ArcheoSciences

Revue d'archéométrie

30 | 2006

Varia

Chimie, structure de la matière et modalités du débitage des ultramytonites et cataclasites armoricaines : exemple du site mésolithique final de Creac'h Miné Vihan (France)

Chemistry, structure of material and knapping methods of Armorican Ultramytonites and Cataclasites: example of the final Mesolithic site of Creac'h Miné Vihan (France)

Rodrigue Tsobgou Ahoupe

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/251>

DOI : 10.4000/archeosciences.251

ISBN : 978-2-7535-1595-6

ISSN : 2104-3728

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2006

Pagination : 109-118

ISBN : 978-2-7535-0456-1

ISSN : 1960-1360

Référence électronique

Rodrigue Tsobgou Ahoupe, « Chimie, structure de la matière et modalités du débitage des ultramytonites et cataclasites armoricaines : exemple du site mésolithique final de Creac'h Miné Vihan (France) », *ArcheoSciences* [En ligne], 30 | 2006, document 10, mis en ligne le 31 décembre 2008, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/251> ; DOI : 10.4000/archeosciences.251

Chimie, structure de la matière et modalités du débitage des ultramytonites et cataclasites armoricaines : exemple du site mésolithique final de Creac'h Miné Vihan (France)

Rodrigue TSOBGOU AHOUE*

Résumé : Le Mésolithique final en Armorique daté autour de 5 000 av. J.-C. est subdivisé en deux entités culturelles ayant pour frontière commune l'embouchure de la Loire : Tévicién en Bretagne et Retzien en Pays de la Loire (Rozoy, 1978). Divers matériaux sont utilisés durant cette période sur le Massif armoricain en raison de l'absence du substrat rocheux de silex en position primaire. Les ultramytonites et cataclasites sont l'un de ces matériaux et, de part leur structure et modes de formation différents de ceux du silex, il est important d'évaluer l'influence de la matière sur les modalités et les objectifs du débitage. Le choix du site de Creac'h Miné Vihan est lié à sa position au sein du cisaillement sud armoricain, à l'abondance d'ultramytonites et cataclasites et à la présence non moins importante de silex côtier. Les objectifs de débitage diffèrent en fonction du faciès de la roche et de son aptitude à favoriser le détachement d'un type particulier de produit. Ainsi deux structures de roches déformées prédominent dans l'obtention des produits lamino-laminaires ou éclats allongés (structure ultramytonite s.s. et ultracataclasite). Le choix des faciès n'est pas anodin car il s'agit d'une adaptation par la mise en place de chemins de débitage différents suite à la compréhension de la constitution des matériaux (unipolaire et bipolaire pour ultramytonite s.s. et ultracataclasite, multipolaire pour cataclasite et ultramytonite cataclasée).

Abstract : *Divided in two cultural groups in the Armorican Massif, ("Tévicién" et "Retzien") (Rozoy, 1978), the final Mesolithic present an heterogeneous exploitation of raw materials. The principal reason of this abundance of different type of rocks is the absence of flint from the bedrock of the massif. Ultramytonites and cataclasites, are two of these rocks, and because of their conditions of formation different to those of flint, it is important to estimate the influence of their structures on knapping methods. The choice of Creac'h Miné Vihan final Mesolithic site is supported by the abundance both of flint and ultramytonites. Two principals results of this study are the use of two rock facies to obtain blade and bladelet products (ultramytonit s.s. and ultracataclastit facies) by the development of knapping techniques link to materials structures (unipolar and bipolar for ultramytonit s.s. and ultracataclastit facies, multipolar for cataclastic ultramytonit and cataclastit).*

Mots clés : Chimie, structure, ultramytonites, cataclasites, mésolithique final.

Key words : *Chemistry, structure, ultramytonites, cataclasites, final Mesolithic.*

1. INTRODUCTION

La panoplie des matériaux exploités au cours du Mésolithique final en Armorique rend l'organisation des aires d'échanges complexe à évaluer. Il semble cependant

se dessiner une tendance dans la diffusion des matériaux à l'exception du silex (gisements exclusivement représentés par des cordons littoraux), liée au rapprochement des gisements bruts de roches. Ainsi, des estimations des zones d'échanges des matières premières ont été proposées par plu-

* UMR 6566, Université Rennes 1, campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex. (tsar500@hotmail.com)

sieurs auteurs (Gouletquer *et al.*, 1996; Marchand, 1999; Yven, 2004; Marchand, 2005). La restriction des territoires d'échanges et d'exploitation des matériaux au Mésolithique final est sans doute un caractère révélateur d'un début de « sédentarisation » des peuplements. Le problème de la néolithisation lié à l'idée même d'une « sédentarisation » n'empêche pas le développement d'un réseau d'échanges entre populations éloignées. Le lithique n'étant que l'un des aspects de ce phénomène, il s'avère difficile de comprendre la complexité de ce phénomène au sein d'un territoire où sédentarité et déplacements se côtoient. Néanmoins son analyse permet d'avoir une vision assez bonne de l'étendue des territoires. Parmi ces matériaux parfois qualifiés de « roches de substitution », les ultramylonites et cataclasites ont une place assez mal définie. Une double difficulté s'observe quant à la détermination des gisements et de la zone d'influence de ces matériaux. Les noms ultramylonites et cataclasites représentent une description des faciès de déformation des roches. Il est donc évident qu'à l'échelle du Massif armoricain, ces roches métamorphiques ont diverses roches mères. La détermination au sein des industries lithiques de l'origine naturelle des matériaux permettrait de restreindre ou de limiter les zones d'échanges à des aires réelles. Cette approche a été permise par la mise sur pied d'analyses en spectrométrie (ICP-AES) et de microscopie polarisante. Cette dernière méthode d'analyse permet par là même de préciser les faciès de déformation. L'influence qu'a la structure du matériau sur le débitage impose aussi une analyse détaillée des modalités de fracturation et fissuration aux seins des industries présentant un très fort taux d'exploitation de ces roches par la mise en œuvre d'analyses permettant de déterminer les paramètres mécaniques contrôlant la fissuration et l'exploitation (techno-typologie lithique) de ceux-ci par les populations préhistoriques.

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DU SITE ÉTUDIÉ

Le site de Creac'h Miné Vihan se trouve au centre des grands axes de cisaillement sud armoricain plus précisément sur sa branche nord (BNCSA) (Fig 1). Durant les phases de l'orogénèse hercynienne, le massif armoricain a subi un mouvement transcurrent dextre de direction N100-110° (Gapais et Le Corre, 1980; Jégouzo, 1980) et la déformation associée se serait concentrée au sein de zones étroites : le cisaillement nord armoricain (CNA) et sud armoricain (CSA). À une altitude de 116 mètres, le site apparaît dans un contexte topographique peu élevé à l'échelle entière du Massif armoricain (altitude maximale autour de 300 mètres).

3. DONNÉES PÉTROGRAPHIQUES ET GÉOCHIMIQUES

3.1. Les analyses pétrographiques

Plusieurs échantillons de roche ont été prélevés sur le site étudié. La minéralogie commune est : quartz, feldspath, plagioclase (albite ou oligoclase), biotite, muscovite, chlorite, minéraux opaques (hématite). La matrice est composée de microquartz xénomorphes de taille très faible ($\approx 0,05 \mu\text{m}$), de biotite, de petites muscovites primaires ($5 \mu\text{m}$) et de chlorite (Jégouzo et Rosello, 1988; Tsobgou, 2003). Au sein de cette matrice microcristalline, apparaissent des quartz polycristallins ($10 \mu\text{m}$) composés de cristaux xénomorphes de taille identique à celle de la matrice. La chlorite ($25 \mu\text{m}$) représente ici le produit de l'altération de la biotite au cours du métamorphisme. On note une légère séricitisation des feldspaths. Les plagioclases présentent tous la macle polysynthétique de l'albite. Tout comme les feldspaths, ils sont fragmentés et peu nombreux. De rares cristaux de quartz automorphes ($50 \mu\text{m}$) s'observent dans la foliation, de nombreuses paillettes de muscovite néoformées ($5-10 \mu\text{m}$) dans les feldspaths, et des petites biotites. La foliation est dessinée par les phyllosilicates et les quartz polycristallins allongés, les sous-grains de feldspaths recristallisés (cisaillement dextre). Cette foliation est traversée par un réseau parallèle de microfailles remplies de microquartz. Un second réseau de filons quartzeux obliques décale l'ensemble de la structure mylonitique. La densification de ce second réseau filonien donne par moments à la roche un aspect cataclastique plus ou moins prononcé. L'ensemble de la roche est traversée dans une phase postérieure à la mylonitisation par des nombreux filons leucocrates à mégacristaux.

Jégouzo et Rosello (1988) avaient suggéré un métamorphisme dans le faciès amphibolite pour justifier l'absence de modification géochimique significative au sein de certaines ultramylonites du Cisaillement Sud Armoricain. La présence des phénomènes de chloritisation et de séricitisation au cours du métamorphisme suggère une mobilité des éléments chimiques syn-mylonitisation qu'il serait important de qualifier et de quantifier.

Trois principales structures sont observées : ultramylonite s.s., ultramylonite cataclastique et cataclasite (Fig. 2). Une quatrième structure que nous qualifierons d'« ultracataclasites » par commodité est en fait granoblastique. Elle est due à une homogénéisation de la structure suite à la bréchification intense et à la recristallisation (absence de clastes et de foliation).

Figure 1 : Situation géographique et géologique du site Mésolithique final de Creac'h Miné Vihan.
 Figure 1: Geographical and geological location of Creac'h Miné Vihan final Mesolithic occupation.

3.2. Les analyses géochimiques

Des analyses en ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry) sur les ultramylonites et cataclasites du site Mésolithique final de Creac'h Miné Vihan ont été effectuées au CRPG de Nancy. Les résultats (tableau) ont été comparés à ceux réalisés par Jégouzo et Rosello (1988) sur des granites à deux micas et le granodiorite de Bignan affleurant le long de la BN du CSA (Tableau 1) (Jégouzo et Rosello, 1988).

Le rapport $Al/(Ca+Na+K)$ est de 10,29 pour les ultramylonites et cataclasites alors qu'il est respectivement de 1,59 pour le granodiorite de Bignan et 1,84 pour le granite à deux micas de Kermingu. On constate alors un très fort lessivage des ions alcalins et alcalino-terreux. Il devient alors important d'évaluer la mobilité des éléments au cours de la déformation.

L'exploitation de la méthode des diagrammes isocones de Grant (1986, 2005) permet d'évaluer l'intensité du lessivage. Nous considérerons dans le développement de cette méthode l'hypothèse selon laquelle les éléments chimiques stables que sont Al, Mn et Ti sont peu ou pas altérés. L'équation reliant la composition chimique et le volume est la suivante :

$$C_i^A = M^0/M^A(C_i^O + \Delta C_i) \quad (\text{Grant, 1986, 2005})$$

où C_i est la concentration en l'élément « i », « O » le protolithe et « A » la roche altérée

M^0 et M^A sont les masses avant et après altération

ΔC_i est la variation de chaque oxyde

Pour ces ions stables comme Al et Mn, $\Delta C_i = 0$. L'équation ci-dessus devient alors :

$$C_i^A = M^0/M^A(C_i^O)$$

La variation de masse (M^0/M^A) est la pente de cette équation. Cette pente est de 0,95 dans le cas d'un protolithe granodioritique et 0,94 dans le cas d'un granite à deux micas. M^A/M^0 est alors respectivement égale à 1,05 et 1,06 ; soit une augmentation de masse respective de 5,26 % et 6,38 % et une augmentation de volume de 5 % et 6 %.

La concentration de chaque oxyde doit alors vérifier les équations suivantes :

– Cas d'un protolithe granodioritique : $C_i^A = 0,95(C_i^O + \Delta C_i)$

– Cas d'un protolithe granitique : $C_i^A = 0,94(C_i^O + \Delta C_i)$

Figure 2 : Faciès structuraux du site de Creac'h Miné Vihan et fissuration a) ultramylonite cataclastique; b) cataclasite; c) ultramylonite s.s.; d) « ultracataclasites » : structure granoblastique.

Figure 2: Microstructures and fissuration profiles of Creac'h Miné Vihan rock samples a) cataclastic ultramylonite; b) cataclasite; c) ultramylonite s.s.; d) "ultracataclasites": granoblastic structure.

Les droites caractérisant une constance de l'alumine montrent une légère diminution de cette dernière dans les deux profils d'altération. Le profil d'altération métasomatique (Fig. 4) des granites à deux micas se traduit par une forte hausse de Fe_2O_3 (total) et d'une constance de SiO_2 et TiO_2 , en logique avec les pertes au feu élevées.

Au cours de la déformation mylonitique, la circulation des fluides à travers le réseau de fractures a entraîné un fort départ des éléments solubles et mobiles (Na_2O : -65,7 %, CaO : -75,8 %, K_2O : -97,6 %, P_2O_5 : -51 %) ; une légère baisse de TiO_2 (-12,5 %), d' Al_2O_3 (-11,34 %) et de SiO_2 (-6,3 %) ; une hausse de Fe_2O_3 (+187,2 %), MgO (+134,2 %), MnO (+6,6 %).

La remobilisation du Mg justifierait une augmentation de la concentration en SiO_2 car diminue sa solubilité.

La déformation d'un protolithe granodioritique peut-être écartée du fait d'une perte très élevée de Ti (-50,6 %) (Fig. 3).

Il en ressort que l'origine probable des ultramylonites et cataclasites utilisées sur le site de Creac'h Miné Vihan est un granite à deux micas. Différentes des mylonites très claires jalonnant la branche nord (dérivant des granites leucocrates qui les bordent immédiatement), les ultramylonites et cataclasites sombres sont les seules à avoir été exploitées sur le site de Creac'h Miné Vihan. Il est par conséquent important d'évaluer les propriétés qu'ont ces différents faciès d'ultramylonites et cataclasites sur le comportement du matériau sous contrainte mécanique et leur influence dans les débitages préhistoriques.

	% C _i ^A	% C _i ^{O1}	% C _i ^{O2}	C _i ^A /C _i ^{O1}	C _i ^A /C _i ^{O2}	ΔC _i /C _i ^{O1}	ΔC _i /C _i ^{O2}	ΔC _i ¹ en %wt	ΔC _i ² en %wt
SiO ₂	69,39	65,17	69,63	1,06	0,99	0,01	-0,06	0,75	-4,4
Al ₂ O ₃	15,12	15,92	16,04	0,95	0,94	-0,09	-0,11	-1,55	-1,82
Fe ₂ O ₃	7,43	4,076	2,43	1,82	3,05	0,73	1,87	2,98	4,55
MnO	0,03	0,05	0,03	0,60	1	-0,43	-0,06	-0,02	0,002
MgO	1,90	1,74	0,76	1,09	2,5	0,04	1,35	0,06	1,02
CaO	0,30	2,39	1,20	0,12	0,25	-0,88	-0,76	-2,,1	-0,91
Na ₂ O	1,05	3,40	2,89	0,31	0,36	-0,71	-0,66	-2,4	-1,9
K ₂ O	0,12	4,25	4,61	0,03	0,03	-0,97	-0,97	-4,1	-4,5
TiO ₂	0,37	0,73	0,40	0,51	0,92	-0,52	-0,13	-0,37	-0,05
P ₂ O ₅	0,19	0,34	0,37	0,56	0,581	-0,47	-0,52	-0,16	-0,19
PF	3,86	1,25	1,80	3,088	2,1	1,93	1,01	2,42	1,82
Total	99,76	99,32	100,16						

Tableau 1 : Analyses géochimiques (éléments majeurs) et variation des concentrations en oxydes lors du métasomatisme . Granodiorite de Bignan (C_i^{O1}) (moyenne de 2 analyses): Granites à deux micas de Kermingu (C_i^{O2}: moyenne de 2 analyses): Ultramylonites et cataclasites du site de Creac'h Miné Vihan (C_i^A) (moyenne de 2 analyses).

Table 1: Geochemical analysis (major elements) and metasomatic variation of concentrations: Bignan granodiorit (C_i^{O1}: mean of 2 analysis): Two micas granit of Kermingu (C_i^{O2}: mean of 2 analysis): Creach Miné Vihan ultramylonites and cataclasites (C_i^A: mean of 2 analysis).

3.3. Données mécaniques

Les paramètres mécaniques mesurés sont la dureté Vickers, le module d'Young et la ténacité SENB (résultats compilés dans le tableau 2) .

– Les mesures de dureté ont été réalisées sur 36 échantillons représentant les quatre principaux faciès de déformation observés. Il s'agit d'essais de dureté Vickers. L'essai consiste à appliquer une force F (en Newton) sur une pyramide à base carrée en diamant d'angle au sommet égale à 136°. La force appliquée lors de ces tests est de 196, 1 N. Maintenir la pression pendant 15 secondes. Mesurer la diagonale 2a (en mm). On en déduit la valeur de H_V (indice de dureté Vickers) (en MPa) par la formule ci-dessous :

$$H_V = \text{Force appliquée} / \text{Aire de l'empreinte}$$

$$H_V = 2P \cdot \sin(136/2) / (2a)^2 \approx 1,854 \cdot P / (2a)^2$$

où a = (a₁ + a₂)/2 avec P en Newton et a en mètre.

– Les mesures d'élasticité consistent en la mesure du facteur de proportionnalité entre la contrainte et la déformation encore appelé module d'Young ou module d'élasticité (E) en GPa :

σ (contrainte) = E * ϵ (déformation) Loi de Hooke.

Il s'agit en fait de mesurer la rigidité du matériau ; c'est-à-dire encore la constante de proportionnalité E qui relie la propriété qu'a le matériau de se déformer de manière réversible sous l'action d'une contrainte. Pour une valeur de contrainte, un matériau sera d'autant plus rigide que sa déformation élastique est faible.

La technique de mesure employée lors des essais est celle des ultrasons car elle procure un avantage de ne pas détruire les échantillons, ce qui permet l'observation de la structure du matériau. Elle consiste à appliquer sur un échantillon d'épaisseur (e) un transducteur piézoélectrique délivrant une impulsion mécanique. Ce même transducteur capte après un temps t le passage de l'onde s'étant propagée dans le matériau à la vitesse V et les envoi vers un enregistreur qui les transforme en signal électrique. La vitesse est liée au temps par la formule :

$$V = 2 \cdot e / t \text{ (Mattaboni et Schreiber, 1967).}$$

Sont ainsi calculées les vitesses longitudinales (V_L) et transversales (V_T) qui permettent de retrouver le module d'Young (E) grâce à la relation suivante :

$$E = \rho \cdot (3V_L^2 - 4V_T^2) / ((V_L/V_T)^2 - 1) \quad \rho \text{ (densité) en kg.m}^{-3} \text{ V}_L \text{ et V}_T \text{ en m.s}^{-2}$$

Figure 3 : Diagramme isocone des ultramylonites et cataclasites de Creac'h Miné Vihan en considérant le granodiorite de Bignan comme protolithe.

Figure 3: Isocon diagram of Creac'h Miné Vihan ultramylonites en cataclasites, considering Bignan granodiorit as mother rock.

Figure 4 : Diagramme isocone des ultramylonites et cataclasites de Creac'h Miné Vihan en considérant le granite à deux micas comme protolithe.

Figure 4: Isocon diagram of Creac'h Miné Vihan ultramylonites en cataclasites, considering a Two micas granit as mother rock.

	H (H _V)	E (GPa)	K _{IC} (Mpa.m-1/2)
Ultramylonite s.s.	584,79 – 610,74	83,35 - 83,84	1,71
Ultramylonite cataclásée	584, 3	86,07	1,47
Cataclasite	610,36 – 612,13	73,47 – 79,41	0,52
Ultracataclasite	673	85,73	2,19

Tableau 2 : Mesures de dureté, d'élasticité et de ténacité des ultramylonites et cataclasites du site Mésolithique final de Creac'h Miné Vihan.

Table 2: Hardness, Elasticity and Tenacity of Creac'h miné Vihan ultramylonites and catclasites.

– La ténacité est obtenue par la méthode de l'entaille droite (SENB) (tableau 2 ci-dessus).

Le principe de cet essai est d'exercer une force croissante sur l'échantillon jusqu'à rupture et de mesurer la force maximum afin de calculer la ténacité du matériau. Le test s'effectue grâce à une machine de traction compression Llyod couplée à un montage de flexion 3 points.

La valeur du facteur d'intensité de contrainte KI est obtenue grâce à la formule empirique suivante issue des travaux de Wakai *et al.* (1991) sur les éprouvettes SENB.

$$K_I = \frac{3PS}{2BW^2} \cdot \sqrt{a} \cdot Y\left(\frac{a}{W}\right) \quad \text{avec :} \quad Y\left(\frac{a}{W}\right) = \sum_{k=0}^4 A_k \cdot \left(\frac{a}{W}\right)^k$$

les facteurs A_k étant définis par : $A_k = a_k + b_k \cdot \ln\left(\frac{S}{W} - c_k\right)$

3.4. Données archéologiques

Composé à plus de 56 % d'ultramylonites et cataclasites, le site de Creac'h Miné Vihan présente tous les traits caractéristiques du groupe culturel du Tévécien (en Bretagne). L'industrie lithique est marquée par une absence de la technique du microburin, un taux de trapèzes asymétriques supérieur à celui des trapèzes symétriques, une absence de retouches rasantes inverses sur les armatures.

Les rapports produits lamino – lamellaires/éclats sont sensiblement de 7/100^e dans l'industrie brute et de 16/100^e dans l'outillage. Ceci semble bien refléter les proportions des différents éléments dans le débitage brut. Il se dessine cependant au sein des armatures évoluées une préférence des supports lamellaires et d'éclats allongés (Fig. 5). En effet les trapèzes symétriques et asymétriques (en ultramylonites et cataclasites) sont fabriqués exclusivement sur des éclats larges et allongés, lames et lamelles. De même, on remarque une prédominance des faciès ultramylonite s.s. et ultracataclasite pour ces armatures (100 % des produits en ultramylonites et cataclasites), lamelles et éclats allongés (70 % des produits en ultramylonites et cataclasites) (Fig. 5).

En ce qui concerne les modalités d'obtention des supports lamino-lamellaires, l'étude des nucléus en ultramylonites et cataclasites révèle deux modalités de débitage en fonction du faciès de la roche (Tableau 3).

L'adaptation des objectifs du débitage aux matériaux passe par la mise sur pied pour les matériaux à isotropie prononcée ou anisotropie peu prononcée d'enlèvements orientés pour la plupart selon une à deux directions, permettant ainsi de maximiser l'allongement des produits.

Structures Traits du débitage	Structures quasi homogènes		Structures hétérogènes	
	Ultramylonite s.s.	Ultracataclasite	Ultramylonite cataclásée	cataclasite
Méthodes appliquées	– Unipolaire tournant	– Unipolaire tournant – Bipolaire	– Multipolaire – Unipolaire	– Multipolaire semi-tournant
Types d'enlèvements préférentiels	– Éclats allongés et larges – Lames et lamelles rares	– Éclats larges et larges – Éclats courts – Lames et lamelles	– Éclats larges et courts – Lamelles rares	– Éclats courts

Tableau 3: Modalités de débitage des différents faciès d'ultramylonites et cataclasites.

Tableau 2: Knapping methods for different structures of ultramylonites and cataclasites.

Figure 5 : Exemples d'armatures et de nucleus de l'industrie de Creac'h Miné Vihan.

Outillage : a) trapèzes symétriques sur lame et lamelle en « ultracataclasite » b) nucléus bipolaire en ultramylonite cataclastique c) nucléus unipolaire en « ultracataclasite ».

Figure 5: Weapons and core samples from Creac'h Miné Vihan industry.

Tools : a) symmetric trapezoid on blade ("ultracataclastic structure") b) bipolar core (cataclastic ultramylonite structure) c) unipolar core ("ultracataclastic" structure).

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les pratiques adaptatives des populations préhistoriques aux matières premières sont un critère d'analyse des capacités cognitives développées au fil du temps sous contraintes environnementales, économiques et sociales. L'abondance des matériaux exploités au sein du Massif armoricain (du moins à l'intérieur des terres) au cours de la période du Mésolithique final est sans aucun doute une conséquence des conditions climatiques existantes. La faible élévation du site (116 mètres) suppose une influence faible de la topographie dans la recherche des matières premières malgré la forte érosion des reliefs depuis plus de 7 000 ans).

Il reste donc à évaluer l'influence de la végétation (arborée ou herbacée). L'estimation de la densité de végétation est moins évidente. Un essai de quantification des flux polliniques à l'échelle du Massif armoricain (Gaudin, 2004) au cours du Mésolithique a permis du moins de mieux appréhender la densité de végétation à cette période. Ces études montrent en effet qu'entre 0 à 10 kilomètres du littoral, l'indice de taux de pollen d'arbres est moins élevé qu'entre 30 à 60 kilomètres du littoral. La densité de végétation pourrait être l'une des causes ayant favorisé la rareté d'échange du silex lorsque l'on s'éloigne des cordons littoraux où affleure le silex. Il s'en est donc suivi une exploitation dense des matières autochtones qui présentent des structures et propriétés différentes les unes des autres. On note cependant pour le site de Creac'h Miné Vihan une dichotomie marquée par l'abondance simultanée de roches locales et de silex importé : ce qui rend non applicable à ce dernier l'hypothèse d'un milieu « fermé ». L'attribution à une culture d'une industrie se fait par l'évaluation des traits caractéristiques communs à divers ensembles. Une adaptation des méthodes de débitage au matériau s'opère afin d'obtenir des supports plus ou moins identiques permettant la confection d'armatures par des techniques d'appartenance culturelle.

Le développement de modèles unipolaire et bipolaire au sein de l'industrie en ultramylonites et cataclasites a permis l'obtention de produits allongés. L'analyse structurale de ces produits (éclats allongés, lames et lamelles) et de leurs supports (nucléus) ont permis de déterminer deux faciès prédominant pour leur fabrication (faciès ultramylonite s.s. et ultracataclasite). Il s'agit là d'une adaptation au matériel et d'un choix délibéré de matériaux préférentiels. Ce qui suppose une maîtrise des caractéristiques de la matière par les populations qui ont élaboré ces objets. L'évaluation de certains paramètres mécaniques (H_V , E et K_{IC}) propres à chaque faciès et déterminés en amont permet de discuter d'une éventuelle facilité à la taille et des produits dont l'obtention *a priori* serait la plus probable.

Il en ressort que pour les deux faciès (ultramylonite s.s. et ultracataclasite) présents exclusivement dans les produits allongés ou lamellaires de l'outillage, les données mécaniques de dureté Vickers (H_V) et de module d'Young ou module d'élasticité (E) sont comparables, avec cependant un domaine élastique beaucoup plus grand dans le cas des ultracataclasites. La propagation des fissures au sein du faciès granoblastique est moins évidente que dans l'ensemble des autres faciès. L'on s'attend donc à obtenir pour ces deux types de roche des produits plus allongés que dans le cas d'une cataclasite ; mais avec des produits de grande largeur dans le cas des textures granoblastiques. C'est le paramètre ténacité du matériau qui régie beaucoup plus la fissuration ; la dureté élevée des ultracataclasites n'empêchant pas leur utilisation. Il se pose alors à présent le problème des individus du faciès ultramylonite cataclasiée. Avec une dureté moins élevée, une limite d'élasticité plus forte, et une ténacité moyenne, ils devraient faciliter l'entame et la propagation des fissures. Quelle pourrait être l'explication de leur non utilisation dans la fabrication des supports d'outils ?

La structure complexe de ce faciès nous amène à discuter sur la facilité à contrôler le détachement des supports désirés (Fig. 2). L'imbrication d'une structure ultramylonitique à une structure cataclastique rend difficile la gestion du débitage. Notons que dans les cas des « ultracataclasites » et des ultramylonites s.s., on a une structure qui pour la première est exclusivement constituée de grains de taille inférieure à $0,05 \mu\text{m}$ et solidement liés les uns aux autres. La force de surface ou de pénétration nécessaire à l'entame d'une fissure est par conséquent importante. L'entame de fissure engagée, la fissuration proprement dite se déroule de manière plus homogène dans la direction d'application de la force. Cette fissuration pour les ultramylonites s.s. est facilitée par la nécessité d'une force de pénétration pas trop grande pour l'entame de la fissure et par la présence d'un axe d'allongement maximal parallèle à la foliation bien prononcée du matériau.

Cet allongement des produits est limité pour les supports en ultramylonite cataclastique par la nécessité de produire deux fois successivement le phénomène entame de fissure/fissuration.

La structure est de prime abord contrôlée par la foliation ; ce qui facilite l'entame et produit une fissuration continue. A l'interface structure ultramylonitique/structure cataclastique, une partie de l'énergie engagée a été premièrement dépensée pour la première phase d'entame/fissuration. L'énergie restante devient par conséquent insuffisante pour permettre une seconde phase d'entame/fissuration ; d'autant plus qu'au contact de la structure cataclastique (plutôt ultracataclastique du fait de l'aspect polycristallin des porphy-

roclastes), l'énergie d'entame doit être très élevée. De plus l'axe d'allongement au sein des deux structures n'étant pas identique la fissuration est discontinue et déviée. On note alors une chute brutale de l'énergie. Les supports obtenus deviennent par conséquent plus larges et moins allongés.

La bonne compréhension de la variabilité de réponse sous contrainte au sein des différents faciès d'un même matériau, nécessite des capacités d'adaptation et cognitives non mesurables il est vrai ; mais pouvant être appréciées. Les populations mésolithiques du site de Creac'h Miné Vihan ont pu appréhender les propriétés des matériaux en leur possession, palliant ainsi à la quantité et qualité du silex présent. Il ne s'agit pas cependant d'un modèle d'adaptabilité très avancé du fait de l'abondance du silex (46 %) dans l'industrie et dans la proportion des produits laminaires (62 %).

Il se pose aussi la question de l'importance symbolique que l'on porte à un matériau. L'absence d'ultramylonites et cataclasites d'origine leucogranitique (d'aspect blanchâtre) au sein des ensembles lithiques du Mésolithique final armoricain est-il le seul fait de leur aptitude à la taille ou de l'importance que les mésolithiques ou populations locales portaient à la couleur des ultramylonites et cataclasites sombres ? Le même problème semble se dessiner pour d'autres matériaux tels le phtanite. S'agit-il tout simplement d'un choix culturel d'un groupe restreint d'utiliser un matériau dont l'approvisionnement est moins contraignant ? Il semble difficile du moins pour le site de Creac'h Miné Vihan d'accepter ou de rejeter l'une de ces hypothèses car tout semble montrer qu'il existe un choix esthétique, technique et quantitatif (quantité de matière disponible) pour les ultramylonites et cataclasites sombres ; mais aussi l'existence d'un réseau d'échange avec les populations littorales pour l'approvisionnement en silex. La notion de territoire restreint pour les gîtes de matières premières ne s'applique donc pas nécessairement aux territoires d'échanges de matériaux et de techniques.

Bibliographie

- GAPAIS, D. et LE CORRE, C., 1980. Is the Hercynian belt of Brittany a major shear zone, *Nature*, 288, p. 111-129.
- GAUDIN, L., 2004. Transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. *Reconstitutions paléo-paysagères*, Thèse Doctorat, Université de Rennes 1, 763 p.
- GRANT, J. A., 1986. The Isocon Diagram- A simple solution to Gresens's equation for metasomatic alteration. *Economic Geology*, Volume 81, p. 1976-1982.
- GRANT, J. A., 2005. Isocon analysis : A brief review of the method and applications, *Physics and Chemistry of the Earth*, 30, p. 997-1004.
- GOULETQUER, P., KAYSER, O., LE GOFFIC, M., LEOPOLD, P., MARCHAND, G. et MOULLEC, J.-M., 1996. Où sont passés les mésolithiques côtiers bretons ? Bilan 1985-1995 des prospections de surface dans le Finistère, *Revue Archéologie de l'Ouest*, 13, p. 5-30.
- JEGOUZO, P., 1980. The south armorican shear zone. *Journal of Structural geology*, Volume 2, n° 1-2, p. 39-47.
- JEGOUZO, P. et ROSELLO, E. A., 1988. La branche nord du cisaillement sud-armoricain (France) : un essai d'évaluation du déplacement par l'analyse des mylonites, Paris, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, t. 307, Série II, p. 1825-1831.
- MARCHAND, G., 1999. La néolithisation de l'ouest de la France : caractérisation des industries lithiques, *British Archaeological Reports Society*, 748, 487 p.
- MARCHAND, G., 2005. Le Mésolithique final en Bretagne : une combinaison des faits archéologiques, Actes de la Table Ronde de Nantes, *Bulletin Société Préhistorique de France*, p. 67-86.
- MATTABONI, P. et SCHREIBER, E., 1967. Method of pulse transmission measurements for determining sound velocities, *Journal of Geophysical Research*, 72, p. 5160-5162.
- ROZOY, J.-G., 1978. Les derniers chasseurs. L'Épipaléolithique en France et en Belgique. *Bulletin de la Société Archéologique Champenoise*, n° spécial juin 1978, 3 tomes.
- TSOBOU, A. R., 2003. Étude pétrographique des outils en ultramylonites armoricaines : détermination des zones d'approvisionnement en matières premières au cours du Mésolithique final, Mémoire Master 2, Université de Nantes.
- WAKAI, F., KODAMA, Y., MURAYAMA, N., SAKAGUCHI, S., ROUXEL, T., SATO, S. et NONAMI, T., 1991. Superplasticity in advanced materials-Superplasticity of functional ceramics, Osaka, Ed. Hori S., Tokizane M. et Furushiro N., Pub. The Japan Society for Research on Superplasticity.
- YVEN, E., 2004. Approche spatiale et territoriale des industries lithiques – Constantes et variantes dans l'occupation du substrat géographique et la gestion des matières premières lithiques au Mésolithique en Bretagne, Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale.