Les silex dits « Grain de mil » renvoient donc à différents types de silex dont la formation serait inféodée à la surrection de l'anticlinal de Jonzac. Au sein de cette famille, on peut proposer que les différents types présentent une variabilité continue due, d'une part, à des variations latérales de faciès le long de la pente et, d'autre part, à des variations diachroniques de faciès directement imputables à la conjonction des mouvements tectoniques (surrection du pli) et de la transgression marine en cours (fig. 12). En effet, il s'avère que les blocs à circonvolutions et à faciès en volutes sont tous situés sur le flanc nord-est de l'anticlinal de Jonzac. À cet endroit, le flanc du pli montre une pente inverse (si faible soit-elle) à la pente générale de la plateforme (fig. 12). Il semblerait donc que les reliefs, mêmes mineurs, du fond océanique aient influencé les modes de formation des silicifications, créant les figures en volutes témoignant de mélanges de phases.

On note également que la répartition géographique des échantillons des groupes FHE et FME varie en fonction de la dimension des blocs (fig. 11). Les blocs de moyennes et grandes dimensions sont quasi-systématiquement situés sur le flanc sud-ouest de l'anticlinal de Jonzac, tandis que sur le versant nord-est ne sont présents que des blocs de

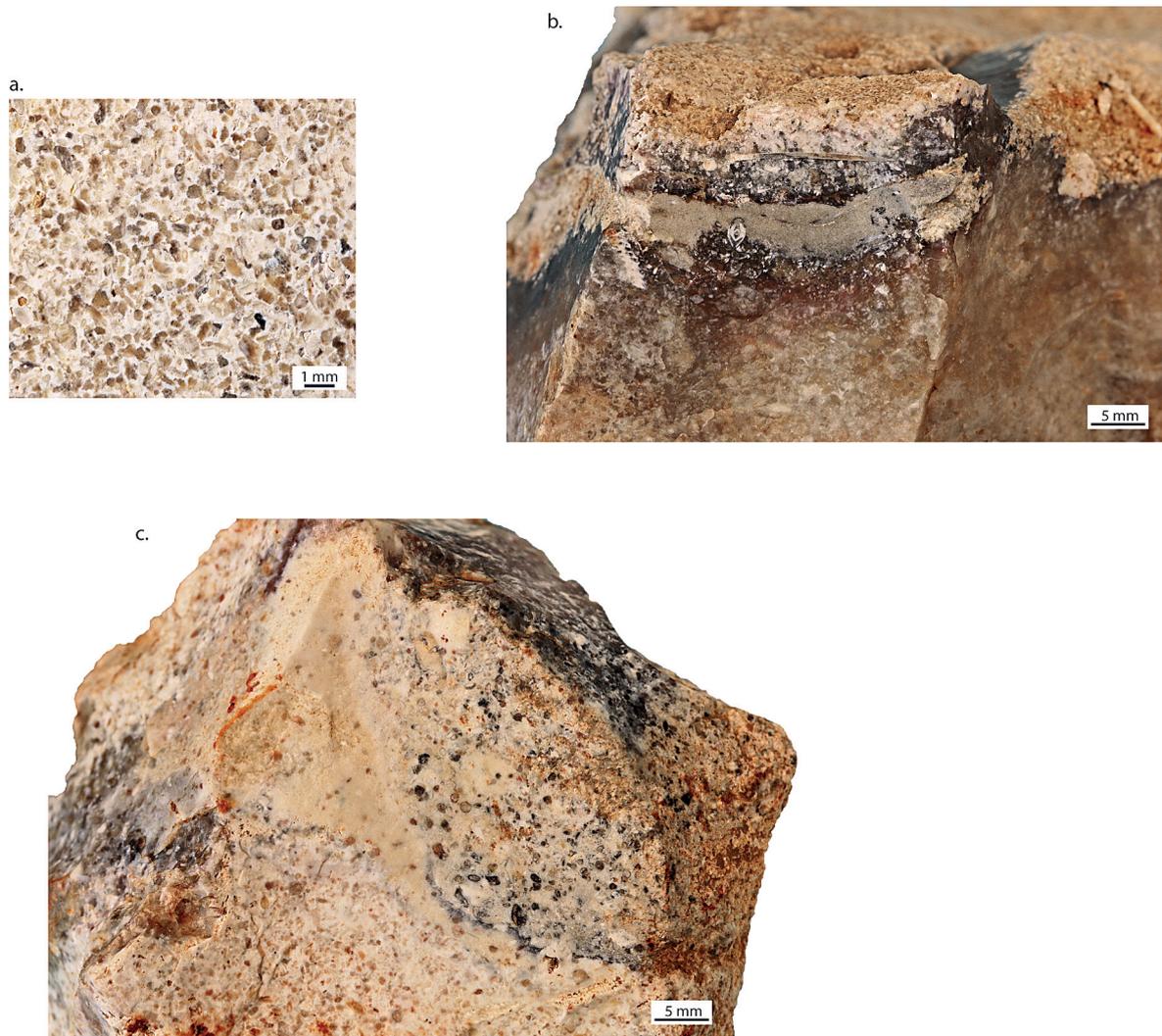


Figure 9 - Variabilité des silex dits « Grain de mil ». a. organisation homogène de faciès de moyenne à haute énergie ; b. et c. organisation hétérogène et figures en volutes.

Figure 9 - Grain de mil flint variability. a. homogeneous organization from middle to high energy deposits facies; b. and c. heterogeneous organization and wisps-like figures.

petites dimensions, rarement de moyennes. Cette observation tend à confirmer l'hypothèse du mode de formation des silex marins en zone d'*up-welling* (Séronie-Vivien et Séronie-Vivien 1987) : les silex seraient le résultat de la remontée d'eaux froides (*up-welling*) chargées en silice, le long de la plateforme carbonatée où les nouvelles conditions de pression / température conduiraient à la précipitation de la silice (fig. 13). Dans le cas des silex dits « Grain de mil », le flanc sud-ouest de l'anticlinal de Jonzac est directement exposé à la mer ouverte et donc aux remontées d'eaux siliceuses indispensables à la formation de nodules de silex.

L'ensemble de ces observations (variabilités pétrographiques des groupes de faciès, dimensions et morphologie des blocs, répartition spatiale) permet de subdiviser la famille des silex

dits « Grain de mil » en deux types. Le premier type, le Grain de mil de Jonzac, rassemble les groupes de faciès de moyenne et haute énergie et est caractérisé par des blocs de forme régulière et de moyennes à grandes dimensions, situés préférentiellement sur le flanc sud-ouest de l'anticlinal de Jonzac. La taille expérimentale a permis de préciser les qualités du Grain de mil de Jonzac : la matière homogène et le grain fin permettent une maîtrise rigoureuse du débitage et confèrent une bonne solidité aux tranchants (J.-G. Bordes, A. Turq, M. Lenoir, P.-J. Texier, E. Claud, com. pers.). Ce matériau est donc d'excellente qualité. Le second type, le Grain de mil de Saintes, correspond au groupe de faciès à volutes et est donc caractérisé par des blocs irréguliers de petites et moyennes dimensions présents uniquement sur le flanc nord-est de l'anticlinal, à l'endroit du synclinal de Saintes. D'un point de vue macroscopique, la partie

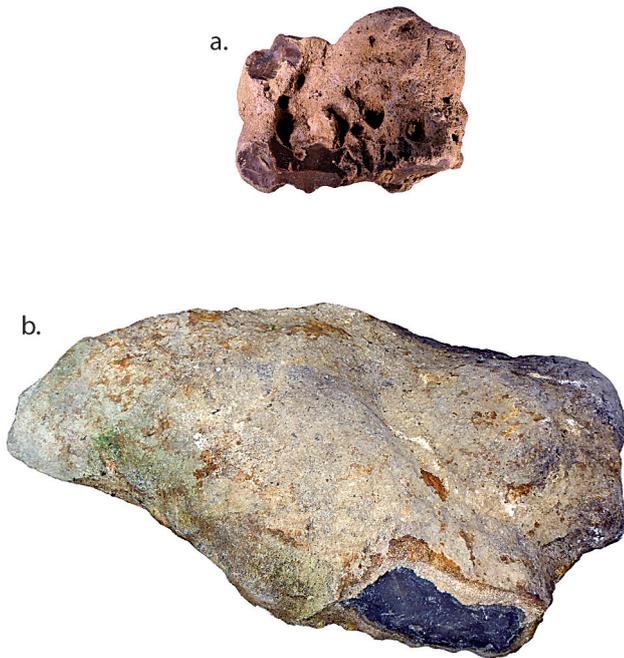


Figure 10 - Variabilité des blocs de silex dits « Grain de mil ». a. faciès à volutes : bloc irrégulier d'environ 20 cm ; b. faciès de haute énergie : dalle d'environ 60 cm.

Figure 10 - Grain de mil nodules variability. a. wisps facies: irregular nodule about 20 cm; b. high energy deposits facies: regular slab about 60 cm.

siliceuse du Grain de mil de Saintes présente les mêmes caractéristiques que celle du Grain de mil de Jonzac : matériau homogène (malgré les mélanges de phases et les volutes) et grain fin. Néanmoins, la morphologie des blocs restreint les parties exploitables à de très petits volumes (moins de 20 cm, voire moins de 10 cm en moyenne).

La distinction de ces types implique directement la forme et les dimensions des blocs. Or ces deux paramètres ont pu être des critères de sélection au cours du Paléolithique, notamment lors de la production de grandes lames. L'observation des pièces en silex dits « Grain de mil » en contexte archéologique, et notamment dans les sites magdaléniens des Pyrénées, avaient conduit à comparer ce matériau au Bergeracois par la dimension des blocs et son aptitude à la taille (Simonnet 1999). Les caractéristiques du Grain de mil, et surtout du type Jonzac, semblent vérifier cette hypothèse.

2.3 - Contexte d'affleurement et aire de collecte paléolithique

L'anticlinal de Jonzac est aujourd'hui érodé, dessinant le relief de la Charente-Maritime (fig. 14). L'érosion a évidé l'anticlinal, laissant sur place les altérites constituées des résidus de dissolution des calcaires. Parmi ces altérites, se trouvent les silex Grain de mil, potentiellement présents à l'aplomb de l'ensemble des étages du Santonien inférieur, du Coniacien et du Turonien, affleurant au cœur de

l'anticlinal. Le synclinal de Saintes n'a pas été érodé au cœur et de potentiels silex Grain de mil pourraient être enfouis en profondeur dans les étages de la transition Coniacien-Santonien. Ces derniers n'affleurent qu'en bordure : à la limite anticlinal/synclinal (= flanc nord-est de l'anticlinal), sur le flanc nord-est du synclinal et à l'extrémité nord-ouest du synclinal (Bourgueil et Moreau 1969 ; Moreau *et al.* 1976 ; Platel 1977). L'étendue de l'aire d'affleurement des altérites de la transition coniaco-santonienne s'étend jusqu'à Saujon ; néanmoins, nos prospections n'ont pas permis d'échantillonner de silex dits « Grain de mil » au-delà de Grézac. Dans cette zone, les sables éocènes nappent les altérites (Berger et Ternet 1968 ; Marionnaud et Dubreuilh 1972) et rendent les silex inaccessibles aujourd'hui.

Ces altérites ont été en partie remaniées par le réseau hydrographique des différents bassins versants. Compte tenu du faible relief général de la zone, les contextes de colluvions et d'alluvions ont été appréhendés à travers une même étude des bassins versants, basée uniquement sur l'étude du réseau hydrographique (fig. 14). Les sédiments de l'anticlinal de Jonzac sont principalement drainés par la Seudre dont l'axe sud-est/nord-ouest est parallèle à celui du pli. Le fleuve remonte jusqu'à Saujon au nord-ouest, où il se jette dans l'océan Atlantique. L'extrémité sud-est de l'anticlinal est drainé depuis Jonzac par la Seugne, affluent de la Charente, qui infléchit son cours vers le nord aux environs de Pons, et sort alors du pli. Au cœur du Synclinal de Saintes, la Charente et ses affluents drainent les sédiments d'est en ouest jusqu'à Saintes où le cours du fleuve s'infléchit au nord et sort du pli ; il finit également sa course dans l'océan Atlantique, aux environs de Rochefort. L'extrémité nord-ouest du synclinal est drainée en direction du nord-ouest par l'Arnoul qui rejoint la Charente au nord-ouest du pli. On distingue donc deux bassins versants principaux : le bassin de la Seudre drainant les sédiments du flanc sud-ouest de l'anticlinal de Jonzac, et le bassin de la Charente incluant le flanc nord-est de l'anticlinal de Jonzac. Le bassin de la Seudre est circonscrit dans l'anticlinal de Jonzac. Le Bassin de la Charente est bien plus large est s'étend à l'est et au nord à travers les départements de la Charente, de la Vienne et de la Haute-Vienne où il prend sa source.

La connaissance du contexte géomorphologique met en évidence une différence entre deux zones : le flanc sud-ouest de l'anticlinal de Jonzac, appartenant au bassin versant de la Seudre, et le flanc nord-est de l'anticlinal ainsi que l'extrémité nord-ouest du synclinal de Saintes, appartenant au bassin versant de la Charente. Aux environs de la Seudre, se trouvent de larges zones d'altérites contenant des silex Grain de mil de Jonzac, présents sous forme de larges dalles ou rognons réguliers. Le faible relief de cette zone ne permet pas d'inférer de gîtes de type colluvions accessibles au Paléolithique. Cependant, on note la présence de petites cluses dans lesquelles les rivières traversent les étages santoniens puis coniaciens avant de rejoindre la Seudre (Moreau *et al.* 1976). Ces contextes sont favorables à la mise au jour de nouveaux blocs de silex. Aux environs de la Charente au contraire, les aires d'affleurement en contexte d'altérites

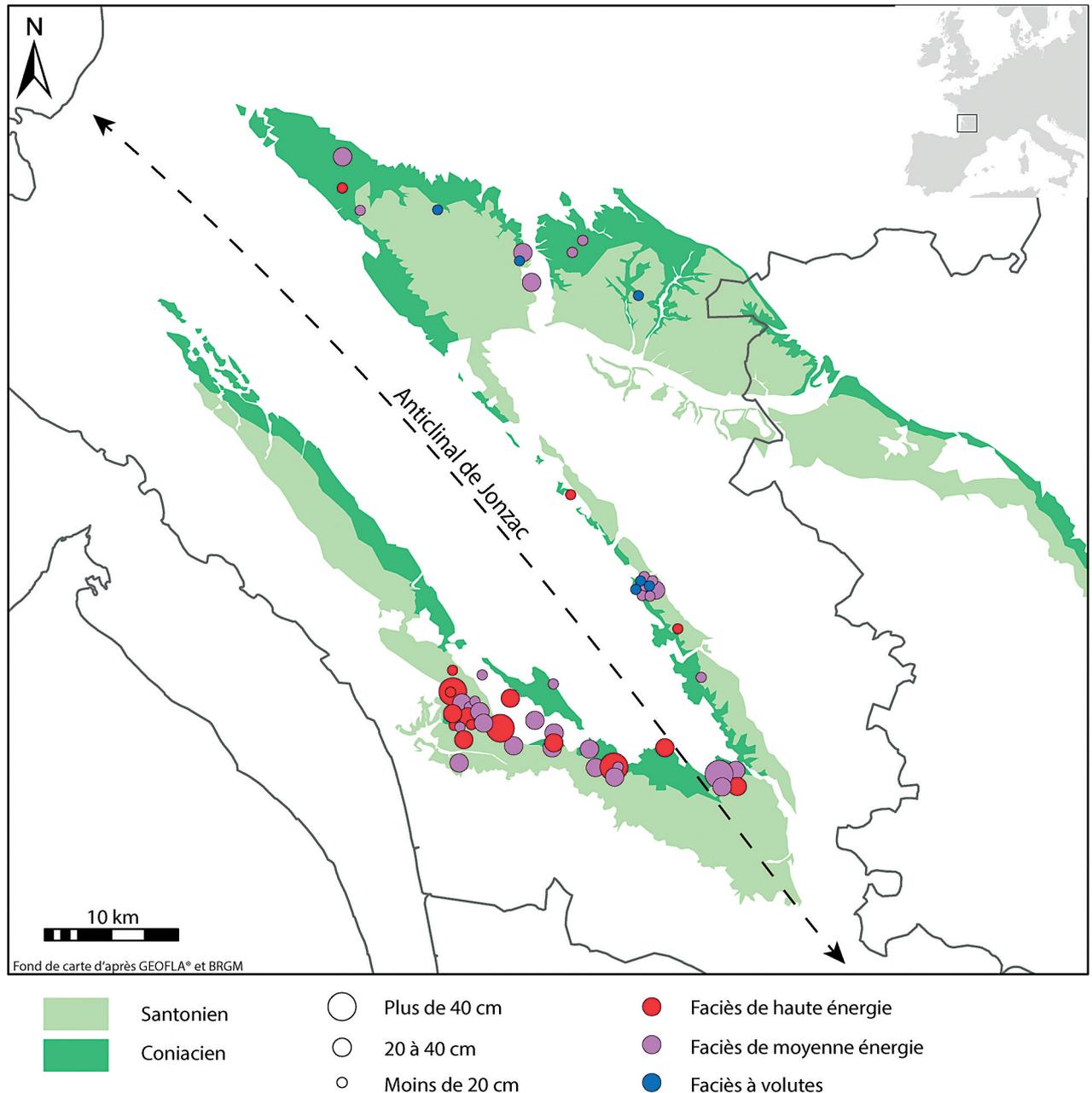


Figure 11 - Répartition géographique des blocs de silex Grain de mil par dimensions et faciès.

Figure 11 - Geographical repartition of Grain de mil nodules per size and facies.

Groupe de faciès	Dalle et rognon	Circonvolution	Fragments indéterminés	TOTAL
FHE	12	0	18	30
FME	25	7	25	57
FV	0	5	2	7
TOTAL	37	12	45	94

Tableau 3 - Table de décomptes des blocs de Grain de mil par morphologie et faciès.

Table 3 - Grain de mil nodules count per shape and facies.

Groupe de faciès	Moins de 20 cm	20 à 40 cm	Plus de 40 cm	Fragments indéterminés	TOTAL
FHE	7	7	3	13	30
FME	16	17	1	23	57
FV	6	1	0	0	7
TOTAL	29	25	4	36	94

Tableau 4 - Table de décomptes des blocs de Grain de mil par dimensions et faciès.

Table 4 - Grain de mil nodules count per size and facies.

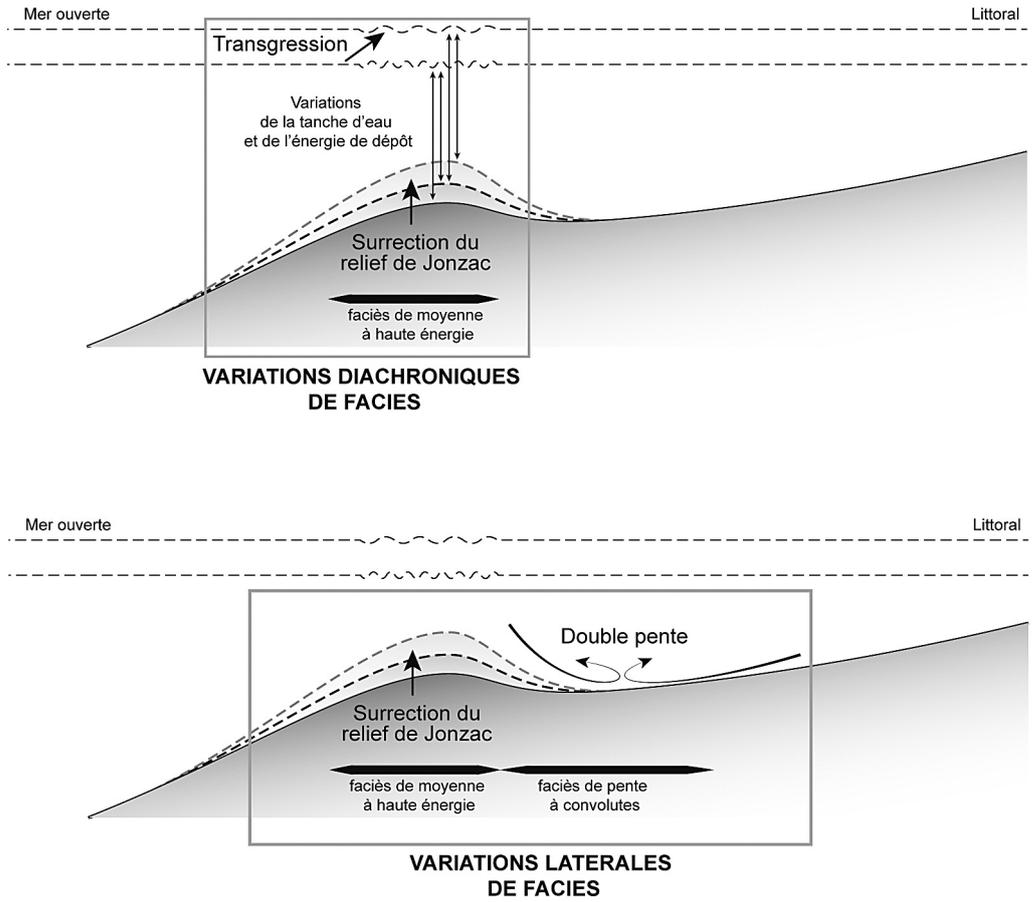


Figure 12 - Hypothèses d'interprétation des variations de faciès des silex dits « Grain de mil » de Charente-Maritime.

Figure 12 - Hypothesis for interpreting variations in facies of Grain de mil flint from Charente-Maritime.

sont principalement situées à l'ouest de Saintes, et dans une moindre mesure à la limite des deux plis. Dans ces gîtes, les silex Grain de mil renvoient aux deux types (Jonzac et Saintes) mais ne sont présents que sous la forme de moyens à petits blocs et de petits blocs à circonvolutions. Ces deux zones traduisent donc deux modes d'affleurement très différents en termes d'aire géographique et de qualité des ressources (dimensions et morphologies des blocs).

2.4 - Critère de détermination du Grain de mil en contexte archéologique

Le Grain de mil est donc typique de l'actuelle Charente-Maritime. Néanmoins, d'autres milieux de dépôt auraient pu

conduire à la formation de silex similaires le long de la plateforme crétacée nord-aquitaine. Nous avons donc confronté les silex présentant des convergences de faciès avec le Grain de mil. Pour cela, nous avons étudié les types Belvès, Bergeracois *packstone*, Cénomaniens des Charentes, Sénonien blond de La Chapelle-Aubareil, Gavaudun, grès silicifié de Mareuil et Turonien d'Angoulême (fig. 15). L'analyse pétrographique tend à prouver que, pour chaque type, un ou plusieurs critère(s) issu(s) de l'étude sédimentologique permet(tent) de le différencier du Grain de mil de Charente-Maritime (tabl. 5). Les tests statistiques ont confirmé ces résultats et donc prouvé la validité de ces critères pour la détermination du

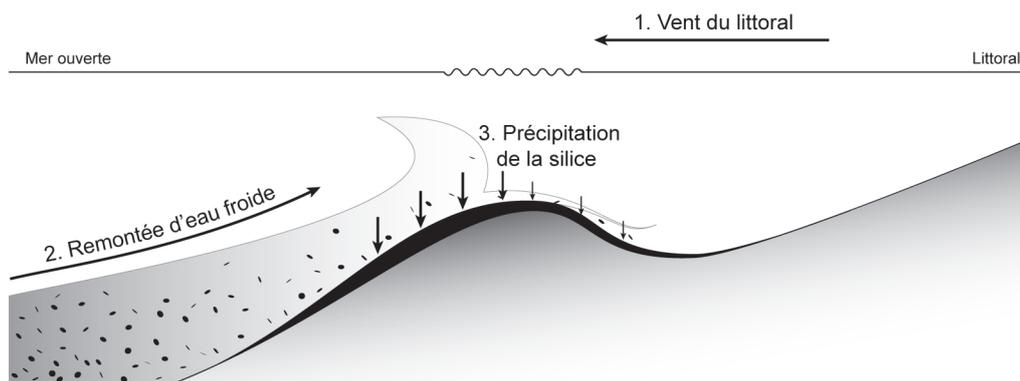


Figure 13 - Hypothèse de formation des silex dits « Grain de mil » au droit de l'anticlinal de Jonzac.

Figure 13 - Hypothesis for the formation of Grain de mil flints around the Jonzac anticline.

Grain de mil (fig. 16). Trois critères discriminants sont récurrents :

- **l'organisation** : les figures type volutes sont typiques du Grain de mil de Saintes ; quelques rares échantillons de Grain de mil présentent des grains orientés mais jamais le litage qui est systématique pour les types « Cénomaniens » et « Turonien d'Angoulême » ;
- **le mode** : Le mode 250 – 500 μm semble typique du Grain de mil ; les autres types présentent le plus souvent des grains de diamètre moyen inférieur ; les grès silicifiés de Mareuil peuvent également présenter des grains dans cette classe (250 – 500 μm) mais la nature des grains (grains de quartz fréquents) est alors discriminante ;
- **l'absence de quartz** : des quartz ont été observés dans tous les types autres que le Grain de mil dans des proportions variables (fréquents à rares) et avec des formes variables (grains de quartz détritiques émoussés ou non de 125 à 500 μm). Néanmoins de très rares quartz sont observables dans des échantillons du Grain de mil provenant du flanc nord-est de l'anticlinal.

L'absence de quartz détritique dans le Grain de mil semble caractéristique alors que ces grains sont présents dans la majorité des autres types de la plateforme, et plus particulièrement les types de Dordogne. Cela peut être expliqué par la proximité des roches-mères de ces types par rapport au Massif central ; les silex Grain de mil sont au contraire éloignés tant du Massif central que du Massif armoricain, ce qui limite les apports détritiques. De très rares quartz ont pu être observés dans le type Saintes : ce type est situé sur le flanc nord-est de l'anticlinal c'est-à-dire côté littoral. Le flanc sud-ouest, situé côté mer ouverte, serait protégé des apports détritiques par le relief-même du pli. La présence ou l'absence de quartz pourrait donc s'avérer être un critère particulièrement efficace pour déterminer le Grain de mil en contexte archéologique.

3 – Discussion

3.1 - Détermination du Grain de mil

Cette étude montre que le Grain de mil regroupe une famille d'événements de silicification dont la formation est directement à l'anticlinal de Jonzac. La comparaison des silex Grain de mil de Charente-Maritime avec les silex de la plateforme crétacée nord-aquitaine présentant des convergences de faciès montre que la détermination du Grain de mil en contexte archéologique est statistiquement valide : grâce à des caractères observables à la loupe binoculaire, on peut distinguer ce matériau des autres silex notamment de Charente et de Dordogne.

Cependant, malgré les différentes prospections, il se peut que certains types de silex présentant une convergence de faciès avec les silex Grain de mil n'aient pas encore été découverts. De même, seuls quelques échantillons par types ont été étudiés, qui ne reflètent sans doute pas la totalité de la variabilité de chaque type : certains blocs en marge de la variabilité observée, pourraient présenter davantage de similitudes avec les silex Grain de mil. Enfin, cette étude est basée sur les roches siliceuses de la plateforme crétacée nord-aquitaine ; il reste néanmoins probable que des types de silex présentant des convergences de faciès avec le Grain de mil existent dans les étages jurassiques, et/ou au sein d'autres plateformes carbonatées.

L'étude proposée ici tend à prouver qu'une description précise basée sur l'analyse sédimentologique peut suffire à discriminer le Grain de mil en contexte archéologique. C'est ce qui a été mis en évidence notamment pour les principaux types de matériaux exploités au Paléolithique dans le Bassin aquitain, tels le Sénonien blond, les silex de Gavaudun et de Belvès, le silex turonien d'Angoulême, ainsi que la variété dite « *packstone* » du Bergeracois.

Malgré la variabilité continue du Grain de mil entre trois groupes de faciès sédimentaires, les corrélations entre

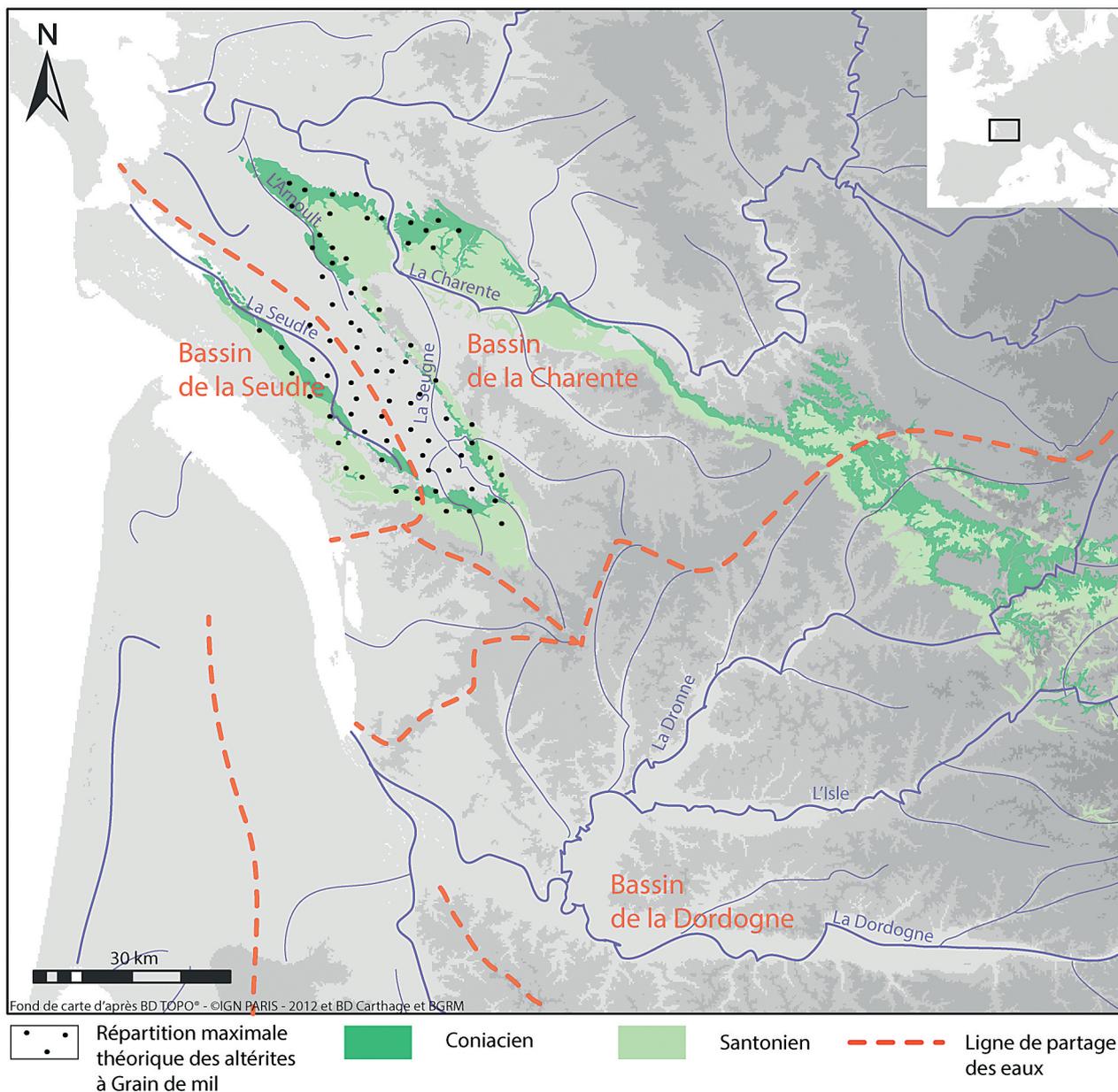
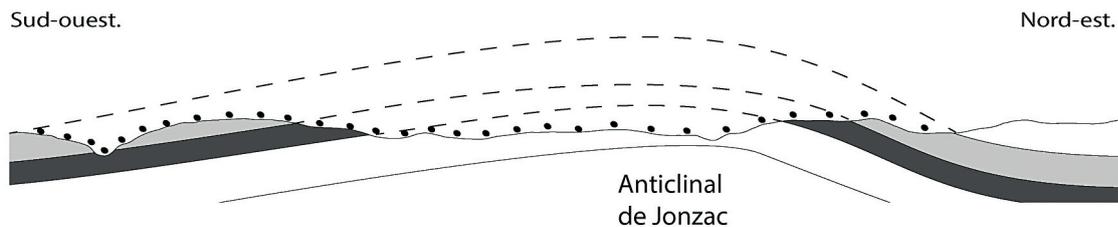


Figure 14 - Diffusion géologique du Grain de mil en gîtes secondaires : altérites, colluvions, alluvions. a. Érosion de l'anticlinal de Jonzac et répartition des altérites et silex Grain de mil ; b. Réseau hydrographique susceptible de remobiliser les silex Grain de mil à partir des altérites. Profil géologique modifié d'après Moreau et al. 1976.

Figure 14 - Geological diffusion of Grain de mil flints in secondary outcrops: alterites, colluvial and alluvial deposits. a. Jonzac anticline erosion and alterites and Grain de mil repartition; b. river system that could remobilize Grain de mil nodules from alterites. Geological profil modified after Moreau et al. 1976.

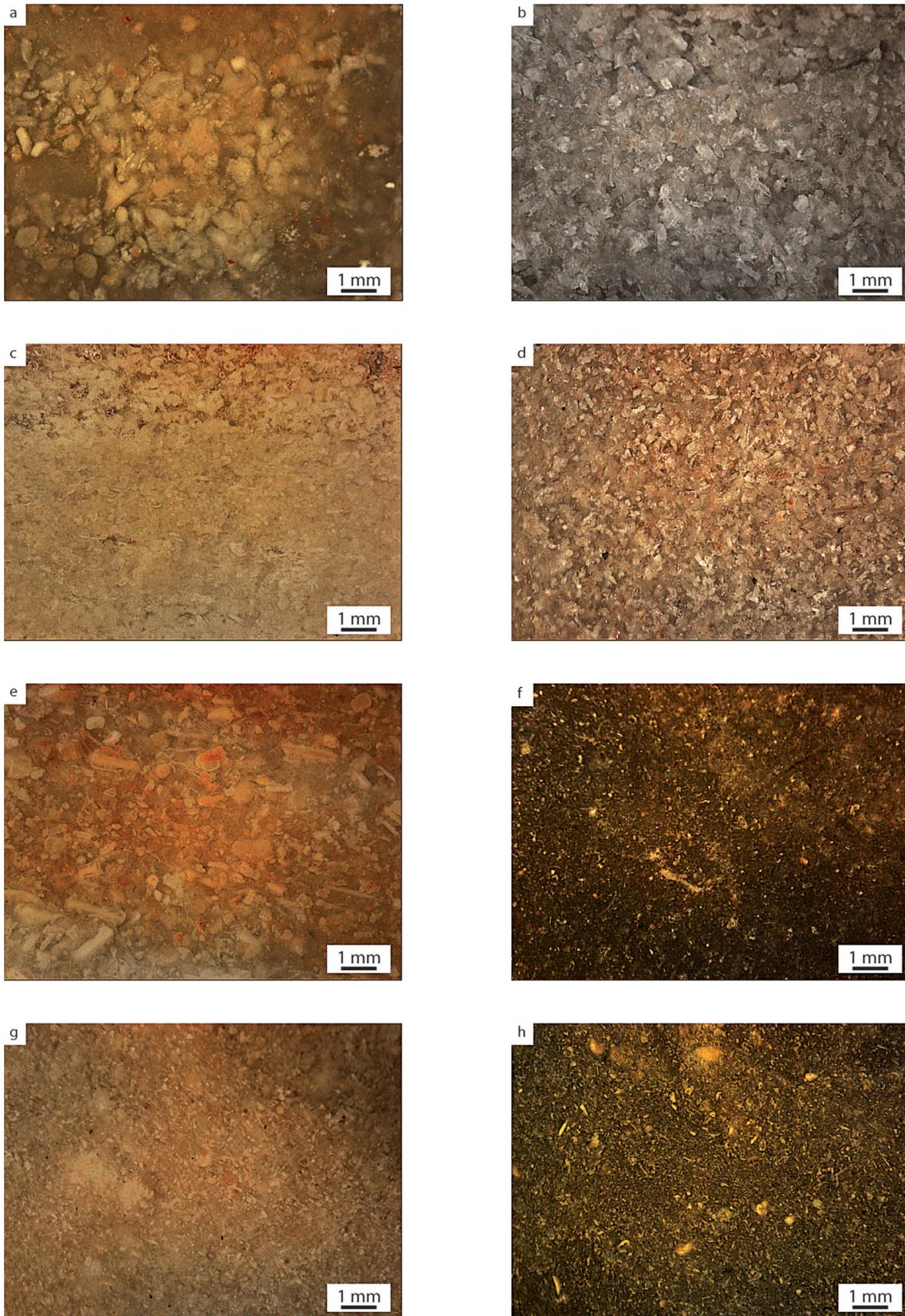


Figure 15 - Grain de mil et autres silex crétacés nord-aquitains présentant des convergences de faciès. a. Grain de mil ; b. silex cénomanien ; c. silex turonien d'Angoulême ; d. grès silicifiés de Mareuil ; e. Bergeracois packstone ; f. silex santonian noir de la Chapelle-Aubareil ; g. silex de Gavaudun ; h. silex de Belvès.

Figure 15 - Grain de mil and other cretaceous flint types from the north-aquitaine platform with convergent facies. a. Grain de mil; b. cenomanian flint ; c. turonian flint from Angoulême; d. silicified sandstone from Mareuil; e. Bergeracois packstone flint; f. black santonian flint from la Chapelle-Aubareil; g. Gavaudun flint; h. Belvès flint.

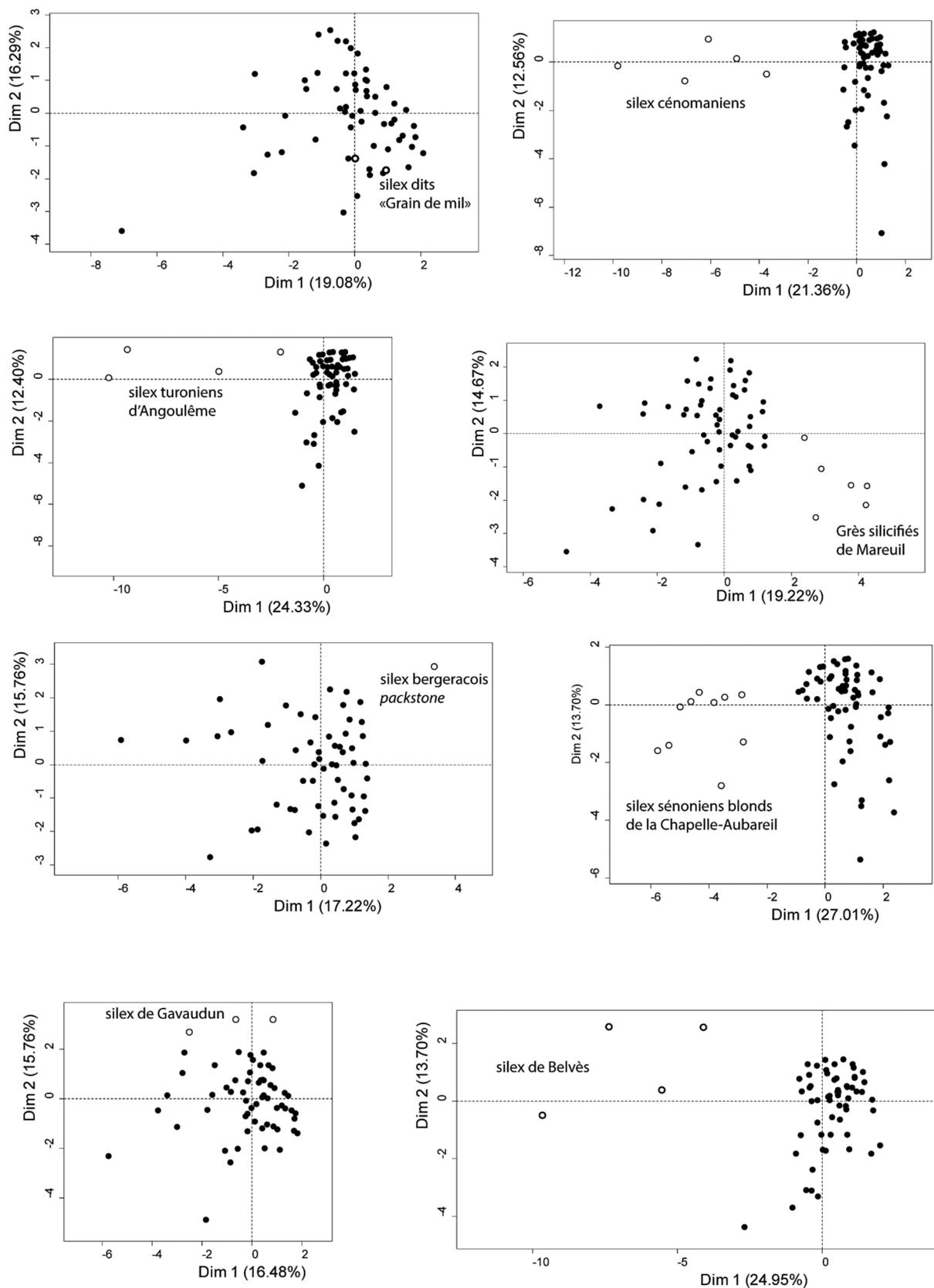


Figure 16 - Analyses Factorielles de Données Mixtes montrant la validité du groupe Grain de mil.

Figure 16 - Factorial Analysis of Mixed Data showing the validity of the Grain de mil group.

Groupe	Grain de mil Et dits « Grain de mil »	Cénomannien	Turonien d'Angoulême	Grès silicifié de Mareuil	Bergeracois « packstone »	Sénonien blond de la Chapelle- Aubareil	Gavaudun	Belvès
Nombre d'échantillons	94 (SC) Et 1 (PCh) + 1 (PACEA)	3 (SC) + 1 (PCh)	2 (SC) + 2 (PCh)	6 (SC)	1 (PACEA)	12 (SC)	3 (PACEA)	4 (PACEA)
Organisation	Homogène à hétérogène voire à figure de pente	Lité	Lité	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène	Homogène
Proportion de grains	40 à 60 voire 20 à 40 %	20 à 40 voire 40 à 60 %	20 à 40 voire 40 à 60 %	40 à 60 % voire plus de 60 %	40 à 60 %	5 à 20 voire 20 à 40 %	40 à 60 % voire plus de 60 %	5 à 20 voire 20 à 40 %
Mode	250 – 500 µm	250 – 500 µm	125 – 250 µm	125 – 500 µm	125 – 250 µm	125 à 250 µm	125 à 250 µm	125 à 250 µm
Tri	Bon à mauvais	Bon à moyen voire mauvais	Bon	Moyen	Bon	Bon	Moyen voire mauvais	Bon à moyen voire mauvais
Contenu	- Fragments de Bryozoaires fréquents à présents voire rares (érigés rigides et articulés) - <i>Textulariidés</i> rares - <i>Nonionidés</i> rares - <i>Miliolidés</i> (<i>Nummofal- tia cretacea</i>) rares	- Fragments de coquille de Mollusque présents - Grains de quartz détritiques rares à présents - Spicules de Spongiaires rares	- Grains de quartz détritiques présents à rares - Spicules de Spongiaires rares - Fragments de Bryozoaires rares (érigés rigides)	- Grains de quartz détritiques fréquents - Fragments de Bryozoaires rares (érigés rigides) - Fragments de coquille de Mollusque rares	- Grains de quartz détritiques présents - Fragments de Bryozoaires rares (érigés rigides)	- Quartz (125 µm) présents - <i>Miliolidés</i> rares à présents (tests peletonés, enroulement uni- et biloculaire) - Spicules de Spongiaires rares - Fragments de coquille de Mollusque rares	- Quartz (125 µm) fréquents - Fragments de Bryozoaires présents à rares (érigés rigides et articulés) - Fragments de coquille de Mollusque rares	- Quartz (125 µm) présents - Fragments de Bryozoaires rares à présents (érigés articulés) - Spicules de Spongiaires rares - <i>Rotalidés</i> rares - <i>Textulariidés</i> rares

Tableau 5 - Description pétrographique du Grain de mil et comparaison avec les silex crétacés de la plateforme nord-aquitaine présentant des convergences de faciès. En rouge : les critères discriminant chaque groupe par rapport au Grain de mil. Le nombre d'échantillons est indiqué par lithothèque : S. Caux (SC), Poitou-Charentes (PCh) et PACEA (PACEA).

Table 5 - Petrographic description of Grain de mil and comparison with other cretaceous flint types from the north-aquitaine platform with facies convergences. In red: the distinctive criteria for each group in comparison with the Grain de mil. The number of samples is indicated for each reference collection: S. Caux (SC), Poitou-Charentes (PCh) and PACEA (PACEA).

forme et dimensions des blocs et groupes de faciès permet de mettre en évidence des tendances distinguant le type Jonzac et le type Saintes. Il n'y a que les figures en volutes qui permettent à elles-seules de discriminer avec certitude le type Saintes. En contexte archéologique, ces figures ne sont pas systématiquement observables, notamment sur les pièces de petites dimensions. De plus, la détermination des sous-types n'est pas suffisante pour inférer sa provenance en termes de bassin versant (Seudre ou Charente) puisque l'aire d'affleurement du type Jonzac recouvre celle du type Saintes. Néanmoins, cette étude montre qu'entre les bassins de la Seudre et de la Charente, les ressources sont de qualités différentes en ce qui concerne les dimensions et la morphologie des blocs. La distinction des types Jonzac et Saintes devrait donc permettre de discuter des modes de sélection, des aires d'approvisionnement et de voies de circulation au cours du Paléolithique.

3.2 - Point méthodologique

Pour notre étude du Grain de mil, nous nous sommes principalement basés sur les principes d'étude de la sédimentologie mis en place pour l'étude des roches calcaires, et nous avons discuté chaque outil

méthodologique afin de proposer une analyse adaptée tant à notre matériau qu'à la problématique d'une étude archéologique. Une clé de détermination du Grain de mil a ainsi pu être proposée ; les critères employés sont observables en contexte archéologique y compris à l'échelle d'une collection dans le cadre d'une étude techno-économique. Cette clé de détermination est principalement basée sur des critères objectivement définis et quantifiables. Elle devrait donc permettre de réduire la variabilité inter-observateurs de détermination de ce matériau. La grande proportion de grains et la fréquence des fragments de Bryozoaires devraient permettre une détermination quasi-systématique des pièces supérieures à 2 cm de longueur.

Néanmoins, toutes les matières premières siliceuses exploitées au Paléolithique ne présentent pas autant d'éléments observables : l'étude sédimentologique seule se révèle peu adaptée pour déterminer les matériaux pauvres en grains comme les silex des craies *mudstone*. D'autres méthodes que l'analyse sédimentologique sont utilisées en pétroarchéologie, mais elles ne sont pas adaptées à l'étude d'une collection : elles ne sont, en général, appliquées qu'à une sélection de pièces dans le cadre de diagnostics ponctuels. Ces études présentent l'avantage d'apporter de

vraies précisions quant aux lieux d'approvisionnement, néanmoins l'observation de quelques pièces restreint l'étude à la détermination d'un territoire d'approvisionnement sur la base de la présence/absence de certains matériaux. Pour apporter des données nouvelles à l'étude des groupes paléolithiques, il est aujourd'hui nécessaire et fondamental de croiser les données pétroarchéologiques et techno-économiques pour reconstituer les modes de sélection, les voies de circulation, les taux et modes d'exploitation de chaque ressource. Afin d'exploiter au mieux toutes les données des analyses ponctuelles, les tris réalisés en amont de ces études doivent être les plus rigoureux possible, basés sur des critères objectifs. Il est donc nécessaire de mettre en place des clés de détermination basées sur l'observation à l'œil nu ou à faible grossissement dans le but de réaliser des études techno-économiques des collections lithiques.

Conclusion

Le Grain de mil : bilan d'une ressource

L'analyse pétroarchéologique du Grain de mil a permis de compléter notre connaissance des matières premières du Bassin aquitain, notamment pour la Charente-Maritime jusqu'à présent peu étudiée. Cette étude a montré que la formation du Grain de mil est liée à l'anticlinal de Jonzac puisque sa formation est étroitement liée à la surrection de cette structure durant la transition coniac-santonienne. Deux types peuvent être distingués au sein du Grain de mil : le type Jonzac, présent sous forme de grandes dalles et blocs réguliers principalement sur le flanc sud-ouest du pli, et le type Saintes, aux blocs plus petits et irréguliers, présent uniquement sur le flanc nord-est, à la limite du synclinal de Saintes.

En contexte archéologique, l'observation de la phase siliceuse permet de déterminer le Grain de mil et de le différencier des autres matériaux de la plateforme nord-aquitaine. Les principaux critères discriminants issus de l'analyse sédimentologique sont l'organisation de la phase siliceuse (homogène ou avec figures type volute, jamais lité), le mode des grains (250 – 500 µm), la présence de fragments de Bryozoaires ainsi que l'absence de quartz détritiques. C'est l'ensemble de ces critères qui permet la détermination de ce matériau. La distinction des types Jonzac et Saintes se fait principalement sur l'organisation de la phase siliceuse, le type Saintes présentant des figures type volute tandis que le type Jonzac montre une organisation homogène. Ce critère macroscopique n'est pas toujours observable en contexte archéologique, notamment dans le cas des pièces de petites dimensions.

Néanmoins, la connaissance des modalités d'affleurement de cette ressource et de sa variabilité (notamment la variabilité des blocs : forme et dimensions) permet de discuter des modes d'approvisionnement et de sélection des matériaux au Paléolithique.

Il importe de considérer dès lors que l'appellation Grain de mil doit être limitée aux objets et blocs répondant aux

critères énoncés ici. En conséquence, il faudrait revoir les collections précédemment étudiées pour préciser les décomptes concernant ce matériau.

Mais quoi qu'il en soit de cette réévaluation, on peut d'ores et déjà affirmer que la présence systématique de matériaux d'origine charentaise dans les collections archéologiques de sites localisés sur l'ensemble du Bassin aquitain est de nature à renouveler les bases à partir desquelles nous pensons la circulation des groupes paléolithiques dans cette région.

Remerciements

Nous tenons à remercier A. Turq pour ses relectures et ses conseils, M. Bilotte pour son aide en micropaléontologie, ainsi que le laboratoire PACEA et les Services Régionaux de l'Archéologie Poitou-Charentes, Aquitaine et Midi-Pyrénées pour leur aide logistique et financière notamment en ce qui concerne les nombreuses prospections. Nous remercions enfin les rapporteurs, Paul Fernandès et Sébastien Lacombe, pour leurs commentaires pertinents et enrichissants.

Références bibliographiques

- AIRVAUX J., BERTHET A.- L., CASTEL J.- C. 2003 - Le gisement aurignacien de Chez- Pinaud 2 à Jonzac, Charente- Maritime, *Bulletin Préhistoire du Sud- ouest*, 10, 1, p. 25-75.
- BACCELLE L., BOSELLINI A. 1965 - Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie, *Annali dell'Universita di Ferrera*, sec IX, Scienze geologiche e palaontologiche, vol. IV, 3, p. 59-86.
- BARONNET A. 1988 - *Minéralogie*, Dunod, Paris, 1988, 184 p.
- BERGER G., TERNET Y. 1968 - *Carte géologique de la France, feuille et notice de Royan- Tour de Cordouan*.
- BIGNOT G. 2001 - *Introduction à la Micropaléontologie*, Paris : Science Publisher, France, 258 p.
- BILOTTE M. 1985 - *Le Crétacé supérieur des plateformes est- pyrénéennes*, Thèse de doctorat, Toulouse : Université Paul Sabatier, 438 p.
- BON F., SIMONNET R., VEZIAN J. 2005 - L'équipement lithique des Aurignaciens à la Tuto de Camalhot, *In : Territoires, déplacements, mobilités, échanges pendant la préhistoire : Terre et hommes du Sud*, p. 173-185.
- BORDES F., SONNEVILLE- BORDES D. (de) 1954 - Présence probable de jaspe de Fontmaure dans l'Aurignacien V de Laugerie- Haute, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 51, p. 67-68.
- BORDES J.-G. 2002 - *Les interstratifications Châtelperronien / Aurignacien du Roc- de- Combe et du Piage Lot, France*). *Analyse taphonomique des industries lithiques ; implications archéologiques*, thèse de doctorat, Bordeaux de Bordeaux, 421 p.

- BORDES J.- G., BON F., LE BRUN- RICALENS F. 2005 - Le transport des matières lithiques à l'Aurignacien entre le Nord et le Sud de l'Aquitaine : faits attendus, faits nouveaux. In : *Territoires, déplacements, mobilités, échanges pendant la préhistoire : Terre et hommes du Sud*, Toulouse, CTHS, p. 185-198.
- BOULE M. 1892 - *Description géologique du Velay*, Thèse de doctorat, Paris : Université de Paris, 261 p.
- BOURGEOU A. 1991 - Territoire, in *Dictionnaire d'ethnologie*, Paris.
- BOURGUEIL B., MOREAU P. 1967 - *Carte géologique de la France, feuille et notice de Cognac*.
- BOURGUEIL B., MOREAU P. 1969 - *Carte géologique de la France. Feuille et notice de Saintes*.
- BRESSY C. 2002 - *Caractérisation et gestion du silex des sites mésolithiques et néolithiques du Nord- ouest de l'Arc Alpin. Une approche pétrographique et géochimique*. Thèse de doctorat, Aix-Marseille : Université Aix- Marseille 1, 295 p.
- BUGE E. 1960 - Bryozoaires fossiles, In : *Traité de Zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie*, Paris, p. 1336-1379.
- CAUX S. 2015 - *Du territoire d'approvisionnement au territoire culturel : pétroarchéologie et techno- économie du silex Grain de mil durant l'Aurignacien dans le Sud- Ouest de la France*. Thèse de doctorat, Bordeaux, 249 p.
- COMBAZ A. 1966 - *Recherches de microfossiles organiques dans les sables et grès du Périgord*, Bordeaux, CFP Exploration Laboratoire central.
- DELAGNES A., FEBLOT-AUGUSTINS J., MAZIÈRE G., MEIGNEN L., PARK S.J. 2005 - *Paléolithique moyen dans le Bassin de la Charente*, Rapport de PCR, Service régional de l'Archéologie Poitou- Charentes.
- DEMARS P.- Y. 1980 - *Les matières premières siliceuses utilisées au Paléolithique supérieur dans le Bassin de Brive*. Thèse de doctorat, Bordeaux, 176 p.
- DEMARS P.- Y. 1994 - *L'économie du silex au Paléolithique supérieur dans le Nord de l'Aquitaine*. Thèse de doctorat d'Etat, Bordeaux : Université Bordeaux I, 819 p.
- DEMICCO R., HARDIE L. 1994 - Sedimentary and Early Diagenetic Features of Shallow Marine Carbonate Deposits, SEPM Atlas Series 1, 1994.
- DUNHAM R. 1962 - Classification of carbonate rocks according to depositional texture, *American Association of Petroleum Geologist*, 1, p. 108-121.
- FERNANDES P. 2012 - Itinéraires et transformations du silex: une pétroarchéologie refondée, application au Paléolithique moyen, *Reproduction de, De la Préhistoire à l'Actuel : Culture, Environnement et Anthropologie*, Talence, France, 623 p.
- FERNANDES P., RAYNAL J.- P. 2006 - Pétroarchéologie du silex : un retour aux sources, *Paévol*, 5, p. 829-237.
- FLÜGEL E. 2004 - *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*, Berlin, Allemagne, 976 p.
- FOLK R. 1955 - Student operator error in determination of roundness, sphericity, and grain size, *Journal of Sedimentary Petrology*, 25, p. 297-301.
- FOLK R. 1959 - Practical petrographic classification of limestones, *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 43, p. 1-38.
- FOLK R. 1965 - *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company, Austin, 190 p.
- GENESTE J.-M. 1985 - *Analyse lithique d'industries moustériennes du Périgord : une approche technologique du comportement des groupes humains au Paléolithique moyen*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 572 p.
- GENESTE J.- M. 1988 - Systèmes d'approvisionnement en matières premières au Paléolithique moyen et au Paléolithique supérieur en Aquitaine, in *L'Homme de Néandertal, la Mutation*, ERAUL, p. 61-70.
- GODELIER M. 1984 - *L'idéal et le matériel - Pensée, économies, sociétés*, Fayard, 1984, 350 p.
- GRÉGOIRE S. 2001 - Apports et limites des nouvelles techniques de la pétroarchéologie préhistorique, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris. Sciences de la Terre et des Planètes*, 332, p. 479-482.
- GUICHARD J. 1965 - Un faciès original de l'Acheuléen : Cantalouette commune de Creysse, Dordogne), *L'Anthropologie*, 69, 5-6, p. 413-464.
- GUICHARD J., GUICHARD G. 1966 - A propos d'un site acheuléen du Bergeracois Les Pendus, commune de Creysse) : bifaces- hachereaux et hachereaux sur éclat, aperçu typologique. In *Actes de la société linéenne de Bordeaux*, p.14.
- HAYWARD B.W., CEDHAGEN T., KAMINSKI M., GROSS O. 2014 - *World Foraminifera Database*, Consultable à <http://www.marinespecies.org/foraminifera>.
- HOROWITZ A., POTTER P.E. 1971 - *Introductory Petrography of Fossils*, Springer- Verlag, New York, 302 p.
- HUSSON F., JOSSE J., LE S., MAZET J. 2015 - « FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining. R package version 1.29.0 <http://factoMineR.org/> package=FactoMineR.
- KRUMBEIN W. 1941 - Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles, *Journal of Sedimentary Petrology*, 22, p. 64-72.

- KRUMBEIN W., SLOSS L. 1979 - *Stratigraphy and sedimentation*, WH Freeman and Compagny, San Francisco, 1979, 660 p.
- LARTET E., CHRISTY H. 1865-1975 - *Reliquiae aquitanicae : being contributions to the archaeology and palaeontology of Périgord and the adjoining provinces of Southern France*, Williams, Londres, 1865, 726 p.
- LASEMI Z., SANDBERG P. 1984 - Microfabric and compistional clues to dominant mud mineralogy of micrite precursors. In : *Carbonate microfabircs*, New York, p.173-185.
- LOEBLICH A., TAPPAN H. 1988 - *Foraminifera Genera and their Classification*, Chapman and Hall, London, 970 + 847 p.
- MARIONNAUD J.- M., DUBREUILH J. 1972 - *Carte géologique de la France, feuille et notice de Pons*.
- MASSON A. 1981 - *Pétraarchéologie des roches siliceuses. Intérêt en Préhistoire*. Thèse de doctorat, Lyonrd Lyon 1, 82 p.
- MOISSETTE P., SAINT- MARTIN J.- P. 1995 - Bryozoaires des milieux récifaux miocènes du sillon sud- rifain au Maroc, *Lethaia*, 28, 3, p. 271-283.
- MORALA A., LENOIR M., TURQ A. 2005 - Production et utilisation de supports normalisés lamino- lamellaires dans la chaîne opératoire des grattoirs Caminade du site du Pigeonnier à Gensac Gironde, France), In : *Productions lamellaires attribuées à l'Aurignacien : Chaînes opératoires et perspectives techno- culturelles*, ArchéoLogiques, p.257-271.
- MOREAU P., MARIONNAUD J.-M., ANDREIEFF P., PLATEL J.-P. 1976 - « Carte géologique de la France, feuille et notice de Jonzac ». Orléans, France: Bureau de recherches géologiques et minières.
- MUNNECKE A. 1997 - Bildung mikritischer Kalke im Silur von Gotlan, *Courier Forchungsintitut Senckenberg*, 198, p. 1-131.
- NEUMANN M. 1967 - *Manuel de micropaléontologie des Formaminifères*, Gauthier- Vilard, Paris, 1967, 266 p.
- PAGÈS J. 2004 - Analyse factorielle de données mixtes, *revue de statistique appliquée*, 52, 4, p. 93-111.
- PETTIJOHN F.J., POTTER P.E., SIEVER R. 1973 - *Sand and Sandstone*, New York, Etats- Unis, Allemagne, 1973, xvi+618 p.
- PILKEY O., MORTON R., LUTERNAUER J. 1967 - The carbonate fraction of beach and dune sands, *Sedimentology*, 8, p. 311-327.
- PLATEL J.- P. 1977 - *Carte géologique de la France, feuille et notice de Pons*
- PLATEL J.- P. 1987 - *Le crétacé supérieur de la plateforme septentrionale du Bassin d'Aquitaine : stratigraphie et évolution géodynamique*. Thèse d'Etat, Bordeauxé Michel Montaigne Bordeaux III. Institut EGID, France, 573 p.
- PLATEL J.- P. 1996 - Stratigraphie, sédimentologie et évolution géodynamique de la plate- forme carbonatée du Crétacé supérieur du Nord du bassin d'Aquitaine, *Géologie de la France*, 4, p. 33-58.
- POWERS M. 1953 - A new roundness scale for sedimentary particles, *Journal of Sedimentary Petrology*, 23, p. 117-119.
- PRIMAULT J. 2003 *Exploitation et diffusion des silex de la région du Grand-Pressigny au Paléolithique*. Thèse de doctorat, ParisUniversité de Nanterre - Paris X
- REGUANT, S, A VAZQUEZ, I ZAMARRENO, ET P MALUQUER. 1985 - « Significacion de los briozoos en los sedimentos superficiales de la plataforma continental del Capo de Gata (Almeria, Espana) ». *Acta Geologica Hispanica* 20: 69-80.
- SÉRONIE-VIVIEN M.- R., SÉRONIE-VIVIEN M. 1987 - Les silex du Mézosoïque nord-aquitain : approche géologique de l'étude du silex pour servir à la recherche, *Bulletin de la Société Linéenne de Bordeaux*, supp. t. XV, p. 135.
- SIMONNET R. 1982 - Grandes lames de silex dans le Paléolithique supérieur des Pyrénées centrales. Essai sur des documents marginaux, Préhistoire Ariègeoise - *Bulletin de la Société Préhistorique de l'Ariège*, 37, p. 61-106.
- SIMONNET R. 1999 - De la géologie à la préhistoire : le silex des Prépyrénées. Résultats et réflexions sur les perspectives et les limites de l'étude des matières premières lithiques, *Paleo*, p. 71-88.
- SIMONNET R., BORDES J.-G., PRIMAULT J., BON F. 2007 - « Le silex dit "Grain de Mil". Localisation des gîtes ». In *Frontières naturelles et frontières culturelles dans les Pyrénées préhistoriques*, 101-2. Publican Editiones Universite de Cantabria.
- SMITH A., KEY M.J., GORDON D. 2006 - Skeletal mineralogy of Bryozoans: Taxinomic and temporal patterns, *Earth-Science Reviews*, 78, p. 287-306.
- STACH L. 1936 - Correlation of Zoarial Form with Habitat, *Journal of Geology*, 44, p. 60-65.
- STELCL J., MALINA J. 1970 - Anwendung der Petrographie in der Archäologie, *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis Geologia*, 11, 20, p. 5-111.
- TIXIER J. 1978 - *Méthode d'étude des outillages lithiques : Notice sur travaux scientifiques*. Thèse de doctorat, Paris : Université de Nanterre - Paris X, 118 p.

TURQ A. 1992 - *Le Paléolithique inférieur et moyen entre les vallées de la Dordogne et du Lot*. Thèse de doctorat, Bordeaux : Université Bordeaux I, 778 p.

TURQ A. 2000 - Le Paléolithique inférieur et moyen entre Dordogne et Lot, *Paleo*.

VAYSON DE PRADENNE A. 1938 - *La Préhistoire*, Armand Colin, 1938, 224 p.

WENTWORTH C.K. 1922 - A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments, *The Journal of Geology*, 30, 5, p. 377-392.

WHITE J., CORWIN J. 1961 - Synthesis and origin of chalcedony, *American Mineralogist*, 46, p. 112-119.

WILSON J. 1975 - *Wilson Carbonate Facies in Geologic History*, Springer, Heidelberg, 1975, 471 p.

ZAGORSEK K., KROH A. 2003 - Cretaceous Bryozoa from Scherrergraben Santonian, Gosau group, eastern Alps), *Geologia Carpathica*, 56, 6, p. 1-13.

