

Paléontologie humaine et préhistoire / Human paleontology and prehistory

Pétoarchéologie du silex : un retour aux sources

Paul Fernandes^{a,*}, Jean-Paul Raynal^b

^a 84, rue d'Alleray, 75015 Paris, France

^b UMR 5199 CNRS, IPGQ, université Bordeaux-1, bât. de géologie B18, avenue des Facultés, 33405 Talence cedex, France

Reçu le 1^{er} novembre 2005 ; accepté après révision le 7 février 2006

Disponible sur internet le 13 juin 2006

Résumé

Les cristallisations et les stigmates présents à la surface des artefacts préhistoriques résultent de phénomènes physicochimiques et mécaniques complexes. Décryptés, ils permettent d'assigner à l'objet une position stratigraphique génétique, un emplacement paléogéographique et une histoire post-génétique relative aux lieux de résidence. Cette démarche pétoarchéologique, refondée sur une optimisation des techniques d'observation de la pétrographie, de la minéralogie, de la micropaléontologie et de la morphoscopie aux différentes échelles, est un outil simple de détermination des matériaux et de leurs origines, dont les limites ne sont que celles de l'expérience et des référentiels. **Pour citer cet article : P. Fernandes, J.-P. Raynal, C. R. Palevol 5 (2006).**

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Petroarchaeology of flint artefacts – a return to the source. Crystallizations and various stigmata on the surfaces of prehistoric stone artefacts are the result of complex physicochemical and mechanical phenomena. Once decoded, they allow us to assign the object to a genetic–stratigraphic position, also to a post-genetic palaeogeographic site location and provide a story relative to different places of residence. This petroarchaeological method, based on the optimization of the observation techniques commonly used in petrography, mineralogy, micropalaeontology and morphoscopy at different scales, is a simple tool for the identification and sourcing of lithic raw materials, whose only limits are those determined by experience and collections available for reference. **To cite this article: P. Fernandes, J.-P. Raynal, C. R. Palevol 5 (2006).**

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Pétoarchéologie ; Pétrographie ; Minéralogie ; Micropaléontologie ; Morphoscopie ; Archéologie préhistorique

Keywords: Petroarcheology; Petrography; Mineralogy; Micropaleontology; Morphoscopy; Prehistory

* Auteur correspondant. Doctorant EHESS Toulouse.

Adresses e-mail : nuage75@club-internet.fr (P. Fernandes),
jpraynal@wanadoo.fr (J.-P. Raynal).

Abridged English version

Introduction

The word petroarchaeology was recently coined [35] and the associated discipline is still evolving, yet the desire to determine the provenance of materials used in the manufacture of stone tools appeared very early in the discipline of Prehistory [2,4,5,9–11,13,14,17,20,21,24,27,28,37,41,43].

Most petroarchaeological works concerning flint lay stress on the difficulty in establishing, through a strictly petrographic approach, correlations between the artefact material and the potential sources of that material, [12,19,22,23,41]. The observation is clear: petrographic examinations, even when associated with other quantitative methods, answer archaeological questions only very partially [6,18,36,38].

Except for flaking areas located on primary (in situ) and/or sub-primary sources of raw material, most gatherings by prehistoric people were made from secondary deposits that suffered geological reworking. Consequently, it has been long thought impossible to distinguish the different reworked deposits, one from another. A flint, under its original or derivative form or that of a flaked tool, is a complex three-dimensional petrographic entity, the surfaces of which have undergone successive transformations that may be very revealing. Our conception of flint petroarchaeology is based on this fundamental premise of legibility.

The concept of the silica evolutionary chain

Until now, few petrographic studies of flint allow one to follow all the various transformations that flint undergoes between its primary deposits through secondary deposits until it finally rests in an archaeological site.

Our reasoning for a specific sequence of changes follows the sequence of ideas established in works by Cayeux, Rottlander [29], Stapert [34], Masson [22], Séronie-Vivien [30,31], Simonet [32,33], Donahue [15], and Burrioni et al [7], wherein superficial alterations change the mineral phases of which the flint is composed and reveal the environments in which they developed. Considering these alterations, a petroarchaeological approach supported by a wide range of observations should be developed before, if necessary, setting up analyses replaced in the evolutionary chain of the material, and thus more significant.

Flint mineralogical, petrographic, micropalaeontological and morphological identification integrate each aspect of its initial petrogenesis, its subsequent degradation/aggradation and its later transformations. These characteristics rest on the intensity of the silicification [16,25], the description of its constitutive elements and on the porosity network [1,42]. This approach favours the study of post-genetic mechanisms [39,40], a determining factor in the case of identification of raw material used by prehistoric men. For each lithic tool, it allows the identification of a unique succession of phases in the silica evolutionary chain (Fig. 1). In fact, each tool has a particular formation itinerary [26], so individual evolutionary chains depend simultaneously on both the intrinsic structural properties of the flint and on the alterations affected during its residence in successive geochemical and dynamic environments.

Methodology

Inventory of regional resources and characterisation of types

Within the context of archaeological problematic, research on the primary deposit alone (the *genetic type*) is insufficient. Only a global view of the evolutionary chain provides definitions of primary source types and the characteristics of secondary deposits leading to a complete understanding of assemblages (Fig. 2). On the one hand, the flint genetic process (sedimentation, diagenesis, or epigenesis) determines what we call *genetic types* and on the other the secondary transformations (due to alteration phenomena and different altero-detritic phases) determine subtypes that we call primary source types. Consequently, there are several primary source types and many possible gathering places for one genetic type.

Methodical regional prospecting according to geomorphologic units will allow the investigator to characterise and catalogue secondary deposits following their genetic characteristics and the alterations to which they were subjected.

Each lithic tool represents a particular stage in the initial post-genetic evolution (the genetic type) of the material. This evolution is compared with specimens from the various primary, sub-primary and secondary deposits thus characterising a number of primary source types. This comparison only allows the recognition of origins within and characteristics of the areas prospected.

Observation of samples

The observation of genetic, primary source samples and of all the tools of an archaeological unit is carried out on three levels of microscopy (stereoscopic, electron and optical) to establish a precise micro-cartography (mineralogical, petrographic, micro-palaeontological, morphologic) in respect to genetic and postgenetic polarities. This allows the categorisation of the differences between internal, endocortical and cortical zones.

Particular attention must be given to the differences between the natural surfaces (cortical or otherwise) preserved on flaked objects that generally represent pre-depositional aspects (in the archaeological sense, that is to say before collection by man) and the flaked part of the object registering post-depositional aspects alone (after abandonment by man). Only the natural surfaces of the tool are in fact indicative of the specimen's environment, setting aside postdepositional aspects.

In any case, it is advisable to clearly classify observations as follows:

- to decipher pre-depositional detritic aspects on archaeological tools, using descriptions of the mechanical and thermal actions thereon, derived from the marks and gloss present on the cortical surfaces and expressions of the neo-cortex created when the sample was exposed, removed and transported;
- to decipher postdepositional detritic aspects on archaeological tools with description of marks and gloss coming from more or less competing mechanical and thermal processes during the sedimentary genesis.

The characterisation of the texture is made by differentiating between the internal zone and the endocortical zone following a classification considering five broad mineralogical fascies:

- assemblages with a majority of large quartz;
- assemblages with micro-quartz;
- assemblages with a crypto-crystalline matrix;
- assemblages with chalcedony in the general sense;
- assemblages with opal in the general sense.

Next, we must distinguish homogenous textures from bimodal and trimodal textures, determine the state, volume and distribution of the various crystalline elements constituting the connection phase, evaluate values in relation to the figured elements. Simultaneously,

an assessment will be made of fissuration and pore types, as well as an evaluation of the degree of heterogeneity of the porosity lattice to characterise the secondary porosity. We shall describe the degree of separation, aggregation, coating and cementing of the matrix grains.

The characterisation of non-organic figured elements is made by differentiating the internal zone from the endocortical zone.

The characterisation of organic figured elements also distinguishes the internal zone from the endocortical zone.

Conclusion

Prehistoric artefact materials retain many indications revealing genetic and post-genetic alteration processes characteristic of the successive environments that they occupied (which we call the silica evolutionary chain). Although usually ignored by former petroarchaeological approaches, deciphering this evidence often allows a determination to be made regarding the geological and primary source origin of the raw material used by prehistoric man: marks of the last pre-depositional phase identify the collection locality frequented by prehistoric men.

This approach optimises simple petrographic, mineralogical and morphological observation tools at different scales. It can be applied to every flint type present in prehistoric sites. Its limits are those of experience and references. It is actually based on the observation of *every object* in an archaeological series and on field surveys that should be as exhaustive as possible. The more altero-detritic signatures of secondary deposits of different raw materials that are identified, widely sampled and characterised, the more precise will be the determination of collection localities. For the characterisation of mineral resources during Middle Palaeolithic in the southern Massif Central, we have for instance registered 542 deposits (sources), each secondary deposit having a particular signature. Genetic ubiquity is balanced by the richness of indications on the tool surface (cortical and neo-cortical facies, stigmata linked to mechanical physicochemical pre and post-depositional processes) yielding pertinent information about the primary source.

On the basis of these observations, the application of analytic techniques should proceed on the following lines: the elementary composition of a sample zone with a complex altero-detritic inheritance cannot be identical to that of a genetic or primary source type. On the other

hand, the characterisation of geochemical states relative to stages in the evolutionary chain of the same material, in a well-known palaeogeographical course may be richly informative.

1. Introduction

Si le terme pétroarchéologie est d'introduction récente [35], et si la discipline est toujours en construction, la volonté de déterminer la provenance des matériaux utilisés pour fabriquer des outils de pierre n'en est pas moins apparue très tôt en préhistoire : en sont pour preuves les déterminations pertinentes de Vinay [43], puis de Boule [5] sur les sites auvergnats et, de façon plus générale et plus tardive, les réflexions de Keller [20], Deecke [11], Aufrère [2], Méroc [24], Rankine [27], Bordes et Sonneville-Bordes [4], Clark [9], Cordier [10], Rosenfeld [28] et les travaux de Valensi [41]. Un nouvel intérêt pour l'étude des matières premières s'est fait jour à la fin du siècle dernier [13,14,17,21,37]. Mais, dès le départ, l'ampleur de la tâche à accomplir a discrédité l'approche naturaliste (trop long apprentissage, manque de référentiels, nécessité d'examen complet des matériaux etc.) et les préhistoriens, en quête de réponses rapides, se sont alors tournés vers des spécialistes de diverses disciplines (archéométrie sensu lato) pour explorer le domaine particulier des silicifications. Ce recours pèse encore de tout son poids sur cette discipline et a sans doute privilégié, bien au-delà du nécessaire, les voies analytiques quantitatives fondées essentiellement sur la recherche de traceurs géochimiques.

La plupart des travaux en pétroarchéologie du silex insistent sur la difficulté d'établir, par une approche strictement pétrographique, des corrélations entre la matière d'un objet archéologique et les sources potentielles de cette matière, même en tenant compte du contenu micropaléontologique, qui lève pourtant la plupart des ambiguïtés chrono-stratigraphiques [12,19,22,23,41]. Le constat est clair : les examens pétrographiques, même associés à d'autres méthodes quantitatives, ne répondent que très partiellement au questionnement archéologique [6,18,36]. Si la pertinence des caractérisations reste difficile à évaluer, cela ne remet pas pour autant en cause l'intérêt des analyses [38].

Le problème provient plutôt d'un manque d'information en amont : on ne tient à l'évidence pas compte de l'histoire de la matière étudiée. À l'exception des ateliers de taille installés sur les gîtes primaires (en place) et/ou sub-primaires, la majorité des collectes par les préhistoriques a été effectuée sur des gîtes se-

condaires (de remaniement) et on a longtemps pensé qu'il était impossible de distinguer les différents gisements remaniés entre eux. En fait, les roches siliceuses réagissent en permanence aux variations du milieu et enregistrent les épisodes altéro-détritiques successifs sous la forme d'associations logiques de figures d'altération et/ou dissolution de telles figures : le silex possède une texture en palimpseste. Si chaque bloc de matière a enregistré sa propre histoire, chaque environnement a imposé une série de traits communs caractéristiques dans une unité paléogéographique déterminée. Un silex, sous sa forme d'origine ou dérivée ou sous celle d'un objet taillé, n'est donc pas seulement une entité pétrographique complexe, mais aussi un volume dont les surfaces ont subi et enregistré des transformations successives, riches d'enseignements. C'est sur ce postulat de lisibilité qu'est fondée notre conception de la pétroarchéologie du silex.

2. Le concept de chaîne évolutive du silex

La palette d'observations utilisée jusqu'à ce jour nous semble très sous-exploitée, l'évolution de la matière non travaillée, puis de celle des artefacts retrouvés dans les sites préhistoriques n'étant le plus souvent qu'effleurée. Par exemple, la description des rapports entre l'échantillon et son milieu de prélèvement est le plus souvent totalement absente des publications. Très peu d'études complètes, permettant de suivre les différentes transformations du silex à partir du gîte primaire jusqu'aux gîtes secondaires, et enfin au site archéologique, ont été à ce jour publiées. Les phases diagénétiques et plus encore le cheminement post-diagénétique ne sont jamais traités à l'échelle de l'échantillon. Cette voie d'investigation nous a pourtant semblé susceptible d'être riche d'enseignements.

Les travaux de Cayeux [8], Rottlander [29], Stapert [34] et Masson [22] ont renouvelé les études sur la caractérisation des silex par la prise en considération de leur minéralogie et des processus évolutifs. Ils ont mis en relief l'importance des transformations post-diagénétiques : « *le lien peut se renouer sur les traces d'altérations naturelles des artefacts de silex.* » [22] Cette voie a pourtant été délaissée au profit de la recherche de traceurs géochimiques qui n'ont pas pour autant montré leurs limites, mais plutôt celles de la pertinence de l'échantillonnage. Dans les études de provenance, l'intérêt pour l'étude des phases détritiques et pour celle du comportement du silex face aux altérations est cependant aujourd'hui présent, même si encore beaucoup trop discret [3].

Notre démarche s’inscrit dans la suite logique des travaux de Masson [22], Séronie-Vivien [30,31], Simonet [32,33], Donahue [15] et Burroni et al. [7] : les altérations superficielles modifient les phases minérales qui composent le silex et révèlent les environnements dans lesquels elles se sont développées. Au vu de ces transformations, il convient de développer une approche pétroarchéologique, appuyée sur une large palette d’observations (binoculaire, microscopie optique, microscopie infrarouge, microscopie électronique), avant de procéder éventuellement à des analyses replacées dans la chaîne évolutive du matériau, et donc plus significatives.

L’identification minéralogique, pétrographique, micropaléontologique et morphologique des silex intègre l’ensemble des témoignages de sa pétrogenèse initiale et des dégradations/aggradaions et transformations ultérieures : elle repose sur l’évaluation de l’intensité de la silicification [16,25] et la description des éléments constitutifs et du réseau de porosité [1,42]. Cette approche se situe en aval des travaux sur la genèse des silicifications et privilégie l’étude des mécanismes post-génétiques [39,40], déterminants dans le cas de l’identification des provenances des matières premières utilisées par l’homme préhistorique. Elle permet, pour

chaque objet lithique, d’établir la succession des phases de la « chaîne évolutive » qui lui est propre (Fig. 1). À chaque objet lithique correspond, en effet, un itinéraire édificateur particulier [26] : chaque chaîne évolutive dépend donc à la fois des propriétés structurales intrinsèques du silex et de sa résidence dans des milieux géochimiques et dynamiques successifs. En fait, chaque objet lithique étant constitué d’une charpente souvent polycristalline, on observe des altérations spécifiques à chaque type de cristallisation, qui témoignent de transformations induites par les équilibres successifs avec les différents milieux de résidence [39,40].

3. Modes opératoires

Les silex se définissent par l’organisation de leurs composants minéraux, chimiques, micropaléontologiques et par la description détaillée d’une évolution complexe qui débute dès leur première cristallisation. Les effets enregistrés de l’altération témoignent des rapports successifs et/ou concomitants entre les agents actifs (l’air et l’eau), le dépôt originel et les éventuelles formations secondaires de résidence du silex. L’étude des objets d’un niveau archéologique doit être conduite en

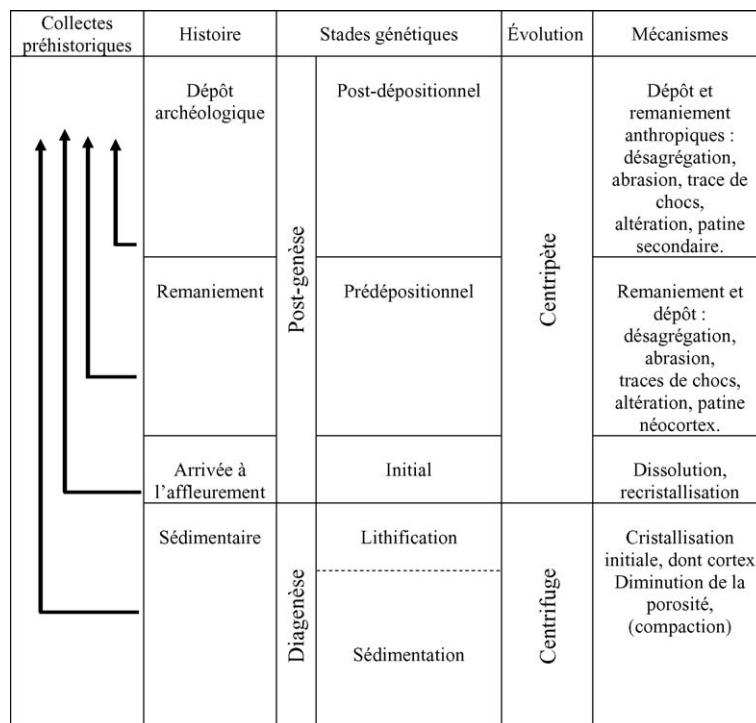


Fig. 1. Chaîne évolutive de la silice dans le cadre de la pétroarchéologie. Schéma conceptuel de l’enchaînement des transformations lithiques successives et des lieux de collecte potentiels.

parallèle avec l'évaluation des ressources régionales et selon le même protocole d'observation.

3.1. Inventaire des ressources régionales et caractérisation des types

Dans le cadre d'une problématique archéologique, la seule recherche du gîte primaire – *le type génétique* – n'est qu'incomplètement pertinente. Seule une vision globale de la chaîne évolutive permet la définition des *types gîtologiques* caractéristiques des gîtes secondaires et autorise, par conséquent, une meilleure appréciation des collectes (Fig. 2). C'est en effet, d'une part, le processus génétique du silex (sédimentation, diagenèse ou épigenèse) qui détermine ce que nous appelons les *types génétiques* et, d'autre part, les transformations secondaires (dues aux phénomènes d'altération, puis aux différentes phases altéro-détritiques) qui déterminent des sous-types que nous appelons *types gîtologiques*. Il existe donc plusieurs types gîtologiques, donc autant de lieux de collecte potentiels, par type génétique.

Dans une sphère régionale déterminée, chaque horizon à silex (gîte primaire) est prélevé dans la totalité de son épaisseur, en respectant la polarité. Dans chaque horizon, on échantillonne à l'affleurement et le plus profondément possible dans la formation, afin d'éviter au maximum que le matériel ait déjà subi des transformations liées à l'affleurement. L'échantillon prélevé à l'intérieur de la formation est utilisé comme faciès pé-

trographique de référence pour la formation (type génétique) ; celui prélevé à l'affleurement naturel sert de type gîtologique de proche surface.

Des prospections régionales méthodiques par unité géomorphologique permettent de caractériser et de cataloguer les gîtes secondaires selon les caractères génétiques et les altérations subies. Ainsi, les gîtes secondaires sont échantillonnés à des distances variables du gîte primaire, en fonction du contexte géologique et géomorphologique, selon un axe de dispersion établi d'après la répartition des formations superficielles observées. Le but est de disposer d'un référentiel suffisamment large et représentatif, pour permettre de suivre au plus près les différentes étapes successives des transformations et établir une chronologie des événements. Ayant enregistré, pour chaque gîte en position secondaire, les caractéristiques pétrographiques et minéralogiques, les associations de stigmates et les formes d'altération, la comparaison devient possible avec les informations livrées par les objets préhistoriques examinés selon le même protocole.

Chaque objet archéologique représente, en effet, un stade particulier de l'évolution post-génétique du matériau initial (le type génétique). Cette évolution est comparée aux matériaux des différents gîtes primaires, secondaires et tertiaires, qui caractérisent autant de types gîtologiques. Cette comparaison, et elle seule, autorise la reconnaissance des provenances et la caractérisation des espaces parcourus.

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

Fig. 2. Définition des types. Seuls les types gîtologiques sont discriminants dans le cadre d'une recherche de provenance.

3.2. Observation des échantillons

L'observation des échantillons génétiques, gîtologiques et de la totalité des objets d'un niveau archéologique est conduite à trois échelles (stéréoscopique, microscopique optique et électronique), afin d'établir une micro-cartographie précise (minéralogique, pétrographique, micropaléontologique, morphologique) respectant les polarités génétiques et post-génétiques, et donc les différences entre les zones interne, endocorticale et corticale.

On porte une attention particulière aux différences entre les parties naturelles (corticales ou non), préservées sur l'objet taillé, qui témoignent le plus souvent des aspects prédépositionnels (au sens archéologique du terme, c'est-à-dire avant la collecte par l'homme) et les parties taillées de cet objet, enregistreuses des seuls aspects post-dépositionnels (après l'abandon par l'homme). Seules les surfaces naturelles de la pièce peuvent, en effet, être indicatrices du milieu de collecte, abstraction une fois faite des aspects post-dépositionnels.

On examine aussi les différentes associations de stigmates de chocs et d'usure mécanique en fonction du microrelief de l'échantillon, en distinguant quatre zones, des reliefs les plus saillants au fond des dépressions.

Les différences de couleur (critère macroscopique) sont également prises en compte, avec la teinte qui correspond aux imprégnations initiales et la patine qui correspond à tous les phénomènes qui ont lieu pendant les phases altéro-détritiques. Il est primordial de distinguer la patine prédépositionnelle, le plus souvent localisée sur les faces naturelles (avec ou sans cortex) et qui est la conséquence de tous les mécanismes chimiques contemporains des phases altéro-détritiques antérieures au ramassage par l'homme préhistorique, de la patine post-dépositionnelle, déterminable uniquement sur les faces taillées et qui est le résultat de l'ensemble des altérations postérieures à la collecte par l'homme préhistorique. Cette démarche permet de cataloguer différents faciès corticaux et néocorticaux.

Dans tous les cas, il convient de bien sérier les observations :

- décrypter les aspects détritiques prédépositionnels sur les objets archéologiques, avec description des actions mécaniques et thermiques d'après les stigmates et lustrés présents sur les surfaces corticales, expressions des néocortex établis lors de la mise à

l'affleurement, du détachement, puis du transport de l'échantillon ;

- décrypter les aspects détritiques post-dépositionnels sur les objets archéologiques, avec description des stigmates et lustrés qui résultent des processus mécaniques et thermiques, plus ou moins actifs et concurrents durant la sédimentogenèse. On peut espérer que des traces d'actions mécaniques post-dépositionnelles spécifiques seront déterminables sur les surfaces taillées et que les différences avec les surfaces naturelles seront suffisamment nettes pour bien les distinguer ;
- les phénomènes liés à l'altération des surfaces prédépositionnelles pourront être reconnus et évalués au degré de déchaussement des grains et au degré d'amollissement des grains dégagés. Une attention particulière sera portée aux caractères de la porosité (intragranulaire et intergranulaire) et aux niveaux d'agrégation, d'enrobage et de cimentation à la surface et à l'intérieur des parties naturelles de l'objet archéologique.

Enfin, on applique le même protocole d'observation pour décrire cette fois les surfaces taillées des objets archéologiques. La caractérisation lithologique tient compte des traits « génétiques » révélateurs de la roche-mère. La description des objets se fait par comparaison au référentiel du stade « antérieur », gîte primaire pour les gîtes secondaires peu éloignés, gîtes secondaires pour les artéfacts.

La caractérisation de la texture se fait en différenciant la zone interne de la zone endocorticale, selon une classification comprenant cinq grands faciès minéralogiques et sachant qu'ils ne représentent qu'une phase plus ou moins évoluée et ne conservent le plus souvent que des caractères globaux de la texture d'origine : assemblages à majorité de grands quartz, à microquartz, à matrice cryptocristalline, à calcédoine au sens large, à opale au sens large. Il faut après cela distinguer les textures homogènes des textures bimodales à trimodales, déterminer l'état, la forme, le volume et la distribution des différents éléments cristallins constituant la phase de liaison, évaluer sa valeur par rapport aux éléments figurés. Conjointement, on fera le bilan des types de fissurations et de pores et on évaluera le degré d'hétérogénéité du réseau de porosité pour caractériser la porosité secondaire. On décrira les niveaux de déchaussement, d'agrégation, d'enrobage et de cimentation des grains de la matrice.

La caractérisation des éléments figurés non organiques se fait en différenciant la zone interne de la zone

endocorticale : nature, forme, taille et proportion par rapport aux éléments figurés organiques.

La caractérisation des éléments figurés organiques distingue également la zone interne de la zone endocorticale, en tenant compte : des éléments d'origine biologique par ordre d'importance, de leur taille, de la description des différents états (primitif, diagénétique et post-diagénétique) et de leurs distribution et proportion par rapport à la matrice et aux éléments non organiques.

4. Conclusions

La matière des artefacts préhistoriques a conservé un grand nombre d'indices révélateurs des processus génétiques et post-génétiques, donc des environnements successifs de résidence (ce que nous appelons « la chaîne évolutive »). Le plus souvent délaissé par les approches pétroarchéologiques antérieures, ce décryptage de mémoire permet, dans la plupart des cas, la détermination de l'origine géologique et gîtologique des matériaux utilisés par l'homme préhistorique : les stigmates de la dernière phase prédépositionnelle identifient le lieu de collecte par les hommes préhistoriques.

Cette démarche optimise des outils d'observation pétrographiques, minéralogiques et morphologiques simples à différentes échelles. Elle est applicable à tous les types de silex présents dans les sites archéologiques. Ses limites ne sont que celles de l'expérience et des référentiels. Elle repose, en effet, sur l'observation de *tous les objets* des séries archéologiques et sur des enquêtes de terrain les plus exhaustives possibles : plus on aura identifié, largement échantillonné et caractérisé les signatures altéro-détritiques des gîtes secondaires des différentes matières, plus précise sera la détermination des emplacements de collecte. Pour la caractérisation des ressources minérales au Paléolithique moyen dans le Sud du Massif central, nous avons, par exemple, recensé 452 gîtes : chaque gîte secondaire présente une signature particulière. L'ubiquité génétique, rebutante, disparaît pour tous les artefacts qui conservent une surface naturelle suffisamment décryptable.

On ne considère plus le silex comme un invariant post-génétique et on se fonde sur la reconnaissance des processus concurrentiels qui entraînent des pertes et des redistributions de matière (hydrolyse et condensation, catalyse acide ou basique). La description des processus altéro-détritiques par zones d'un même échantillon permet, par exemple, de contourner l'obstacle d'une soi-disant variabilité génétique, tandis que l'éventuelle absence d'élément discriminant au sein de la roche est compensée par la richesse des indices pré-

sents à la surface des objets (faciès corticaux et néocorticaux, stigmates liés aux processus mécaniques et physico-chimiques pré et post-dépositionnels) qui livrent des enseignements gîtologiques pertinents. Ainsi, même dans le cas d'objets totalement patinés ou ayant subi d'importantes transformations de structure (silex dits « désilicifiés ») et classiquement considérés comme impropres à une détermination, la méthode permet d'aboutir à la caractérisation des types génétiques et gîtologiques, si la surface d'observation est suffisante.

C'est sur la base de ces observations que devrait désormais être reconsidérée l'application de techniques analytiques géochimiques : la composition élémentaire d'une zone d'un échantillon à héritage altéro-détritique complexe ne peut être identique à celle de la même zone d'un type génétique ou gîtologique. En revanche, la caractérisation d'états géochimiques relatifs à des étapes de la chaîne évolutive d'une même matière, dans un cheminement paléogéographique reconnu, pourrait être riche d'enseignements : ce travail exploratoire est en cours [10] pour les silex du Jurassique de Lozère redistribués dans les réseaux hydrographiques successifs du Miocène à l'Actuel.

Remerciements

Ce travail doit énormément à la collaboration amicale avec P.-Y. Demars, F. Fröhlich, F.-X. Le Bourdonnec, M.-H. Moncel, M. Piboule, G. Poupeau et M.-R. Séronie-Vivien et M. Thiry. Nous remercions M. Hirbec-Raynal et P. Bindon pour les traductions.

Références

- [1] F. Arbey, Les formes de la silice et l'identification des évaporites dans les formations silicifiées, Bull. Centre rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine 4 (1980) 309–365.
- [2] L. Aufrère, Introduction à l'étude industrielle de la silice en archéologie primitive, Bull. Soc. Prehist. Fr. 34 (3) (1937) 160–167.
- [3] J. Barrague, E. Barrague, M. Jarry, P. Foucher, R. Simonet, Le silex du flysch de Montgaillard et son exploitation sur les ateliers du Paléolithique supérieur à Hibarette (Haute-Pyrénées), Paleo 13 (2001) 29–52.
- [4] F. Bordes, D. Sonnevilles-Bordes, Présence probable de jaspe de Fontmaure dans l'Aurignacien V de Laugerie-Haute, Bull. Soc. Prehist. Fr. 51 (1–2) (1954) 67–68.
- [5] M. Boule, Description géologique du Velay, thèse, faculté des sciences de Paris, 1892 (261 p.).
- [6] C. Bressy, Caractérisation et gestion du silex des sites mésolithiques et néolithiques du Nord-Ouest de l'arc alpin. Une approche pétrographique et géochimique, thèse, université Aix-Marseille-1, 2 tomes, 2002 (677 p.).

- [7] D. Burrone, E. Randolph, R.H. Donahue, M. Pollard, M. Mussi, The surface features of flint artefacts as a record of environmental processes, *J. Archaeol. Sci.* 29 (2002) 1277–1287.
- [8] L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France : les roches siliceuses*, Imprimerie nationale, Paris, 1929 (774 p.).
- [9] J.G.D. Clark, *L'Europe préhistorique les fondements de son économie*, Payot, Paris, 1955 (491 p.).
- [10] G. Cordier, Le vrai visage du Grand-Pressigny, in : Congrès préhistorique de France, 15e Session, Poitiers, Angoulême, Société préhistorique française, Paris, 1956, pp. 416–442.
- [11] W. Deecke, *Die Mitteleuropäischen Silices (nach Vorkommen, Eigenschaften und Verwendung in der Prähistorie)*, Fischer, Iéna, Allemagne, 1933 (112 p.).
- [12] G. Deflandre, Technique micropaléontologique appliquée à l'étude des silex, *Bull. Soc. Fr. Microsc. Paris* 5 (2) (1935) 76–79.
- [13] P.-Y. Demars, L'utilisation du silex au Paléolithique supérieur : choix, approvisionnement, circulation. L'exemple du bassin de Brive, *Cahiers du Quaternaire*, V, CNRS Éditions, 1982 (253 p.).
- [14] P.-Y. Demars, L'économie du silex au Paléolithique supérieur dans le Nord de l'Aquitaine, thèse d'État, université Bordeaux-1, 1994 (2 vols., 570 et 249 p.).
- [15] R.E. Donahue, Lithic microwear analysis of artefacts from Bammham, in: N. Ashton, S.G. Lewis, S. Parfitt (Eds.), *Excavations at the Lower Palaeolithic site at East Farm, Suffolk, 1989–1994*, British Museum Occasional Paper, No. 125, British Museum Press, London, 1998, pp. 245–250.
- [16] F. Fröhlich, Les silicates dans l'environnement pélagique de l'océan Indien au Cénozoïque, *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., Ser. C, Sci. Terre*, tome XLVI, Paris, 1981 (206 p.).
- [17] J.-M. Geneste, Analyse lithique d'industries moustériennes du Périgord : une approche technologique du comportement des groupes humains au Paléolithique moyen, thèse, université Bordeaux-1, 1985 (567 p.).
- [18] S. Grégoire, Apports et limites des nouvelles techniques de pétroarchéologie préhistorique, *C. R. Acad. Sci., Paris, Ser. IIA* 332 (2001) 479–482.
- [19] H. Kars, J.B.H. Jansen, P. Virends, Petrography and geochemistry of flint from the Lanaye chalk (Rijckolt-St. Geertuid) and some other Neolithic sources, in : *Actes du Ve colloque international sur le silex*, Cah. Quat. 17 (1990) 131–140.
- [20] F. Keller, *Petrographische Untersuchung unterfränkischer Steinartefakte*, Dissertation, faculté de Würzburg, 1920 (24 p.).
- [21] B. Malissen, Élaboration d'une fiche de recensement des gîtes potentiels de matières premières siliceuses, *Bull. Soc. Prehist. Fr. Paris* 74 (7) (1977) 203–205.
- [22] A. Masson, *Pétroarchéologie des roches siliceuses, intérêt en Préhistoire*, thèse, université Claude-Bernard-Lyon-1, n° 1035, 1981 (101 p.).
- [23] M. Mauger, Les matériaux siliceux utilisés au Paléolithique supérieur en Île-de-France, thèse, université Paris-1, 1985 (406 p.).
- [24] Meroc L., Le silex dans le bassin sous-pyrénéen de la Garonne et son emploi par l'homme préhistorique, *Bull. Soc. Archéol. Midi. Toulouse*, 3^e série 5 (1943–1944) 234–254.
- [25] R. Meyer, Rôle de la paléooltération, de la paléopédogenèse et de la diagenèse précoce au cours de l'élaboration des séries continentales, thèse d'État, université Nancy-1, 1981 (229 p.).
- [26] G. Millot, Silice, silex, silicification et croissance des cristaux, *Bull. Serv. Carte Geol. Als. Lorr. (Strasbg)* 13 (1960) 129–146.
- [27] W.F. Rankine, Artifacts of Portland chert in Southern England, *Proc. Prehist. Soc. Cambridge* 4 (1951) 93–94.
- [28] A. Rosenfeld, *The inorganic raw materials of Antiquity*, Weidenfeld & Nicolson Ed, Londres, 1965 (245 p.).
- [29] R. Rottlander, The formation of patina on flint, *Archaeometry*, Oxford 17 (1) (1975) 106–110.
- [30] M. Seronie-Vivien, M.R. Seronie-Vivien, Les silex du Mésozoïque nord-aquitain. Approche géologique de l'étude des silex pour servir à la recherche préhistorique, *Supplément au tome du Bull. Soc. Linn. Bordeaux XV (suppl.)* (1987) (135 p.).
- [31] M.R. Seronie-Vivien, La grotte de Pégourié, Caniac-du-Causse, Lot. Périgordien, Badegoulien, Azilien, âge du bronze, *Préhistoire Quercinoise (suppl. n°2)* (1995) (334 p.).
- [32] R. Simonet, Carte des gîtes à silex des Pré-Pyrénées. La Préhistoire du Quercy dans le contexte Midi-Pyrénées, in : *Congr. Préhist. Fr., 21^e session*, Montauban, Cahors, Vol. 1, 1979, pp. 308–323.
- [33] R. Simonet, 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* (11) (1999) 71–88.
- [34] D. Stapert, *Speudo-artefakten, Staringia*, Haarlem, n° 3, 1975, pp. 57–62.
- [35] J. Stelcl, J. Malina, *Anwendung der Petrographie in der Archäologie*, Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purkyn. Brunens, Brno, T11, *Geologia* 20 (1970) 5–111.
- [36] F. Surnely, Le peuplement de la moyenne montagne auvergnate, des origines à la fin du Mésolithique, thèse, université Bordeaux-1, 2 tomes, 1998 (239 et 205 p.).
- [37] A. Tavoso, Réflexions sur l'économie des matières premières au Moustérien, *Bull. Soc. Prehist. Fr. Paris* 81 (3) (1984) 79–82.
- [38] R. Tharrault, Caractérisation de silex de sources géologiques du Quercy et application à la provenance des silex du site paléolithique supérieur du Cuzoul de Vers (Lot), *Mém. DESS, université Bordeaux-3, CRPAA, UMR CNRS 5060, Iramat*, 2003 (78 p.).
- [39] M. Thiry, M. Ben Brahim, Silicifications pédogénétiques dans les dépôts hamadiens du piémont de Boudenib (Maroc), *Geodin. Acta* 4 (4) (1990) 237–251.
- [40] M. Thiry, J.-P. Panziera, J.-M. Schmitt, Silicification et désilicification des grès et des sables de Fontainebleau ; évolution morphologique des grès dans les sables et à l'affleurement, *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris* 21 (2) (1984) 23–32.
- [41] L. Valensi, Micropaléontologie des silex du Grand-Pressigny, *Bull. Soc. Geol. France*, 6^e série 7 (1957) 1083–1090.
- [42] G. da Silva Vilas Boas, L'altération des accidents siliceux, silex et chailles dans les formations paléogènes. Bassin de Paris, thèse de 3^e cycle, université de Strasbourg, n° A.O.11168, 1975 (110 p.).
- [43] H. Vinay, Découverte de coquilles marines fossiles dans un gisement de sables et galets à l'Herm, près Le Monastier (Haute-Loire), in : *Société académique du Puy-en-Velay*, tome XXVIII, 1867, pp. 193–194 & 341–348.