

Essai de chauffe de blocs en silex sous un foyer

Marine MICHEL

RÉSUMÉ

La chauffe des matières premières siliceuses permettrait notamment d'améliorer la qualité de taille de la roche. Des études en laboratoire tentent de trouver les conditions idéales qui permettent de réaliser un traitement thermique de la roche sans l'endommager. Il s'avère cependant que ces conditions, une fois reproduites en contexte réel, sous un foyer, ne permettent plus un bon déroulement de la chauffe de blocs en silex. De plus, il est souvent question de chauffe de petits échantillons et non de blocs. Ceux-ci deviennent inexploitable après le traitement, car ils sont entièrement microfracturés. Les techniques de chauffe de blocs sont complexes et il est encore difficile à l'heure actuelle de comprendre comment elles ont été mises en œuvre à la Préhistoire.

Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé la chauffe en conditions réelles, sous un foyer, afin de reproduire un traitement thermique de blocs en silex en vue de leur débitage et de juger de leur qualité de taille. Nous avons ensuite comparé nos résultats de chauffe avec ceux obtenus en laboratoire.

MOTS-CLÉS : traitement thermique, silex, expérimentation, foyer, chauffe.

SUMMARY

Heating siliceous raw material would allow among other things to improve its knapping quality. Laboratory studies are attempting to find the ideal conditions to heat-treat stones without damaging them. However, it turns out that these conditions, once reproduced in a real-life heating scenario under a fire, do not allow for a correct heating process of the flint blocks. Furthermore, small samples are more studied than blocks. The blocks become entirely micro-fractured and thus unusable. Heating of complete blocks proves complex and it remains difficult at this time to understand the exact techniques implemented during Prehistory.

In this study, we realized real heating, under a fire, to reproduce heat treatment of flint blocks in order to knap them and to judge their knapping quality. Then, we compared our results with those obtained in laboratory.

KEYWORDS: heat treatment, flint, experiment, fire, heating.

1. Introduction

Le traitement thermique des roches siliceuses a été pratiqué durant la Préhistoire. Il aurait notamment été utilisé pour améliorer la qualité de taille des matières premières. En effet, cela permettrait de produire de plus longs éclats et demanderait moins d'effort pour le débitage (Bleed & Meier, 1980 : 505). La chauffe aurait été utilisée sur des nucléus dans le but de produire des éclats ou des lames (Gassin *et al.*, 2006). Elle aurait aussi été appliquée sur des éclats afin de les retoucher (Bordes, 1969). Il s'agit d'un processus complexe que les chercheurs tentent de comprendre et de reproduire. Cependant, différents facteurs jouent un rôle dans la réussite de ce processus. Il est donc difficile de réaliser une chauffe de blocs en silex sans endommager ceux-ci. Cela a pourtant été fait dans le passé (Binder *et al.*, 1990 ; Bordes, 1969 ; Gassin *et al.*, 2006 ; Léa, 2005 ; Tixier & Ini-

zan, 2000). Bien qu'il soit possible de démontrer que certains artefacts ont été chauffés, il reste tout de même difficile de distinguer une chauffe anthropique intentionnelle d'une chauffe accidentelle (foyer dont la chaleur peut affecter le matériel des niveaux d'occupation inférieurs) ou naturelle (feu souterrain de tourbe, feu sauvage, combustion spontanée, foudre, éruption volcanique ; Stahlschmidt *et al.*, 2015 ; Schmidt, 2011).

De nombreuses études en laboratoire (Léa, 2005 ; Torchy, 2013) ont été effectuées pour essayer de retrouver les conditions de réussite du traitement thermique et les facteurs qui peuvent l'influencer. La plupart des études concernent la chauffe de petits échantillons ou d'éclats de roches siliceuses. Il est pourtant intéressant d'étudier le phénomène pour des échantillons plus grands, notamment pour des blocs.

Dans ce travail, nous partons des résultats des recherches effectuées précédemment et des données conseillées pour une chauffe de matière première siliceuse sans endommagement des blocs. La spécificité de cette étude est que nous réalisons la chauffe en conditions réelles, sous un foyer. L'intérêt est, avant tout, de reproduire un traitement thermique de blocs en silex en vue de leur débitage et de juger de leur qualité de taille. Enfin, nous comparons nos résultats de chauffe avec ceux obtenus en laboratoire et remettons ces derniers en question (Michel, 2017).

Cette étude montre l'importance de réaliser des expérimentations en contexte réel afin de définir les bonnes conditions de chauffe ayant pu être utilisées durant la Préhistoire. De plus, la complexité des traitements thermiques et de leur réussite peut démontrer l'intentionnalité anthropique du matériel archéologique chauffé sans endommagement.

2. Contexte

Contexte ethnographique et archéologique

La technique de la chauffe des matières premières siliceuses est attestée en ethnographie : en Inde (Kenoyer *et al.*, 1991), au Zimbabwe (Schmidt, 2011 : 49), en Australie et dans d'autres pays encore (Delvigne, 2016). Pour l'exemple de l'Inde, la chauffe est utilisée dans la fabrication de perles en agate. La chaîne opératoire comprend deux chauffes : une avant la mise en forme, dans le but de rendre plus contrôlables les enlèvements lors du débitage et une après la mise en forme de la perle, afin de changer la couleur de celle-ci.

Le traitement thermique aurait également été pratiqué dans le passé. Il aurait notamment été utilisé au Middle Stone Age en Afrique du Sud sur des silcrètes (Brown *et al.*, 2009) afin d'améliorer la qualité des roches locales. La technique de la chauffe aurait eu une incidence sur les technologies lamellaires standardisées et sur les productions bifaciales. Cette pratique est également attestée en Europe pendant le Solutréen pour le façonnage de pièces bifaciales en silex (feuilles de laurier ; Tiffagom, 1998 ; Tixier & Inizan, 2000). Des éclats sont alors chauffés afin de faciliter

les retouches par pression. Des évidences de traitement thermique sont aussi avérées durant le Chasséen du sud de la France sur des nucléus en silex (Léa, 2005) pour faciliter la production de lamelles ensuite exportées.

Les méthodes d'identification

Il est possible d'identifier des pièces ayant subi des traitements thermiques par le biais de différentes méthodes : d'une part, l'étude de l'aspect physique, qui dépend du type de roche (la couleur, la rubéfaction, le lustre) ; d'autre part, l'étude physico-chimique, par la thermoluminescence et la résonance paramagnétique électronique, si la température de chauffe est suffisante (Schmidt, 2011 : 50-53). Cependant, il est possible de confondre une chauffe intentionnelle avec une chauffe naturelle (Goren-Inbar *et al.*, 2004 ; Stahlschmidt *et al.*, 2015). Il serait notamment possible de les distinguer grâce à l'intensité du lustre perceptible sur la surface ventrale des éclats débités après la chauffe (Schmidt, 2011 : 52) ; ce lustre n'est pas forcément visible de la même façon selon la composition des roches chauffées. La détermination de la pratique de la chauffe au Middle Stone Age repose notamment sur la quantification du lustre présent sur le matériel retrouvé (Brown *et al.*, 2009). Cela reste tout de même difficile à distinguer (Schmidt, 2011 : 53).

Les propriétés de la chauffe

La chauffe intentionnelle aurait été pratiquée car elle améliorerait les propriétés de fracture de la roche siliceuse. Cela aurait permis d'exploiter plus de matière première locale de moindre qualité (Brown *et al.*, 2009 : 861) et réduirait l'effort nécessaire pour la tailler, à condition de ne pas trop la chauffer. Les matériaux siliceux sont composés de silice présente sous forme de tétraèdres (SiO_2). Ces derniers sont disposés en spirale, ce qui crée un canal central. Lorsque la matière siliceuse est chauffée, il y a une perte de silanol (Si-OH) et la création de nouveaux liens Si-O-Si , ce qui libère des molécules d'eau qui s'évaporent ($\text{Si-OH} + \text{HO-Si} \rightarrow \text{Si-O-Si} + \text{H}_2\text{O}$). Les tétraèdres de SiO_2 qui composent la silice se rétractent et ferment les pores, ce qui rend

la matière plus résistante. Si la chauffe est trop rapide, les pores de la partie extérieure du bloc sont déjà refermés alors que les molécules d'eau se libèrent et s'évaporent seulement au centre de ce dernier, créant alors, au sein du bloc, des tensions qui mènent à des fractures. Le phénomène est détaillé davantage dans les publications de P. Schmidt (Schmidt, 2013 ; Schmidt *et al.*, 2012 : 141).

Les précédentes études expérimentales

La chauffe des matières premières sili- ceuses a également été étudiée par D. R. Griffiths (Griffiths *et al.*, 1986), M. Domanski (Domanski *et al.*, 2009), K. S. Brown (Brown *et al.*, 2009) et L. Wadley (Wadley & Prinsloo, 2014). Le travail des chercheurs dans ce domaine consiste surtout à comprendre le phénomène, à retrouver le mode opératoire qui permet de modifier la matière par la chaleur sans l'abîmer (Tixier & Inizan, 2000) et à trouver des indices et des méthodes qui permettent de déterminer si des pièces archéologiques ont été traitées thermiquement ou non (Weiner *et al.*, 2015). La question s'est aussi posée, de savoir si les pièces ayant subi un traitement thermique enregistraient les traces d'usure différemment d'une pièce non traitée (Olausson, 1983). Par exemple, les traces d'usure se marqueraient plus fortement et les esquilles seraient plus grandes sur des pièces venant de nucléus chauffés.

Sur base des connaissances actuelles, nous savons qu'il est préférable que la chauffe soit progressive, avec ensuite une descente lente en température pour éviter les stress internes dans la roche et une fracturation de celle-ci (Torchy, 2013). Cependant, dans les études précédemment citées, il est surtout question de chauffe de silcrètes de petites dimensions. Or, nous ne connaissons pas encore l'effet de la chauffe sur des blocs en silex de plus grande taille. Il faut donc chauffer des blocs tout en évitant des tensions dans la roche et des fractures liées aux chocs thermiques, ce qui complique la mise en œuvre. En effet, plus le bloc chauffé est gros, plus il y a de risques qu'il y ait une trop grande différence de température entre la partie interne du bloc, encore froide, et la partie externe, déjà chaude. L'eau contenue au centre ne s'est alors pas encore évaporée tandis que la partie extérieure s'est déjà

rétractée (Schmidt *et al.*, 2013 : 3521). Cette différence mène alors à une fracturation plus rapide du bloc par pression (Wadley & Prinsloo, 2014 : 58).

La question de la taille des blocs et de leur sensibilité à la chauffe est relevée par L. Wadley, qui fait des expérimentations sur des blocs de silcrète. Selon elle, il est tout à fait possible de chauffer des silcrètes de plus grandes dimensions (100 mm x 65 mm x 20 mm) s'ils sont enterrés dans un bain de sable pendant la chauffe et le refroidissement. Celle-ci place les blocs sous le foyer avec une couche supérieure de sable de 2,5 cm. Elle obtient alors une température maximale dans le sable de 400 °C sans que les blocs éclatent. Si des blocs de cette dimension étaient placés directement dans le foyer ou dans une couche de graisse, ils se fractureraient plus facilement (Wadley & Prinsloo, 2014). Il s'agit toutefois de silcrète et non de silex. Dans tous les cas, il est préférable de chauffer et de laisser refroidir les blocs dans un bain de sable (Griffiths *et al.*, 1986 : 43 ; Schmidt, 2013 : 27-29).

La chauffe de nucléus en silex est avérée archéologiquement. C'est le cas dans le Chasséen du sud de la France, sur des préformes en silex bédoulien jaune miel (Vaucluse). Les nucléus étaient d'abord mis en forme, puis chauffés et ensuite taillés par pression ou percussion pour obtenir des lamelles (Gassin *et al.*, 2006 : 226). Après la chauffe, il pouvait y avoir un second travail sur la mise en forme du nucléus avant le débitage (Léa, 2005 : 57-58). Certains de ces nucléus ont été fracturés pendant la chauffe et abandonnés sur le site, mais d'autres préformes ont été retrouvées intactes, par exemple sur le site de Saint-Martin (France). Ces blocs mesurent 7 à 8 cm d'épaisseur et 10 cm de longueur. Ils auraient été chauffés dans de la molasse sableuse sans être fracturés (Léa *et al.*, 2012 : 121-122). V. Léa (Léa *et al.*, 2012) et L. Torchy (2013) ont réalisé des expérimentations en laboratoire afin de déterminer les conditions de chauffe de ces préformes. L'intérêt était de savoir comment les chauffer, à quelle température et ce que cela apportait techniquement dans le cas du silex bédoulien et de son utilisation durant le Solutréen. Selon V. Léa (Léa *et al.*, 2012), la chauffe de blocs de silex bédouliens à 250 °C serait suffisante pour avoir une

transformation de la matière. Cependant, dans son expérimentation, la chauffe se fait dans un four électrique. L. Torchy (2013) complète ces expérimentations : il fait varier les températures de chauffe et les vitesses de montée et de descente de température afin que le bloc de silex ne soit plus fissuré après la chauffe. Il en ressort qu'il faut éviter tout choc thermique et qu'une chauffe de 250 °C à 300 °C est suffisante pour du silex bédoulien. Le bloc doit donc se trouver dans un milieu à forte inertie thermique. Prolonger le temps de chauffe à la température maximale ne changerait pas la modification de la matière première, le tout est que la température atteigne le cœur du bloc. Après la chauffe des blocs, les éclats débités présentent une surface luisante et moins rugueuse, car la fracture se propage à travers une matière plus dense. Il en est ressorti que la chauffe de blocs améliorerait la qualité du tranchant des lames, qui serait plus régulier et faciliterait la découpe, mais que cela ne faciliterait pas vraiment la taille (Torchy, 2013 : 279-280).

3. Méthodologie

Notre expérimentation a été réalisée dans le but d'essayer de reproduire la chauffe de blocs en silex sous un foyer.

Afin que les blocs ne subissent pas de choc thermique, nous avons veillé à contrôler les vitesses de chauffe et de refroidissement, qui doivent être lentes. L'uniformisation de la chaleur est aussi importante dans le processus, d'où la nécessité de mettre les blocs dans un bain de sable. La chaleur peut alors se répartir autour des blocs et cela évite une trop grande différence de température entre les surfaces supérieure et inférieure du bloc, ce qui pourrait créer des tensions. De plus, il ne faut pas dépasser 300 °C dans le foyer car une plus haute température n'est pas nécessaire pour la transformation de la matière et risquerait de faire exploser les blocs.

Trois rognons de silex ont été directement extraits de la carrière d'Harmignies (Mons, Belgique). Ils étaient recouverts de craie, et n'étaient donc pas exposés au soleil ni à l'air dans la carrière. Il s'agit d'un silex noir à grain fin qui comporte quelques larges

inclusions gris clair. Les rognons ont été transportés dans un sac rempli de craie pour les laisser dans leurs conditions géologiques d'origine le plus longtemps possible et les garder frais. Un bloc d'environ 400 cm³, destiné à être chauffé, a été extrait de chacun de ces rognons.

La chauffe des blocs s'est déroulée comme suit : une fosse a été creusée et un lit de sable y a été étalé (fig. 1). Les blocs de silex ont ensuite été placés dessus, de même que des éclats plus petits afin de maximiser les chances d'avoir du matériel taillable par la suite si les blocs explosaient lors de la chauffe (fig. 2). L'ensemble a été recouvert de sable (environ 2 cm au-dessus des blocs et 5 à 6 cm au-dessus des éclats) afin d'uniformiser la chauffe et de faire monter lentement en température les blocs. Le foyer a ensuite été installé au-dessus du sable puis étalé de sorte à couvrir toute la zone (fig. 3). Trois sondes ont été placées afin de mesurer les températures à différents niveaux : sous le sable, dans le sable au niveau des blocs, et sur le sable au niveau du sol, sous le foyer. Les blocs et les éclats ont été placés comme présenté sur le schéma (fig. 4). Le foyer a été entretenu durant 6 h puis nous l'avons laissé se consumer et refroidir jusqu'au lendemain. Les mesures de températures ont été prises toutes les demi-heures à l'aide d'un thermocouple afin de s'assurer que la température maximale au niveau des blocs se situait entre 250 °C et 300 °C (fig. 5).

Les blocs ont ensuite été taillés par Christian Lepers, expérimentateur au TraceoLab de l'ULiège. D'abord, les nucléus ont été mis en forme à l'aide d'un percuteur dur (grès, quartzite) puis des éclats ont été débités directement à l'aide d'un percuteur tendre (bois de cerf).



FIG. 1 – Lit de sable sur lequel ont été posés les blocs de silex (cliché M. Michel, 2017).



FIG. 2 – Disposition des blocs sur le lit de sable (cliché M. Michel, 2017).



FIG. 3 – Foyer et son étalement sur toute la surface du lit de sable (cliché m. Michel, 2017).

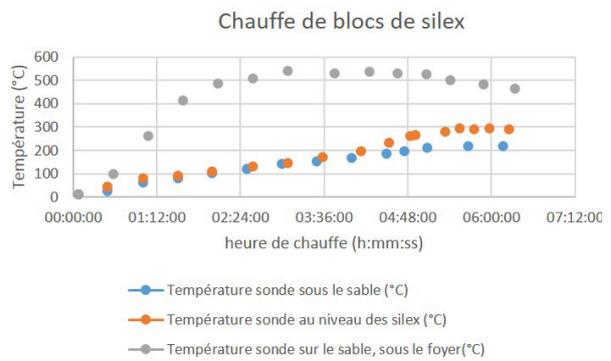


FIG. 5 – Graphique reprenant les données de température en fonction du temps, lors de la chauffe des silex.

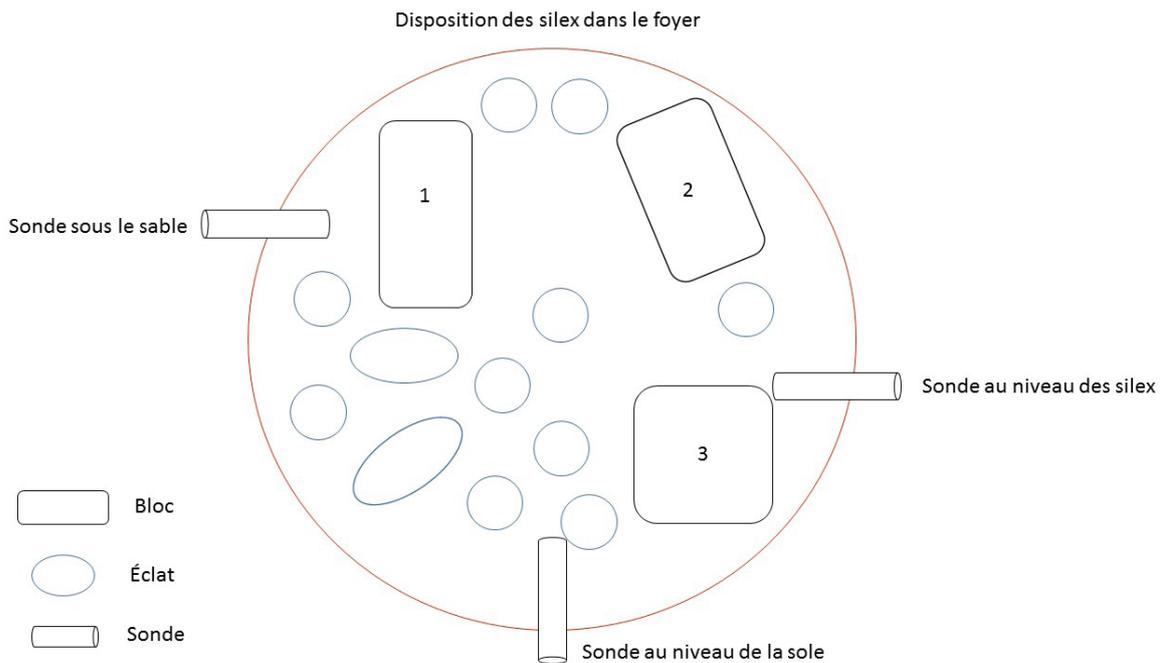


FIG. 4 – Schéma représentant la disposition des silex et des sondes dans le bain de sable.

4. Résultats

4.1 Observation des blocs

Les blocs et éclats ont été déterrés après une journée et une nuit de refroidissement. Les éclats sont restés presque intacts, avec seulement quelques cupules de chauffe (fig. 6) ou une à deux fissures et un léger éclaircissement de leur couleur. Le cortex présent sur certains d'entre eux montre également un changement de couleur, passant d'un ton jaunâtre à un ton rougeâtre (fig. 7). Ce changement de couleur s'explique certainement par la présence d'oxydes de fer dans la craie.

Les blocs, par contre, ont été plus endommagés. L'un d'entre eux est resté presque entier, avec seulement deux détachements corticaux. Il a aussi changé de couleur et s'est fortement dégradé en surface ; il présente de nombreuses fissurations et nous pouvons y voir des cupules et éclats présents, mais pas encore détachés (fig. 8). Il en est de même pour le deuxième bloc : il n'a que quelques éclats corticaux et est dégradé sur sa surface (fig. 9). Ces deux blocs présentent aussi une légère coloration rouge sur certaines arêtes. Le troisième bloc a éclaté en dizaines de fragments anguleux, dont certains présentent des plages à coloration rouge (fig. 10). Étant donné l'état des deux premiers blocs et leurs nombreuses fissures, il semblerait qu'ils n'auraient pas tardé à subir le même sort. Une hypothèse envisageable serait un manque d'uniformité de la température dans le sable, le troisième bloc ayant reçu une plus forte chaleur ou étant plus sensible. Dans tous

les cas, les dégâts obtenus sont caractéristiques de la chauffe de matière première siliceuse, comme décrits par L. W. Patterson (1995).

4.2 Essai de taille des blocs

Nous avons essayé de tailler les blocs. Il s'est avéré qu'ils étaient entièrement microfracturés. À la percussion, tout éclatait en infimes morceaux et il était impossible de diriger l'onde de choc car elle suivait les reliefs des microfractures dans diverses directions (fig. 11). La surface du bloc, obtenue par les négatifs des éclats enlevés, était alors pleine de petits reliefs. De plus, la matière était luisante jusqu'au centre du bloc ; il avait donc chauffé entièrement. La température de 300 °C a été suffisante pour transformer toute la matière mais la chaleur a dû être trop rapide et trop forte, causant les altérations (fig. 12). Cela nous amène donc au même type de résultats que L. Torchy (2013) : fissures mates, surfaces luisantes, craquelages centraux.

Une chose étonnante a été remarquée dès le premier enlèvement : une odeur de soufre s'est dégagée du bloc. Des plages rougeâtres sont également apparues à l'intérieur du bloc et ne se trouvent donc pas uniquement en surface.

Enfin, nous avons constaté que certaines parties du silex ne présentent pas ces altérations : il s'agit des inclusions. Elles semblent plus résistantes à la chaleur et elles ne se « microfracturent » pas. La matière se casse tout autour d'elles, mais laisse leur surface visible plane et mate.



FIG. 6 – Cupule de chauffe sur un éclat de silex chauffé à 300 °C dans un bain de sable (cliché M. Michel, 2017).



FIG. 7 – Changement de coloration du cortex après une chauffe à 300 °C dans un bain de sable. À droite, l'éclat témoin non chauffé ; à gauche, l'éclat chauffé (cliché M. Michel, 2017).



FIG. 8 – Fissuration du bloc 1 après une chauffe à 300 °C dans un bain de sable (cliché m. Michel, 2017).



FIG. 9 – Dégradation de la surface du bloc 2 après une chauffe à 300 °C dans un bain de sable (cliché m. Michel, 2017).



FIG. 10 – Changement de coloration vers un ton rou-gâtre des éclats du bloc 3 (cliché m. Michel, 2017).



FIG. 11 – Bloc 1 en cours de taille. Propagation de l'onde de choc pour un point d'impact (cliché m. Michel, 2017).



FIG. 12 – Nucléus épuisé du bloc 1 (cliché m. Michel, 2017).

4.3 Interprétation des résultats

De nouveaux blocs ont été extraits des mêmes rognons et ont été taillés à température ambiante. Cela a permis de voir qu'un des rognons utilisés (le troisième) n'était pas aussi intact qu'espéré. Il a dû subir des stress liés aux chocs créés par les machines travaillant dans la carrière, ou a été fragilisé lors de sa division en blocs. Ce rognon a montré beaucoup de fissures préexistantes et le silex n'était pas facile à tailler. C'est le bloc chauffé provenant de ce rognon qui a explosé pendant la chauffe, sans doute fragilisé par les fissures.

Ces résultats permettent donc de voir qu'une chauffe dans un bain de sable à basse profondeur sous un foyer à une température de 300 °C n'est pas adéquate pour des blocs en silex. Cela peut se faire pour des éclats mais reste risqué, car quelques dégâts en résultent tout de même. De nombreux facteurs peuvent être la cause de cet échec, montrant la complexité du processus. La température maximale atteinte de 300 °C est sûrement trop haute et a entièrement fragilisé les blocs. La durée de la chauffe a peut-être été trop longue. En effet, elle a duré 6 h, dont au moins 2 h au-delà de 250 °C. La chauffe s'est pourtant déroulée lentement, mais peut-être pas assez. Même dans ces conditions, les blocs sont devenus inexploitable. Les conditions de réussite d'une chauffe semblent donc être très précises et ont pourtant été anciennement réalisées.

5. Discussion

La différence de résultat entre les blocs et les éclats peut s'expliquer par le fait que ces derniers, moins épais, n'ont pas subi de choc thermique lié à la différence de température entre la surface supérieure qui chauffe et la surface inférieure encore froide (le front de chaleur provenant du foyer se déplaçant du haut vers le bas). De plus, la surface supérieure des éclats se trouvait plus éloignée de la source de chaleur que celle des blocs. Il est donc certain que la chauffe d'éclats ou de blocs demande des conditions distinctes.

La technique de chauffe des éclats de silex sous un foyer et dans un bain de sable est donc possible, à une température qui ne

dépasse pas 300 °C (que nous avons atteints). Cependant, à cette température, nous avons déjà commencé à avoir quelques fissures et cupules. Néanmoins, nous ne savons pas si ces cupules sont dues à la chauffe ou à la descente peut être trop rapide de la température.

Par contre, les mêmes conditions de chauffe ne sont pas adaptées aux blocs. Cette opération semble plus complexe : bien que nous n'ayons pas dépassé les 300 °C, que la chauffe ait été lente, avec peu de différence de température entre les surfaces supérieure et inférieure des blocs (fig. 5), ceux-ci ont tout de même souffert du traitement et sont devenus inutilisables. V. Léa (2005) arrive à chauffer des blocs mais elle utilise un four, ce qui permet une température homogène tout autour du bloc et évite des tensions. Cela permet aussi de contrôler la montée en température. Dans un contexte de foyer, il est plus compliqué de la contrôler et d'avoir les mêmes résultats. Le bain de sable devait permettre l'homogénéisation de la chaleur autour du bloc. Cela fonctionne au début de la chauffe, mais l'écart de température entre le milieu de la couche de sable et le dessous de celle-ci croît avec le temps. Peut-être sommes-nous montés trop haut dans les températures ? Les blocs n'étaient-ils pas enfouis suffisamment profondément sous le foyer ? Leur surface supérieure, qui s'est fissurée, a-t-elle reçu trop de chaleur, ou trop rapidement ?

Cela montre aussi les différences de comportement des diverses matières premières, puisque les blocs de silex se sont fracturés à une température de 300 °C alors que les silcrètes testés par L. Wadley (Wadley & Prinsloo, 2014) ont résisté à une température de 400 °C. Pour cette dernière expérimentation, les blocs avaient eux aussi été disposés dans un bain de sable et la température avait également été contrôlée au niveau des blocs.

Une étude récente de p. Schmidt (Schmidt *et al.*, 2016) postule qu'une température de 200 °C serait suffisante pour transformer la matière première. Il est donc possible que les précédentes recherches aient surestimé la température nécessaire. De plus, il en arrive à la conclusion qu'une heure de chauffe suffit. Dans notre expérimentation, les blocs auraient donc été exposés trop longtemps à la

chaleur. Il mentionne également le rôle que peut jouer l'humidité dans la chauffe : il est possible que l'utilisation de blocs conservés dans de la craie – et donc avec une certaine teneur en humidité – ait créé plus de risques de tension dans la roche lors du traitement thermique. En effet, nous avons mesuré le taux d'humidité de la craie qui entourait les rognons, celui-ci était de 15 %. Cela permettait donc aux rognons de conserver leur humidité. Peut-être la chauffe des roches siliceuses nécessite-t-elle une étape de séchage, comme cela est, par exemple, pratiqué en Inde dans la fabrication des perles en agate (Kenoyer *et al.*, 1991 : 50).

6. Perspectives

Il serait alors intéressant de tester une chauffe en enfouissant les blocs plus profondément dans le bain de sable. Nous reproduirions alors une montée lente en température, mais une fois la température de 200 °C atteinte à hauteur des blocs, nous laisserions le feu se consumer sans plus l'alimenter afin que la température ne monte pas plus haut ni ne dure trop longtemps. Il faudrait ensuite laisser les blocs refroidir lentement dans le sable (un environnement permettant de refroidir un maximum de 40 °C par heure serait l'idéal ; Schmidt *et al.*, 2016 : 847). Nous pourrions également tester la chauffe à partir de blocs restés à l'air libre et comparer avec celle de blocs conservés dans de la craie, afin de voir si leur teneur en humidité rend les blocs plus sensibles au traitement thermique.

7. Conclusion

Avec toutes les connaissances et les moyens de contrôle dont nous disposons à l'heure actuelle, il est encore compliqué de bien comprendre le processus de chauffe et de le reproduire sans endommager la matière première. Cela a pourtant été réalisé à la Préhistoire. Les artefacts que nous découvrons et qui ont été chauffés sans endommagement avant leur mise en œuvre démontrent, de par la complexité de la réussite du processus, une intentionnalité et non des accidents ou des chauffes naturelles.

Malgré toutes les recherches déjà effectuées sur le traitement thermique, il est rarement question de chauffe de grands blocs : il s'agit de petits échantillons (Schmidt, 2013). De plus, il est rarement question de chauffe dans un foyer, mais plutôt d'expérimentations dans des fours électriques (Léa, 2005 ; Torchy, 2013). Cette expérimentation a permis de constater à quel point il est compliqué de chauffer des blocs en silex. Les données obtenues en laboratoire ne sont pas forcément reproductibles ni efficaces une fois transférées en contexte réel de chauffe sous un foyer. Cette dernière est difficile car elle présente plus de risques d'avoir une différence de température entre la surface supérieure du bloc, dirigée vers le foyer, et la surface inférieure, ce qui crée une tension dans la roche et fait éclater les blocs. L'expérimentation réalisée a démontré que, même en respectant les données issues des tests en laboratoire, la chauffe de blocs en silex s'est avérée un échec. Les blocs ont subi des dommages les rendant inexploitable : cupules, fracturations internes voire éclatement total du bloc. Dans tous les cas, ces blocs n'ont pu être taillés.

Il faudrait donc refaire plusieurs expérimentations, chacune modifiant et contrôlant une des variables pouvant permettre la réussite de la chauffe (la profondeur d'enfouissement des blocs sous le foyer, la température maximale au niveau des blocs, le taux d'humidité au sein des blocs). La montée et la descente en température devant être lentes, l'utilisation d'un bain de sable reste selon nous une solution pertinente. Des expérimentations futures seraient donc utiles pour mieux comprendre les techniques utilisées à la Préhistoire et les reproduire.

Remerciements

Je remercie le Préhistomuseum qui m'a donné l'autorisation de reproduire le foyer sur son domaine. Je remercie également Christian Lepers qui m'a aidée dans cette expérimentation et dans sa mise en œuvre. C'est également à lui que je dois l'idée de faire cet article. Je remercie Veerle Rots sans qui l'expérimentation n'aurait sans doute pas eu lieu, ainsi que pour la relecture de cet article. Enfin, je remercie l'Université de Liège car cette étude a été réalisée pendant mon travail de Master.

Bibliographie

- BINDER D., PERLÈS C., INIZAN M.-L. & LECHE-VALLIER M., 1990. « Stratégies de gestion des outillages lithiques au Néolithique », *Paléo*, 2 : 257-283.
- BLEED p. & MEIER M., 1980. « An objective Test of the Effects of Heat Treatment of Flakeable Stone », *American Antiquity*, 45 : 502-207.
- BORDES F., 1969. « Traitement thermique du silex au Solutréen », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 66 : 197.
- BROWN K. S., MAREAN C. W., HERRIES A. I. R., JACOBS Z., TRIBOLO C., BRAUN D., ROBERTS D. L., Meyer M. C. & Bernatchez J., 2009. « Fire as an Engineering Tool of Early Modern Humans », *Science*, 325 : 859-862.
- DELVIGNE V., 2016. *Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central au Paléolithique supérieur : des déterminismes et des choix*, Bordeaux.
- DOMANSKI M., WEBB J., GLAISHER R., GURBA J., LIBERA J., ZAKO A. & DOMAN M., 2009. « Heat Treatment of Polish Flints », *Journal of Archaeological Science*, 36 : 1400-1408.
- GASSIN B., LÉA V., LINTON J. & ASTRUC L., 2006. *Production, gestion et utilisation des outillages lithiques du Chasséen méridional*, in L. Astruc, F. Bon, V. Léa, P.-Y. Milcent & S. Philibert (éd.), *Normes techniques et pratiques sociales : de la simplicité des outillages pré- et protohistoriques*, Actes des XXVI^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes. 20-22 octobre 2005, APDCA, p. 223-233.
- GOREN-INBAR N., ALPERSON N., KISLEV M. E., SIMCHONI O., MELAMED Y., BEN-NUN A. & WERKER E., 2004. « Evidence of Hominin Control of Fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel », *Science*, 304 : 725-727.
- GRIFFITHS D. R., BERGMAN C. A., CLAYTON C. J., OHNUMA K., ROBINS G. V. & SEELEY N. J., 1986. *Experimental Investigation of the Heat Treatment of Flint*, in G. de G. Sieveking & M.H. Newcomer (éd.), *The Human Uses of Flint and Chert*, Proceedings of the Fourth International Flint Symposium held at Brighton Polytechnic 10-15 April, 1983, Cambridge University Press, Cambridge, p. 43-52.
- KENOYER J. M., VIDALE M. & BHAN K. K., 1991. « Contemporary Stone Beadmaking in Khambhat, India: Patterns of Craft Specialization and Organization of Production as Reflected in the Archaeological Record », *World Archaeology*, 23 : 44-63.
- LÉA V., 2005. « Raw, Pre-heated or Ready to Use: Discovering Specialist Supply Systems for Flint Industries in Mid-Neolithic (Chassey Culture) Communities in Southern France », *Antiquity*, 79 : 51-65.
- LÉA V., ROQUE-ROSELL J., TORCHY L., BINDER D., SCIAU P., PELEGRIN J., REGERT M., COUSTURES M.-P. & ROUCAU C., 2012. « Craft Specialization and Exchanges during the Southern Chassey Culture: An Integrated Archaeological and Material Sciences Approach », *Revista del Museu de Gavà, Congrès Int. Xarxes al Neolític - Neolit. Networks Rubricatum*, 5 : 119-128.
- MICHEL M., 2017. *Recherches expérimentales sur les effets du froid sur les outils en silex à différentes étapes de leur cycle de vie*, mémoire non publié, Liège.
- OLAUSSON D. S., 1983. « Experiments to Investigate the Effects of Heat Treatment on Use-wear on Flint Tools », *Proceedings of the Prehistoric Society*, 49 : 1-13.
- PATTERSON L. W., 1995. « Thermal Damage of Chert », *Lithic Technol.*, 20 : 72-80.
- SCHMIDT P., 2011. *Traitement thermique des silicifications sédimentaires, un nouveau modèle des transformations cristallographiques et structurales de la calcédoine induites par la chauffe*, Paris, Muséum national d'histoire naturelle.
- SCHMIDT P., MASSE S., LAURENT G., SŁODCZYK A., LE BOURHIS E., PERRENOUD C., LIVAGE J. & FRÖHLICH F., 2012. « Crystallographic and Structural Transformations of Sedimentary Chalcedony in Flint upon Heat Treatment », *Journal of Archaeological Science*, 39 : 135-144.
- SCHMIDT P., 2013. *Le traitement thermique des matières premières lithiques : que se passe-t-il lors de la chauffe ?*, Archaeopress, éd. Bar international Series 2470, Oxford.

- SCHMIDT P., PORRAZ G., SŁODCZYK A., BELLOT-GURLET L., ARCHER W. & MILLER C. E., 2013. « Heat Treatment in the South African Middle Stone Age: Temperature Induced Transformations of Silcrete and their Technological Implications », *Journal of Archaeological Science*, 40 : 3519-3531.
- SCHMIDT P., PARIS C. & BELLOT-GURLET L., 2016. « The Investment in Time Needed for Heat Treatment of Flint and Chert », *Archaeological and Anthropological Sciences*, 8 : 839-848.
- STAHLSCHEMIDT M. C., MILLER C. E., LIGOUIS B., HAMBACH U., GOLDBERG P., BERNA F., RICHTER D., URBAN B., SERANGELI J. & CONARD N. J., 2015. « On the Evidence for Human Use and Control of Fire at Schöningen », *Journal of Human Evolution*, 2015 : 1-21.
- TIFFAGOM M., 1998. « Témoignages d'un traitement thermique des feuilles de laurier dans le Solutrén supérieur de la grotte du Parpalló (Gandia, Espagne)/Testimonios de un tratamiento térmico de las ojas de Laurel en el Solutrense superior de la cueva del Parpalló/Evidence for thermal treatment of Laurel Leaf points in the Upper Solutrean of the grotte du Parpalló », *Paléo*, 10 : 147-161.
- TIXIER J. & INIZAN M.-L., 2000. « L'émergence des arts du feu : le traitement thermique des roches siliceuses », *Paléorient*, 26 : 23-36.
- TORCHY L., 2013. *De l'amont vers l'aval : fonction et gestion des productions lithiques dans les réseaux d'échanges du Chasséen méridional*, Université Toulouse Le Mirail-Toulouse II.
- WADLEY L. & PRINSLOO L. C., 2014. « Experimental Heat Treatment of Silcrete Implies Analogical Reasoning in the Middle Stone Age », *Journal of Human Evolution*, 70 : 49-60.
- WEINER S., BRUMFELD V., MARDER O. & BARZILAI O., 2015. « Heating of Flint Debitage from Upper Palaeolithic Contexts at Manot Cave, Israel: Changes in Atomic Organization due to Heating Using Infrared Spectroscopy », *Journal of Archaeological Science*, 54 : 45-53.

Adresse de l'auteur :

Marine MICHEL
Rue du Bijard, 13
B-5070, Sart-Saint-Laurent
marimi.1994@gmail.com