



Expériences de fabrication de meules à partir des recherches menées dans l'est de France : buts et procédés

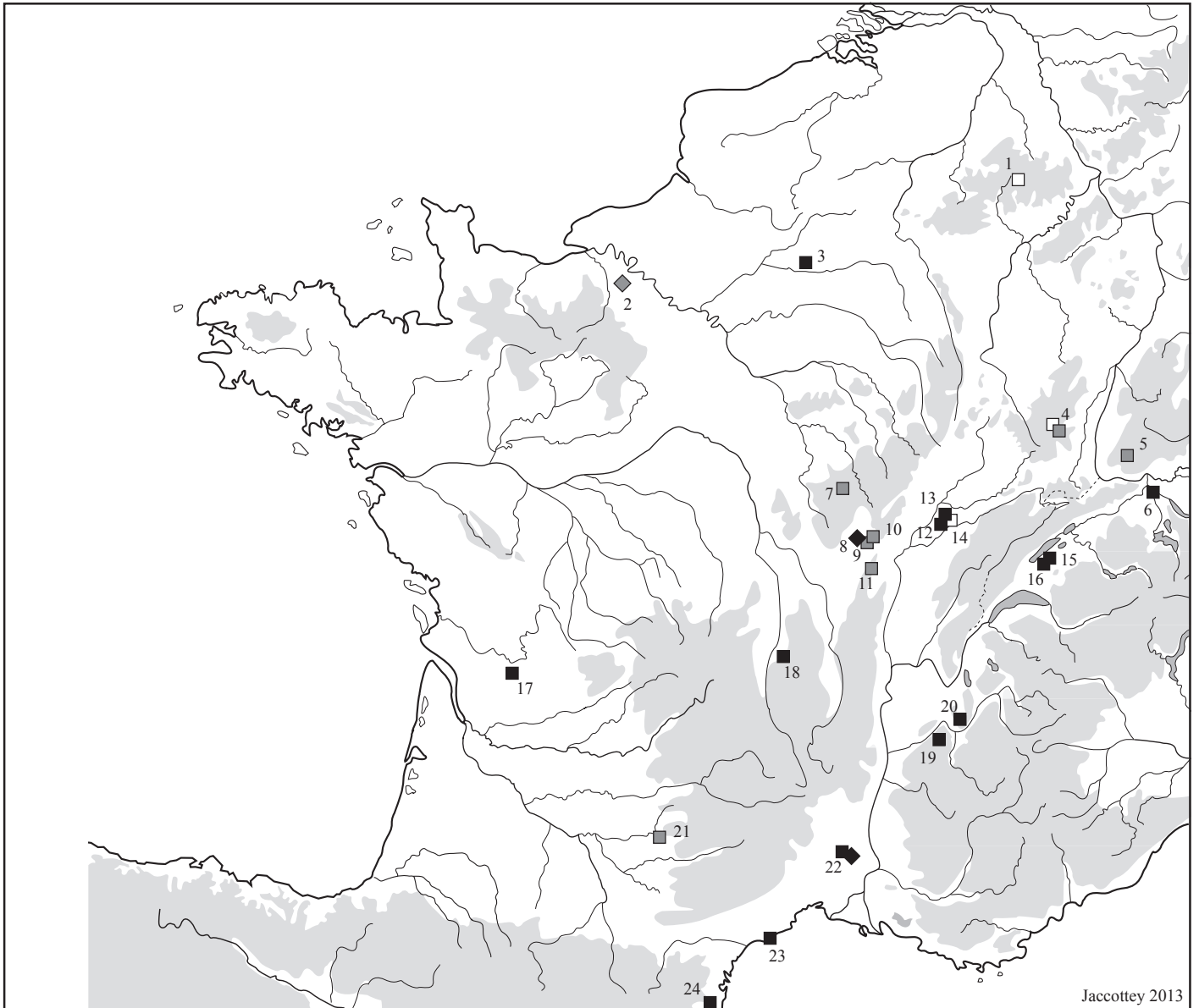
Experiencias de fabricación de molinos a partir de las investigaciones realizadas en el Este de Francia: objetivos y procedimientos

Plusieurs carrières de meules, datées entre le Néolithique et le Moyen-âge, ont été retrouvées dans l'est de la France. L'étude de ces carrières et des ébauches de meules permettent de reconstituer les chaînes opératoires mises en œuvre. Ce travail est complété par une série d'expériences de fabrication de meules de ces différentes périodes (meules et molettes néolithiques, meules rotatives gauloises et antiques). Il est ainsi possible de restituer une série de chaînes opératoires basées sur la mise en forme de blocs pour les époques pré et protohistoriques et d'autres techniques à partir de la période romaine, qui permettent la production de cylindres qui sont ensuite régularisés. Il apparaît qu'il y a certaines similitudes entre les techniques de fabrication des meules va-et-vient et des premières meules rotatives gauloises, témoignage probable du rôle qu'ont pu jouer les tailleurs de pierre dans la diffusion rapide des premières meules rotatives dans la moitié nord de la Gaule.

Mots clé: Meules va-et-vient, meules rotatives, ébauches de meules, carrières, chaîne opératoire.

En el Este de Francia se han documentado diversas moleras datadas entre el Neolítico y la Edad Media. El estudio de estas canteras y de los esbozos de los molinos permiten reconstituir las cadenas operatorias utilizadas. Este trabajo es completado por una serie de experiencias de fabricación de molinos de diferentes periodos (molinos y manos de molino neolíticos, molinos rotativos galos y romanos). De esta manera ha sido posible restituir una serie de cadenas operativas basadas en la formatación de bloques para las épocas pre- y protohistóricas y de otras técnicas a partir del periodo romano, que permiten la producción de cilindros que son seguidamente regularizados. Parecen documentarse algunas similitudes entre las técnicas de fabricación de los molinos a vaivén y los primeros molinos rotativos galos, probable testimonio del rol que pudieron tener los picapedreros en la rápida difusión de los primeros molinos rotativos en la mitad norte de la Galia.

Palabras clave: Molinos de vaivén, molinos rotativos, esbozos de molinos, moleras, cadena operativa.



Jaccottey 2013

1. Robbüsch (Allemagne), carrière de meules et molettes va-et-vient
2. Avrilly (France, Eure), atelier de fabrication de meules du début de l'époque romaine
3. Vauxrezis (France, Aisne), carrière de meules antiques
4. La Salle (France, Vosges), carrière des meules et molettes va-et-vient protohistoriques et rotives gauloises et antiques
5. Schweigmatt (Allemagne), carrières de meules rotatives gauloises et du début de l'époque romaine
6. Würenlos (Suisse, canton d'Argovie), carrière de meules rotatives antiques
7. Saint-Andeux (France, Côte d'Or), carrière de meules rotatives gauloises et antiques
8. Autun (France, Saône-et-Loire), atelier de fabrication de meules rotatives antiques
9. Saint-Emiland (France, Saône-et-Loire), carrière de meules rotatives gauloises et antiques
10. Tintry (France, Saône-et-Loire), carrière de meules rotatives gauloises et antiques
11. Collonge-en-Charollais, (France, Saône-et-Loire), carrière de meules rotatives antiques
12. Menotey (France, Jura), ébauchede meule antique
13. Offlanges (France, Jura), carrière de meules médiévales
14. Malange (France, Jura), carrière de meules et molettes va-et-vient néolithiques
15. Châbles (Suisse, Canton de Fribourg), carrière de meules rotatives antiques
16. Chavanne-le-Chêne (Suisse, Canton de Fribourg), carrière de meules rotatives antique
17. Claix (France, Charente), carrière de meules médiévales et modernes
18. Vic-le-Comte (France, Puy-de-Dome), carrière de meules modernes
19. Quaix-en-Chartreuse (France, Isère), carrière de meules médiévales
20. Saint-Gervais (France, Isère), carrière de meules médiévales
21. La Marèze (France, Tarn-et-Garonne), carrière de meules rotatives gauloises et antiques
22. Saint-Quentin-la-Poterie (France, Gard), carrière et ateliers de meules rotatives antiques
23. Agde (France, Hérault), carrière de meules rotatives protohistoriques et antiques
24. Le Boulou (France, Pyrénées orientales), carrières de meules médiévales

- Carrière de meules va-et-vient
- Carrière de meules rotatives à partir de blocs
- ◆ Atelier de fabrication de meules rotatives à partir de blocs
- Carrière de meules rotatives à partir de cylindres
- ◆ Atelier de fabrication de meules rotatives antiques

Figure 1. Carte des sites mentionnés.

La connaissance des outils de mouture est primordiale pour comprendre les sociétés anciennes dont l'économie est basée sur l'agriculture comme les populations depuis le Néolithique. L'étude des meules, de leurs formes, des matériaux dans lesquels elles sont façonnées, de leur diffusion tendent à se développer depuis quelques années. Mais les travaux portant sur les carrières et les modalités de fabrication de ces outils sont encore peu courants. Le travail novateur sur les carrières de meules antiques de Châbles en Suisse (Anderson et al. 2003) avec le dessin systématique des ébauches et l'étude de la diffusion des meules sur l'ensemble du territoire helvétique reste un exemple malheureusement isolé. Ces études sont pourtant primordiales pour comprendre à la fois le rôle des outils de mouture dans la société, mais aussi l'évolution des techniques de fabrication.

Depuis plusieurs années des prospections et des fouilles ont permis de retrouver des carrières de meules néolithiques, protohistoriques, romaines et médiévales dans l'est de la France. La fouille et l'étude de certaines d'entre elles permettent de préciser les chaînes opératoires de fabrication. Des travaux de restitution de ces meules ont également été conduits pour préciser ces chaînes opératoires et tenter de les comparer. A partir de ces travaux, nous tenterons de retrouver la succession des différentes chaînes opératoires observées dans l'est de la France et de les comparer aux observations qui ont pu être faites sur d'autres sites.

Nous présenterons successivement ces fouilles et prospections, puis les expériences de fabrication des meules, avant de les comparer aux autres exemples connus essentiellement en France et en Suisse. La reconstitution des chaînes opératoires depuis les meules et les molettes va-et-vient du Néolithique et de la Protohistoire, jusqu'aux meules rotatives médiévales devra permettre de mieux comprendre l'évolution des outils de mouture et de leurs techniques de fabrication.

Les carrières étudiées

Les carrières de meules et molettes néolithiques en grès de la Serre

Des carrières de meules néolithiques en grès ont été découvertes lors de prospections systématiques dans le massif de la Serre (Jura, France) sur la commune de Malange (figure 1, n° 14). Les fouilles ont été menées en juin 2006 (Jaccottey et Milleville 2007 et 2010)

Les carrières se répartissent à la base d'une pente (figure 2b, mi 1 et mi 2), en contrebas de carrières médiévales à contemporaines (figure 2b, c1 à c15), de grandes tranchées d'extraction (figure 2b, tr. 1 à tr. 11), et de deux cavités (figure 2b, ur. 1 et ur. 2) creusées dans la seconde moitié du xx^{ème} siècle pour extraire de l'uranium.

Il s'agit de deux dépressions ovalaires, de 12 à 18 m de long pour 7 à 13 m de large, qui sont peu profondes (0,5 à 0,8 m). Elles sont creusées à flanc de coteau et à l'avant de celles-ci se trouve une zone de rejet de blocs qui s'étale en cône dans la pente. Le mobilier découvert provient exclusivement des ces zones de rejet. En dehors des déchets de taille

qui sont très abondants, le mobilier est très pauvre : 7 ébauches et 4 percuteurs sur les deux carrières (1 autre ébauche a été retrouvée hors des carrières). Des extractions de blocs dans des minières situées dans ou à la base de cônes d'éboulis semblables à Malange sont rarement repérées : dans le massif de l'Eifel, des extractions de ce type situées dans ou à la base des éboulis ont été repérées à Roßbüsch sur la commune d'Oberittingen (figure 1, n° 1) (Hörter 1994: 14 et 107).

Les dimensions mesurées ou estimées des ébauches découvertes à Malange sont comprises entre 17 et 23 cm de long pour les molettes et 33 et 47 cm pour les meules, la largeur des molettes étant comprise entre 13 et 17 cm, celle des meules entre 24 et 34 cm. Les similitudes à la fois morphométriques et typologiques incitent à rapprocher ces ébauches du matériel de mouture du Néolithique final (Jaccottey et Milleville 2010).

Les ébauches récoltées montrent que l'ensemble des pièces a été mis en forme sur place par des enlèvements d'éclats, dont nous avons retrouvé un nombre important dans les zones de déblais. Les négatifs de ces enlèvements sont visibles sur le pourtour de l'ensemble des pièces. Ces enlèvements visent à donner sa forme générale à l'outil. Il s'agit d'éclats souvent assez trapus de 5 à 10 centimètres de côtés, qui ont été détachés depuis la future surface active de la pièce (figure 1e). Le dos des molettes est également aménagé avec soin, afin de donner à la future pièce une section qui soit facilement prise en main. Pour les meules, le problème est différent, car seule la stabilité de la pièce va être recherchée. Le dos de la pièce peut donc être aménagé de façon relativement sommaire et être en grande partie naturel.

Les carrières de meules rotatives de l'oppidum de Bibracte et de l'agglomération antique d'Autun

Le travail réalisé depuis quelques années a permis d'étudier plus de 300 meules découvertes sur l'oppidum de Bibracte et 136 meules autunoises, ce qui permet de disposer d'un corpus de plus de 400 meules, pour une période comprise entre La Tène D1 et la fin de l'antiquité. Les données acquises sont importantes, notamment sur l'origine des matières premières: les grès sont majoritairement employés. En dehors de ce type de roche, les autres meules sont essentiellement fabriquées dans une roche particulière appelée vaugnérîte. Des prospections, en cours, effectuées dans toute la région permettent d'ores et déjà de recenser toute une série de carrières qui ont été exploitées pour la production des meules de la fin de l'âge du Fer (Bibracte) et de l'époque romaine (Autun).

Les carrières de Saint-Andeux (figure 1, n° 7 et figure 3a) correspondent à un vaste secteur d'exploitation de vaugnérîte pour la production de meules rotatives (étude en cours L. Jaccottey et V. Farget). Les travaux de terrain ont permis de retrouver deux zones de carrières liées à la production de meules gauloises et antiques dont une au nord de la forêt et une dans le « Bois de Joux ».

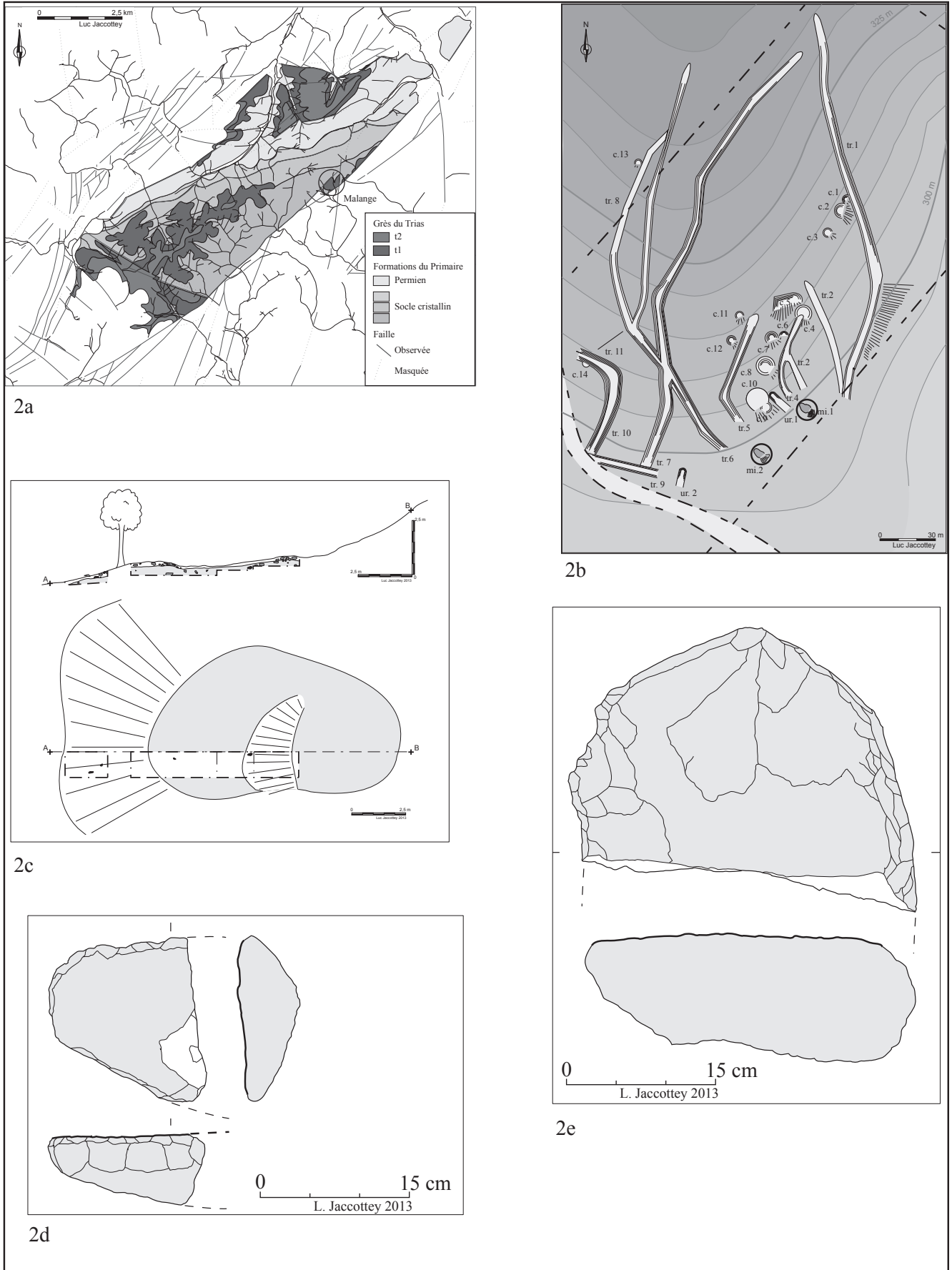


Figure 2. Les minières néolithiques du Massif de la Serre.

2a. Localisation des carrières de Malange sur la carte géologique du Massif de la Serre.

2b. Plan général des carrières de Malange.

2c. Plan et coupe de la minière 2.

2d. Ebauche de molette.

2e. Ebauche de meule.

Les observations réalisées sur les carrières du nord de la zone boisée permettent de mettre en évidence cinq vastes carrières. Elles ont été exploitées en vue de produire des meules antiques à main et de grand diamètre. A partir de blocs, des cylindres sont créés par épannelage avec une chasse (figure 4, Saint-Andeux meule 046), puis régularisés à la broche (figure 4, Saint-Andeux meule 057). La dernière phase vise à terminer la meule (création du bandeau, creusement de l'œil du catillus...) (figure 4, Saint-Andeux meules 127 et 122). Cette chaîne opératoire est similaire à celle déjà décrite sur d'autres sites antiques, comme celui du « *Portus* » à Collonge-en-Charollais (Jaccottey *et al.* 2011a).

Douze carrières ont été identifiées dans le « *Bois de Joux* » (figure 3b), avec d'une part, de petites excavations (moins de 10 m de diamètre) peu profondes (inférieure à 1 m), et d'autre part des carrières plus vastes (25 à 40 m) et plus profondes (3 à 7 m). Les ébauches retrouvées provenant de ce secteur, correspondent aux principaux stades de fabrication des meules, mais l'œil des meta ainsi que la perforation latérale du catillus ne sont pas réalisés. Certaines ébauches pourraient correspondre à des meules de la fin de la période gauloise ou du début de l'antiquité, alors que d'autres semblent se rapporter à la période antique. Les premières proviennent essentiellement des petites carrières, alors que les secondes ont été découvertes dans les excavations plus larges. Il pourrait s'agir du premier exemple connu, où il serait possible d'identifier des carrières de la fin de la période gauloise ou du début de l'Antiquité, à côté d'autres carrières antiques plus récentes.

L'étude des carrières et des ébauches du « *Portus* » à Collonges-en-Charollais (Jaccottey *et al.* 2011) a mis en évidence une petite exploitation meulière en lien avec une agglomération antique. Les ébauches taillées grossièrement par épannelage à partir de blocs au niveau des carrières, sont ensuite achevées dans l'agglomération antique. Le secteur du « *Bois des Mouilles* » à Saint-Emiland (figure 1, n° 9 et figure 3a) livre plusieurs zones de carrières, accompagnées de nombreuses ébauches de meules façonnées par épannelage comme celles de Saint-Andeux. Les premières observations réalisées sur ces ébauches montrent que la majeure partie d'entre elles peut être rattachée de manière large à la fin de la période gauloise et à l'époque romaine. D'autres ébauches similaires ont été identifiées sur la commune de Tintry au « *Hameau de Fangy* » (figure 1, n° 10 et figure 3a) et leur étude est programmée.

Indice d'extraction antique dans le massif de la Serre

Les carrières de meules antiques qui ont existé dans le Massif de la Serre, ont été détruites par les exploitations plus récentes qui ont duré jusqu'au début du xx^e siècle (Feuvrier 1920). Les prospections ont cependant permis la découverte d'une ébauche de meule à Menotey (figure 1, n° 12) dans les déblais de carrières récentes. La présence d'encoches sous la future meule permet (figure 4, Forêt de la Serre, Menotey) de reconstituer une partie de la procédure

d'extraction : une tranchée annulaire est réalisée pour produire des blocs cylindriques dont le diamètre est proche de la future meule, le décollement de l'ébauche se faisant au moyen de pics ou de barres métalliques introduits sous la meule pour faire levier. Les flancs de l'ébauche conservent les traces d'outils verticales dues au détournement du cylindre.

Les carrières médiévales en grès de la Serre

Les textes médiévaux mentionnent plusieurs carrières dans la Serre, entre 1371 et 1475 (Theurot 1998 : 214 et 215). Plusieurs zones d'extraction ont été retrouvées sur les formations gréseuses et l'une d'elles a été fouillée sur la commune d'Offlanges (figure 1, n° 13) (Jaccottey 2008). Cette carrière a permis l'extraction d'au maximum une vingtaine de meules (figure 5b). Elle se développe essentiellement sur un plan horizontal, les alvéoles ne dépassant que rarement les deux ou trois meules extraites. Comme de nombreuses autres petites carrières, elle est située en bordure du plateau gréseux. Il s'agit d'une exploitation limitée dans le temps et l'espace, et non d'une grande carrière exploitée sur une longue durée.

Après avoir tracé sur la roche le pourtour de la meule à l'aide d'un compas, ou plus simplement d'un charbon de bois placé au bout d'une ficelle, une tranchée annulaire à parois verticales était ouverte avec un pic de carrier. Un premier segment est creusé dans un sens, puis un second segment dans le sens inverse rejoint le premier. Les traces d'outils permettent de mettre en évidence que cette tranchée est creusée par passes successives de 0,5 à 1 cm d'épaisseur. A chaque passe, deux sillons parallèles sont creusés de part et d'autre de la tranchée, avant de supprimer la partie centrale résiduelle.

Les expériences de fabrication de meules

Plusieurs expériences de fabrication de meules ont été conduites suite à ces fouilles. Chacune de ces expériences, dont certaines sont encore en cours, concerne un type de moulin différent, avec des chaînes opératoires et des outils différents. C'est pourquoi nous avons préféré utilisé le terme d'expérience, plutôt que celui d'expérimentation car la méthode expérimentale est une méthode scientifique qui vise à vérifier des hypothèses à partir d'une succession d'expériences répétées ce qui n'est pas le cas ici. Ces diverses expériences seront publiées individuellement avec l'ensemble des données acquises qui seront comparées aux résultats des opérations archéologiques : l'expérience de fabrication de meules et molette va-et-vient sera présentée dans les actes de la Table Ronde de Reims (Jaccottey et Hamon, à paraître) alors que l'extraction de cylindres sera présentée dans la monographie des moulins de Thervay (Rollier *dir.*, à paraître). Au sein du Programme Collectif de Recherche « *Evolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français* » (coordination C. Hamon et L. Jaccottey), un protocole a été fixé

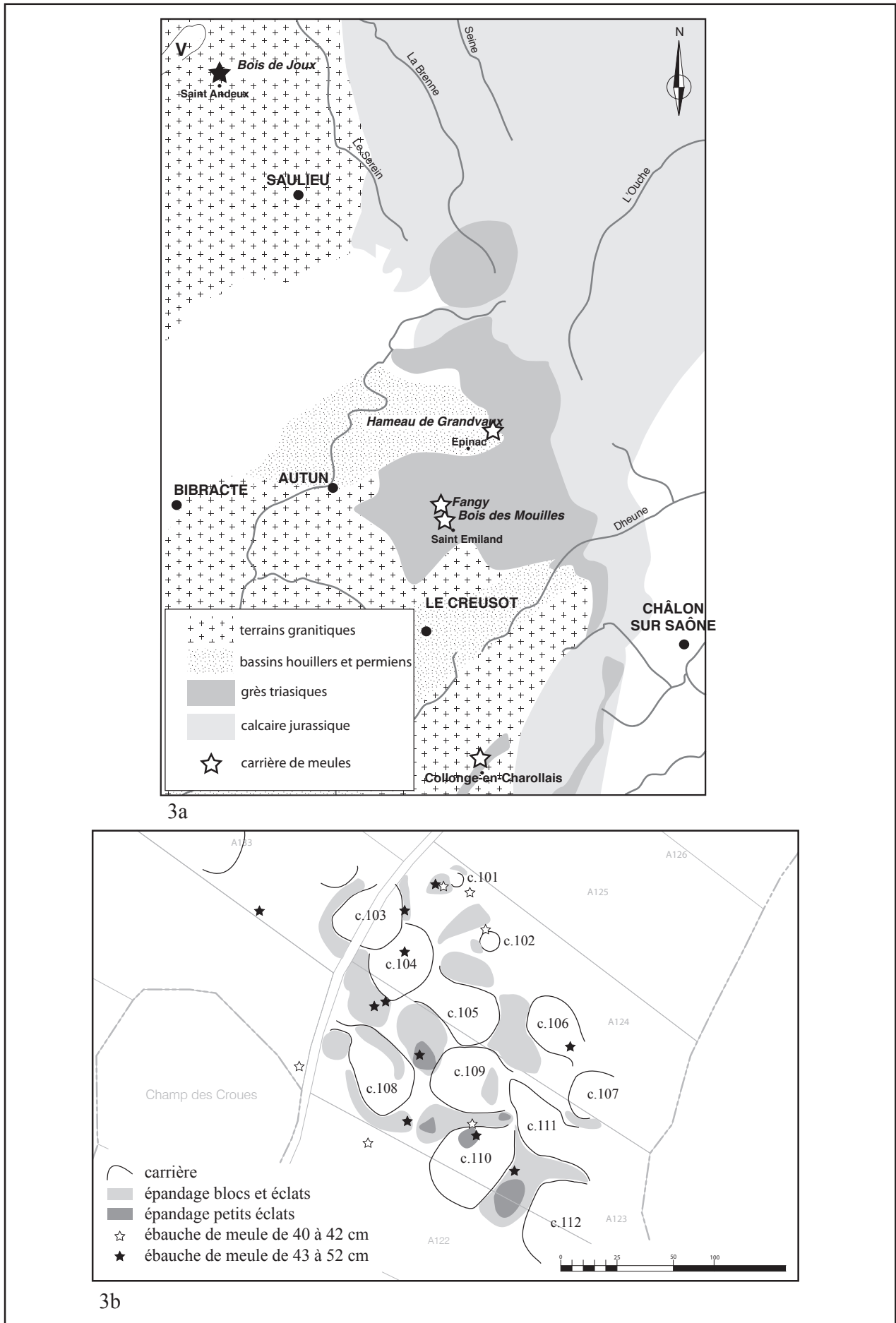


Figure 3. Les carrières de la région de Bibracte et d'Autun.
 3a. Localisation des carrières de meules de Bibracte et d'Autun.
 3b. Plan des carrières du «Bois de Joux» à Saint-Andeux.

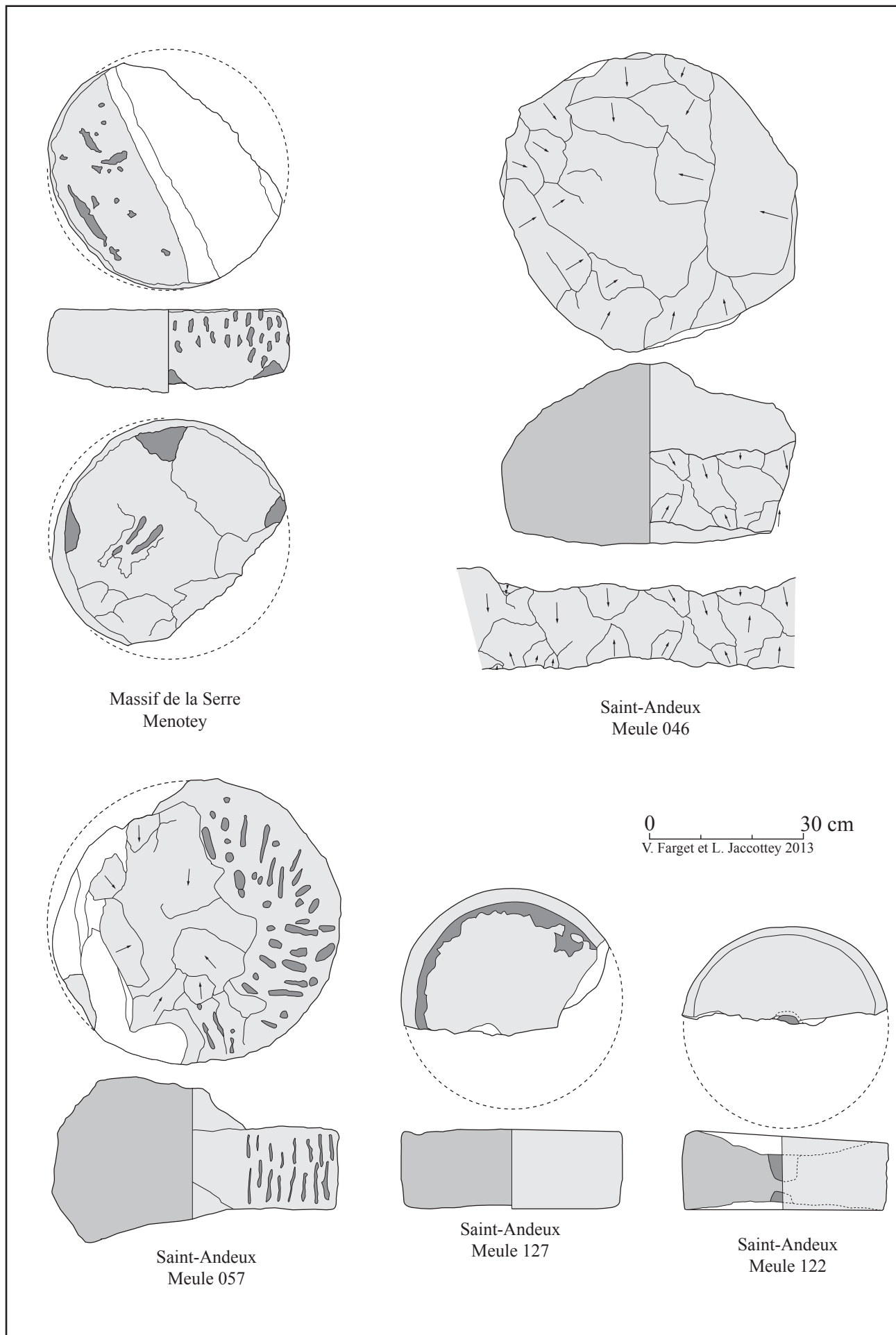


Figure 4. Exemples d'ébauches antiques.

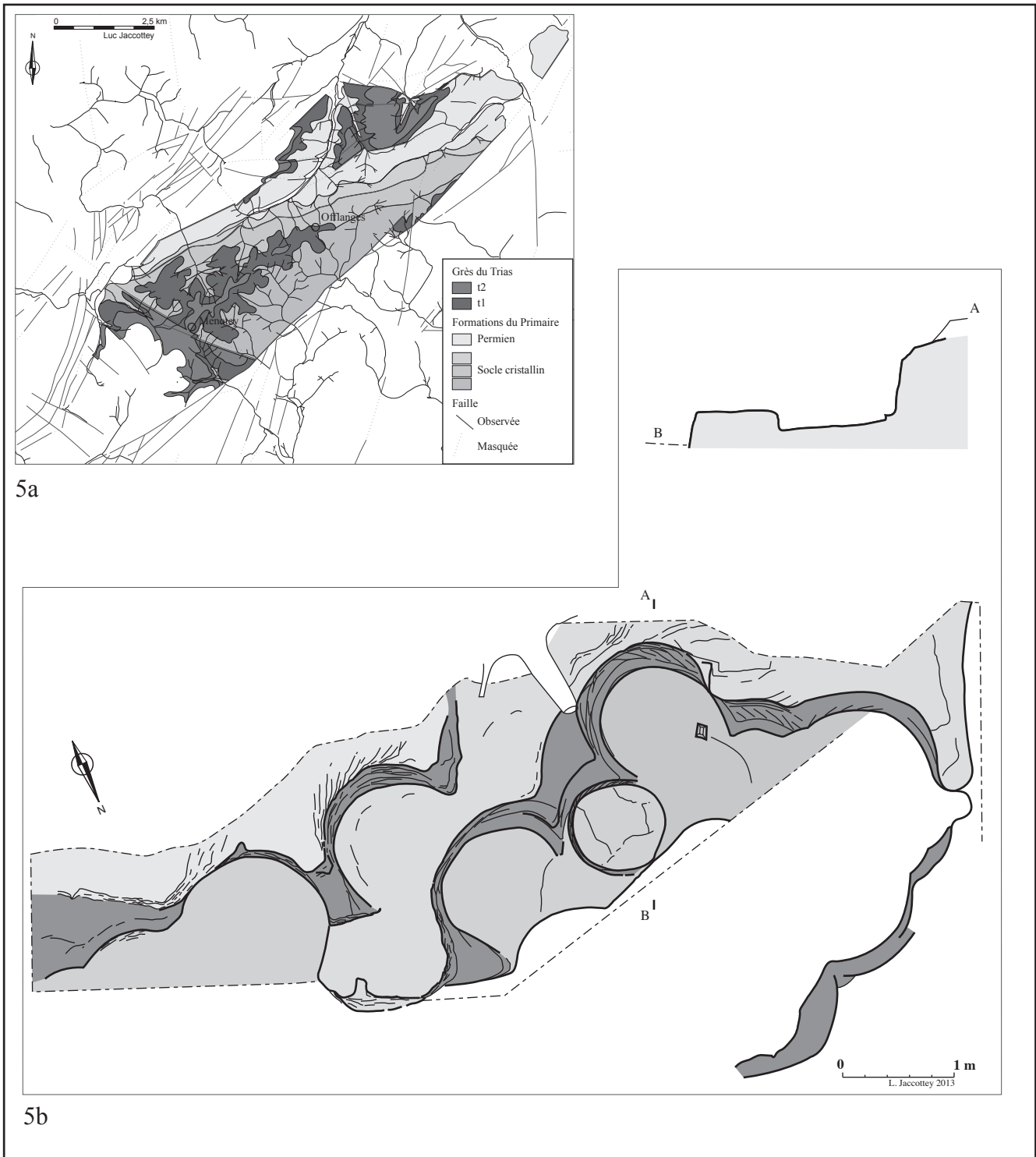


Figure 5. Les carrières médiévales d'Offlanges.

5a. Localisation de l'ébauche antique de Menotey et des carrières médiévales d'Offlanges sur la carte géologique du Massif de la Serre.

5b. Plan et coupe de la carrière médiévale d'Offlanges.

permettant une homogénéisation des procédures et des relevés, afin de pouvoir comparer efficacement les différentes réalisations de moulins. Les objectifs sont notamment d'observer les traces laissées par la taille, de tenter une estimation des temps et des phases de travail, de récupérer les éclats de taille, les hiérarchiser, les dessiner et les rendre comparables avec ceux découverts en fouilles. Il est ainsi défini, une série d'étapes pour la réalisation des meules.

- Tout d'abord, il faut définir le type de moulin (va-et-vient, rotatif,...) et faire un dessin technique des deux éléments du moulin, pour le tailleur de pierre en fonction des exemples archéologiques et proposer une chaîne opératoire basée sur les observations archéologiques.
- Il faut ensuite prélever le bloc : ramassage opportuniste de bloc, extraction de bloc ou extraction directe en cylindre.

- L'étape de taille va jusqu'à la finition et l'habillage de la surface active. Pendant ce temps, il est nécessaire d'enregistrer les différentes séquences, d'étudier les traces en fonction des outils (Bessac 1986) et les gestes (Leroi-Gourhan 1943), d'étudier les résidus (éclats, ébauches brisées) et production (ébauches aux différents stades de fabrication), et d'isoler les déchets de taille pour chaque phase afin de les étudier.
- Enfin, il faut apparier les meules du couple et ajouter les pièces de connexion et d'appariement du moulin.

La fabrication de meules et molettes néolithiques en grès de la Serre

Menée en 2009 et 2010, cette expérience avait deux objectifs complémentaires. Le premier était de retrouver les gestes et les techniques d'extraction mises en œuvre lors de l'ouverture des minières ; le second d'essayer de fabriquer —à partir des blocs extraits— des meules et des molettes va-et-vient.

Le creusement de minières à la base des éboulis sableux de la Serre a été réalisé avec des pics courts en bois, ou en bois de cerf (figure 6a). Les sédiments peuvent être ensuite évacués au moyen de grandes pièces de tissu ou de peau sur lesquels ils auront été poussés. Avec cette technique, il est possible d'extraire de 0,6 à 0,8 m³ de sédiment par heure de travail et donc d'ouvrir des minières comparables à celles fouillées en 1 à 3 journées de travail pour une équipe de deux personnes. Ce qui permet d'extraire une petite vingtaine de blocs exploitables pour la fabrication de meules et de molettes.

Pour la taille des ébauches, les perceurs sous forme de galets en quartz ou quartzite ont été privilégiés. Les perceurs ont été employés à une main (poids de 800 à 1200 grammes) ou à deux mains (de 3 à 4 kilogrammes) pour le façonnage (figure 6b) et le bouchardage. Les stigmates étant différents pour les deux opérations. La chaîne opératoire (figure 6c) a pu être divisée en plusieurs phases avec tout d'abord le ramassage et le tri des blocs, puis une mise en forme qui se fait parfois au perceur à deux mains qui est cause de nombreuses fracturations, puis le façonnage qui est surtout important, tout comme la finition, pour les ébauches de molettes afin de permettre une parfaite prise en main. Enfin, pour terminer, le bouchardage de la surface active qui est plus important (en raison de la dimension) pour une meule que pour une molette. Au total, le temps de travail passé lors de la fabrication, avec une moins bonne maîtrise des techniques par les tailleurs qui ont réalisé l'expérience, peut être estimé entre 2 et 3 heures pour la fabrication d'une meule, et entre 1 et 2,5 heures pour une molette.

La fabrication de meules rotatives gauloises en grès des Vosges et en vaugnérîte

Deux expériences de fabrication de moulins rotatifs sont en cours. Ce travail n'est pas achevé, notamment en raison du bris de l'une des meules lors de la taille.

Il sera poursuivi en 2014 et l'exploitation scientifique des données (temps par phase, usure des outils, étude des déchets,...) sera conduite à ce moment. Il s'agit donc d'une présentation provisoire des premières observations qui ont été réalisées.

La première phase a consisté à éliminer toutes les parties de roche abimées ainsi que les excroissances susceptibles de gêner la taille. Une fois ce « nettoyage » achevé, le contour de la future meule a été tracé sur le bloc.

La mise en forme est réalisée avec une chasse (outil à percussion posée, utilisée avec un perceur, composé d'une tige et d'une extrémité de section rectangulaire et taillée en biseau pour être utilisée comme tranchant). L'épannelage vise à créer un cylindre par l'enlèvement d'éclats, il est dans un premier temps conduit depuis la face supérieure du bloc. L'utilisation de la chasse engendre le détachement de larges éclats sur tout le pourtour de la pièce (figure 7a).

Dans un second temps, la réalisation du cylindre se poursuit avec l'utilisation d'une broche (outil à percussion posée utilisée avec un perceur, composé d'une tige et d'une extrémité pointue). Cet outil, permet de poursuivre le travail plus en profondeur et de faire une première régularisation des futurs flancs de la meule. Les éclats détachés par l'utilisation de la broche, sont de petites dimensions et tranchent très nettement de ceux obtenus avec la chasse. Ce type d'éclats semble similaire à ceux qui ont été découverts dans plusieurs zones des carrières de Saint-Andeux. Cette première phase du travail crée un bourrelet en partie basse du flanc ; il est alors nécessaire de retourner le bloc et de reprendre l'épannelage depuis l'autre face, en commençant par un travail à la chasse, puis à la broche. C'est lors de cette phase que l'une des ébauches s'est brisée en raison d'une zone altérée.

Une fois le cylindre réalisé, les faces supérieure et inférieure sont ensuite aménagées d'abord par un épannelage avec une chasse depuis les flancs puis par un travail à la broche.

Une autre option possible, aurait été de réaliser, dans un premier temps, l'épannelage à la chasse depuis les deux faces de la future meule, puis des deux faces de l'ébauche, avant de régulariser les flancs et les différentes face à l'aide d'une broche. Cette technique nécessite plus de manipulation du bloc d'origine, mais permet d'éliminer rapidement un bloc si certaines parties sont fragilisées comme nous en avons fait l'expérience. Ainsi, l'épannelage le plus grossier qui permet de détacher des éclats plus gros, et présente le plus de risque de voir la meule se briser est concentré dans une première phase. Cette technique est similaire à celle observée sur les sites du « *Portus* » à Collonges-en-Charollais et de Saint-Andeux.

L'expérience devra être poursuivie, avec l'aménagement des surfaces actives, de la concavité du catillus, puis le percement des œils des deux pièces et de l'emplacement du manchon latéral. Il sera alors possible d'exploiter toutes les données scientifiques de cette expérience pour pouvoir confronter les ébauches et les éclats à ceux retrouvés dans les carrières.

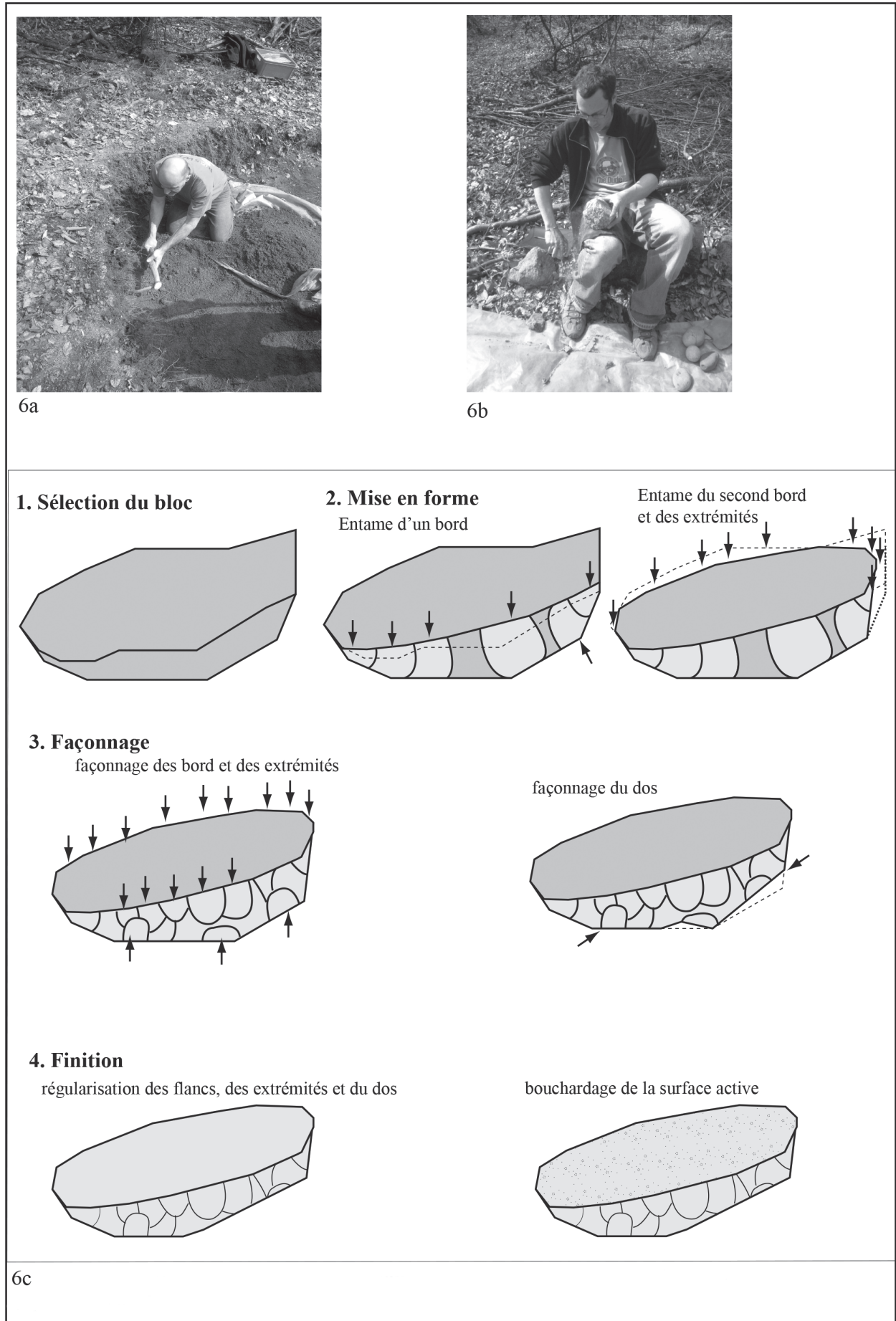


Figure 6. Expérience de fabrication de meules et molettes va-et-vient en grès de la Serre.

6a. Creusement au pic en bois de cerf (cliché L. Jaccottey).

6b. Mise en forme d'une molette en grès au percuteur en pierre (cliché L. Jaccottey).

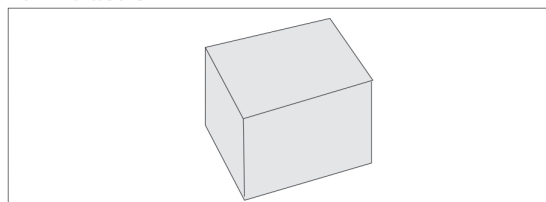
6c. Proposition de chaîne opératoire de fabrication des molettes en grès de la Serre à partir des ébauches de Malange.



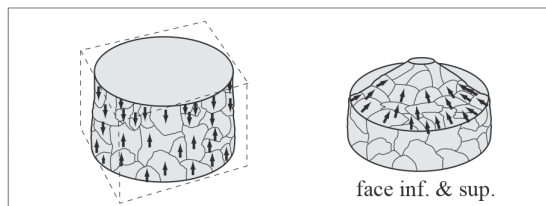
7a

7b

1. Extraction



2. Mise en forme

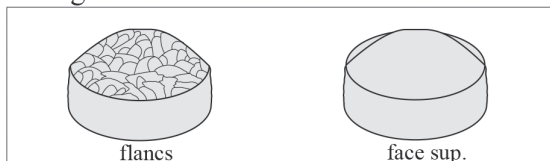


aménagement face inf.



mise en forme surface active

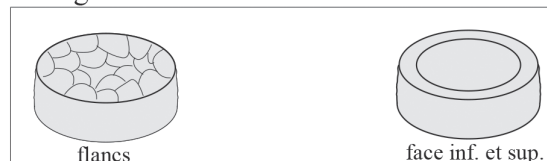
3. Régularisation



flancs

face sup.

3. Régularisation



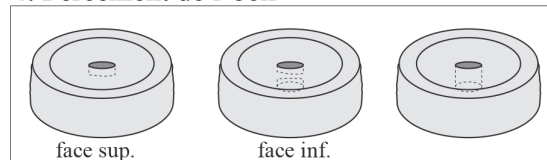
flancs

face inf. et sup.

4. Marquage de l'oeil



4. Percement de l'oeil



face sup.

face inf.

7c

Figure 7. Expériences de fabrications de meules rotatives à partir de blocs.

7a. Mise en forme des flancs d'une meule rotative en vaugnérite (cliché L. Jaccottey).

7b. Ebauche de meule rotative en grès des Vosges en cours de mise en forme (cliché L. Jaccottey).

7c. Proposition de chaîne opératoire de fabrication des meules rotatives à partir de bloc.

L'expérience d'extraction directe de cylindres en grès de la Serre

Suite aux travaux du TGV Rhin-Rhône, des fouilles archéologiques ont permis de découvrir un moulin à eau du XII^e siècle sur la commune de Thervey dont une maquette à l'échelle ½ a été réalisée.

Il a été décidé que les meules seraient réalisées suivant des méthodes de travail antiques et médiévales dans le matériau utilisé sur le site, c'est-à-dire le grès de la Serre. Sur le site de Thervey, plusieurs meules ont un diamètre d'environ 96 cm. Nous avons choisi cette dimension pour la réalisation de la maquette, divisée par 2, soit un diamètre de 48 cm. Ce diamètre correspond à celui des meules rotatives manuelles antiques. L'extraction de cylindres de 48 cm de diamètre peut donc s'apparenter à l'extraction de cylindre ou extraction directe qui est connue dans la Serre pour l'Antiquité.

Cette première extraction directe de cylindres d'environ 48 cm de diamètre a permis de valider en grande partie la chaîne opératoire qui avait été proposée à l'issu des fouilles de carrières médiévales d'Offlanges (figure 8c). Après le choix d'une zone et le nettoyage de celle-ci, le traçage du pourtour de la meule est effectué. Dans un second temps l'ouverture de la tranchée de détournement est réalisée en créant trois saignées parallèles au pic de carrier sur le pourtour de la future meule (figure 8a). Les bourrelets situés entre les saignées sont ensuite supprimés au pic. Cette opération est renouvelée une demi-douzaine de fois jusqu'à ce que la tranchée de détournement ait une profondeur suffisante. Pour préparer le décollement de la meule, une gorge est creusée sous celle-ci à la base de la tranchée de détournement. Quelques encoches sont également aménagées au niveau de la gorge. Le décollement se fait au pic, en frappant à la base de la meule, au niveau de la gorge, sur tout le pourtour de celle-ci (figure 8b). Le cylindre extrait conserve à sa base les traces des encoches réalisées, à l'image de celles observées sur l'ébauche découverte dans le massif de la Serre. Sur les flancs de larges traces obliques résultant de la réalisation de la tranchée sont encore visibles. Celles observées sur l'ébauche antique évoquent plus les traces obtenues avec un pic à manche court produite expérimentalement dans les carrières de Hyllestad en Norvège.

L'utilisation du pic de carrier pour l'ouverture de la tranchée de détournement et pour le décollement de la meule est confirmée. En revanche, pour l'époque antique, il est possible de proposer une technique un peu différente avec ouverture de la tranchée de détournement avec un outil à manche court comme un têtou.

Au total, deux jours de travail sont nécessaires pour l'obtention d'un cylindre. La majeure partie du temps est consacrée à l'ouverture de la tranchée de détournement. A titre de comparaison, l'expérience réalisée par Tim Anderson pour l'extraction directe de cylindres en calcaire coquillier en vue de l'obtention de deux meules de 42 cm de diamètre par deux tailleurs de pierre a été réalisée en deux jours (Anderson et al. 2003, p. 47), les temps de travail semblent donc relativement proches entre ces deux expériences. L'usure et l'entretien des outils n'ont pu être abordés

que de manière succincte, mais il apparaît que les outils s'émousent très vite et qu'au minimum un affûtage régulier, et plus probablement un forgeage, est nécessaire sur place.

Après l'extraction, la mise en forme des meules a été réalisée en atelier et certaines parties de la chaîne opératoire (perçement de l'œil,...) n'ont pas pu être respectées afin de pouvoir réaliser la maquette dans les temps souhaités.

Synthèse et comparaisons

Ces différentes études amènent toute une série d'observations sur les productions de meules depuis le Néolithique jusqu'au Moyen-âge pour le centre est de la France. Dans tous les cas, le recours à des expériences de fabrication de meules permet de confirmer et de préciser les chaînes opératoires proposées à l'issue des prospections ou des fouilles qui ont été menées.

Les productions de meules et de molettes va-et-vient néolithiques en grès de la Serre sont façonnées à partir de blocs. Ceux-ci sont ensuite épannelés au percuteur pour leur donner leur forme générale. Puis ils sont régularisés, avant que le couple soit apparié et que les surfaces actives soient aménagées. Cette chaîne opératoire est similaire à celle proposée pour les outils de mouture du Néolithique ancien dans le bassin parisien, notamment à partir de restitutions expérimentales (Hamon 2006: 76 à 79).

L'étude des carrières des « Fossottes » sur la commune de la Salle (figure 1, n° 4) dans les Vosges (Farget 2006) a permis de mettre en évidence une chaîne opératoire pour le Hallstatt et le début de La Tène, où le bloc extrait est d'abord façonné depuis la surface active, avant que le dos ne soit mis en forme, puis la pièce régularisée.

Toujours pour les meules et les molettes va-et-vient, cette chaîne opératoire est actuellement en vigueur au Mali (Hamon et Le Gall 2011), où après abatage des angles, les flancs sont épannelés à partir de la surface active, puis du dos avant de supprimer le bourrelet dorsal, puis de rectifier par retouches les arrêtes de la surface active. La régularisation des flancs et l'avivage de la surface active sont ensuite réalisés.

Il serait possible de multiplier les exemples, notamment à partir des nombreuses pièces achevées, qui n'ont pas été intégralement martelées ou bouchardees et qui conservent toujours les stigmates du façonnage. Ce type de chaîne opératoire apparaît comme étant le plus couramment employés pour le façonnage des meules et des molettes va-et-vient depuis le Néolithique.

C'est sensiblement la même chaîne opératoire qui est mise en œuvre dans les carrières bourguignonnes qui ont approvisionné les sites de Bibracte et d'Autun pour la fin de l'époque gauloise et la période romaine. Les blocs sont d'abord mis en forme par épannelage depuis les deux faces, ce qui se traduit par le détachement de grands éclats ; puis une fois le cylindre obtenu, il est régularisé avant l'aménagement du bandeau, de la cuvette et le perçement de l'œil.

Cette technique est identique à celle décrite pour les productions de meules rotatives, essentiellement

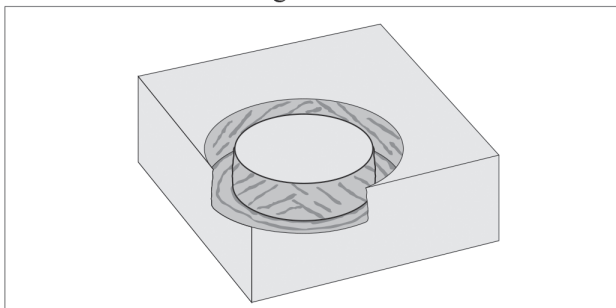


8a

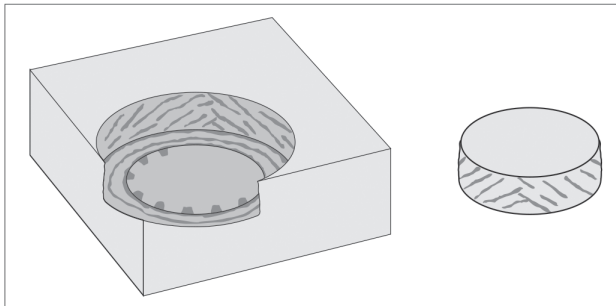


8b

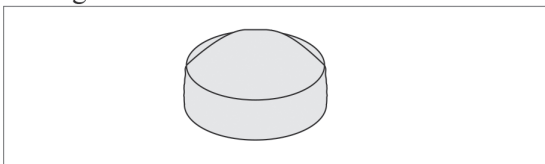
1. Extraction : détourage



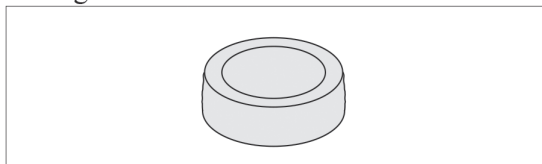
2. Extraction : décolement



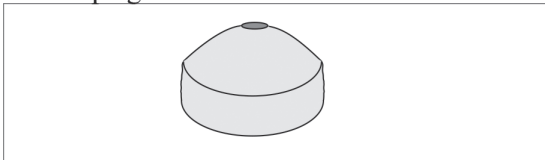
3. Régularisation



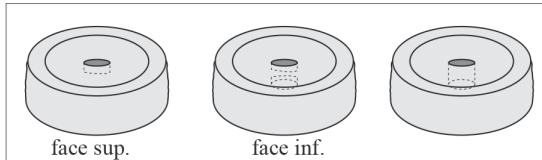
3. Régularisation



4. Marquage de l'oeil



4. Percement de l'oeil



8c

Figure 8. Expériences de fabrications de meules rotatives à partir de cylindres.

8a. Création de la tranchée de détourage au pic de carrier (cliché L. Jaccottey).

8b. Décollement de l'ébauche (cliché L. Jaccottey).

8c. Proposition de chaîne opératoire de fabrication des meules rotatives en extraction directe.

gauloises, des carrières de La Salle (figure 1, n° 4) (Farget 2006; Farget et Fronteau 2011).

Sur le site d'époque augustéenne d'Avrilly (figure 1, n° 2), l'étude détaillée des ébauches de meules rotatives et des éclats en poudingue permet de décrire une chaîne opératoire qui débute par la « *mise en forme* » de blocs depuis la périphérie pour leur donner une forme grossière de demi-sphère. La phase de « *préforme* » consiste à poursuivre le détachement d'éclats depuis le pourtour en percussion indirecte. Le « *creusement d'une gorge périphérique* » est réalisé pour préparer l'enlèvement de la partie centrale de la surface active du catillus ou de la meta. Enfin, la future meule est entièrement régularisée (« *finition* ») avant que l'œil ne soit perforé (« *perforation* ») (Guillier et al. 2005). Au Royaume-Uni, la production de meules en poudingue du début de l'époque romaine (Green 2011) se caractérise par le découpage de blocs allongés pour en faire des tranches, qui sont ensuite épannelées par un détachement de larges éclats depuis la périphérie pour donner à l'ébauche une forme de demi-sphère qui est ensuite régularisée avant perçement de l'œil (Peacock 2013: 143). Les productions de meules en brèche siliceuse rouge de Schweigmatt (figure 1, n° 5), à la fin de l'âge du Fer et au tout début de l'époque romaine (Joos 1975), sont basées également sur une exploitation de blocs qui sont épannelés. C'est également le cas sur le site de la Marèze (figure 1, n° 21) où les meules rotatives protohistoriques et antiques sont produites par « *des enlèvements bifaciaux, centripètes et des enlèvements abrupts, opposés* » avant d'être régularisé (Servelle 2011: 160).

Il est intéressant, ici, d'observer que même si la forme des outils évolue, depuis les meules et les molettes va-et-vient vers les meules rotatives, les techniques de fabrication de ces outils restent les mêmes. Ces productions sont issues de blocs qui sont mis en forme par enlèvements d'éclats, depuis les faces supérieures et inférieures, puis sont régularisées.

Le site d'Avrilly est daté de la période augustéenne. Les meules en brèche de Schweigmatt sont produites à la fin de La Tène et au début de l'époque romaine. C'est également, au 1^{er} siècle de notre ère que sont exploitées les meules en poudingue du Royaume-Uni. En revanche, les productions de meules en vaugnélite de Saint-Andeux existent depuis la période gauloise et perdurent pendant toute l'Antiquité. Les rhyolites de La Salle, comme les conglomérats de la Marèze ont également été en exploitation à la fin de l'âge du Fer et durant la période romaine.

En revanche, la technique d'extractions du cylindre préfigurant une meule antique dans le massif de la Serre est totalement différente. Dans ce cas, le tailleur de pierre ne part pas d'un bloc qui est ensuite mis en forme, mais il extrait un objet préformé qui lui reste à régulariser.

Cette chaîne opératoire est similaire à celle observée et décrite dans le détail dans la petite carrière antique suisse de Châbles (figure 1, n° 15) où ont été produites près de 450 meules rotatives à main en grès coquillier. La première étape consiste à déterminer l'emplacement du futur cylindre qui est positionné en bordure du bloc afin d'économiser le travail, puis

l'extraction du cylindre débute en creusant une tranchée courbe au pic ; l'exigüité de la tranchée oblige le carrier à ouvrir un premier segment dans un sens, puis un second dans l'autre sens. Le creusement est réalisé avec la technique dite « *des trois passes* », consistant en créer avec le pic une saignée de part et d'autre de la tranchée, puis à supprimer le bourrelet résiduel. Le détachement du bloc, se faisait à l'aide d'un pic avec lequel une série de coups étaient donnés à la base du cylindre, sur la partie de la tranchée ouverte vers l'extérieur (Anderson et al. 2003: 49 à 51). Une série de 4 meules peut être extraite au même emplacement laissant des tubes verticaux dans la pierre. La régularisation des flancs et des faces du cylindre est réalisée directement dans la carrière à la broche, effaçant les traces obliques laissées par la réalisation de la tranchée de détournement. Les travaux de perforation du trou d'emmanchement et de l'œil sont vraisemblablement exécutés sur un autre lieu. La carrière de Châbles est exploitée à la fin du I^{er} siècle et au début du II^{ème} siècle de notre ère. A quelques kilomètres de Châbles, la carrière antique de Chavannele-Chêne (figure 1, n° 16) a produit près d'un millier de meules dans le même matériau (Anderson et al. 2003: 62 et 63). Toujours sur le territoire helvétique, la carrière antique de Würenlos (Doswald 1994) a livré le même type d'alvéoles (figure 1, n° 6).

L'extraction directe de cylindres est également reconnue dans le sud de la France dans les carrières de Saint-Quentin-la-Poterie (figure 1, n° 22) qui ont été exploitées du début du V^e siècle au courant du VI^e de notre ère (Longepierre 2013). Les tubes observés peuvent atteindre jusqu'à 2,5 m, et produire plus d'une dizaine d'ébauches. Ceux-ci sont verticaux ou obliques, et dans certains cas horizontaux. Les cylindres extraits sont ensuite régularisés, effaçant les traces de pics visibles sur certaines alvéoles et les flancs d'une partie des ébauches présentes dans les carrières. Les éclats de dimension modestes provenant des ateliers de taille identifiés dans les habitats ruraux et villas de l'environnement proche de la carrière correspondent à cette phase du travail.

Les carrières de basalte d'« *Embonne* » à Agde (figure 1, n° 23) n'exploitent que les niveaux superficiels avec parfois des « *empreintes d'arrachement circulaire d'une quarantaine de centimètres* » (Garcia 1995: 26). Les productions sont datées entre le II^e siècle av. J.-C. et le Haut-Empire, toutefois, sans que les indices d'extraction directe soient datés. L'étude de l'inclinaison des flancs des meules issues de la carrière d'« *Embonne* » à partir du II^e siècle av. J. C. montre que ceux-ci sont légèrement rentrants, avec parfois la partie supérieure du flanc qui est verticale et la partie inférieure légèrement oblique. Cette observation conduit à proposer l'hypothèse que ces meules ont été produites à partir de cylindres directement extraits (Longepierre 2012: 109 et 110). Le même raisonnement est mené pour les meules en provenance du Massif Central / massif des Coirons à partir du I^{er} siècle av. J.-C. Toutefois, il a déjà été noté que les flancs des ébauches découvertes à Châbles sont régularisés à la broche (Anderson et al. 2003: 51). De la même façon, les traces d'outils observées sur le flanc de l'ébauche de meule antique découverte dans le massif de la Serre

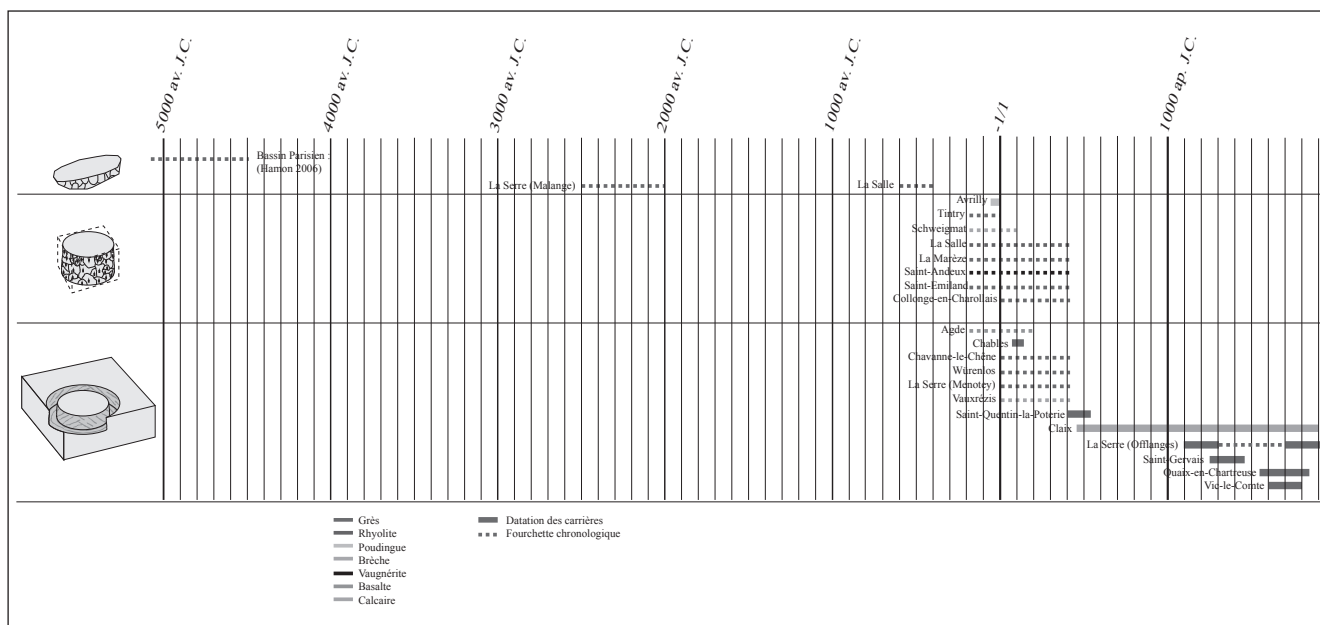


Figure 9. Chronologie des différents types d'extraction de meules.

ne sont pas présentes sur les meules achevées issue de ce massif, ce qui témoigne d'une régularisation du flanc. L'étude des ébauches issues d'un atelier de taille de meules manuelles à Autun (figure 1, n° 8) de la seconde moitié du 1^{er} siècle ap. J.-C. a montré que les flancs des meules étaient régularisés au sein de cet atelier (Jaccottey et Boyer 2012). Enfin, sur les 29 meules en vagnérite de Saint-Andeux étudiées à ce jour dans le corpus de Bibracte, plus de la moitié (17 pièces) possèdent un flanc oblique, alors que l'étude des ébauches au sein des carrières (cf. infra) a montré qu'elles étaient produites à partir de blocs. La régularisation des flancs, en même temps qu'elle efface les traces d'extraction, diminue le diamètre de la meule et peut supprimer l'inclinaison originelle du flanc. Il n'est donc pas possible de déduire le type d'extraction à partir de l'observation de produits dont les faces ont été intégralement retravaillées. La datation des indices d'extraction directe signalés dans la carrière d' « Embonne » est donc impossible et la fourchette d'incertitude reste donc comprise entre le 1^{er} siècle av. J.-C. et le Haut-Empire.

Un autre exemple, provient de la carrière de Vauxrezis dans l'Aisne (figure 1, n° 3), où l'étude des ébauches d'un diamètre de 50 et 51 cm permet de proposer une chaîne opératoire dans laquelle « le carrier élabore probablement une ébauche cylindrique directement sur le banc avant son extraction » (Robert et Landreat 2005: 110). Cet atelier de taille est daté de la période antique.

Cette technique, bien différente de la précédente, est également mise en œuvre pour la production de meules rotatives manuelles. Si les carrières de Châbles sont correctement datées (fin du 1^{er} siècle et début du 1^{er} siècle ap. J. C.) comme celles de Saint-Quentin-la-Poterie (v^e et vi^e siècles ap. J. C.), les datations précises des extractions d' « Embonne », de Vauxrezis et du massif de la Serre ne sont pas connues. Tout au plus, nous pouvons indiquer que

les dimensions des deux dernières permettent de les dater de la période romaine.

Cette technique de l'extraction directe de cylindre, employée durant l'Antiquité, est également employée lors de l'exploitation des carrières médiévales d'Offlanges. Plusieurs carrières similaires ont fait l'objet de fouilles récentes, à l'image de celle de Claix dans les Charentes (figure 1, n° 17) où les extractions s'échelonnent entre 460 et 800 après J.-C., pour les plus anciennes, et le début du 19^e siècle (Belmont 2011) et celle des « *Ecouges* » à Saint-Gervais (figure 1, n° 20) entre la fin du 13^e et le début du 15^e siècle (Belmont 2006) ainsi que dans les carrières modernes de Quaix-en-Chartreuse (figure 1, n° 19) (Belmont 2001). Sur le gisement des « *Molères* » sur la commune du Boulou (figure 1, n° 24) dans les Pyrénées, le décollement au pic en suivant le litage de la roche est attesté pour des meules de l'ordre d'un mètre de diamètre datées de l'époque médiévale (Martzluff *et al.* 2008, Martzluff 2009). Des alvéoles d'extraction similaires datées du 17^e ou du 18^e siècle ont été observées à Vic-le-Comte (figure 1, n° 18) au pied du Massif central (Cabezuelo 2006). Plus loin des productions de la Serre, les techniques d'extraction décrites sur les sites norvégiens de Hyllestad consistent à creuser une tranchée courbe, la meule est ensuite détachée au moyen d'une série de coups à la broche le long de la base du périmètre du cylindre jusqu'à ce qu'une fente de séparation se produise parallèlement au plan de clivage (Grenne *et al.* 2011).

Les exemples d'extraction directe sont nombreux pour l'époque médiévale et les périodes postérieures et il est impossible de détailler l'intégralité des carrières se rapportant à ces périodes. La technique d'extraction directe des cylindres apparaît comme étant largement généralisée pour ces périodes chronologiques.

Conclusion

Le travail conduit ici, permet de suivre l'évolution des chaînes opératoires de fabrication des meules mises en œuvre depuis le Néolithique jusqu'au Moyen-âge et à l'époque moderne. Deux chaînes opératoires différentes ont été mises en évidence : basée sur le débitage de blocs pour la première, alors que la seconde vise à l'extraction directe de pièces proches de la forme finale de la meule finie. Les productions de meules à partir de blocs sont présentes à la fois pour les meules et les molettes va-et-vient et pour les meules rotatives. A l'inverse la technique d'extraction directe n'est connue que pour les meules rotatives. Il existe donc deux types d'extraction pour ces dernières.

A ce jour, les productions de meules rotatives connues pour la fin de la période gauloise (La Marèze, La Salle, Saint-Andeux et Schweigmatt) ou du tout début de l'époque romaine (Avrilly et les productions britanniques en poudingue) sont toutes basées sur une exploitation de blocs mis en forme par épannelage. La similarité de la chaîne opératoire entre ces premières meules rotatives et les outils de mouture va-et-vient des périodes antérieures permet d'envisager une filiation entre les deux types de productions.

Par ailleurs, les études réalisées sur des corpus des VI^e et V^e siècles avant J.-C., correspondant aux derniers outils de mouture va-et-vient de Gaule, montrent que ces pièces présentent un degré de mise en œuvre très poussé. Dans le sud de la France, sur le site de Martigues il est noté que l'« *on a affaire ici à une véritable production en série selon plusieurs formats de tables de mouture en basalte offrant des caractéristiques morphologiques et techniques propres, qui traduisent à l'évidence un saut qualitatif important par rapport aux modèles précédents* » (Chausserie-Laprée 1998: 222). L'étude du site de la « *Courgoulude* » à Lattes montre que les chaînes opératoires mises en œuvre nécessitent une parfaite maîtrise des techniques de façonnage et qu'il est possible d'observer une grande uniformité qui dénote de productions standardisées (Jaccottey et Cousseran-Néré 2014). Plus au nord, les molettes en rhyolite de La Salle possèdent des flancs complètement mis en forme, arrondis avec une barre située à l'opposé de la surface qui est utilisée pour la préhension et à la manipulation de celles-ci (Defressigne *et al.* 2002: 141). La diffusion de ces meules et molettes se fait parfois à longue distance, comme pour les meules en rhyolite de La Salle dont certains exemplaires sont connus à plus de 200 km des carrières (Jaccottey *et al.* 2011b). La diffusion à longue distance combinée à des productions nécessitant un haut niveau de savoir faire et des productions standardisées, impliquent l'existence d'ateliers et d'artisans spécialisés dans la production des outils de mouture à la fin du I^{er} âge du Fer.

Ces artisans ont sans doute été un des vecteurs qui a permis la diffusion rapide des meules rotatives dans toute la Gaule septentrionale dans le courant du III^e siècle av. J.-C. (Jaccottey *et al.* 2013), tout en gardant la chaîne opératoire employée auparavant. La permanence de certaines zones de production pour les meules et molettes va-et-vient et les meules rotatives, comme dans le cas des carrières des « Fossottes »

de La Salle (Farget et Fronteau 2011) renforce cette hypothèse.

L'extraction directe ne semble apparaître que plus tardivement ; le premier site attesté étant daté de la fin du I^{er} siècle de notre ère. Cette technique se met en place postérieurement et sera très couramment employée au cours des périodes médiévale et moderne.

Alors que dans un premier temps, la technique a perduré malgré le changement de type d'outils lors du passage des meules va-et-vient aux meules rotatives, dans un second moment, c'est le mode d'extraction qui se modifie, tandis que la forme des outils reste la même. La nouvelle chaîne opératoire apparaît être plus adaptée à la production de meules rotatives.

L'utilisation d'outils en métal pour le creusement des tranchées de détournement est indispensable. L'épannelage et la régularisation de blocs peut, en revanche, être réalisée essentiellement avec des outils en pierre. La découverte d'une chasse en fer, associée à une ébauche de meule rotative gauloise, à La Salle constitue le premier exemple d'outil métallique connu. Cet outil qui a servi au dégrossissage de la meule, est donc employé pour les productions meulières antérieurement à la mise en œuvre d'extractions directes.

Mais l'apparition de cette nouvelle chaîne opératoire ne signifie pas pour autant la disparition des meules façonnées à partir de blocs. En effet, les carrières du « *Portus* » à Collonges-en-Charollais (figure 1, n° 11) et du « *Bois de Joux* » à Saint-Andeux ont permis la production de meules rotatives antiques à partir de blocs. Dans ces deux cas, la roche employée s'extrait naturellement sous la forme de blocs quadrangulaires, dont les dimensions peuvent convenir pour la production de meules rotatives manuelles et éventuellement d'un diamètre plus conséquent. Pour ces exploitations, la spécificité du matériau employé détermine en grande partie la chaîne opératoire. Il n'est donc pas possible de dater les carrières en fonction du seul critère des techniques d'extraction et de façonnage employées. C'est clairement l'étude des productions qui permet de déterminer les périodes d'exploitation d'une carrière, à l'image de ce qui a été fait pour les productions de Saint-Quentin-la-Poterie (Longepierre 2013).

Le type d'extraction mis en œuvre pour la production de meules rotatives gauloises ou antiques ne dépend pas forcément de la roche utilisée. En effet, certaines meules en grès sont façonnées à partir de blocs à Collonges-en-Charollais (grès triasique), Saint-Emiland (grès triasique), Ecomagny (grès des Vosges) ou La Marèze (conglomérat), alors que d'autres sont produites par extraction directe de cylindres dans le massif de la Serre (grès triasique), Chables, Chavanne-le-Chêne et Würenlos (grès coquiller) ou Saint-Quentin-la-Poterie (microconglomérat). De la même façon, si les carrières de La Salle ont permis la production de meules va-et-vient et de meules rotatives à partir de blocs, des indices d'extraction directe de cylindre sont connus pour les rhyolithes de l'Esterel. Pour les roches basaltiques, des alvéoles trahissant des extractions directes existent sur le site d'Agde, mais des prospections récentes et inédites de Collette Véron à proximité de l'oppidum de Jastres sur la commune d'Aubenas (Ardèche) ont livré des

ébauches de meules rotatives gauloises façonnées à partir de blocs.

Ce travail sur les carrières et les chaînes opératoires offre de nouvelles perspectives pour la connaissance des productions de meules pendant la Protohistoire et l'Antiquité. Il permet d'apporter un nouveau regard sur la transition entre les outils va-et-vient et rotatifs, et notamment sur la rapidité avec laquelle les meules rotatives se sont diffusées dans la partie nord de la Gaule. Les pistes ouvertes ici doivent être approfondies notamment pour préciser la phase d'apparition de la technique d'extraction directe de cylindres. Il

faut pour cela multiplier les études des zones de production et des ateliers, avec un travail systématique d'identification des traces d'outils sur les ébauches et les meules achevées afin de reconstituer les chaînes opératoire de fabrication des meules.

Luc Jaccottey

Inrap, UMR 6249,
laboratoire chrono-environnement, Besançon
luc.jaccottey@inrap.fr

Rebut: 14-2-2014

Acceptat: 16-4-2014

Bibliographie

- ANDERSON, T., AUGUSTONI, C., DUVAUCHELLE, A., SERNEELS, V. et CASTELLA, D. (2003). *Des artisans à la campagne. Carrière de meules, forge et voie gallo-romaines à Châbles (FR)*. Archéologie Fribourgeoise, n° 19. Fribourg.
- BELMONT, A. (2001). Les carrières de meules de Quaix-en-Chartreuse (xvi^e- xviii^e siècle). *Histoire et Sociétés Rurales*, 16: 45 à 79, 15 fig.
- BELMONT, A. (2006). *La pierre à Pain, les carrières de meules de moulins en France du Moyen Age à la révolution industrielle, Tome I*, collection La pierre et l'écrit. Presse Universitaire de Grenoble. 231 p.
- BELMONT, A., avec la collaboration de ANDERSON, T., GAILLARD, J., MERCIER, J.-C. (2011). Quinze siècles d'extraction de meules à grains. Les carrières de Claix (Charente), v^e - xix^e siècles. In BUCHSENSCHUTZ, O., JACCOTTEY, L., JODRY, F., et BLANCHARD, J.-L. (2011). *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français. Table ronde de Saint-Julien-sur-Garonne (F) du 2 au 4 octobre 2009*, 23^{ème} supplément Aquitania: 199 à 225, 28 fig.
- BESSAC, J.-C. (1986). L'outillage traditionnel du tailleur de pierre de l'Antiquité à nos jours, *Revue Archéologique de Narbonnaise*, supplément 14. Éditions du CNRS: 288 p., 61 fig.
- CABEZUELO, U. (2006). Le site de la ZAC des « Meules » à Vic-le-Comte (Puy-de-Dôme). BELMONT, A. et MANGARTZ, F. (2006). *Les meulières. Recherche, Protection et Valorisation d'un Patrimoine Industriel Européen*, actes du colloque international. Maison des Sciences de l'Homme-Alpes, Grenoble, septembre 2005. Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums. Mainz: 109-114, 7 fig., 1 pl.
- CHAUSERIE-LAPRÉE, J. (1998). Les meules des habitats protohistoriques de Martigues. In: Entremont et les Salyens, *actes du colloque d'Aix-en-Provence, Documents d'Archéologie Méridionale*, 21: 211 à 235.
- DEFRESSIGNE, S., TIKONOFF, N., BOULANGER-BOUCHET, K., CHAUSSÉ, C. et TESNIER-HERMETEY, C. avec la collaboration de ALLENET, G., CHAUME, B., DE HINGH, A., LEGENDRE, J. P., LEROY, M., LEROYER, C. et MERLUZZO, P. (2002). Les gisements d'habitat de la fin du premier âge du fer à Gondreville-Fontenoy-sur-Moselle (54). Le stockage intensif et ses conséquences économiques et sociales. *Archaeologia Mosellana*, 4: 81 à 184.
- DOSWALD, C. (1994). Herkunft und Verbreitung der römischen Mühlsteine im Kanton Aargau. *Minaria Helvetica*, 14a: 22 à 33.
- FARGET, V. (2006). Carrières, matériau et façonnage des productions en rhyolite de La Salle (Vosges) entre le vi^e siècle av. J.-C. et le iv^e siècle ap. J.-C., mémoire de maîtrise inédit. Université Paris-I Panthéon-Sorbonne.
- FARGET, V. et FRONTEAU, G. (2011). Les carrières de meules des Fossottes, La Salle (Vosges). In: BUCHSENSCHUTZ, O., JACCOTTEY, L., JODRY, F., et BLANCHARD, J.-L. (2011). *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français. Table ronde de Saint-Julien-sur-Garonne (F) du 2 au 4 octobre 2009*, 23^{ème} supplément Aquitania: 137 à 145, 7 fig.

- FEUVRIER, J. (1920). Une vieille industrie comtoise éteinte. *Franche-Comté et Monts Jura, Revue Régionale Mensuelle*, 10, avril 1920: 5 p.
- GARCIA, D. (1995). Les carrières de meules d'Agde grecque et la diffusion du type rotatif en Gaule méridionale. In: *Tables-rondes d'Aix en Provence, avril 1993 - mai 1994, Cahiers d'Histoire des Techniques*, 3. Publications de l'Université de Provence: 25 à 32.
- GREEN, C. (2011). Hertfordshire Puddingstone querns - working with a difficult rock. In: PEACOCK, D. et WILLIAMS, D. (2011). *Bread for the people: the archaeology of mills and milling*, Proceedings of a Colloquium Held in the British School at Rome 4th - 7th November 2009. University of Southampton. Series In Archaeology n° 3, Archaeopress: 123 à 130, 8 fig.
- GRENNÉ, T., HELDAL, T., MEYER, G. B., ANDERSON, T. et BLOXAM, E. G. (2011). Meulières norvégiennes : les cas de Selbu et Hyllestad, 1300 ans d'exploitation. In: BUCHSENSCHUTZ, O., JACCOTTEY, L., JODRY, F., et BLANCHARD, J.-L. (2011). *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français. Table ronde de Saint-Julien-sur-Garonne (F) du 2 au 4 octobre 2009*, 23^{ème} supplément Aquitania: 239 à 261, 30 fig.
- GUILLIER, G., BIARD, M. et CHEREL, A. F. (2005). Un atelier augustéen de taille de meules en poudingue au « Clos des Forges » à Avrilly (Eure): *Revue Archéologique de l'Ouest*, 22: 199 à 220.
- HAMON, C. (2006). *Broyage et abrasion au Néolithique ancien, Caractérisation technique et fonctionnelle des outillages en grès du Bassin parisien*. BAR International Series 1551. Oxford: 342 p.
- HAMON, C. et LE GALL, V. (2011). Les meules en pays Minyanka (Mali) : étude des carrières et techniques de production actuelles. In: PEACOCK, D. et WILLIAMS, D. (2011). *Bread for the people: the archaeology of mills and milling*, Proceedings of a Colloquium Held in the British School at Rome 4th - 7th November 2009, University of Southampton. Series In Archaeology n° 3, Archaeopress: 19 à 28, 24 fig.
- HÖRTER, F. (1994). *Getreidereiben und müesli aus der Eifel, ein Beitrag zur steinbock und mühlengeschichte*. Mayen: 192 p.
- JACCOTTEY, L. (2008). Les carrières de meules du Massif de la Serre, l'exemple d'Offlanges. *Société d'Emulation du Jura travaux 2007*: 115 à 142, 24 fig.
- JACCOTTEY, L. (2013). *Les carrières de meules de Bibracte et d'Autun*, rapport intermédiaire 2013. DRAC-SRA Bourgogne, laboratoire chrono environnement: 145 p., 192 fig.
- JACCOTTEY, L., ALONSO, N., DEFRESSIGNE, S., HAMON, C., LEPAREUX-COUTURIER, S., BRISOTTO, V., GALLAND-CRETY, S., JODRY, F., LAGADEC, J.-P., LEPAUMIER, H., LONGEPIERRE, S., MILLEVILLE, A., ROBIN, B. et ZAOUR, N. (2013). Le passage des meules va-et-vient aux meules rotatives en France. In: KRAUSZ, S., COLIN, A., GRUEL, K., RALSTON, I. et DECHEZLEPRÊTRE, T. (2013). *L'âge du Fer en Europe. Mélanges offerts à Olivier Buchsenschutz*. Collection Mémoires 23, éditions Ausonius: 405 à 419, 7 fig.
- JACCOTTEY, L. et BOYER, F. (2012). Un atelier de fabrication de meules rotatives à Autun Faubourg d'ARROUX. *Journée d'Actualité Archéologique en Autunois et en Bourgogne, 23 mars 2012*: 36 et 37.
- JACCOTTEY, L. et COUSSERAN-NÉRÉ, S. (2014). Les meules du site de Lattes la Courgourlude : un ensemble exceptionnel du début du 7^{ème} siècle au milieu du 5^{ème} siècle avant notre ère. In: DAVEAU, I. (dir.) (2014). *Le village du premier âge du Fer et occupations funéraires romaines à La Cougourlude et Mas de Causse 2 (Lattes, Hérault)*, rapport de fouille préventive. Inrap Méditerranée.
- JACCOTTEY, L. et HAMON, C., avec la collaboration de DONART, K. et LAJOUX, J.-B. (à paraître). Expérience de fabrication de meules et molettes va-et-vient en grès de la Serre, in Les meules à grain du Néolithique à l'époque médiévale ; technique, culture, diffusion, actes du colloque de Reims du 2 au 15 mai 2014, supplément *Revue Archéologique de l'Est*.
- JACCOTTEY, L., FARGET, V., FRONTEAU, G., MAERTEN, M. et BEUCHOT, S. (2011a). Le site du Portus à Collonge-en-Charollais (Saône-et-Loire), exemple d'une chaîne opératoire de fabrication de moulins rotatifs antiques. In: BUCHSENSCHUTZ, O., JACCOTTEY, L., JODRY, F., et BLANCHARD, J.-L. (2011). *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français. Table ronde de Saint-Julien-sur-Garonne (F) du 2 au 4 octobre 2009*, 23^{ème} supplément Aquitania: 163 à 197, 39 fig.
- JACCOTTEY, L. et MILLEVILLE, A. (2007). Première découverte de zones d'extraction de moulins de type « va-et-vient », Jura. *Société Préhistorique Française*, tome 104, n° 4, octobre-décembre 2007: 827 à 831, 3 fig.
- JACCOTTEY, L. et MILLEVILLE, A. (2010). Aux origines de la meule : Premiers exemples de carrières de moulins type « va-et-vient », Massif de la Serre, Jura. In: *Economie et société à la fin de la Préhistoire, Actualité de la Recherche, actes des 7èmes rencontres méridionales de Préhistoire récente, Lyon, 3 et 4 novembre 2006*. DARA, 34: 109 à 122, 12 fig.
- JACCOTTEY, L., MILLEVILLE, A. et FRONTEAU, G. avec la collaboration de BOYER, F. (2011b). Les meules du Mont Lassois à Vix. In: CHAUME, B. et MORDANT, C. (dir.). Le complexe aristocratique de Vix. Nouvelles recherches sur l'habitat, le système de fortification et l'environnement du mont Lassois. Edition Universitaires de Dijon, vol. II: 673 à 697, 19 fig.
- JOOS, M. (1975). Eine permische Brekzie aus dem Südschwartwald und ihre Verbreitung als Mühlstein im Spätlatène und frühromischer Zeit. *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 5: 197 et 199.

- LEROI-GOURHAN, A. (1943). *Evolution et Techniques. L'homme et la matière, Sciences d'aujourd'hui*. Éditions Albin Michel. Paris.
- LONGEPIERRE, S. (2006). Aux environs de Saint-Quentin-la-Poterie (Gard) durant l'Antiquité tardive : une microrégion très impliquée dans l'activité meulière. In : BELMONT, A. et MANGARTZ, F. (2006). *Les meulières. Recherche, protection et valorisation d'un patrimoine industriel européen*, colloque international, Grenoble, 2005. RGZM Tagungen 2: 47-54.
- LONGEPIERRE, S. (2012). *Meules, moulins et meulières en Gaule méridionale du I^{er} siècle avant J-C au VII^e siècle après J-C*. Coll. Monographies *Instrumentum*, 41: 569 p.
- LONGEPIERRE, S. (2013). Les moulins de l'Antiquité tardive en Gaule méridionale. L'exemple des meulières de Saint-Quentin-la-Poterie (Gard). *Gallia*, 70-2: 341 à 386, 32 fig.
- MARTZLUFF, M. (2009). Au temps des pierres amoureuses. Typologie du débitage des roches monumentales depuis l'an mil dans les Pyrénées catalanes. In: *De Méditerranée et d'Ailleurs... Mélanges offerts à Jean Guilaine*. Archives d'Ecologie Préhistorique. Toulouse: 483 à 508.
- MARTZLUFF, M., ALOISI, J., PASSARRIUS, O. et CATAFAU, A. (2008). Meules et moulins de Vilarnau. In: PASSARRIUS, O., DONAT, R. et CATAFAU, A. (2008). *Vilarnau. Un village du Moyen Age en Roussillon*. Conseil Général des Pyrénées-Orientales et Trabucaire éd.: 314 à 387.
- PEACOCK, D. (2013). *The stone of life. Querns, mills and flour production in Europe up to c. AD 500*. Southampton monographs in archaeology new series 1: 220 p.
- ROLLIER G. (dir.) (à paraître). Les moulins de Thervay. In: ROBERT, B. et LANDREAT, J. L. (2005). Les meules rotatives en calcaire à glauconie grossière et l'atelier de Vauxrezis (Aisne). Un état de la question. *Revue Archéologique de Picardie*, n° spécial 22: 105 à 114.
- SERVELLE, C. (2011). L'exploitation des grès et microconglomérats permien de la Marèze (Saint-Martin-Laguépie et le Riols, Tarn), en vue de la production de meules à bras rotatives pendant la Protohistoire et l'Antiquité. In: BUCHSENSCHUTZ, O., JACCOTTEY, L., JODRY, F., et BLANCHARD, J.-L. (2011). *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français. Table ronde de Saint-Julien-sur-Garonne (F) du 2 au 4 octobre 2009*, 23^{ème} supplément Aquitania: 148 à 152, 15 fig.
- THEUROT, J. (1998). *Dole, genèse d'une capitale provinciale, des origines à la fin du XV^e siècle*. Cahier dolois n° 15, 2 vol. Dole: 1292 p.