

Université de Bourgogne - UFR Lettres -Sciences humaines - UMR ARTeHIS

Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Bourgogne

Discipline : archéologie

LES OUTILS

COMME TRACEURS DES ACTIVITÉS DE TRANSFORMATION DES MÉTAUX ?

**supports de frappe
abrasifs et brunissoirs
outils d'aiguisage et outils de broyage**



Maxence Pieters

Thèse soutenue le 20 décembre 2013 sous la direction de Jean-Paul Guillaume

Jury :

Sophie Archambault de Beaune, professeur à l'Université Jean-Moulin Lyon 3, UMR 7041 ArScAn, présidente du jury

Olivier Buchsenschutz, directeur de recherche au CNRS, UMR 8546 AOROC, HDR, rapporteur

Jean-Paul Guillaume, directeur de recherche émérite au CNRS, UMR 6298 ArTeHis, HDR

Christophe Petit, professeur à l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, UMR 7041 ArScAn, rapporteur

Montre-moi tes outils, je te dirai qui tu es.
(Citation compagnonique)

Cet ouvrage est dédié à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin au cours de ce travail, à ces rencontres qui ont parfois donné naissance à une amitié. Ce sont elles qui font de l'archéologie une véritable science humaine.

Sommaire

Introduction.....	7
Du sujet à l'objet : le cadre de l'étude.....	9
1. Définition fonctionnelle de l'objet d'étude.....	9
1.1. Les supports de frappe.....	9
1.2. Les abrasifs et brunissoirs.....	9
1.3. Les outils d'aiguisage.....	9
1.4. Les outils de broyage.....	9
2. Le cadre spatio-temporel de l'étude.....	10
2.1. L'âge du Bronze.....	10
2.2. Le Hallstatt.....	10
2.3. La Tène.....	11
2.4. La période romaine.....	11
3. Vers une conceptualisation de l'objet : l'analyse fonctionnelle.....	11
3.1. Le concept de fonction.....	13
3.2. Le concept d'usage.....	14
3.3. Le concept de réattribution fonctionnelle.....	15
4. L'outil « bdMobilier ».....	16
4.1. Navigation et classement des enregistrements.....	16
4.2. La table « mobilier ».....	16
4.3. Les tables « terrain ».....	20
4.4. Les tables annexes.....	20
4.5. Les outils de synthèse.....	20
5. Les normes de l'ouvrage.....	21
Les supports de frappe.....	22
1. Fonction technique des supports de frappe.....	23
1.1. L'âge du Bronze.....	23
1.2. Hallstatt D – La Tène A.....	31
1.3. La Tène C-D.....	32
1.4. L'époque romaine.....	41
1.5. L'évolution technique des supports de frappe.....	52
2. Conception des supports de frappe.....	54
2.1. La pierre.....	54
2.2. Les cupro-alliages.....	59
2.3. Le fer.....	61

2.4. Évolution de la conception des supports de frappe	63
3. Fonctionnement des supports de frappe	65
3.1. Position fonctionnelle des supports de frappe.....	65
3.2. Postures de travail	68
4. La fonction symbolique des supports de frappe.....	71
4.1. Les formes de l'âge du Bronze.....	71
4.2. Les enclumes naviformes de La Tène et de l'époque romaine	77
4.3. Les enclumes ordinaires de forme gauloise	77
4.4. Les enclumes ordinaires de forme Pompéi.....	78
4.5. Réattribution fonctionnelle et symbole de métier.....	78
5. Conclusion.....	80
 Les abrasifs et les brunissoirs.....	 82
1. Les types d'outils	82
1.1. Les outils actifs.....	83
1.2. Les outils passifs.....	86
2. Les qualités de matériaux	88
2.1. Classification des abrasifs	88
2.2. De l'abrasif à la matière travaillée.....	90
2.3. Les apports de la qualité des abrasifs	92
3. Conception des outils	93
3.1. Les abraseurs polyédriques	93
3.2. Les abraseurs en baguette.....	94
3.3. Abraseurs convexes.....	94
3.4. Les abraseurs opportunistes.....	94
3.5. Les abraseurs spécialisés.....	95
3.6. Les cales abrasives	95
3.7. Les tables abrasives.....	95
3.8. Tablettes et baguettes abrasives.....	95
4. Les traces d'utilisation	97
4.1. Les traces de demi-produits longs	97
4.2. Les traces de demi-produits courts	97
4.3. Les traces de pièces hémisphériques	97
4.4. Les traces d'aiguisage de pointes	97
4.5. Les traces d'anneaux en métal	97
4.6. Les traces de pièces concaves.....	97
4.7. Les traces de résidus.....	97
5. Les brunissoirs	99

5.1. Les formes de brunissoirs	99
5.2. Conception.....	99
5.3. Les traces d'utilisation	99
6. Conclusion.....	100
 Les outils d'aiguisage.....	 102
1. Les catégories d'outils	102
1.1. Les aiguiseurs.....	103
1.2. Les affiloirs	103
1.3. Les fusils	105
1.4. Les pierre à faux	105
1.5. Les meulets	106
2. Les qualités des outils d'aiguisage	108
2.1. Variabilité générale de la qualité des matériaux	108
2.2. Les qualités de matériau par outil.....	109
3. Le fonctionnement des outils d'aiguisage	110
3.1. Les adjuvants	110
3.2. Les gestes techniques.....	111
4. Conception des outils d'aiguisage	112
4.1. La fabrication des outils d'aiguisage	112
4.2. Approvisionnement en matière première	113
5. Les traces d'utilisation	114
5.1. Les outils mobiles.....	114
5.2. Les outils fixes	114
6. Conclusion.....	117
 Les outils de broyage.....	 118
1. Les types d'outils	118
1.1. Morphologie des broyons.....	118
1.2. Matériau des broyons	120
1.3. Les traces d'utilisation	120
1.4. Fonctions de broyons.....	120
2. Traces d'utilisation et fonctionnement	121
3. Conclusion.....	122

Matières premières et ressources	124
1. Le cas de Bibracte	124
1.1. Méthodologie	124
1.2. Les ressource connues	125
1.3. Identification des sources géologiques du corpus du Mont Beuvray	125
1.4. Les roches locales	127
1.5. Les roches régionales	127
1.6. Les roches importées	128
1.7. Le cas des matériaux uniques	128
1.8. Conclusion	129
2. Le cas d'Autun	129
2.1. Les roches locales	131
2.2. Les roches régionales	131
2.3. Les roches importées	131
2.4. Conclusion	131
3. Conclusion	132
Les apports de l'outillage lithique : l'exemple du Lycée militaire	133
1. Implantation générale de l'occupation	133
1.1. La position de la fouille dans la ville romaine	133
1.2. Le lotissement dans l'espace de la fouille	134
2. Méthodologie	134
3. Les ateliers de la phase 1	134
3.1. L'état des données	134
3.2. Les nouvelles données	136
4. Les ateliers de la phase 2	136
4.1. L'état des données	136
4.2. Les nouvelles données	137
5. Les ateliers de la phase 3	138
5.1. L'état des données	138
5.2. Les nouvelles données	139
6. Les productions métalliques	140
6.1. Les cupro-alliages	141
6.2. Le fer	141
7. Conclusion	141

Conclusion générale.....	142
Glossaire.....	145
Bibliographie.....	151

Introduction

La littérature archéologique consacrée à l'outillage lithique (au sens large : outils, instruments, ustensiles) des âges des Métaux est peu abondante. Les publications de corpus de tailles variées ne sont pas rares (Jacobi 1974, Pouenat, Vernet 2002), mais elles sont noyées dans des études de site. Les publications spécifiquement axées sur la thématique du lithique demeurent exceptionnelles (Ribaux 1986). La place du mobilier lithique dans l'archéologie des âges des métaux a toutefois connu une inflation récente, avec la création du groupe de recherche sur les outils de mouture. Depuis 2005, le Groupe Meule s'est constitué pour aborder les aspects techniques, économiques et sociaux des meules à va-et-vient et rotatives, démontrant tout l'intérêt d'une approche fine de ce type de mobilier (Buchsenschutz *et al.* 2011).

Les fouilles de ces 20 dernières années ont mis au jour des corpus importants d'outils lithiques, associés à des sites de travail du métal. La fouille du Lycée militaire à Autun, en 1992-1993, a livré certainement le plus conséquent (252 pièces inventoriées représentant plus de 4,4 T), comprenant notamment une série de lourds blocs à cupule inconnus jusqu'alors (Chardron-Picault, Pernot 1999). Les fouilles sur le Mont Beuvray ont également livré une quantité importante de ces objets, surtout sur les secteurs du *Champlain* et de la *Côme Chaudron*, autour des **ateliers de transformation**¹ du métal (Guillaumet 2000, Guillaumet, Dungworth 2001, 2002, Guillaumet (dir) 2003, 2004, 2005, Guillaumet *et al.* 2007).

Une première approche de ce mobilier, notamment avec le corpus du Mont Beuvray conservé au Musée Rollin à Autun et au Centre archéologique européen de Bibracte (146 individus), la collection Berger provenant de l'oppidum de Stradonice (277 individus) et le corpus du Lycée militaire à Autun (252 individus), nous a montré l'ampleur du champ de recherche que représente l'outillage lithique des âges des

Métaux. Sur l'ensemble des corpus réunis ici, les identifications fonctionnelles sont remarquablement variées : supports de frappe, abrasifs, outils d'aiguisage, outils de broyage, poids, lests, **moules à bon creux**, tablettes à fard, percuteurs, creusets, galets de cuisson, jetons, masses, marteaux, sans compter tous les objets pour lesquels nous n'avons pu identifier de fonction précise et les meules et mortiers exclus d'office. Ces objets entrent dans une variété de domaines d'activité probablement encore plus importante : agriculture, activités domestiques, activités militaires, boucherie, **métallurgie**, pêche, commerce... Un travail exhaustif sur l'outillage lithique était donc inenvisageable, car le sujet est beaucoup trop vaste. Nous avons alors recentré notre propos sur les principales catégories fonctionnelles représentées dans le corpus déjà réuni : les supports de frappe, les abrasifs et brunissoirs, les outils d'aiguisage et de broyage (hors meules et mortiers qui font déjà l'objet de travaux de recherche avancés). En basant le choix de l'objet d'étude sur la fonction et non plus sur le critère du matériau, la rigueur commandait d'intégrer les autres matériaux représentés dans nos catégories fonctionnelles, à savoir le métal pour les supports de frappe et la céramique pour les abrasifs et les outils d'aiguisage, afin de privilégier une vision d'ensemble cohérente.

Le mobilier rassemblé dans le corpus provient de plus de 90 « opérations archéologiques ». Une opération correspondre parfois à une simple découverte isolée et un même site peut faire l'objet de plusieurs opérations archéologiques : pour le Mont Beuvray, nous avons traité le mobilier de 21 opérations, correspondant à autant de secteurs de fouille. En plus des grands corpus déjà cités, nous avons intégré le mobilier de plusieurs opérations ayant livré des corpus plus restreints, comme le *Faubourg d'Arroux* à Autun (Saône-et-Loire) ou la *Peute Combe* à Plombières-lès-Dijon (Côte-d'Or) et de nombreux objets publiés

¹ Les mots en gras renvoient au glossaire en fin de volume.

dans la littérature archéologique, notamment des outils en métal. En tout, le mobilier lithique représente 836 individus, auxquels il faut ajouter 95 outils en métal, 6 en céramique et le corpus iconographique qui comprend 29 représentations d'outils ou de scènes de métiers.

Les contextes de découverte sont inégalement documentés. La collection Berger est ainsi entièrement hors contexte. De nombreuses opérations archéologiques que nous avons abordées sont toujours en cours, ou n'ont pas encore fait l'objet de rapports de synthèse ou de publications. D'où les nombreuses difficultés pour faire le lien entre les objets et les structures, ce qui a accru la complexité de l'analyse. Sans compter que de nombreux objets ont été découverts hors contexte, lors d'opération de décapage ou de fouilles non documentées. Cependant, il ressort clairement que les catégories fonctionnelles recensées ici sont essentiellement associées à des contextes de travail des métaux, plus particulièrement la phase de **transformation**.

Une problématique émerge donc naturellement : dans quelle mesure les supports de frappe, les abrasifs et brunissoirs, les outils d'aiguisage et les outils de broyage, principalement sous leur forme lithique, sont-ils des marqueurs des activités de travail des métaux ? En effet, une catégorie fonctionnelle d'outil est rarement propre à un domaine d'activité. Il convient d'analyser celles-ci en profondeur pour tenter de déterminer dans quelle mesure il est possible de les associer à une activité précise et éventuellement de les utiliser comme marqueurs de cette même activité. Dans la mesure où les supports de frappe, les abrasifs et brunissoirs, les outils d'aiguisage et de broyage peuvent être reliés au travail du

métal, quelles informations peuvent-ils nous apporter sur les techniques de mise en forme et les productions ?

Pour répondre à ces questions, nous avons dû mettre au point une méthode d'analyse adaptée à un objet d'étude polymorphe, à partir de laquelle nous avons élaboré un outil d'analyse sous forme d'une base de données. À partir de ce socle commun, chaque catégorie fonctionnelle a été abordée de façon indépendante, de façon aussi exhaustive que possible : identification fonctionnelle, fonctionnement et aspects culturels. Ce travail a été effectué essentiellement à partir de l'analyse structurelle des outils, étayée par une analyse macro-tracéologique des traces d'utilisation. Quelques comparaisons ethnographiques et données iconographiques ont été convoquées pour aborder les questions de postures liées aux outils. Des expérimentations de portée limitée ont également été menées. Elles nous ont permis de vérifier quelques hypothèses, mais également de poser les bases d'axes de recherche sur les propriétés des matériaux, qui devront être développées ultérieurement dans un cadre pluridisciplinaire. Au-delà du travail sur les catégories de mobilier, des problématiques d'ordre plus général ont également été abordées. La première concerne les sources d'approvisionnement en matériaux lithiques, mises en relation avec l'exploitation d'un territoire autour d'un site et les circuits d'échanges auquel il est raccordé. La seconde analyse l'apport de l'outillage lithique pour la caractérisation des cellules de production d'objets en métal, à partir de l'analyse du site le mieux documenté de notre corpus: *le Lycée militaire* à Autun (Saône-et-Loire).



Du sujet à l'objet : le cadre de l'étude

Avant d'aborder le mobilier archéologique, il convient de définir le cadre du sujet qui nous occupe. Le contenu des catégories fonctionnelles mérite d'être explicité, ainsi que l'espace géographique et historique pris en compte. L'ensemble du corpus a été traité suivant le même protocole, fondé sur l'analyse fonctionnelle et intégré dans une base de données construite selon le même principe.

1. Définition fonctionnelle de l'objet d'étude

Le classement du mobilier est réalisé par catégories fonctionnelles. Celles-ci sont définies à partir de la fonction élémentaire de l'objet, équivalant plus ou moins à son fonctionnement. À partir de cette identification basique, qui ne possède d'autre signification que méthodologique, les outils peuvent être reliés à un domaine d'activité et leur fonction précisée.

1.1. Les supports de frappe

Un support de frappe peut se définir d'après son fonctionnement comme un outil passif fonctionnant par répercussion, en opposant à l'énergie reçue lors d'une percussion sa force d'inertie, proportionnelle à sa masse. Ces outils sont utilisés dans de nombreux domaines d'activité, depuis la plus haute antiquité, par exemple pour le broyage des bogues de fruits et des os au Paléolithique (Beaune 2000) ou le débitage des burins par encoche ou bord abattu (Rozoy 1978).

Il faut ici distinguer les outils utilisés pour mettre en forme la matière, que l'on peut qualifier de supports de frappe, de ceux utilisés pour changer l'état de la matière. En l'occurrence, il s'agit des outils de concassage, destinés à réduire la granulométrie de la matière, qui doivent de ce fait être rapprochés des outils de broyage, dont ils sont fonctionnellement très proches.

1.2. Les abrasifs et brunissoirs

Un abrasif est une « substance minérale dure et tranchante capable d'arracher par frottement sous pression des petites particules d'un matériau » (Grand Larousse Universel). Cette définition large inclue de fait un grand nombre d'opérations différentes. Pour des raisons de cohérence, nous intégrons dans cette catégorie uniquement les outils utilisés pour les traitements de surface (**ponçage, polissage, ébarbage, ébavurage**).

Les brunissoirs sont des outils utilisés pour obtenir un effet poli de la surface du métal, sans perte de matière, uniquement par déformation plastique sous pression. Ils forment à eux-seuls une catégorie fonctionnelle. Néanmoins, elle est si étroite et si proche de celle des abrasifs, que nous les avons réunies pour éviter de morceler le propos.

1.3. Les outils d'aiguisage

Par définition, l'aiguisage comprend toutes les opérations visant à rendre un objet tranchant ou pointu. *Stricto sensu*, les outils d'aiguisage sont des abrasifs, du fait de leur nature généralement minérale. Leur fonction particulière invite néanmoins à les distinguer.

Étant donnée la place des outils, ustensiles et armes tranchants dans les civilisations des âges des Métaux, on comprend la place importante de cette catégorie fonctionnelle, indispensable pour la fabrication et l'entretien de ces objets.

1.4. Les outils de broyage

La fonction des outils de broyage est de réduire un matériau en particules plus ou moins fines. Contrairement aux précédents, ce ne sont pas des outils de mise en forme. Les outils de broyage sont variés : meules à grain, mortiers, broyeurs et pilons culinaires... Les meules et les mortiers faisant déjà l'objet d'études spécialisées, nous ne les avons pas intégrés ici. Notre

propos est presque exclusivement centré sur les broyeurs, outils qui entrent directement dans les problématiques liées à la **métallurgie de transformation**.

Les catégories fonctionnelles qui constituent notre objet d'étude couvrent un large éventail de fonctions. Si certaines sont bien connues, grâce à des découvertes abondantes (par exemple les outils d'aiguisage), d'autres, comme les supports de frappe, sont peu représentées dans les corpus de mobilier, même à une large échelle. D'où l'intérêt de travailler dans un cadre spatial et temporel élargi, d'autant plus qu'une telle approche offre l'avantage d'ouvrir les perspectives d'analyse, ce qui est primordial dans un domaine encore peu exploité.

2. Le cadre spatio-temporel de l'étude

Les outils qui composent les catégories fonctionnelles abordées ici sont marqués par des évolutions lentes. Une perspective diachronique est indispensable pour les mettre en évidence. Une approche basée sur le temps long présente également l'avantage de permettre de palier, dans une certaine mesure, les écueils des hiatus chronologiques dans la documentation, en permettant d'extrapoler à partir des données antérieures et postérieures. Le principal vide dans la documentation concerne le Hallstatt. C'est pourquoi nous avons choisi de faire débiter la période chronologique à l'âge du Bronze et plus particulièrement au Bronze moyen. En effet, c'est à partir de cette période qu'apparaissent les premiers outils en métal et que débute la coexistence entre les supports de frappe lithiques et métalliques, qui se poursuit au moins jusqu'à la fin de la période romaine. La cohérence dans la conception du mobilier est ainsi préservée et les comparaisons entre périodes restent possibles. Le terminus *post quem* a été fixé à la fin de la période romaine, pour aborder les problématiques liées au bouleversement culturel que représente la conquête romaine.

Sur une période aussi large, il est difficile de choisir un espace géographique d'étude qui

conserve sa cohérence. Si nous avons voulu le centrer sur la France, notamment pour des raisons d'accessibilité du mobilier, nous avons été obligé de le redéfinir pour chaque période, afin de rester cohérent avec la réalité historique d'une part et avec la réalité du mobilier, qui contredit parfois les frontières culturelles.

2.1. L'âge du Bronze

Notre travail sur l'âge du Bronze a essentiellement concerné les supports de frappe métalliques. Nous avons dû faire l'impasse sur leurs équivalents lithiques, qui faisaient déjà l'objet d'une thèse (Boutoille 2012). L'espace géographique pris en compte pour cette période est déterminé par le mobilier, notamment la répartition des formes de supports de frappe. Il était nécessaire de mettre en évidence les limites des zones de répartition des formes recensées en France, donc d'étendre la zone d'investigation en fonction des besoins. Pour le Bronze moyen c'est l'ensemble de l'Europe de l'ouest qui a été pris en considération. L'espace géographique se rétracte ensuite au Bronze final sur la France, le sud de la Grande-Bretagne et la Suisse.

Le corpus de supports de frappe de l'âge du Bronze est essentiellement composé de découvertes isolées ou de dépôts. La répartition de ces objets est donc large. Les autres catégories fonctionnelles que nous avons pu aborder, abrasifs et outils d'aiguisage, sont essentiellement représentées par les objets provenant du site du *Fort-Harrouard* à Sorel Moussel (Eure-et-Loire), dont la publication générale présente un corpus relativement abondant (Mohen, Bailloud, 1987).

2.2. Le Hallstatt

La documentation liée à cette période est peu abondante et centrée exclusivement sur la France. Elle constitue notre principal hiatus. Son traitement est de ce fait largement lacunaire. Néanmoins, nous avons eu l'opportunité de travailler sur le corpus d'abrasifs, de brunissoirs et d'outils de broyage du site de la Peute Combe, à Plombières-lès-Dijon (Côte-d'Or), fouillé sous

la direction de Régis Labeaune (Labeaune à paraître). De plus, quelques supports de frappe datés de La Tène A nous permettent d'avancer quelques hypothèses sur la forme de ces outils au Hallstatt.

2.3. La Tène

Pour la période de La Tène, notre travail s'est concentré sur deux sites : les *oppida* de Bibracte et Stradonice (collection Berger), qui ont livré deux corpus très importants, tant qualitativement que quantitativement. L'espace géographique abordé est donc vaste, mais traité de façon ponctuelle. Si nous avons bénéficié de facilités d'accès qui nous ont permis de traiter de façon minutieuse le corpus de Bibracte, nous avons dû traiter les 277 pièces du corpus de Stradonice en seulement 4 jours, d'où des lacunes importantes dans l'enregistrement du mobilier, notamment le manque de documentation graphique. Nous avons complété ce travail par quelques ensembles publiés, notamment celui de l'*oppidum* de Manching (Jacobi 1974), principalement afin de compléter la série des supports de frappe métallique, trop rares pour que l'on puisse se contenter de ceux d'un seul site.

Malgré un corpus important, la période de La Tène est inégalement représentée, que ce soit chronologiquement, La Tène D dominant largement, ou géographiquement, avec deux corpus principaux très éloignés. Mais les données cumulées offrent néanmoins une vision claire de l'outillage de cette période, toutes les catégories fonctionnelles étant représentées de façon satisfaisante.

2.4. La période romaine

La période romaine a été traitée de façon similaire à la précédente. Un site principal a servi de référence, le Lycée militaire à Autun (Saône-et-Loire), complété par des objets isolés et quelques corpus, notamment celui des supports de frappe de Pompéi (Amarger 2009), également pour accroître le corpus de supports de frappe métalliques.

L'espace géographique concerné, qui correspond à l'occident romain, est inégalement couvert par le mobilier de notre corpus. Il livre néanmoins une vision équilibrée des différentes catégories fonctionnelles et peut être considéré comme représentatif de la période.

3. Vers une conceptualisation de l'objet : l'analyse fonctionnelle

Lors de la confrontation avec notre objet d'étude, nous nous sommes heurtés à une série de problèmes liés à l'identification des objets. Les corpus n'étant pas constitués, il a fallu discriminer dans de vastes ensembles les objets appartenant à nos catégories fonctionnelles. La question s'est peu posée pour le mobilier métallique (exclusivement des supports de frappe), qui a fait l'objet d'un plus grand intérêt, mais il s'est révélé particulièrement prégnant pour le mobilier lithique. Le problème s'est trouvé accru par l'absence de référentiel pertinent : les formes des outils plus tardifs sont trop différentes pour permettre une comparaison directe. L'examen des contextes de découverte, rarement univoques et dépendants de l'état de la recherche sur chaque site, ne nous a pas apporté de solution.

Ces problèmes ont déjà été affrontés par ailleurs, notamment pour le mobilier préhistorique. Les travaux de Sophie A. de Beaune, sur le mobilier lithique non taillé du Paléolithique, constituent un cas de figure similaire à celui rencontré ici. L'auteure développe une démarche analytique basée sur une déconstruction de l'objet, en vue de son identification fonctionnelle (Beaune 2000). Elle croise les observations tracéologiques et morphologiques pour reconstituer les gestes et la fonction des outils (Fig. 1). François Sigaut a posé les limites d'une telle démarche, considérant qu'une analyse de la structure ne permet pas de restituer de façon précise la fonction de l'objet, définie comme « l'ensemble complet des finalités exactes pour lesquelles l'instrument est mis en œuvre », mais seulement son fonctionnement (Sigaut 1991).

Ces deux démarches intellectuelles présentent à notre sens une faille conceptuelle, car elles

n'envisagent l'objet que dans sa phase d'utilisation, considérée comme un phénomène linéaire. Or, celle-ci peut être fragmentée : un même objet peut subir des utilisations successives totalement différentes (Schiffer 1987). L'utilisation de l'objet peut également s'écarter fortement de l'action pour laquelle il est conçu, ce qui oblige

à relativiser l'apport de la tracéologie, notamment lorsque les analyses portent sur des objets uniques ou en nombre limités. De plus, l'utilisation est forcément précédée d'une phase de conception qui n'est prise en considération que de façon secondaire, alors que c'est elle qui détermine la fonction de l'objet.

Fig.1 Schéma d'analyse des outils paléolithiques non taillés (d'après Beaune 2000).

La notion de fonction, telle qu'elle est définie par les auteurs précédents, ne suffit pas à englober l'objet dans toutes ses composantes. Il fallait donc la compléter. En outre, on ne peut se satisfaire du constat d'impossibilité énoncé par François Sigaut et il est nécessaire de dé-

velopper les outils conceptuels permettant une analyse fonctionnelle complète de l'objet. Nous avons adopté un point de vue anthropologique, en suivant l'évolution de l'objet par rapport à son utilisateur, depuis sa conception jusqu'à son abandon, en passant par toutes les phases de son

utilisation. Pour décrire ces trois temps, nous avons développé trois concepts : fonction, usage et réattribution fonctionnelle.

3.1. Le concept de fonction

La création d'un objet est l'aboutissement d'un processus cognitif dont l'élément déclencheur est la nécessité de répondre à un besoin physique et/ou symbolique qui constitue sa fonction. En d'autres termes, pour transposer la définition de François Sigaut, la fonction est « l'ensemble des finalités pour lesquelles l'objet est conçu ». En ce sens, c'est l'attribution d'une fonction qui fait l'objet, non sa fabrication, ce qui rend obsolète la dichotomie entre objet fabriqué et non fabriqué, mais distingue également l'objet de l'artefact : un écofact, par exemple une pierre, ramassé pour une action unique et abandonné immédiatement ne peut être considéré comme un objet, car l'abandon démontre que l'utilisateur n'a pas associé une fonction à l'artefact qu'il vient de créer. Au contraire, la même pierre utilisée puis conservée pour un emploi futur identique se voit attribuer une fonction et devient de fait un objet, même en l'absence de mise en forme.

La formulation de la fonction est suivie d'une phase de conception, qui est une construction intellectuelle de l'objet, précédant sa réalisation physique.

3.1.1. De la fonction à l'objet

Puisque c'est la fonction qui définit la conception de l'objet, elle s'exprime nécessairement dans sa réalité physique, autrement dit dans sa structure. Ces trois éléments définissent le fonctionnement de l'objet. On peut représenter ce système par un triangle dont les sommets sont occupés par les concepts de fonction, de conception et de structure, éléments indissociables, et qui délimite le champ du fonctionnement de l'objet (Fig. 2).

La fonction étant une notion dichotomique, à la fois technique et symbolique, elle influe sur la structure de l'objet à différents niveaux. Techniquement, l'objet doit permettre d'exercer une action sur la matière ou supporter une

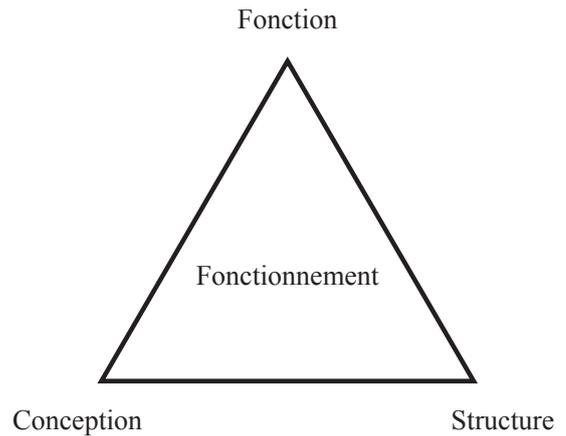


Fig.2 Schématisation du concept de fonction.

contrainte. Symboliquement, il doit rendre perceptible un concept abstrait dans un environnement humain donné, ce qui ne peut se traduire que dans son apparence. Dans la démarche archéologique, deux fonctions symboliques nous intéressent particulièrement : l'expression de l'appartenance au groupe (la conception de l'objet est marquée par des facteurs culturels) et celle du statut individuel dans un groupe donné (notamment dans les éléments se rapportant au vêtement et à la parure au sens large).

Fonction technique et fonction symbolique s'expriment à des niveaux différents suivant les objets. Pour un outil, la fonction technique prédominera, alors que pour le mobilier de culte ce sera la fonction symbolique.

3.1.2. De l'objet à la fonction

Si la fonction détermine la structure de l'objet, à l'inverse l'analyse de sa structure doit permettre de restituer sa fonction. Cette étape porte sur quatre éléments :

- La morphologie de l'objet, qui correspond aux différents éléments qui le forment et à leur organisation les uns par rapport aux autres : corps, surface(s) active(s), éléments de préhension...
- Caractéristiques du ou des matériaux, tant physiques (composition, dureté, résilience, conductivité thermique) que symbolique (valeur pécuniaire du métal par exemple).

- Mesures : dimensions et masse de l'objet. Elles sont liées (la masse dépend des dimensions), mais leur importance respective varie suivant le type d'objet.

-La silhouette, entendue comme l'aspect général de l'objet, principal critère d'analyse pour identifier sa fonction symbolique.

La complexité de la fonction d'un objet détermine celle de sa structure. On peut grossièrement distinguer trois niveaux de complexité : fonction polyvalente, spécialisée et multifonction.

Un objet polyvalent est conçu pour permettre de réaliser une action précise, mais dans un cadre non défini. Le couteau de poche en est un bon exemple : sa lame est élaborée pour couper aussi bien une rondelle de saucisson, qu'une allumette ou un morceau de ficelle. La fonction technique se confond pratiquement avec le fonctionnement de l'objet, qui est ici de couper.

Si l'objet est spécialisé, son cadre d'utilisation sera déterminé au préalable. Le couteau à désosser sert, comme son nom l'indique, à retirer les os d'une pièce de viande, en vue d'une préparation culinaire (par exemple une ballottine). La fonction se distancie du fonctionnement

Les objets multifonctions sont conçus pour effectuer des tâches variées, plus ou moins précises. Un couteau suisse est prévu pour permettre une série d'actions élémentaires, qui correspondent à une juxtaposition de fonctionnements. Une **enclume** de coutelier contemporaine est conçue pour effectuer de nombreuses opérations en vue de produire un type d'objet précis.

Cette notion de spécialisation est importante pour nous, car elle entre en jeu pour l'identification fonctionnelle de certains outils. Dans la variabilité des supports de frappe d'une époque donnée, elle constitue un critère déterminant pour identifier les types d'outils.

3.2. Le concept d'usage

Un outil est conçu pour un champ d'activité plus ou moins large en fonction de sa spécialisation. Néanmoins, celui-ci ne peut être entièrement défini lors de la conception. Ainsi, un marteau à frapper devant est conçu pour la **forge**,

mais il peut être utilisé dans un cadre domestique ou dans l'atelier d'un artisan, pour produire divers types d'objets... C'est là qu'intervient la notion d'usage, pour conceptualiser cette phase d'utilisation. Elle peut se définir, pour paraphraser François Sigaut, comme « l'ensemble des finalités pour lesquelles l'objet est mis en œuvre ». Dans le cadre d'une structure de **transformation** du métal, l'usage englobe les notions de production et de système de production.

La notion d'usage dépend dans une certaine mesure de la fonction, car cette dernière conditionne la structure de l'objet. Celle-ci limite le champ d'utilisation (on ne peut aller au delà des limites physiques de l'objet dans sa mise en œuvre). En dehors de cette contrainte, ce sont uniquement l'utilisateur et les circonstances d'utilisation qui déterminent l'usage de l'objet. Il peut donc varier dans le temps.

3.2.1. La détermination de l'usage

La notion d'usage dépasse celle de fonction. Son ampleur interdit que l'on puisse la reconstituer entièrement. En ce sens, nous rejoignons le postulat de François Sigaut (Sigaut 1991). Néanmoins, les indices propres à l'objet et à son contexte permettent, dans une certaine mesure, de l'approcher.

Les contraintes physico-chimiques subies par l'objet au cours de son utilisation marquent sa surface. Rubéfaction, altération physique ou résidus peuvent être utilisés pour reconstituer les contraintes subies et la nature des matériaux en contact. Les travaux portant sur la tracéologie, initiés par le chercheur russe Serguei Aristarkhovitch Semenov à la fin des années 1950, se sont largement développés, notamment sous l'impulsion des préhistoriens (Longo, Skakun 2008).

Le contexte de découverte est également précieux pour reconstituer l'usage d'un objet. Dans le meilleur des cas, il est en position fonctionnelle, ou dans un environnement archéologique qui permet de la déduire. Le mobilier associé est également précieux, pour reconstituer la complexité des processus dans lesquels s'inscrit l'utilisation de l'objet.

3.2.2. Les rapports fonction/usage

L'usage doit impérativement être interprété par rapport à la fonction, afin de permettre une meilleure compréhension de l'objet et de son histoire. En effet, dans la mesure où la fonction ne contraint pas l'usage, identifier l'écart entre la conception de l'objet et son utilisation réelle est la condition *sine qua non* pour interpréter les traces d'utilisation. Trois degrés de proximité peuvent être distingués :

- L'usage approprié correspond à une utilisation normale de l'objet, telle que prévu par son concepteur. Un marteau de menuisier est utilisé pour enfoncer des pointes ou des clous de menuiserie.

- L'usage détourné sort du cadre normal d'utilisation de l'objet, mais il respecte néanmoins son mode de fonctionnement. Ainsi, un marteau à frapper devant peut être employé pour planter des piquets de clôture.

- L'usage contrarié sort du cadre normal d'utilisation de l'objet sans respecter son mode de fonctionnement. Son emploi n'a donc plus aucun rapport avec sa fonction. L'exemple le plus parlant est celui de l'utilisation d'une paire de tenailles pour mater une pointe que l'on n'est pas parvenu à arracher.

Pour un objet donné, les traces d'utilisation correspondant à sa fonction sont statistiquement les plus fréquentes. Mais lorsque l'on travaille sur des objets uniques ou de très petites séries, comme c'est parfois le cas ici, on ne peut négliger l'écart possible entre la fonction et l'usage. L'usage ne remet pas en question la fonction d'un objet, même s'il la contrarie. Lorsque cette dernière est définitivement abandonnée, un nouveau concept doit être convoqué : celui de réattribution fonctionnelle.

3.3. Le concept de réattribution fonctionnelle

La réattribution fonctionnelle correspond à un changement définitif de la fonction de l'objet. Il s'agit d'un phénomène qui, sans être sys-

tématique, est extrêmement fréquent. Les cas de figure sont innombrables, mais on peut rapidement présenter les principaux.

Le rejet est sans doute le mode de réattribution fonctionnelle le plus commun. L'objet est désormais considéré comme un déchet, soit parce qu'il n'est plus utile, soit parce qu'il n'est plus utilisable. Ce dernier cas de figure est particulièrement intéressant pour nous, afin de déterminer à partir de quel moment un outil est considéré comme hors d'usage.

Le dépôt, est un phénomène complexe et très ancien. Il peut prendre une forme techno-économique ou symbolique (Pion 2006). Sauf dans le cas où l'objet est enfoui avec comme perspective d'être utilisé à nouveau, le dépôt implique une réattribution fonctionnelle.

Remploi et réutilisation se distinguent par leur degré d'écart entre la fonction d'origine et la nouvelle (Naizet 2003). Le remploi implique une utilisation analogue à celle de départ, comme le poignard découvert dans une sépulture rue Niel, à Clermont-Ferrand, probablement fabriqué à partir d'une spatha recoupée et reforgée (Poux, Feugère, Demierre 2008). La réutilisation induit un changement complet de fonction. C'est le cas du casque en fer de type Port transformé en louche pour la coulée de l'étain, découvert dans la zone de la Côme Chaudron à Bibracte (Dhennequin 2007).

Enfin, le recyclage correspond à « la réintroduction [de l'objet] dans le cycle de production dont il est issu » (Naizet 2003). Une fois le processus achevé, l'objet a disparu.

La réattribution fonctionnelle n'entraîne pas obligatoirement une modification de l'objet, sauf dans le cas du recyclage. D'une certaine manière, la fouille est également une forme de réattribution fonctionnelle, l'objet devenant document scientifique et élément patrimonial.

Cette conceptualisation de l'objet est basée sur un schéma circulaire, dont l'objet ne peut sortir qu'en redevenant matière (Fig.3). Elle a pour vocation de permettre de comprendre comment l'utilisateur et le concepteur l'appréhendent. Elle est particulièrement opérante pour dépasser l'obstacle du biais de la forme. Deux ob-

jets de fonction identiques peuvent être conçus de manière différente. Cela est particulièrement vrai pour les supports de frappe, dont la conception évolue considérablement au cours du temps. En soumettant un référentiel et l'objet archéologique à une analyse fonctionnelle, on ne compare plus deux formes mais deux fonctions.

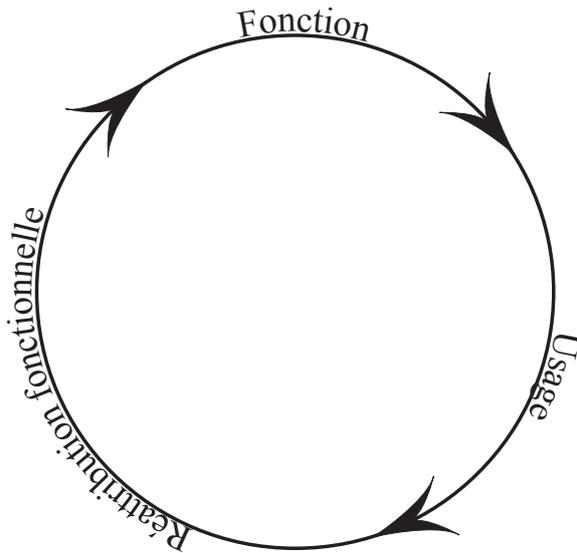


Fig.3 Schéma du cycle de vie de l'objet.

4. L'outil « bdMobilier »

La mise en œuvre de la méthodologie précédemment décrite a nécessité la réalisation d'un outil, qui a pris la forme d'une base de données « bdMobilier », réalisée sous FileMaker pro 11 Advanced©. Son architecture a été conçue sur le principe de l'analyse fonctionnelle, en intégrant tous les critères d'analyses présentés plus hauts, auxquelles s'ajoutent les données de terrain disponibles, pour permettre une mise en contexte de l'objet. La documentation graphique a également été intégrée intégralement.

Cette base de données n'a pas été alimentée dans un seul but d'inventaire. Elle est conçue comme partie intégrante de l'étude, chaque élément faisant l'objet d'une analyse approfondie, à la mesure des informations dont il est porteur. Certains objets particulièrement complexes, de part leur conception, ou à cause des multiples utilisations dont ils ont fait l'usage, sont ainsi

commentés de façon beaucoup plus approfondie qu'il n'aurait été possible de le faire dans le corps du texte de cette synthèse. Une approche en terme d'ensemble a également menée à différentes échelles, lorsque cela était pertinent.

L'architecture de la base de données s'organise autour de la table « mobilier », qui présente chaque objet, ou lot d'objets, sous forme d'un formulaire. Les autres tables se répartissent entre les tables terrain (US, fait, ensemble construit, opération) et les tables annexes (photographie, dessin, analyses). Le critère commun de relation entre ces tables est l'opération archéologique, sauf pour les tables annexes de la fiche « Mobilier » (photographie, dessin, analyses) qui lui sont liées par le seul numéro d'étude.

4.1. Navigation et classement des enregistrements

Le panneau d'entrée permet d'accéder directement à l'une des huit tables. Sur chacune d'elle, un bandeau regroupe une série de boutons permettant de passer de table en table et affiche le nom de l'opération et du site de l'enregistrement en cours de visualisation.

Un second système de navigation a été intégré, afin de permettre d'afficher les données liées de chaque enregistrement. Chaque nom de rubrique correspondant à une table liée apparaît souligné par une ombre portée. Il permet d'ouvrir la table correspondante dans une autre fenêtre, pour consulter les données qu'elle contient. Seuls les liens aux tables dessin et mobilier échappent à cette règle (ils sont placés directement sur l'image).

Une dernière série de boutons permet d'effectuer des tris automatiques des données. Ils sont également intégrés aux noms de rubriques et soulignés par une ombre portée.

4.2. La table « mobilier »

La table « mobilier » se présente sous forme d'un formulaire. Elle présente les éléments descriptifs des objets, leur analyse détaillée et les documents graphiques correspondants à l'objet. Cette table est la

table principale de la base, car elle réunit les données et leur analyse détaillée, matière première dont est issue la synthèse rédigée. En ce sens, la base de donnée fait partie intégrante de ce travail de recherche et dépasse la simple fonction d'inventaire.

4.2.1. Les éléments d'identification

Les rubriques d'identification sont présentés dans des cadres séparés dans la partie gauche de la base de donnée. Elles réunissent les données « objectives » liées à l'objets : inventaire, état de conservation, mesures et données de terrain.

4.2.1.1. Inventaire

Chaque objet ou lot d'objet correspond à un enregistrement de la table mobilier. Il est identifié par son numéro d'inventaire, ainsi qu'un numéro d'étude de 1 à 1+n. Il permet de pallier l'absence de numéro d'inventaire de certains objets et une identification plus aisée. C'est lui qui est utilisé en référence dans le corps du texte et les illustrations. Pour chaque objet, le lieu de conservation est précisé, s'il est connu.

4.2.1.2. État de conservation

Un constat d'état est fourni pour chaque objet, afin de pondérer les identifications en fonction de la qualité de conservation du document archéologique. Dans ce cadre, sont précisés la nature de l'objet (individu ou lot), l'état de conservation (complet, incomplet, fragment), le nombre de reste et le nombre minimum d'individus (NR et NMI).

Un constat de lisibilité de l'objet est également fourni, lié à son état de conservation et également à son état de surface, certaines pièces n'ayant pas été nettoyées ou portant des concrétions qui en gênent la lecture. Un commentaire libre permet également de préciser l'état de conservation (complet, incomplet, fragment).

Dans ce cadre, la nature du matériau est également spécifiée, car elle influe sur la lisibilité d'une pièce et entre dans les problématiques de conservation préventive. Elle est ici simplifiée et

seules cinq entrées ont été utilisées (céramique, lithique, métal, pigment, organique, verre). Cette méthode permet également d'effectuer des tris de matériaux plus aisés, pour comparer les objet en fonction de leur matériau principal, par exemple les supports de frappe en métal ou en pierre dans un cadre chronologique donné.

Un cadre libre permet enfin de préciser l'état de conservation de l'objet, notamment en désignant la partie conservée lorsqu'il s'agit d'un objet fragmentaire.

4.2.1.3. Mesures

L'onglet des rubriques de mesures regroupe les cotes et pesées des objets avec les rubriques de calcul automatique permettant de travailler au niveau de lots d'objets.

Les cotes des objets sont prises en fonction de la surface active principale de chacun d'eux. Longueur et largeur sont mesurées dans le plan de la surface active. La longueur correspond à la plus grande dimension de la pièce dans son état d'origine et la largeur est la mesure de la plus grande dimension perpendiculaire. Dans le cas d'un objet fracturé, la longueur peut ainsi être inférieure à la largeur. Longueur et largeur sont remplacées par le diamètre en cas d'objet de forme circulaire. L'épaisseur ou hauteur est mesurée dans le plan perpendiculaire à celui de la surface active principale.

La masse de objets est enregistrée uniformément avec une précision d'un gramme, à l'exception des plus petites pièces qui ont été pesées avec une précision de 0,1 g. Pour un certain nombre d'outils, nous n'avons pu effectuer de pesées, à cause de la grande masse des objets (au-delà de 60 kg). Pour plupart des objets étudiés à partir de la bibliographie, cette mesure est également manquante. Lorsque cela était possible, nous avons déduit une masse approximative par le calcul, afin de compléter la base de donnée.

Des calcul automatiques ont également été intégrés. Ils donnent les minima, moyennes et maxima de toutes les mesures. Pour les calculs portant sur la masse, les calculs sont effectués en

divisant la masse totale par le NMI, pour éviter la distorsion liée à l'existence de lots. Un onglet présentant les totaux de masse, de NR et de NMI a également été intégré.

4.2.1.4. *Les données de terrain*

Le dernier cadre regroupe les données de terrain liées au contexte de découverte des objets. Il regroupe les références des différentes tables de terrain (US, Fait, Ensemble construit), précise l'interprétation de l'ensemble construit et donne les éléments de datation et de phase à partir des éléments chronologiques réunis à la fouille.

Les liens intégrés aux titres de rubriques permettent d'accéder aisément aux fiches de référence, qui contiennent les données détaillées, pour autant qu'elles étaient accessibles.

4.2.2. *Le panneau d'onglets analytique*

La partie principale de la fiche « mobilier » est le panneau d'onglet central. Il est identique pour tous les objets, seuls le titre et les illustrations liées à la catégorie fonctionnelle changent, pour guider visuellement l'utilisateur. Ces illustrations contiennent en outre un lien ouvrant une boîte de dialogue donnant une définition des catégories fonctionnelles. Trois onglets sont individualisés : fonction, conception et usage. C'est dans ce panneau d'onglets que l'objet est analysé. Il constitue donc véritablement le cœur de notre réflexion archéologique.

4.2.2.1. *L'onglet fonction*

Le premier onglet réunit un champ libre, la typologie fonctionnelle de l'outil, le domaine technique dans lequel il s'inscrit et les références bibliographiques liées à la fiche.

Le champ libre est principalement destiné à fournir un champ de rédaction pour la synthèse liée à l'objet. Elle peut être plus ou moins développée suivant la complexité de son histoire, l'ensemble auquel elle appartient ou la particularité de son contexte de découverte. Dans cette rubrique sont également insérées les informa-

tions ne pouvant prendre place ailleurs, tels les anciens numéros d'inventaire.

La partie identification fonctionnelle présente la « catégorie fonctionnelle » dont relève l'objet et la typologie fonctionnelle dans laquelle il s'insère. Les catégories fonctionnelles ont été définies avec un degré de précision important, se rapprochant du fonctionnement de l'objet, ce qui fournit une classification relativement objective. Outre les catégories fonctionnelles abordées ici dans la synthèse, on peut citer quelques exemples : alimentation, iconographie, poids/lests... Dans quelques cas, la catégorie fonctionnelle correspond à un objet, s'il constitue une catégorie fonctionnelle à lui seul (creuset) ou pour respecter les conventions archéologiques, dans la mesure où elles offrent une perception claire de la nature de l'objet (amphore, matériau de construction). Les rubriques correspondant à la typologie fonctionnelle sont au nombre de trois : « objet/artefact », « type », « sous-type ». Toutes les typologies fonctionnelles sont conçues sur le même modèle, en intégrant d'abord la fonction technique de l'objet puis, quand elle est perceptible, la fonction symbolique de l'objet. Par exemple : « enclume universelle forme Gray ». Toutes ces rubriques ont été conçues pour intégrer la notion de réattribution fonctionnelle. En cas de changement de la fonction de l'outil, un « ; » est apposé en bout de texte et un retour à la ligne permet de consigner la nouvelle fonction. Ainsi, lors d'une recherche, le même objet peut être détecté aisément pour chacune des catégories fonctionnelles à laquelle il appartient. Le « ; » permet de repérer les cas de réattribution fonctionnelle dans les tables récapitulatives et éventuellement de rechercher ces cas particuliers dans la table mobilier.

Les rubriques du domaine technique permettent de préciser dans quel contexte d'utilisation s'inscrit l'objet, d'après sa conception, son contexte de découverte et ses traces d'utilisation. Nous avons d'abord distingué le « domaine d'activité », qui correspond plus ou moins à la notion de métier. Dans le cas du travail du métal, lorsque ce degré de précision ne peut être atteint, nous avons par défaut rempli la rubrique en restant au niveau des grands découpage de la chaîne

opératoire du métal (**extraction, élaboration et transformation**). Le « domaine de production » tente de cerner le type d'objet fabriqué à l'aide de l'outil, pour autant qu'il soit possible de le préciser. En effet, de nombreux outils sont conçus pour des productions diversifiées, comme les abrasifs. La rubrique « chaîne opératoire » permet de replacer l'outil au sein de la chaîne opératoire du domaine technique dont il relève (ébauche, mise en forme, finitions...). Enfin, la rubrique « matière(s) travaillée(s) » permet de préciser quelle matériau a pu être mis en forme à l'aide de l'outil. Toutes ces rubriques, comme les précédentes, sont conçus pour intégrer les cas de réattribution fonctionnelle.

La rubrique « références bibliographiques » regroupe toutes les références bibliographiques liées à l'objet, qu'il s'agisse des publications citées en référence ou de celles dans lesquelles a déjà été publiés l'objet concerné (liste généralement non exhaustive).

4.2.2.2. *L'onglet conception*

Le second onglet regroupe les éléments liés à la conception de l'outil : mise en forme, morphologie, fonctionnement, matériau et silhouette.

La mise en forme est décrite à partir de deux rubriques principales, auxquelles sont adjointes un champ libre. La distinction élémentaire concerne l'élaboration de l'objet. Trois degrés sont utilisés : « opportuniste », lorsque l'objet est constitué d'un écofact employé tel quel, « mis en forme », « réutilisé » ou « remployé », si l'objet est le résultat d'une réattribution fonctionnelle et « réfection », si l'objet a été remis en état pour palier à son usure. Une précision est ensuite apportée en fonction du degré de mise en forme (complète, partielle, interrompue). Comme pour les rubriques de l'onglet fonction, les différentes mises en forme liées à l'entretien ou la réattribution fonctionnelle de l'outil sont intégrées.

La morphologie de l'outil est décrite à partir de quatre rubriques principales : morphologie du corps, identification des éléments de fixation, de préhension et des surfaces actives. Une rubrique permet également de classer les outils en fonction de leur degré de spécialisation, puisque ce-

lui-ci dépend essentiellement de la morphologie. Une rubrique libre a également été intégrée.

Le fonctionnement est décrit à l'aide de six rubriques fixes, auxquelles sont adjointes un champ libre. La rubrique « positionnement » classe les objets en fonction du nombre de position dans lesquelles ils peuvent fonctionner. La rubrique « préhension » distingue les outils fixes des outils mobiles. Il s'agit de distinguer les outils qui peuvent ou doivent être tenus en main pour fonctionner, des outils qui doivent être obligatoirement posés, à cause de leur masse ou de leur systèmes de fonctionnement complexe (c'est le cas des **meulets** par exemple). La rubrique « mouvement » distingue les outils actifs (mis en mouvement) des outils passif (qui subissent le mouvement). La rubrique « interaction » décrit le type d'interaction qui s'exerce entre l'outil et la matière : percussion, friction, échange thermique. Lorsque l'interaction est une percussion ou une friction, la rubrique « vecteur de force » indique le sens dans lequel s'exerce le mouvement (longitudinal, transversale...), quel que soit l'élément mis en mouvement. Enfin, la rubrique « contrainte » décrit le résultat de l'action de l'outil sur la matière.

La description du matériau prend en compte plusieurs critères d'analyse. La nature du matériau est d'abord précisée : matériau unique, alliage ou matériau composite. Puis les différents matériaux sont listés dans une rubrique multivaluée. Trois rubriques permettent de localiser la provenance du matériau avec une précision plus ou moins importante : aire d'approvisionnement, distance et localisation précise du lieu d'origine. Enfin, quatre critères d'analyse du matériau permettent d'en préciser les propriétés mécaniques : grain, grade, dureté et résilience.

Pour terminer, la description de la silhouette est un champ libre, qui permet de développer une analyse de la silhouette de l'objet, mise en rapport avec la typologie fonctionnelle.

4.2.2.3. *L'onglet usage*

Le dernier onglet présente les rubriques liées à l'usage de l'objet. Il s'agit en premier lieu de décrire les traces d'utilisation liées à l'interac-

tion de l'objet avec la matière. On distingue donc les traces de percussion, de friction, les impacts thermiques et les résidus. Un bandeau permet d'effectuer des recherches en fonction de la présence de l'une ou l'autre de ces traces. Un cadre interprétatif a également été ajouté, qui permet de déterminer le type d'action lié aux traces d'usure et de lister les formes de demi-produits qui peuvent être déduits des traces d'utilisation. Une rubrique permet également de préciser si les traces peuvent correspondre à un usage impropre.

4.2.3. Le panneau illustration

Le dernier élément de la table mobilier est constitué par le cadre regroupant la documentation graphique. Elle prend la forme de deux tables récapitulatives, liées aux table photographie et dessin. Chacune n'affiche qu'une image, mais permet un défilement lorsque plusieurs images sont liées à un même objet. De plus, ces images servent de lien pour accéder directement aux tables liées et visionner les illustrations dans un format nettement plus grand.

4.3. Les tables « terrain »

Les tables terrain sont au nombre de quatre. Elles synthétisent les données liées au contexte de découverte en les hiérarchisant, suivant un schéma classique : opération archéologique, ensemble construit, fait, US.

La table « opération » synthétise les données liées à chaque opération archéologique. : localisation, datation et nature de la fouille sont précisées, afin de permettre l'analyse critique des données disponibles. Si l'opération archéologique s'inscrit dans un site, celui-ci est mentionné. Si elle est indépendante, l'opération est considérée comme un site, même si elle correspond à une découverte isolée.

Les tables « ensemble construit » ; « fait » et « US » reprennent les données de terrain lorsqu'elles sont accessibles. Généralement, seules les éléments directement liés à un objet sont pris en compte. Nous n'avons pas intégré l'ensemble des données de terrain de chaque

opération, travail qui aurait demandé un investissement démesuré par rapport à l'utilisation qui aurait pu être faite de cette information.

Les données intégrées dans les tables mobilier sont dépendantes de l'accessibilité de l'information. Ainsi, nombre d'outils intégrés ici proviennent de catalogues ou de publications ne précisant pas les contextes de découverte, ou seulement succinctement. Pour de nombreuses opérations, les données ne sont pas directement accessibles. Par exemple, les opérations menées sur le site de Bibracte sont pour la plupart encore en cours de traitement. La base de données du site et les rapports annuels sont insuffisants pour reconstituer le contexte de découverte de nombre d'objets. Il était inconcevable de revenir systématiquement à l'enregistrement de terrain pour palier à cet inconvénient.

4.4. Les tables annexes

Les tables annexes sont au nombre de trois : les tables liées à la documentation graphique (photographie et mobilier) et la table « analyses », qui regroupe les informations liées à l'expertise des objets, notamment celles liées à l'identification des matériaux et de leur provenance ou aux analyses physico-chimiques qui ont pu être réalisées ponctuellement.

4.5. Les outils de synthèse

Les outils de synthèse sont intégrés aux tables terrain. Sur chacune d'elle, un tableau récapitulatif réunit le mobilier qui lui est associé. Les principales rubriques de l'onglet fonction de la table mobilier sont affichées, ainsi qu'un bouton offrant un lien avec la fiche mobilier de chaque objet (partie gauche du tableau).

Ce système permet une analyse en termes d'ensemble à plusieurs niveaux (US, fait, ensemble construit, opération). Les tableaux de synthèse ne pouvant présenter les rubriques de la table « mobilier » dans leur dimension originelle, seule la première ligne peut être visualisée. Les points-virgules signalant les cas de réattribution fonctionnelle pallient à ce problème, l'utilisateur pouvant ensuite utiliser le lien pour retourner à

l'enregistrement original et obtenir l'information complète.

Un champ libre sous les tableaux récapitulatifs permet de présenter l'analyse générale du mobilier et de fournir une interprétation.

Au total, la base de données réunit 952 fiches, correspondant à 29 références iconographiques, auxquelles s'ajoutent en terme de mobilier 959 restes pour 943 individus. Ils représentent 5,287 tonnes, sachant que tous les objets ne sont pas pesés. Un certain nombre d'objets n'appartiennent pas à l'une des quatre catégories fonctionnelles étudiées en détail. Néanmoins, ils ont toute leur place ici, car ils constituent un référentiel important sur l'outillage lithique. Les documents iconographiques présentent des scènes d'**ateliers** et des représentations d'outils des époques romaine et médiévale, utilisées pour l'analyse du mobilier.

Étant donné la structure de la base, il était impossible de la transcrire sous un format papier. Elle est donc présentée sous format informatique (fp7) sur le CD accompagnant le volume. À terme, la base de donnée sera mise en ligne dans son intégralité, pour être mise à disposition comme référentiel de comparaison.

5. Les normes de l'ouvrage

Pour clore ce chapitre méthodologique, il convient de présenter succinctement quelques normes utilisées dans le présent ouvrage. Elles concernent le référencement des objets et les normes des illustrations.

Le référencement des objets est systématiquement effectué à partir du numéro d'étude, qui renvoie directement à la base de données. Seuls les objets faisant l'objet d'une illustration sont

référéncés précisément dans le corps du texte, en mentionnant le nom de l'opération, généralement un lieu-dit (en italique), la commune et la circonscription – plus le pays s'il ne s'agit pas de la France. Les références complémentaires : numéro d'inventaire et lieu de conservation, lorsqu'ils sont connus, sont accessibles via la base de données et n'ont donc pas été intégrés ici, évitant d'alourdir le propos.

S'agissant des normes des illustrations, toutes les photographies et dessins sont de la main de l'auteur, sauf mention contraire. Quelques symboles graphiques ont également été utilisés (Fig. 4). Les aplats de gris symbolisent les traces de frottement, qui ne sont pas toujours représentables par le dessin. Les traces de percussion ont été symbolisées par des étoiles, dont la taille et la densité varient en fonction de celles des impacts observés. Enfin, la symbolisation du niveau de fixation des supports de frappe permet de les présenter en situation restituée et de pouvoir les comparer en fonction de ce critère et non de la morphologie des outils, qui varie considérablement suivant les types.

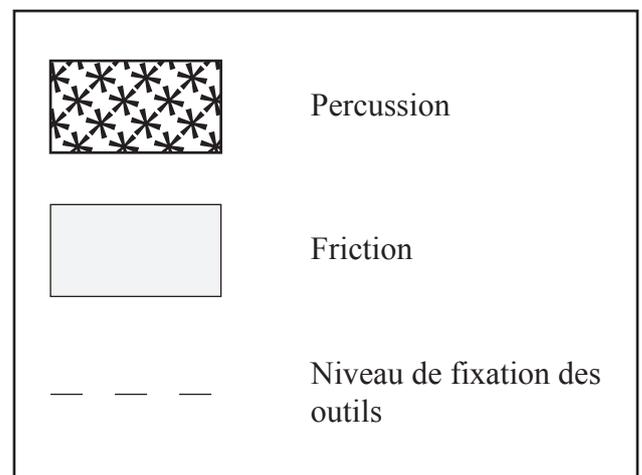


Fig.4 Symboles utilisés dans les dessins.



Les supports de frappe

La documentation archéologique concernant les supports de frappe est inégale selon les périodes. Elle montre un état d'une recherche qui en est encore à ses débuts, complexifiée par les trop rares découvertes. Les outils métalliques de l'âge du Bronze ont fait anciennement l'objet d'inventaires à l'échelle de la France et de l'Europe, régulièrement mis à jour (Coutil 1912, Nicolardot, Gaucher 1975, Ehrenberg 1981). Si l'on tient compte du plus récent en lui ajoutant nos données, ce sont au total 46 individus qui ont été découverts, dont 23 en France. Ce mobilier a fait l'objet de deux typologies principales. La première, s'appuyant sur le corpus français, est basée sur la morphologie de l'outil (Moreau 1971, complété par Nicolardot, Gaucher 1975). La seconde se veut plus technique et distingue **enclume simple**, **enclume à corne** et **enclume complexe** ; mais ces catégories sont floues et un même outil peut parfois entrer dans deux d'entre elles (Ehrenberg 1981). Plus récemment, quelques travaux se sont penchés sur les aspects techniques de ces outils, notamment en établissant un parallèle entre les outils contemporains et les formes archéologiques, mais ils restent partiels (Éluère, Mohen 1993, Armbruster 2000, 2001).

La période comprise entre le premier âge du fer et le début de la Tène est caractérisée par une quasi absence de documentation. Pour la période Hallstatt D – La Tène A, on recense seulement trois objets identifiés comme supports de frappe potentiels (Dubreucq 2007a), ce qui explique qu'aucune étude spécialisée n'a jusqu'à présent abordé cet outillage. La documentation devient plus abondante à la fin du second âge du Fer (La Tène C et D). On peut citer notamment les corpus de supports de frappe métallique de Manching (Jacobi 1974), de Bibracte (Mölders 2010), ainsi que quelques exemplaires lithiques publiés individuellement (Menez *et al.* 2007, Dhennequin 2007, Malrain *et al.* 2010). Ces outils sont publiés dans le cadre d'études de site,

jamais dans une perspective thématique. Elles présentent néanmoins l'avantage de fournir les contextes de découverte précis des outils et donc de leur usage, informations inaccessibles pour la période de l'âge du Bronze où les outils sont découverts systématiquement au sein de dépôts.

L'époque romaine est sans doute celle pour laquelle la documentation est la plus abondante. Plusieurs corpus de sites conséquents ont été publiés, notamment ceux du Magdalensberg (Dolzen 1998) et de Pompéi (Amarger 2009), sans compter les découvertes isolées ou en petit nombre. Quelques typologies ont porté sur ces outils, la plus complète étant celle d'Anika Duvauchelle, qui ne se limite pas aux outils liés à la **transformation** du métal et intègre aussi des outils de cordonnier ou de faucheurs (Duvauchelle 2005).

En abordant les supports de frappe de façon thématique, nous avons pu réunir un important corpus qui, s'il est sans doute loin d'être exhaustif, répertorie la plupart des formes actuellement recensées à partir de la documentation déjà publiée, mais également de corpus largement inédits, comme ceux de Bibracte et Autun : Lycée militaire et Fauourg d'Arroux, fouillé en 2010 sous la direction de Stéphane Alix (Alix à paraître). Grâce à cette vision élargie, il est aisé de mettre en évidence la diversité technique de ces outils et d'en reconnaître les différents types. En effet, la catégorie fonctionnelle des supports de frappe est sans doute la plus polymorphe parmi l'outillage destiné au travail des métaux. Car il ne s'agit pas d'un outil auquel on donne de multiples formes en fonction d'utilisations particulières, comme les tenailles (Guillaumet 1998), mais d'outils différents, utilisés souvent pour des opérations techniques spécialisées.

La dispersion des découvertes, notamment le riche corpus des supports de frappe en métal de l'âge du Bronze, ne nous a pas permis d'étudier chaque objet *de visu*. Nous sommes donc tribu-

taires, pour une certaine part, des observations d'autres auteurs, ce qui explique l'inégale qualité des données enregistrées. Ainsi, la masse des outils est fréquemment omise dans la littérature, alors qu'il s'agit du principal critère d'analyse des supports de frappe, outils fonctionnant par inertie. Nous avons pu occasionnellement pallier à cet inconvénient grâce au calcul, à partir du volume de l'objet et de la masse volumique du matériau, ce qui n'est possible que pour des formes géométriques simples.

Pour profiter au mieux de la perspective ouverte par l'approche diachronique choisie ici, nous abordons les supports de frappe par thématique, en donnant la priorité aux questions techniques. La première étape est bien entendu l'identification fonctionnelle : identifier les différents types d'outils répertoriés au cours du temps et déterminer leur fonction précise, à partir de l'analyse de leur structure. Elle est nécessairement suivie d'une analyse de la conception des outils, pour comprendre comment elle évolue au cours du temps, en fonction de la technologie disponible afin de répondre aux besoins techniques pour la mise en forme des métaux. Pour finir, l'outil doit être remis dans son contexte d'utilisation. Il s'agit d'abord de le replacer dans le contexte de l'atelier, pour comprendre comment il s'intègre à la chaîne opératoire de la **transformation** du métal, mais également de comprendre ses implications sociales, en analysant la charge symbolique de l'outil, perceptible dans sa mise en forme et dans les réattributions fonctionnelles de nature symbolique.

1. Fonction technique des supports de frappe

À chaque période, on observe une importante variabilité technique des supports de frappe. Il ne s'agit pas de formes différentes d'un même outil, mais de types d'outils variés, qui peuvent en outre être sujet à une certaine variabilité technique. On observe évidemment d'importants changements au cours du temps, même si les lacunes du corpus, qui ne sont que le reflet de celles des découvertes, rendent difficile l'établissement d'une chronologie fine.

1.1. L'âge du Bronze

Le corpus réuni ici prend en compte 35 supports de frappe, dont trois moitiés de **moules à bon creux** ayant servi à les couler, provenant essentiellement de France et des pays limitrophes. Si l'on observe l'ensemble de ces outils de façon indifférenciée, on constate une nette scission entre des outils à partie active unique (spécialisés ou polyvalents) et des outils à parties actives multiples, manifestement multifonctions (Fig. 5).

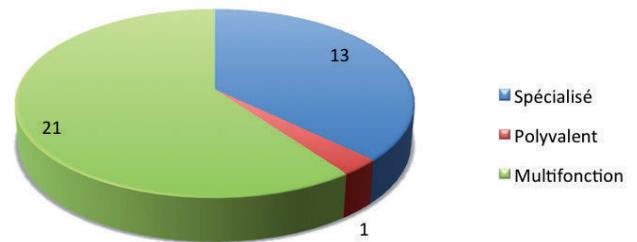


Fig.5 Spécialisation des supports de frappe de l'âge du Bronze.

Le dépôt de bronzier de *la Petite Laugère* à Gévelard (Saône-et-Loire) nous offre une clef de compréhension de cette diversité. Quatre supports de frappe ont été découverts dans ce qui est manifestement le contenu d'un atelier caché ou déposé pour quelque raison symbolique qu'il ne nous appartient pas de discuter ici. Un seul est multifonction (862), les trois autres sont des outils spécialisés (818, 819, 864). Nous ne sommes donc pas en présence de différentes formes d'un outil, mais d'outils complémentaires. Les outils multifonctions, de part leur conception et leur nombre, sont nécessairement au centre de ce système et doivent être considérés comme les supports de frappe principaux, ce qui correspond à la définition d'une **enclume**. L'analyse de la structure des supports de frappe spécialisés permet ensuite de déterminer leur fonction et de les replacer dans la chaîne opératoire de la **transformation** du métal. Chaque type d'outil est ici présenté séparément.

1.1.1. Les enclumes

Malgré leur importante diversité, les **enclumes** de l'âge du Bronze s'intègrent toutes dans un même schéma technique. On reconnaît

donc une base commune à tous ces outils, sur laquelle viennent se greffer des particularités techniques diverses qui en font pratiquement des *unica*. Nous avons synthétisé la structure tech-

nique de ces outils au sein d'un tableau (Fig. 6), à partir duquel il est possible de livrer une interprétation de la fonction de ces outils et de tenter d'en élaborer une classification.

Références objet		Surfaces actives										
N°	Provenance	Masse (g)	Corne ronde	Corne carrée	Table étroite	Dégorgeoir	Table large	Suage	Filière	Matrice	Autre	Positions
11	Paris		1				1					1
12	Mâcon		1				1	1				1
6	Bardouville						1	9				2
36	Kyle of Oykel (Écosse)		1				1	5	1			2
865	Ouroux-sur-Saône	676	1		1		1	1				1
862	Génelard	927	1	1	1		1		1			2
49	Lusmagh (Irlande)		1			1			2		Cloutières	1
861	Lyon	354	2		1	1			1			2
860	Venarey-les-Laumes	410	2		2				1			1
50	Sengeløse (Danemark)		2		2			2				2
35	Riddes (Suisse)		3		2			3				2
39	Coray			1	1			14		2		3
872	Fresné-la-Mère			2		1		11		1		3
874	Corbeil-Essonne		1	1		1		4				2
10	Musée de Caen		1	1		2		?		?		3
863	Gray	754	2			1					Oeil	2
815	Porcieu-Ambagnieu		2			2						1
8	Zurich (Suisse)		1			1						1
7	Bons-en-Chablais		1			1						1
37	Nairn (Écosse)		1		1	1						1
810	Sorel-Moussel		2		1	1						2
816	Cuiiry-les-Chaudardes		2		?	?						1 ou 2
40	Grayan-et-l'Hôpital		2		2							1
34	Angerville		1	1	2							2

Fig. 6 Tableau synthétique de la conception technique des enclumes de l'âge du Bronze.

1.1.1.1. Masse des outils

La masse d'une **enclume** est le premier critère d'analyse à utiliser, afin de déterminer la section des pièces qu'elle permet de travailler. En effet, c'est de la masse que dépend l'inertie de l'outil et donc sa capacité à renvoyer l'énergie lors de la percussion, au lieu de l'absorber.

Malheureusement, nous ne disposons de cette donnée que pour les rares outils que nous avons pu étudier *de visu*. Toutefois, il est facilement possible d'extrapoler la masse des autres outils, étant donné que nous avons pu peser l'**enclume** la plus massive répertoriée jusqu'à présent. L'**enclume** du dépôt de la Petite Laugère à Génelard (862), pèse seulement 927 g, ce qui constitue un maximum peu élevé. Cette particularité n'est pas étonnante : dans la technologie de la **transformation des cupro-alliages** et de l'or, qui sont les principaux métaux travaillés pendant l'âge du Bronze, la coulée occupe une place prépondérante. La déformation plastique n'intervient que de façon secondaire et ne concerne pas

la mise en forme des pièces massives, comme les outils ou les armes. De lourds supports de frappe ne sont donc pas nécessaires.

Étant donné la faible variation de la masse des **enclumes**, elle n'est pas un critère discriminant et ne peut être utilisée pour les classer.

1.1.1.2. Les tables de frappe

Les **tables de frappe** constituent la partie active principale des **enclumes**. Les exemplaires de l'âge du Bronze en présentent trois formes différentes : tables étroites, **dégorgeoir** et exceptionnellement table large.

Les tables étroites facilitent l'étirage du métal, qui consiste à diminuer sa section pour augmenter sa longueur (Jullien, Valerio 1846). Leur forme, habituellement légèrement convexe, accroît encore leur efficacité pour ce type de travail, en les rapprochant de la conception des **dégorgeoirs**. Ces tables peuvent théoriquement être utilisées pour de la mise en forme, mais elles sont si étroites que cela est peu probable.

Les **dégorgeoirs** sont spécifiquement conçus pour étirer le métal, de part leur forme à deux pans qui réduit la surface de contact avec le métal. Seules 3 **enclumes** sur 24 possèdent à la fois une table étroite et un **dégorgeoir**. Il semble que ces deux types de surface active s'excluent l'un l'autre, ce qui démontre que leurs fonctions sont pratiquement identiques.

Les tables larges sont conçues pour la mise en forme du métal. Six **enclumes** possèdent une table large. Elles sont nettement plus rares que les tables étroites ou les **dégorgeoirs**. Pour quatre exemplaires, il s'agit de la seule **table de frappe**, qui serait également utilisée pour l'étrépage du métal, sauf utilisation d'un support de frappe annexe, **dégorgeoir** ou **tas** à étirer, qui sont connus par ailleurs (voir *infra*). Les deux autres exemplaires possèdent également des tables étroites, qui rendent l'**enclume** autonome.

Les **tables de frappe** des **enclumes** de l'âge du Bronze sont d'abord conçues pour étirer le métal. Les rares exemplaires ne possédant qu'une table large ne contredisent pas cette analyse. En effet, l'utilisation d'un marteau à tête convexe permet d'étirer facilement le métal sur de tels outils. Dans le dépôt de *la Petite Laugère*, sur les 4 marteaux associés à l'**enclume** à table large, trois sont des marteaux à tête convexe et le quatrième est un marteau circulaire de chaudronnier (Thevenot 1998).

Cette conception des **enclumes** trouve une explication dans la nécessité de fabriquer des **semi-produits** allongés. Dans le dépôt de la Petite Laugère, on en observe trois formes : **carré**, ruban de **tôle** et **fil**, dont certains portent les marques évidentes de l'opération d'étrépage (Thevenot 1998). Une seconde utilisation possible est le battage des tranchants, pour les écrouir et les aiguiser, opération bien connue pour les faux à une période ultérieure et attestée sur les haches de l'âge du Bronze (Gomez 1984). En effet, la forme des tables des **enclumettes** pour le battage des faux est similaire à celle des **enclumes** étroites ou des **dégorgeoirs** des **enclumes** de l'âge du Bronze. Cette hypothèse nous est suggérée par les trois dépôts d'**ateliers** dans lesquels

des **enclumes** ont été découvertes : Porcieu-Amblagnieu (**enclume** à **dégorgeoir**), la Petite Laugère (**enclume** à table étroite et table large) et Fresné-la-Mère (**enclume** à **dégorgeoir**). À chaque fois, des outils ou des armes tranchants sont présents.

La forme des tables des **enclumes** ne permet donc pas d'identifier une production précise, puisque même les **dégorgeoirs** peuvent être utilisés pour des productions différentes (bijouterie et **taillanderie**).

1.1.1.3. Les cornes

Toutes les **enclumes**, à l'exception de celle de Bardouville (6), possèdent au moins une **corne** et dans plus de la moitié des cas deux à trois (un exemplaire). Il s'agit essentiellement de **cornes** rondes, conçues pour cintrer, et plus rarement de **cornes** carrées (6 exemplaires), conçues pour plier.

Outre l'**enclume** de Bardouville (6), trois autres possèdent des appendices en forme de **corne** qui semblent difficilement utilisables en tant que tels. Celles de Kyle of Orkel (36) et de Fresné-la-Mère (872) ne sont utilisables que sur leur extrémité, à cause de la présence de **suages**. Enfin, l'**enclume** de *Keranfinit* (39) possède une **corne** de section très faible, ce qui rend improbable son utilisation, d'autant que la **table de frappe** qui la surplombe en position fonctionnelle limite sa longueur utilisable. Étant donné que ces **cornes** servent également de **queue de fixation**, nous pouvons supposer que c'est là leur fonction principale.

Cette particularité des quatre **enclumes** que nous venons de citer est suffisamment rare pour être soulignée. Nous verrons plus loin qu'elle a une conséquence importante.

1.1.1.4. Les suages et flières

Sur de nombreuses **enclumes** (9 à 10 exemplaires), on observe la présence de rainures à profil en V ou en U. Ce type de surfaces actives est connu sur les outils de serruriers et de chaudronnier. Dans le premier cas, leur fonction est de ca-

librer des tiges dont le profil correspond à celui de la rainure et dans le second à réaliser les **marlyls** ou à rétreindre le métal au niveau de l'ouverture des récipients. Étant donné la très faible dimension des **suages**, il est peu probable qu'ils aient été utilisés pour des travaux de chaudronnerie, d'autant qu'aucun **marteau à suage** n'a été découvert à notre connaissance. Christiane Éluère et Jean-Pierre Mohen soulignent d'ailleurs la fréquence de l'utilisation de **fil** à section triangulaire, ce qui correspond au profil le plus fréquent des **suages** (Éluère, Mohen 1993).

La présence de **filières** est également relativement fréquente (5 cas). Elles sont conçues spécifiquement pour la fabrication de **fil**, à partir d'une ébauche. Cette dernière, tirée en force à travers un orifice rond, ressort calibrée et régularisée. Les trois exemplaires que nous avons examinés, sur les **enclumes** 860, 861, 862, sont chacune de conception différentes.

Suages et **filière** montrent l'importance de la production de **fil** dans les opérations de déformation plastique des métaux à l'âge du Bronze. Il est difficile de produire des pièces de faible section par la méthode de la coulée, ce qui explique sans doute cette place importante des **suages** et **filières** sur les **enclumes**. Ces deux types de surfaces actives semblent s'exclure, puisque seule l'**enclume** de Kyle of Oykel (36) porte des **suages** et, semble-t-il, une **filière**.

1.1.1.5. Les matrices

Plusieurs **enclumes** portent des formes en creux que l'on peut interpréter comme des **Matrices** : Keranfinit (39) et Fresné-la-Mère (872) et peut-être l'**enclume** disparue du musée de Caen (10). Elles sont peu nombreuses mais mettent en évidence un caractère particulier de ces outils. Dans les cas avérés de Keranfinit et Fresné-la-Mère, ces **Matrices** coexistent avec de nombreux **suages**, dont la fonction ne correspond en aucune façon à un travail de chaudronnerie. Ces outils sont donc conçus pour des opérations aussi différentes que la fabrication de **fil** et l'**emboutissage** qui, dans la **métallurgie** plus tardive, correspondent à des métiers totalement différents.

1.1.1.6. Les cloutières et les yeux

Cloutières et **œil** sont des parties actives attestées chacune sur un unique exemplaire. Elles montrent que les **enclumes** de l'âge du Bronze peuvent comporter des parties actives peu courantes, ce qui souligne la conception unique de chaque exemplaire, mise en évidence par la variété des assemblages des parties actives plus courantes.

1.1.1.7. Classification fonctionnelle

La variété des assemblages de surfaces actives, accrue par des conceptions variées observées pour un même élément technique (nous avons pu observer trois formes différentes de **filières** sur les **enclumes** de la Plaine des Broteaux (861), de la Petite Laugère (862) et du Domaine d'Orain (860)), rend difficile toute tentative de classification technique. Il est toutefois possible de reconnaître trois groupes, qui se distinguent à partir de critères techniques (Fig. 7).

D'un point de vue fonctionnel, le premier groupe se détache, composé d'outils pourvus uniquement de tables et de **cornes**, d'où le nom d'« **enclume bigorne** ». Elles couvrent un champ fonctionnel étroit : étirer, mettre en forme, cintrer (7, 8, 11, 34, 37, 40, 810, 815, 816).

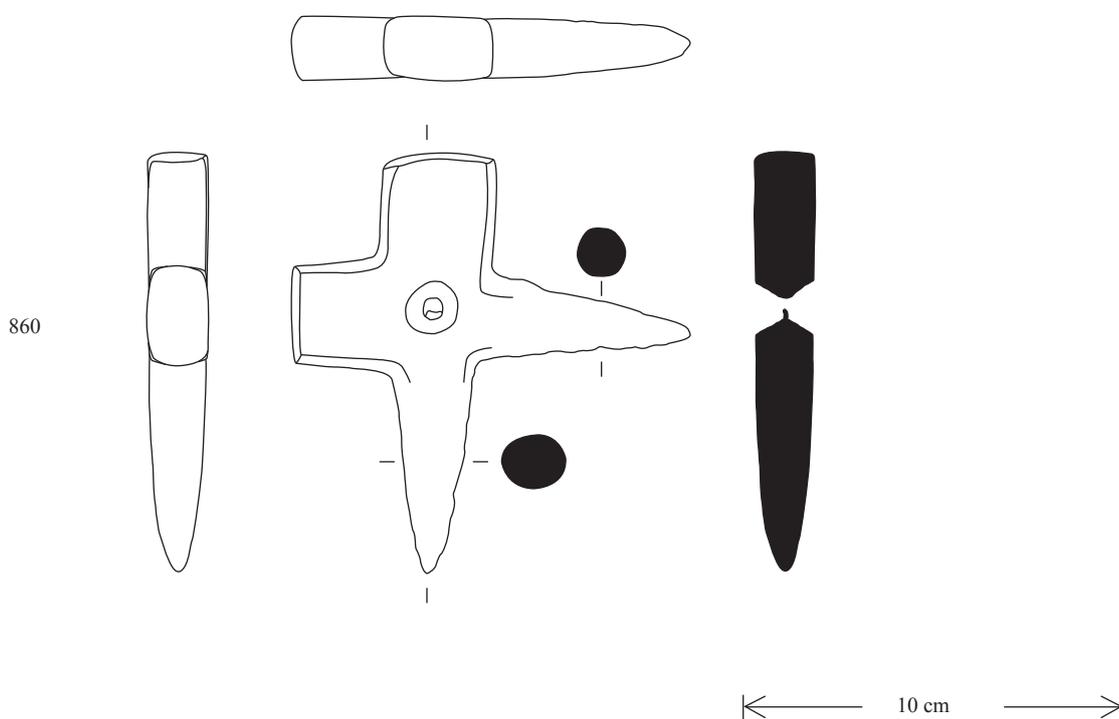
Le second groupe, plus restreint, rassemble les outils portant un nombre important de **suages**, associés à une table, que nous appelons « **enclumes à suages** ». Les **cornes** de ces outils sont soit inexistantes, soit peu ou mal utilisables. Elles semblent spécifiquement conçues pour la fabrication de **fil** (6, 36, 39, 872).

Le dernier groupe est constitué d'outils associant tables et **cornes** à un nombre variable d'autres surfaces actives (6, 10, 12, 35, 36, 39, 49, 50, 860, 861, 862, 863, 865, 872, 874). Les similitudes de leur conception avec les formes universelles de cordonniers nous fait proposer le terme d'« **enclume universelle** » pour les désigner.

Cette longue analyse des **enclumes** de l'âge du Bronze montre toute la complexité de ces outils, qui s'exprime à plusieurs niveaux. Complexité d'outils qui sont conçus comme des supports de frappe multifonctions, dotés de plusieurs par-

8

6



Échelle 1: 2

10 cm

Fig. 7 Comparaison entre les différents groupes techniques d'enclumes de l'âge du Bronze. De haut en bas : enclume bigorne, enclume à suages et enclume universelle. 8 : *Wollishofen*, Zurich, Canton de Zurich, Suisse (d'après Eherenberg 1981) ; 6 : Bardouville, Seine-Maritime (d'après Nicolardot, Gaucher 1975) ; 862 : *Domaine d'Orain* à Venarey-les-Laumes, Côte-d'Or.

ties actives. Complexité d'outils conçus pour des opérations multiples couvrant des domaines techniques variés : l'**enclume** de Keranfinit (39) permet l'étirage du métal, la régularisation de **fil** et l'**emboutissage** de la **tôle**. Enfin, complexité d'outils qui peuvent être utilisés pour de nombreuses productions différentes. Pour rester sur le même exemple, l'**enclume** de Keranfinit peut être rattachée à la fois à la **taillanderie**, à l'armurerie, à la chaudronnerie et à la bijouterie. On comprend que la notion de métier est caduque pour aborder ces outils.

Cette conception particulière des **enclumes** de l'âge du Bronze les rend difficilement utilisables pour identifier une production. D'autant plus que ces outils ne sont jamais découverts en position fonctionnelle ce qui en fait de très mauvais marqueurs d'une activité de **transformation** du métal. Par contre, elles sont particulièrement pertinentes pour analyser l'organisation de la production, manifestation conçue sur la base de cellules de production polyvalentes.

1.1.2. Les tas

Il est difficile de définir techniquement un **tas**. Par rapport à une **enclume**, il s'agit d'un support de frappe secondaire muni d'une unique surface de frappe. Les outils pouvant être intégrés dans cette catégorie sont relativement peu nombreux. Nous n'en présenterons que deux formes ici (Fig. 8), la troisième étant abordée plus bas pour des raisons de cohérence fonctionnelle (1.1.4.).

La première forme de **tas** est facilement identifiable (864). Sa **table de frappe** sphérique correspond à un travail de chaudronnerie. On peut parler de « **tas boule** ». Un tel outil est utilisé pour mettre en forme un récipient, dont la forme devait se rapprocher d'une demi-sphère.

La fonction précise du second **tas** est difficile à établir (866). Il est pourvu d'une table plane légèrement inclinée, qui en fait un outil polyvalent et non spécialisé comme le précédent. Un outil similaire est utilisé par les orfèvres Maliens (Armbruster 1993), mais sa fonction n'est pas explicite. Aussi préférons-nous limiter notre in-

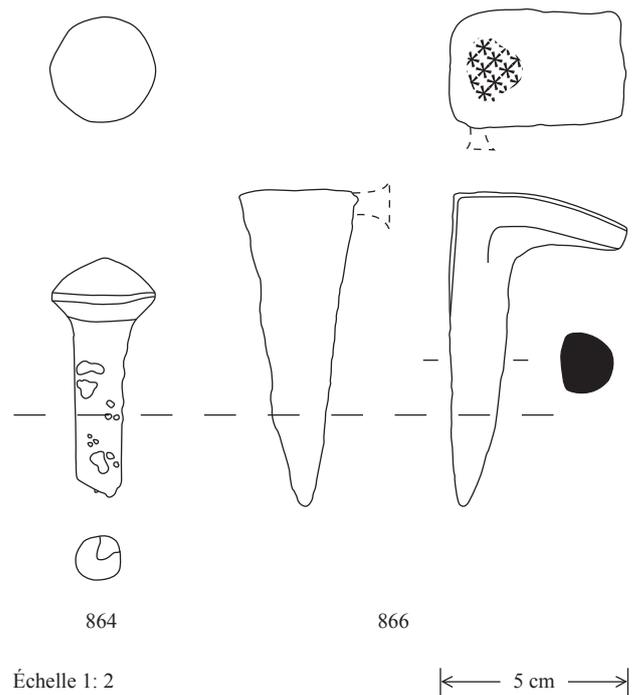


Fig. 8 Tas boule et tas indéterminé. 864 : la Petite Laugère à Gévelard, Saône-et-Loire ; 866 : Plainseau, Somme.

terprétation au niveau du type d'outil, sans plus de précision.

1.1.3. Les bigornes

La **bigorne** se définit par sa structure : un support de frappe muni d'une ou deux **cornes** et éventuellement d'une **table de frappe**. Un outil découvert dans le dépôt du *Parc-aux-Bœufs*, à Questembert (Morbihan), présente une conception qui permet de l'identifier comme tel (13). Il est constitué de deux **cornes**, l'une ronde, l'autre carrée, opposées dos à dos et formant une équerre (Fig. 9). En utilisant tour à tour l'une des deux **cornes** comme **queue de fixation**, l'outil peut fournir alternativement une **corne** ronde et une **corne** carrée.

L'existence d'un tel outil peut surprendre, étant donné que les **enclumes** de l'âge du Bronze ont presque systématiquement une **corne** ronde et parfois une **corne** carrée. L'explication se trouve dans la carte de répartition des **enclumes** de l'âge du Bronze : la **bigorne** a été découverte dans une zone où ne sont attestées que des **enclumes** à **suages**, outils dépourvus de véritables **cornes**. Il y a donc complémentarité entre deux types d'outils.

Fig.9 Bigorne : *le Parc-aux-Bœufs*, Questembert, Morbihan (d'après Nicolardot, Gaucher 1975).

1.1.4. Les outils pour étirer le métal

Les outils spécialisés pour étirer le métal sont relativement répandus, à l'échelle du corpus des supports de frappe métalliques de l'âge du Bronze. Ils forment deux catégories distinctes (Fig. 10).

La première forme est constituée de **tas** à étirer, dont nous avons recensé deux exemplaires (41, 819), dont un en pierre, le seul outil fabriqué dans ce matériau à avoir été intégré ici. Ces **tas** possèdent des **tables de frappe** étroites, semblables à celles des **enclumes**, avec une légère courbure. Cette forme particulière facilite l'étirage du métal, en réduisant la surface de contact entre le métal et le support de frappe.

De la seconde forme d'outil à étirer, nous n'avons pu recenser qu'un seul exemplaire. Il s'agit d'un **dégorgeoir** (38). Comme sur les **enclumes**, on retrouve la forme caractéristique à deux pans, conçue spécifiquement pour l'étirage du métal.

L'existence de ces outils, qui font en quelque sorte double usage avec les **enclumes**, montre l'importance des travaux d'étirage du métal dans les travaux de déformation plastique, d'autant plus que l'un des **tas** à étirer (819) a été découvert associé à une **enclume** portant une table étroite (862).

1.1.5. Les outils à étamper et emboutir

Une petite série d'outils se présente sous la forme de parallélépipèdes en métal, pourvus de rainures (808, 818) ou de cupules hémisphériques (867). Leur conception ne laisse pas de doute quant à leur fonction : calibrer du **fil** pour les premiers (dominos à rainures) et emboutir la **tôle** pour les seconds (dominos à emboutir) (Fig. 12). Leur petite taille invite à y voir des outils de bijoutier ou d'orfèvre. Des outils similaires sont aujourd'hui encore utilisés par ces corps de métier, mais sous forme de dés (Outilor 2013 p. 88-89). Les dominos à emboutir devaient être utilisés avec des **poinçons**, connus par ailleurs pour l'âge du Bronze (Fig. 11), car aucun marteau ne peut

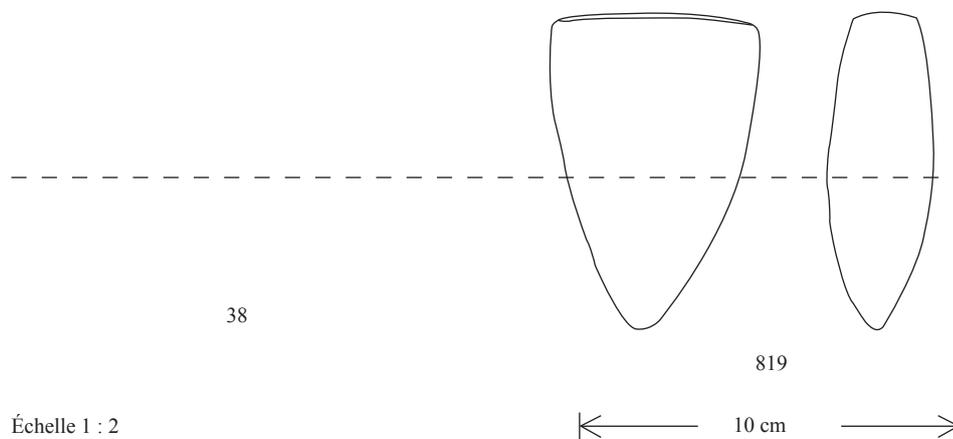


Fig.10 Outils pour étirer le métal : dégorgeoir et tas à étirer. 38 : Litchfield, Staffordshire, Grande-Bretagne (d'après Armbruster 2001) ; 819 : *la Petite Laugère* à Gévelard, Saône-et-Loire.

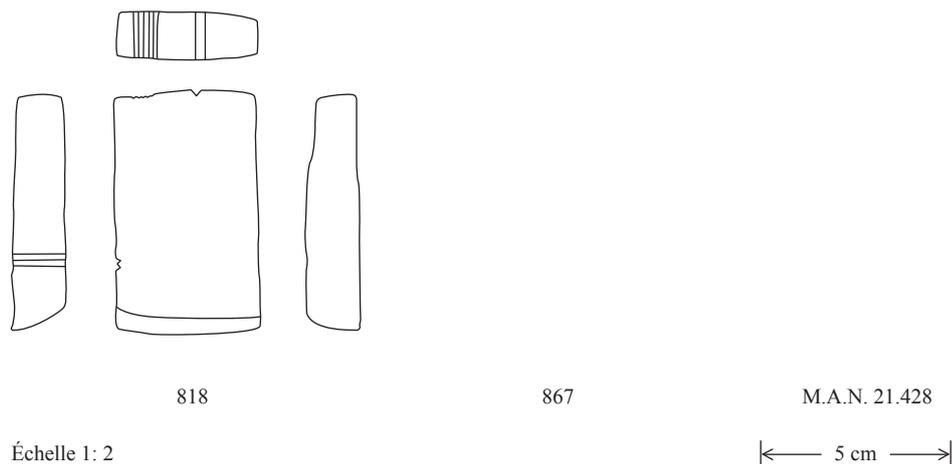
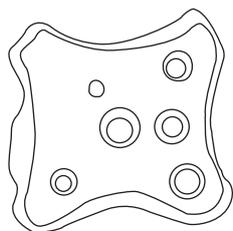


Fig. 11 Outils à estamper et emboutir : domino à rainures, domino à emboutir et coin. 818 : *la Petite Laugère*, G nelard, Saône-et-Loire ; 867 : Larnaud, Jura (d'après Nicolardot et Gaucher 1975) ; M.A.N. 21.428 : *Petit-Villatte*, Neuvy-sur-Barangon, Cher (d'après Nicolardot et Gaucher 1975).

emboutir la **tôle** dans des **matrices** aussi petites. D'autres outils d'estampage sont connus par ailleurs, comme les  tampes de la Petite Laugère   G nelard, Saône-et-Loire (Thevenot 1998), qui pouvaient être utilisés de façon passive ou active.

1.1.6. Les cloutières

Deux outils pouvant être interprétés comme des **cloutières** ont été découverts (44,45). Elles se présentent sous la forme de plaques munies de perforations de différents diamètres (Fig. 12). Elles permettaient la fabrication de la tête des clous ou des rivets : une tige ronde, de section croissante, est insérée dans une perforation. Lorsqu'elle se coince elle est frappée pour former la tête.



44

 chelle 1 |← 2,5 cm →|

Fig. 12 Cloutière d'Isleham, Cambridgeshire, Grande-Bretagne (d'après  lu re, Mohen 1993).

1.1.7. Les martyrs

Un certain nombre d'outils manifestement opportunistes, c'est-à-dire non mis en forme spécifiquement, portent des marques de coups répétés, essentiellement d'outils tranchants de type burin ou tranche. Deux de ces outils sont des entonnnoirs de coulée réutilisés (14, 15) et le troisième est constitué par l'**estomac** d'une **enclume** brisée (7). Ces traces sont caractéristiques d'une utilisation comme martyr. Elles sont particulièrement impressionnantes sur l'exemplaire 7 (Fig. 13).

Fig. 13 Enclume de *la Tour de Langin*, Bons-en-Chablais, Haute-Savoie. Photographie de l'estomac de l'enclume montrant les marques correspondant à une réutilisation comme martyr (d'après Ehrenberg 1981).

1.2. Hallstatt D – La Tène A

Trois supports de frappe sont répertoriés pour cette période, provenant de la Heuneburg, Sévaz « Tudinges » et le Camp du Château à Salins-les-Bains (Dubreucq 2007a).

L'objet découvert à la Heuneburg se présente sous la forme d'un **plat** de forte section (Fig. 14). Ses deux faces sont marquées par un motif en chevrons et une de ses extrémités porte une nette trace de découpe. Il est interprété comme une **enclume** ou un poids (Sievers 1984). La présence d'un motif interdit d'emblée de considérer les faces de l'objet comme des **tables de frappe**. Ce sont pourtant les seules qui pourraient être utilisées dans le cas d'une interprétation comme support de frappe. La structure même de l'outil ne lui confère pas une inertie suffisante pour pouvoir être utilisé comme tel. La trace de découpe indique que cet objet est une chute de matière première. Il s'agit donc d'un **lopin** ou d'un **plat**.

L'objet découvert au Camp du Château à Salins-les-Bains est interprété comme un « em-

boutissoir », pour la fabrication de fibules à timbale (Dubreucq 2007a). Si l'outil est relativement gracile, le **billot** dans lequel il était nécessairement fixé devait lui assurer une inertie suffisante pour le travail de **tôles** fines. Le faible diamètre de la **matrice** prouve que cet outil devait être utilisé avec un **poinçon** (Fig. 15). Le fonctionnement de cette **matrice** est identique à celles de l'âge du Bronze. Seule sa conception change, puisque l'on passe d'un outil massif (le domino à emboutir) à un outil monté sur **queue**. L'utilisation d'un **cupro-alliage**, moins résistant que l'acier, est néanmoins plus facile à mettre en œuvre pour ce type d'outil.

Fig. 14 Plat ou lopin avec trace de découpe. Heuneburg, Hundesingen, Bade-Wurtemberg, Allemagne (d'après Sievers 1984).

Fig. 15 Matrice du Camp du Château, Salins-les-Bains, Jura (d'après Dubreucq 2007).

Le dernier exemplaire du corpus est un bloc de pierre découvert dans la forge de Sévaz « Tudinges » en Suisse, datée de La Tène A (Mauvilly *et al.* 1998). Sa conception avec une **table de frappe** polyvalente semble identique à celles d'**enclumes** plus tardives. Sans connaître la masse de l'outil, il n'est pas possible de le rattacher à un type de production, mais il s'agit à l'évidence d'un outil plus massif que les **enclumes** de l'âge du Bronze, ce qu'il faut mettre en relation avec le travail du fer, moins ductile et nécessitant donc des outils plus lourds (Fig. 16).

Fig. 16 Enclume lithique de la forge de Sévaz « Tudinges », Suisse (d'après *Malrain et al.* 1998).

1.3. La Tène C-D

Les supports de frappe de La Tène C-D sont mieux connus que ceux de la transition entre le Hallstatt et La Tène (33 individus recensés ici). Ils offrent une vision d'une **métallurgie** du fer parvenue à maturité, nettement différente de la **métallurgie** de l'âge du Bronze. De manière générale, on observe une disparition des supports de frappe multifonctions au profit des supports de frappe polyvalents (Fig. 17).

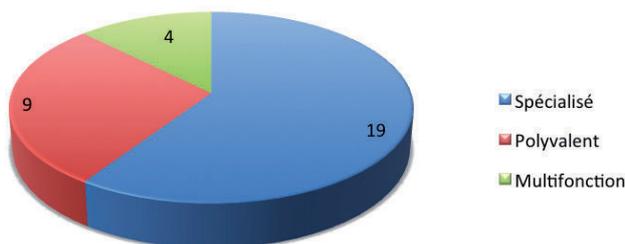


Fig. 17 Répartition des supports de frappe de la Tène C-D suivant leur degré de spécialisation.

La disparité de la masse des outils est également remarquable (Fig. 18). L'opposition entre un outillage lourd et un outillage léger, qui émer-

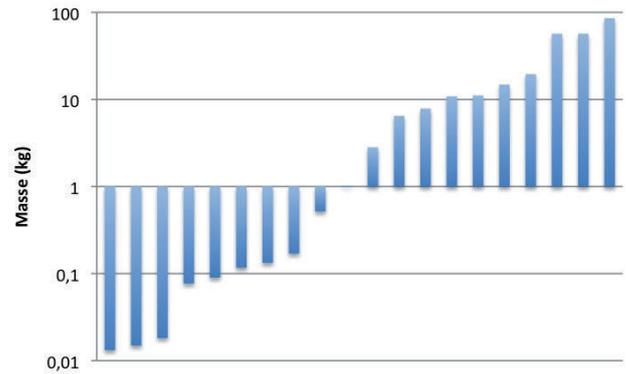


Fig. 18 Variation de la masse des supports de frappe de La Tène C-D en kg (échelle logarithmique).

geait à peine dans l'outillage du Hallstatt D-La Tène A, est désormais clairement perceptible.

1.3.1. L'outillage lourd

Les supports de frappe que l'on peut classer dans cette catégorie pèsent entre 6 et 86 kg. Ils sont tous fabriqués en pierre, même si l'on peut supposer déjà l'existence d'outils lourds en fer. Techniquement, on distingue une série d'outils massifs pourvus d'une surface active plane, manifestement polyvalents, et une série d'outils aux surfaces actives qui dénotent une spécialisation de l'outil. On retrouve ainsi la distinction entre des supports de frappe permettant des travaux variés, que l'on peut qualifier d'**enclumes**, et des supports de frappe spécialisés, utilisés en complément, comprenant une certaine variété de types.

1.3.1.1. Les enclumes ordinaires et les enclumes lourdes

Nous avons pu réunir un corpus de six **enclumes** lithiques. Elles sont toutes conçues de façon identique : un outil massif pourvu d'une unique **table de frappe** plane. Il s'agit d'**enclumes** simples, par opposition aux **enclumes** complexes de l'âge du Bronze (cette appellation est utilisée dans l'Encyclopédie pour désigner des **enclumes** de conception identique). Seule la masse les distingue. La plupart pèsent moins de 20 kg (3, 29, 183, 856). L'**enclume** 182 fait

figure d'exception avec une masse de 57 kg. Cet outil est d'autant plus exceptionnel qu'il devait être nettement plus grand à l'origine, comme l'attestent les traces de retaille ayant recoupé la **table de frappe** et les traces de percussion. On peut estimer qu'un tiers de l'outil a ainsi disparu, ce qui conduit à restituer une masse d'origine de 86 kg.

La **table de frappe** plane étant polyvalente, il n'est pas possible de déterminer quels types d'objets ont été fabriqués sur ces **enclumes**. Toutefois, le critère déterminant de la masse permet de calibrer les produits travaillés sur ces différents outils. On peut ainsi distinguer une production « ordinaire » d'une production « lourde », pour la fabrication des plus gros objets ou travailler à partir de **lopins** ou de **demi-produits** de forte section. Nous proposons une distinction entre « **enclume** ordinaire simple » et « **enclume** lourde simple » (Fig. 19).

La limite entre production ordinaire et production lourde est assez difficile à fixer. Il est rare que les éléments associés à ces outils soient suffisamment parlants pour apporter quelque précision que ce soit. L'**enclume** lourde 182 a été découverte réutilisée comme servante et la plupart des **enclumes** du corpus étaient en position secondaire. Néanmoins, une des **enclumes** était encore en position fonctionnelle, associée à des chutes de fer. L'**enclume** 3, découverte dans la **forge** de Paule (Côtes-d'Armor), a servi à mettre en forme des **plats** de 6 à 12 mm de large et 3 à 8 mm d'épaisseur (Menez *et al.* 2003).

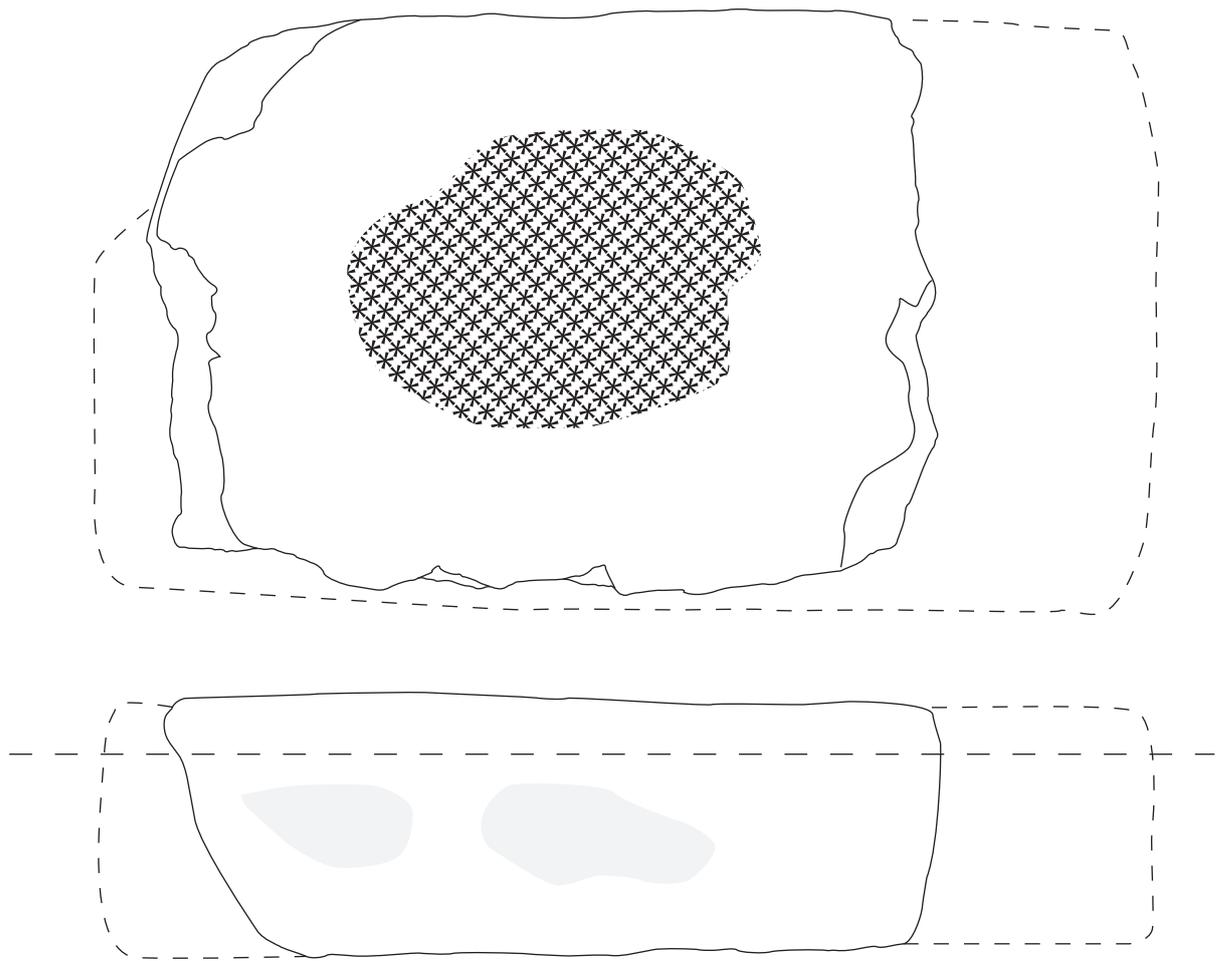
L'utilisation de la pierre pour la fabrication de ces outils semble exclusive. Toutefois, la découverte d'un **tranchet d'enclume** (234), sur le secteur de *la Pâturage du Couvent, Hors Couvent* du Mont Beuvray, pourrait apporter un indice de l'existence d'**enclumes** en fer à cette période. En effet, l'**œil porte-outil** destiné à fixer le tranchet sur l'**enclume** est nécessairement placé sur le bord de celle-ci, pour permettre l'utilisation de la **table de frappe**. Or, si l'**enclume** était en pierre, l'**œil porte-outil** se serait rapidement

brisé sous les chocs. Le **tranchet d'enclume** a donc nécessairement fonctionné avec une **enclume** en fer. Toutefois, la découverte est mal documentée et la présence de vestiges de l'occupation médiévale sur le secteur rend probable une datation haute. De plus, aucune enclume à œil porte-outil n'est connue antérieurement au III^e siècle.

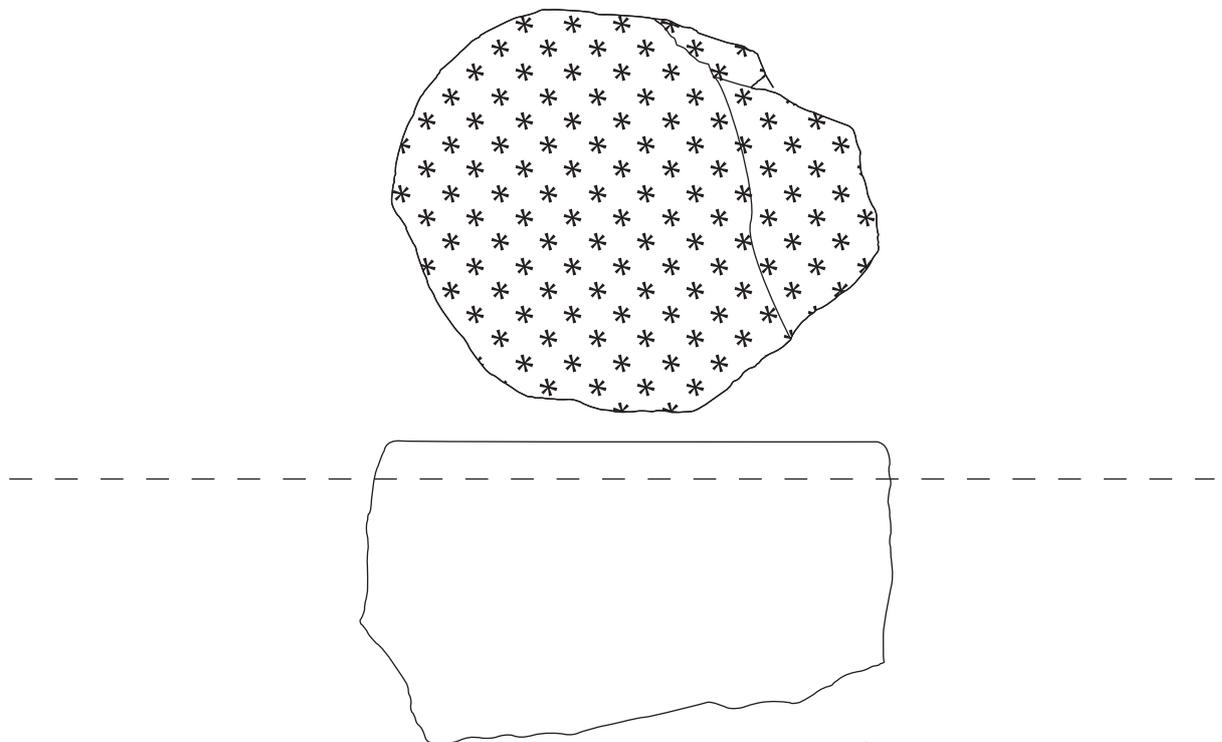
1.3.1.2. *Les tas lourds*

Un seul outil pouvant être interprété comme un **tas** a été identifié ici, provenant du site du *Bois de la Forge*, à Ronchères (Aisne). Il s'agit d'un bloc de pierre pourvu d'une **table de frappe** de taille réduite, nettement convexe (857), à la structure allongée en hauteur, qui se distingue ainsi clairement des **enclumes**. Au contraire, sa masse de 6,5 kg est proche de celle d'une **enclume**, ce qui en fait un outil lourd : nous parlerons de **tas** lourd. L'identification comme **tas** est d'autant plus vraisemblable qu'il a été découvert associé à une **enclume** (856), dont il constituait probablement le complément.

La forme convexe de la surface active ne semble pas définir une fonction précise. Des **enclumes** africaines, comme celle des forgerons Moose du Burkina Faso (Coulibali 2006, Calderoli 2010), présentent des formes similaires et sont utilisées pour de multiples opérations. La comparaison avec l'**enclume** à laquelle le **tas** était associé ouvre cependant une piste d'interprétation (Fig. 20). On remarque que le **tas** est nettement plus épais, pour une masse somme toute proche de celle de l'**enclume** (6,5 et 11,1 kg). Son matériau est également différent, un calcaire gréseux, sans doute moins dur que le grès de l'**enclume**. Sachant que différentes qualités de métal ont été utilisées dans l'atelier (Malrain *et al.* 2010), le **tas** est peut-être lié à des opérations particulières, par exemple pour travailler le métal mal épuré qui risque de se fracturer sur un support de frappe trop dur.



183



182

Échelle 1 : 4

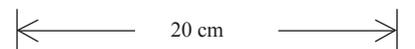


Fig. 19 Enclume ordinaire et enclume lourde provenant du site de Bibracte.

Fig.20 Comparaison entre l'enclume ordinaire 856 et le tas lourd 857 : le Bois de la *Forge*, Ronchères, Aisne (d'après Malrain *et al.* 2010).

1.3.1.3. Les matrices

Deux **matrices** (210, 211), provenant du secteur de la *Côte Chaudron* sur le Mont Beuvray, montrent une nette évolution de ces outils par rapport à ceux qui sont connus aux périodes précédentes. Les **matrices** de l'âge du Bronze et de La Tène A sont des outils utilisés pour réaliser des ornements, comme des bossages, ou la fabrication de timbales sur une fibule. Désormais, le principe de l'**emboutissage** est également employé pour l'ébauche de pièces de chaudronnerie, comme le montre la dimension du creux des

matrices, correspondant approximativement à celle du récipient (Fig.21).

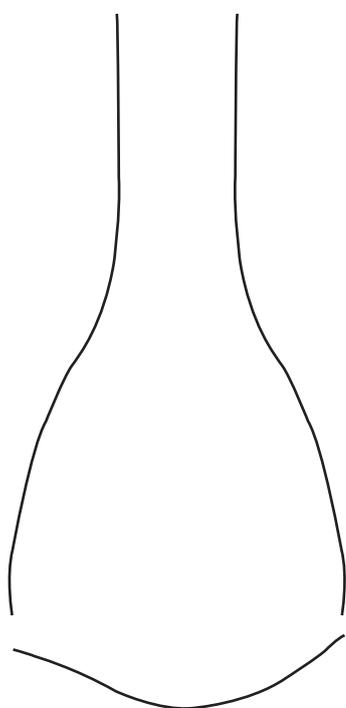
Les deux exemplaires possèdent des structures différentes. Le premier est une **Matrice** simple, avec une seule forme, qui correspond grossièrement à une demi sphère de 18 cm de diamètre. Sa structure est massive, avec une épaisseur de près de 20 cm au fond du creux et une masse de 57 kg. Elle devait être conçue pour travailler des **tôles** d'épaisseur relativement importante. La fracturation *in situ* de l'outil ne doit toutefois pas être considéré comme un indice allant dans ce sens. En effet, la **matrice** 211



Échelle 1 : 4

20 cm

Fig.21 Matrice simple 211 et matrice complexe 210 : *la Côme Chaudron*, Bibracte, Nièvre.



Échelle 1 : 3

10 cm

Fig.22 Interprétation de la fabrication d'une bouteille en tôle, à partir des relevés du profil des creux de la matrice complexe 210 (*la Côme Chaudron*, Bibracte, Nièvre).

a été découverte dans une tranchée des fouilles de Jacques-Gabriel Bulliot et il est probable que la cassure résulte de cet épisode de l'histoire contemporaine du site.

Le second outil est une **matrice** complexe, pourvue de deux formes, creusées sur ses deux faces opposées. L'une d'elle est hémisphérique ; elle peut correspondre à un récipient. La seconde présente une courbe double, ouverte aux deux extrémités et ne peut donc servir de contenant. Mais si l'on considère que ces deux formes sont conçues pour la fabrication d'un même produit, l'assemblage de deux coques ouvertes et d'une troisième hémisphérique permet de former un récipient de type bouteille (Fig. 22). La faible épaisseur de l'objet au point de jonction des deux formes laisse supposer que cette **matrice** a servi à mettre en forme des **tôles** relativement fines. La cassure pourrait être une conséquence de cette structure fragile, mais la découverte est hors contexte, ce qui limite l'interprétation.

1.3.1.4. Les marbres

Un dernier support de frappe peut entrer dans la catégorie des supports de frappe lourds. Il s'agit d'une dalle de grès feldspathique, présentant une surface active parfaitement plane et régulière, de très grande dimension par rapport aux autres outils (66×47,5 cm). Son épaisseur est au contraire particulièrement faible, avec seulement 10,5 cm. Cette structure montre qu'il s'agit d'un outil qui n'est pas conçu comme un outil de forge : les pièces devaient être redressées ou simplement vérifiées suivant les besoins. Cette fonction est caractéristique d'un marbre (Fig.23).

Ce support de frappe a été découvert en position fonctionnelle dans l'atelier CP 1011, état 3, du secteur de *la Côme Chaudron* sur le Mont Beuvray. Les fabricats liés à cette phase d'occupation de l'atelier montrent la pratique de l'af-

finage du fer, en vue de la fabrication de **tôles** de 1 à 2 (voire 3) mm d'épaisseur, qui constituent l'écrasante majorité des chutes de mise en forme (Berranger 2009). Jean-Paul Guillaumet interprète ces vestiges comme significatifs de la production de **tôles** de fourreaux d'épées (communication orale). D'après la taille du marbre, il s'agit dans tous les cas de pièces de grandes dimensions, même si la diversité des épaisseurs de **tôle** montre à l'évidence que d'autres produits ont été fabriqués.

L'identification fonctionnelle du marbre soulève une question : sur quel(s) type(s) d'outil(s) était épurée l'éponge de fer, puis fabriquées les **tôles** ? Un tel travail ne nécessite pas un outil de grande dimension, comme le montrent les planches de l'Encyclopédie, mais il s'agit nécessairement d'un outil à la surface particulièrement soignée, pour éviter la déchirure de la **tôle**.



Fig.23 Marbre 205 en grès feldspathique. Les mortaises présentes sur la tranche devaient servir à maintenir l'objet pendant son transport, montrant un grand soin pour cet outil sans doute en rapport avec sa valeur. *La Côme Chaudron*, Bibracte, Nièvre.

1.3.2. L'outillage léger

À côté de l'outillage lourd, un ensemble de supports de frappe de gabarit plus faible forme un second groupe nettement différencié, manifestement dédié à des productions différentes. Parmi ces outils, on distingue une série de supports de frappe multifonctions, dont la conception se rapproche de celle des **enclumes** de l'âge du Bronze, d'une seconde, constituée d'outils polyvalents ou spécialisés.

1.3.2.1. Les enclumes légères

Le site de Bibracte a livré une série d'**enclumes** de très petite taille, que l'on peut qualifier d'**enclumes** légères (181, 913, 914). Elles comportent toutes la même structure : une table avec deux **cornes**, montées sur un pied qui se termine par une **queue de fixation**. Seule la forme des **cornes** varie, révélant une adaptation de l'outil à des productions différentes (Fig.24). Les traces d'utilisation sur l'exemplaire 181 montrent

que la partie active principale de ces outils est la **table de frappe**. Il ne s'agit donc pas de **bigornes**, pour lesquelles les **cornes** constituent la partie active principale, mais bien d'**enclumes**.

Les **cornes** de ces **enclumes** sont principalement carrées. Seul l'exemplaire 914 possède un **talon** en lieu et place de la **corne**. Ce type de surface active se retrouve au XIX^e siècle sur les **enclumes** de maréchal (Ferrerrie Léon Martinet 1905, Boye, Boye, 2007), mais nous n'avons pas pu en identifier la fonction exacte. Nous proposons une identification générique de ces outils comme **enclumes** légères **bigornes**, faute de pouvoir préciser leur fonction.

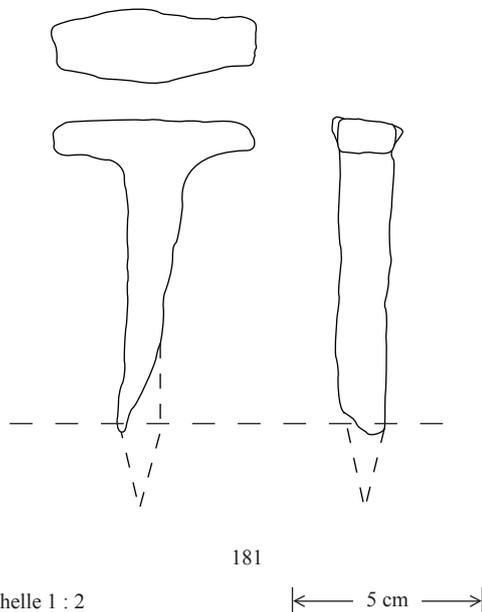


Fig. 24 Enclume légère à deux cornes carrées. *La Pâturerie du Couvent, hors couvent, Bibracte, Nièvre.*

La question principale qui se pose vis-à-vis de ces outils est la nature des productions pour lesquelles ils étaient conçus. Étant donné la masse de ces **enclumes**, 117 et 133 g pour les deux exemplaires desquels nous possédons cette information, ce ne pouvaient être que de petites pièces. On peut avancer l'hypothèse d'un travail de bijouterie ou d'orfèvrerie, mais d'autres productions sont envisageables, comme les aiguilles. Il est donc préférable de conserver le qualificatif d'**enclume** légère, plutôt que d'avancer une interprétation plus précise qui tenterait de renvoyer à un métier.

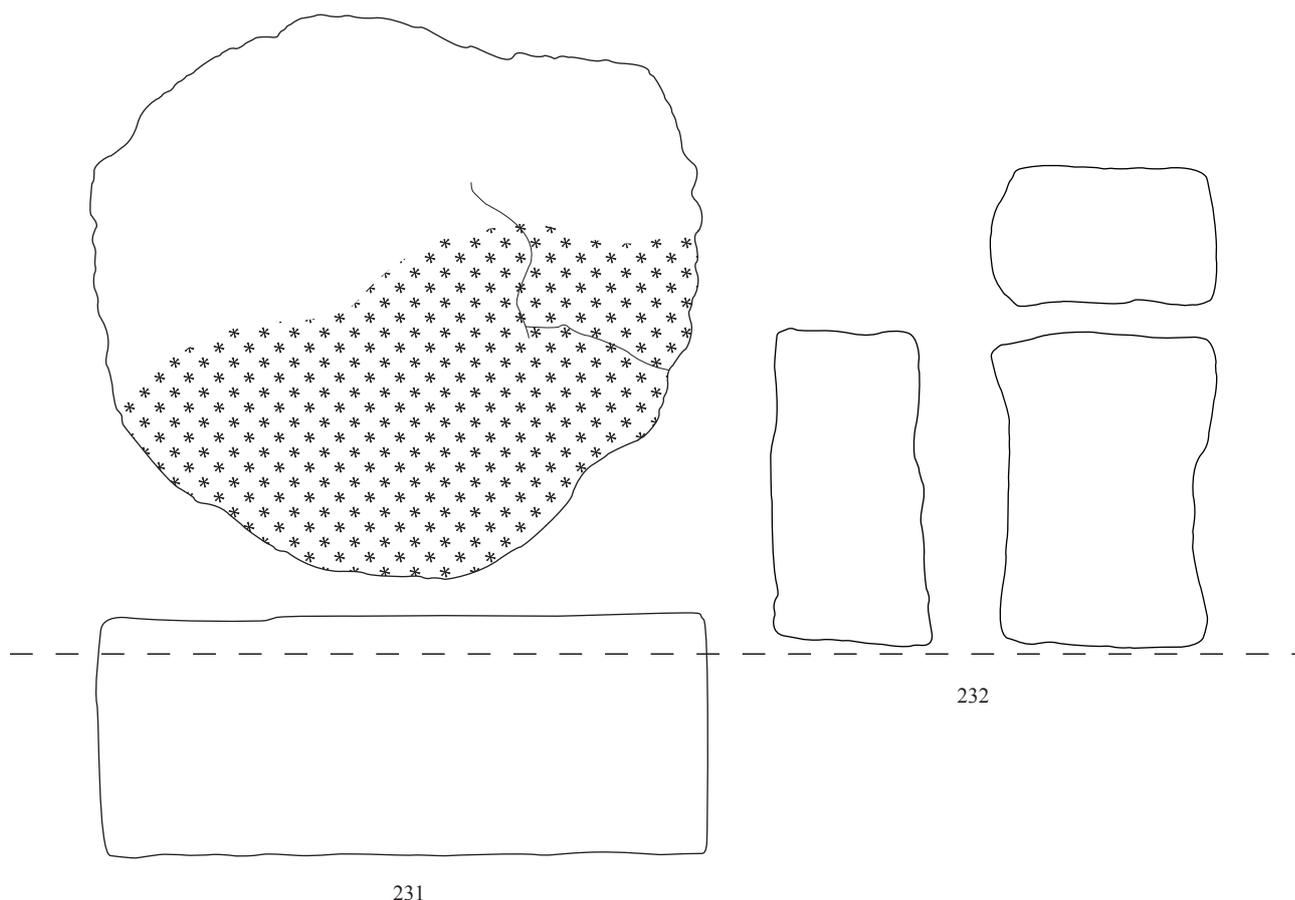
1.3.2.2. Les tas

Les outils pouvant rentrer dans cette catégorie sont relativement diversifiés. Ce sont des outils polyvalents ou spécialisés, pourvus de tables planes aux formes variées. Ils peuvent être répartis en deux groupes, en fonction de la forme de leur corps : massif ou sous forme de tige.

Deux **tas** massifs, l'un lithique et l'autre en fer ont été identifiés sur le site de Bibracte (Fig. 25). Leurs surfaces actives semblent nettement polyvalentes, offrant des **tables de frappe** similaires à celles des **enclumes**, mais de format plus réduit. On peut supposer que ces outils étaient conçus pour travailler de petites pièces ou pour des opérations ponctuelles sur des pièces plus grosses. Les traces d'utilisation sur l'exemplaire lithique indiquent qu'il a servi à mettre en forme de très petites pièces en fer. Nous proposons pour ces outils une désignation de **tas** ordinaires, par opposition au **tas** lourd précédemment identifié.

La seconde série de **tas** est conçue sous forme d'une tige munie à une extrémité d'une **queue de fixation** et de l'autre d'une **table de frappe** qui peut être débordante (32, 33, 233, 897, 898, 916, 917, 919). Ce sont des outils de petite taille, le plus haut ne mesurant que 124 mm. Ces outils ne se distinguent que par la forme de leur table (Fig. 26), c'est pourquoi nous les désignons en fonction de celle-ci : **tas** rond, **tas** carré, **tas** octogonal et **tas** à bec, sur le modèle de dénomination des **tas** de chaudronniers/ferblantiers contemporains dont la structure est identique (Ferrerrie Léon Martinet 1905).

La fonction de ces outils n'est pas explicite. Leur proximité avec les **tas** de chaudronniers/ferblantiers contemporains ne signifie pas nécessairement qu'ils étaient employés dans le même domaine de production. L'utilisation de **tas** en fer à cheval est observée chez les orfèvres Maliens, (Armbruster 1993), ce qui prouve que ces **tas** peuvent avoir d'autres utilisations. L'hypothèse de **tas** de chaudronniers reste indémontrable, tant que ces outils n'auront pas été découverts dans des contextes explicites.



Échelle 1 : 4

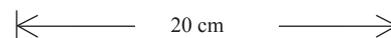
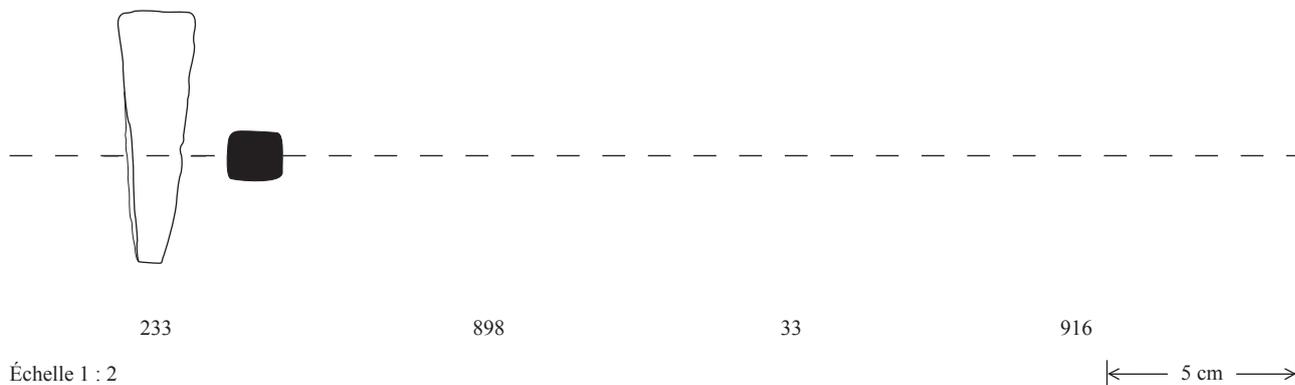


Fig.25 Tas ordinaires en pierre et fer. 231 : *la Côme Chaudron*, Bibracte, Nièvre ; 232: *la Pâturage du Couvent*, hors Couvent, Bibracte, Nièvre.



Échelle 1 : 2

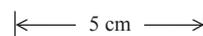


Fig.26 Tas carré, tas à bec, tas rond et tas octogonal. 233 : *la Porte du Rebout*, Rempart, Bibracte, Nièvre ; 898, 33 : Manching, Bavière, Allemagne (d'après Jacobi 1974) ; 916 : Bibracte, Nièvre (d'après Mölders 2010).

1.3.2.3. Les bigornes

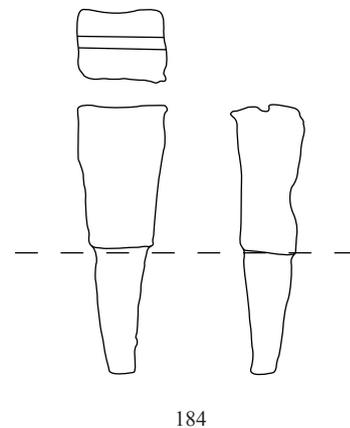
Deux outils provenant de l'oppidum de Manching, aux surfaces actives formant des **cornes**, peuvent être interprétés comme des **bigornes**. Elles sont chacune de forme unique. La première est pourvue d'une seule **corne** carrée très effilée et la seconde d'une **corne** ronde cintrée vers le haut (Fig.27). Leur conception est similaire à celle des **bigornes** de chaudronniers et ferblantiers modernes et contemporaines

(Encyclopédie, Ferronnerie Léon Martinet 1905). Il s'agit d'outils aux formes complexes ou graciles. Nous proposons de les identifier comme **bigornes** de chaudronniers, faute de pouvoir préciser d'avantage leur fonction. En effet, la **bigorne** 31 est manifestement conçue pour une opération précise, peut-être la mise en forme d'un col de vase, mais en l'absence de référentiel de comparaison, seul l'avis d'un artisan chaudronnier permettrait d'avancer une interprétation fiable.

Fig.27 Bigornes de chaudronniers. Manching, Bavière, Allemagne (d'après Jacobi 1974).

1.3.2.4. Les étampes

Une étampe provient du site de Bibracte (Fig.28). L'identification de cet outil ne fait pas de doute : un corps massif pourvu d'une gorge transversale à profil en V. Le fait que la forme traverse le support de frappe indique que les pièces travaillées sur cet outil étaient relativement longues. Il devait permettre de calibrer un **fil** de métal, tout comme les **enclumes à suages** ou les dominos à rainures de l'âge du Bronze. Il n'est toutefois pas possible d'aller plus loin dans la détermination de la production, un tel **fil** pouvant ensuite être utilisé pour fabriquer différents produits.



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig.28 Étampe à profil en V. La Pâturage du Couvent, Hors Couvent, Bibracte, Nièvre.

D'autres étampes sont également bien connues pour la période : les coins monétaires. Ces outils étant bien documentés par les travaux des numismates, il n'était pas pertinent d'alourdir le propos en les abordant ici.

1.3.2.5. Les tables à main

Un outil découvert sur le site de Bibracte présente des caractéristiques particulières. Il est formé d'un cube en rhyolite à la surface polie, aux angles et aux arrêtes arrondis (Fig.29). Aucune trace d'utilisation permettant de restituer son utilisation n'est perceptible. Sa conception évoque celle d'un broyeur culinaire (voir chapitre 4), mais la présence de vacuoles contredit cette hypothèse. Étant donné les propriétés de dureté de la roche, il pourrait s'agir d'un support de frappe. La forme de l'outil ne permettant pas de le poser, il était nécessairement tenu en main lors du martelage, ce qui en fait une table à main, un outil de chaudronnier permettant d'introduire un support de frappe à l'intérieur d'un récipient dont la forme ne permet pas l'utilisation d'un outil fixe.



228

Échelle 1 : 2

|← 5 cm →|

Fig.29 Table à main. *La Pâturage du Couvent, Hors Couvent*, Bibracte, Nièvre.

1.3.2.6. Les martyrs

Trois martyrs en plomb ont été identifiés à Bibracte. Contrairement aux outils de l'âge du Bronze qui étaient des réutilisations d'objets divers, il s'agit ici d'outils spécifiquement mis en forme pour cette fonction. Sorte d'épais disques, ils portent sur leur tranche une mortaise circulaire. Sur l'un des exemplaires, un fragment de tige est en-

core présent dans la mortaise, sans doute un vestige de **ringard** (Fig.30). Tous portent les mêmes traces d'utilisation en forme de cupules hémisphériques, correspondant sans doute à des têtes de rivets.

Nous sommes donc en présence d'outils conçus spécifiquement pour des opérations de rivetage, le martyr devant éviter la déformation de la tête du rivet lors du matage de l'autre extrémité. Le **ringard** permettait de manipuler le martyr.



206

Échelle 2 : 1

|← 1,25 cm →|

Fig.30 Martyr en plomb avec le reste du ringard dans la mortaise. *Atelier et cave extra-muros*, Bibracte, Nièvre.

La découverte à Bibracte d'une plaque de plomb à quatre tenons et portant des traces de coups montre que des objets en plomb pouvaient également être réutilisés comme martyrs (Dubuis 2009).

1.4. L'époque romaine

Le corpus de supports de frappe de l'époque romaine présenté ici comprend 54 individus. Par rapport à la période précédente, les outils métalliques occupent une place plus importante et atteignent de plus grandes dimensions. La répartition par spécialisation des outils semble également plus équilibrée qu'à La Tène C-D (Fig.31).

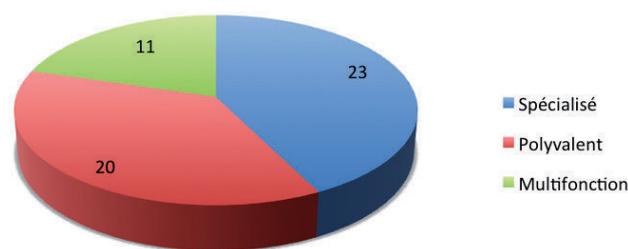


Fig.31 Répartition des supports de frappe de l'époque romaine par degré de spécialisation.

Les outils multifonctions occupent de nouveau une place importante, dans divers domaines de production, alors qu'auparavant seules les **enclumes** légères entraient dans cette catégorie.

1.4.1. Les enclumes

Les **enclumes** de la période romaine sont marquées par une nette augmentation de la dimension des outils. On distingue toujours une évidente répartition en trois groupes en fonction de la masse de l'outil (Fig.32), aussi conserverons-nous les mêmes désignations que pour la période précédente.

1.4.1.1. Les enclumes légères

Les **enclumes** légères de La Tène C-D semblent disparaître à l'époque romaine, remplacées par des outils nettement plus massifs, pesant autour de 1 kg. Les trois exemplaires identifiés montrent une répartition large de ces **enclumes** : nord de la France (1), Grande-Bretagne (52) et Suisse (817). Deux exemplaires sont conçus de façon identique, avec une **corne** ronde et un **œil** (52, 817). Sur la troisième, c'est la table qui fait office de **corne** et un **talon** est nettement dégagé à l'arrière (1). L'**enclume** à

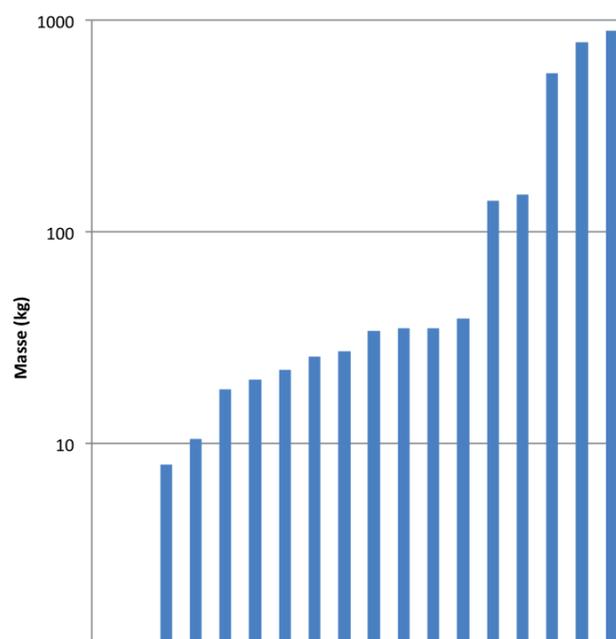
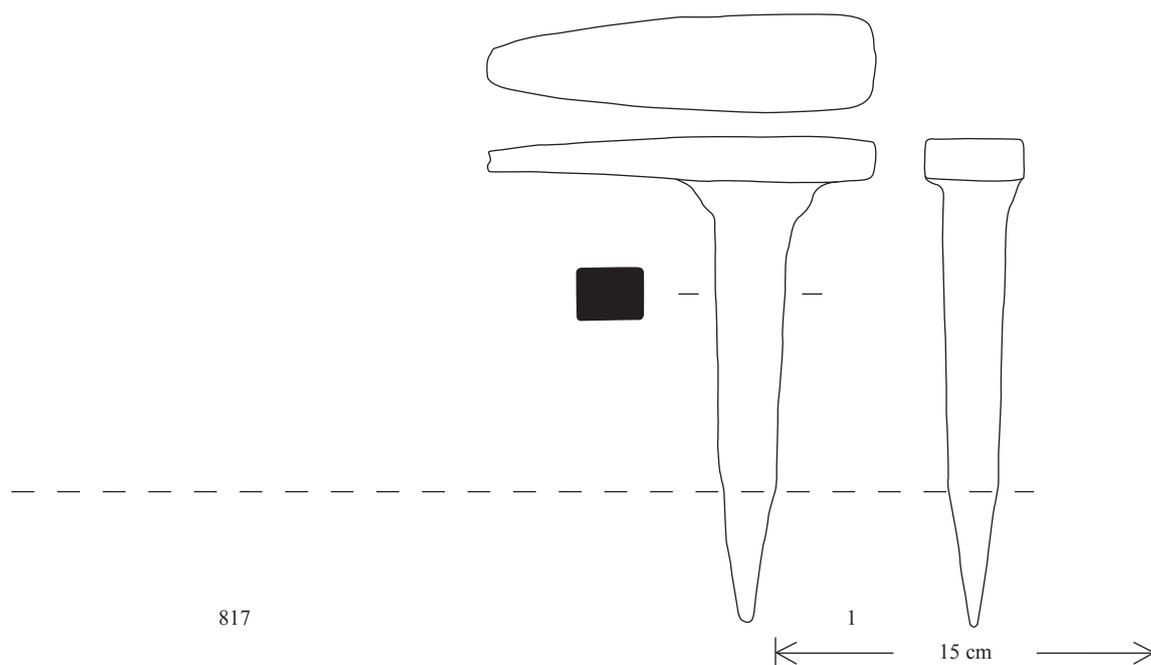


Fig.32 Répartition des enclumes romaines par masse, (échelle logarithmique).

talon a été découverte dans une cave incendiée, accompagné notamment d'un marteau, d'outils à bois et d'une série de clavettes. Cet ensemble est caractéristique de l'activité d'un charbonnier. L'**enclume** a sans doute servi à la fabrication des clavettes.

En vertu de tous ces éléments, nous proposons d'identifier l'**enclume** à **talon** comme **enclume** légère de charbonnier et les deux autres



Échelle 1 : 3

Fig.33 Enclume légère bigorne à œil et enclume légère de charbonnier. 817 : Avenches, Suisse (d'après Duvauchelle 2005) ; 1 : le Mouyon, Vireux-Wallerand, Ardennes.

comme **enclumes** légères **bigornes** à **œil**, faute de pouvoir les relier à un métier ou à une production (Fig. 33).

1.4.1.2. Les enclumes ordinaires

Le second groupe d'**enclumes** romaines est composé d'outils pesant entre 8 et 39 kg. La limite haute de ce groupe surpasse largement celle des **enclumes** ordinaires de La Tène C-D, qui était de 19,5 kg. W. H. Manning cite même un exemplaire en métal découvert à Sutton Walls (Herefordshire) pesant 50,5 kg.

Les découvertes en Gaule révèlent deux types d'**enclumes** de conceptions différentes, avec d'une part des **enclumes** simples en pierre, identiques à celles de la période précédente, et de l'autre des **enclumes** à **œil porte-outil** en fer. Aucune **enclume** ordinaire **bigorne** n'est connue. La présence d'un **œil porte-outil** permet de fixer des outils annexes sur l'**enclume** : **tranchet**, **dégorgeoir**, **tas**, **bigorne**... L'**enclume** devient ainsi multifonction. L'**œil** est systématiquement circulaire, prolongé par une saignée carrée qui permet d'empêcher la rotation de l'outil annexe muni d'une **queue** carrée. Malheureusement, nous ne sommes pas parvenus à trouver de mention de tels outils.

Le moment d'apparition des **enclumes** à **œil porte-outil** est difficile à situer. Seuls deux exemplaires sont datés, avec une relative précision, du III^e siècle. Les autres sont rattachés à l'époque romaine au sens large (Rebière *et al.* 1995). Ces **enclumes** sont caractéristiques de la Gaule. Aucune **enclume** à **œil porte-outil** n'est signalée en Grande-Bretagne, y compris sur les **enclumes** les plus tardives (Manning 1985). Les **enclumes** à **œil porte-outil** sont également absentes de l'important corpus de supports de frappe de Pompéi, plus anciens (Amarger 2009). Seule exception, un possible fragment d'un tel outil a été découvert en Suisse, sur le site de Châbles (Anderson *et al.* 2003).

Une conception des **enclumes** ordinaires serait spécifique à la Gaule, avec l'apparition à une date incertaine d'**enclumes** à **œil porte-outil**. En l'état du corpus, deux hypothèses sont possibles : soit la Gaule constituait un pôle d'innovation où

de nouvelles formes techniques sont apparues à une date relativement tardive, soit les **enclumes** à **œil porte-outil** dérivent d'une tradition gauloise, ce qui confirmerait la datation haute du **tranchet d'enclume** découvert à Bibracte. Étant donné le contexte incertain du tranche, la première hypothèse est la plus probable.

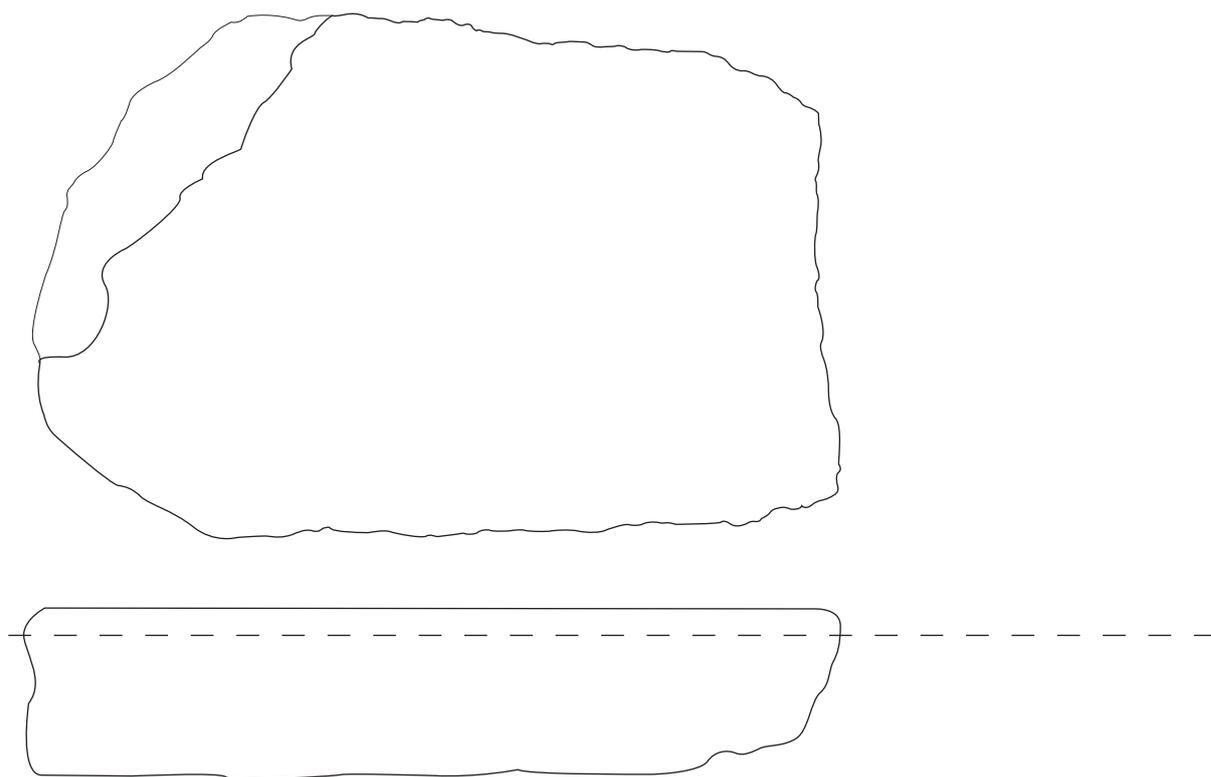
Ainsi, deux formes d'**enclumes** ordinaires coexistent à l'époque romaine : **enclume** ordinaire simple en pierre (787, 869) ou en fer (21, 22, 23, 24, 25) et **enclume** ordinaire à **œil porte-outil** (26, 27, 28, 811) (Fig. 34). La seule variable au sein de chacun des deux groupes est la masse de l'outil. Il y a adaptation au gabarit des pièces à travailler, mais pas à un type d'objet précis.

1.4.1.3. Les enclumes lourdes

Le dernier groupe d'**enclume** comprend les exemplaires pesant de 140 à 892 kg (9, 98, 597, 601, 602, 673, 674, 873). Le corpus recensé ici provient exclusivement du Lycée militaire à Autun et du site de la Bure à Saint Dié (Vosges). Deux formes coexistent : les **enclumes** lourdes simples et les **enclumes** de chaudronnier (Fig. 35)

Les outils parallélépipédiques à **table de frappe** plane, similaire à l'exemplaire de Bibracte, dominant largement. (6 des 8 exemplaires). Les tables planes étant polyvalentes, on ne peut identifier la nature des productions associées à ces **enclumes**. Toutefois, il s'agit à l'évidence de pièces de section importante, notamment dans le cas de l'**enclume** 597, qui est la plus lourde pour laquelle nous avons une mesure (892 kg). De tels outils sont à mettre en parallèle avec des objets tels que les pieds de chaudières en fer, dont la section peut atteindre 18×28 cm (Batz *et al.* 1991), ou la forge des **enclumes** en fer. De tels objets nécessitaient des supports de frappe de masse très importante pour pouvoir être mis en forme. Il semble également que ces outils ont été utilisés pour l'affinage du fer, d'après les découvertes de la Bure à Saint-Dié dans les Vosges (Tronquart 1986, 1989).

Deux **enclumes** forment un groupe à part. Leurs **tables de frappe** sont nettement concaves. Nous n'avons trouvé que deux occurrences de telles surfaces actives : sur les **salières** de chau-



787

25

28

Échelle 1: 4

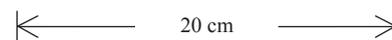


Fig.34 Enclume ordinaire simple en pierre, é et enclume ordinaire en fer à œil porte-outil de forme gauloise. 787 : *le Faubourg d'Arroux*, Autun, Saône-et-Loire ; 25 : Pompéi, Italie (d'après Amarger 2009) ; 28 : Yvelines (d'après Rebière *et al.* 1995)



Échelle 1 : 6

Fig.35 Enclume lourde simple et enclume lourde de chaudronnier. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.

dronnier et sur des supports de frappe africains faisant office de **bigornes** inversées (Brown 1995). Toutefois, la courbure de la **table de frappe** est trop faible pour la seconde utilisation. De plus, le matériau, un granite, n'est jamais utilisé pour des outils de forge, uniquement pour des **matrices**, donc des outils de chaudronnerie. Ces outils sont bien des **enclumes** lourdes de chaudronniers. Toute la question est de déterminer pour quelle production ils sont conçus. Il s'agit de chaudronnerie lourde, probablement en fer d'après les traces d'utilisation (674), mais il est difficile d'être plus précis, d'autant que le contexte de découverte de ces outils est des plus flous.

Un ensemble hétérogène de supports de frappe comportant une unique **table de frappe** peuvent être interprétés comme des **tas**. Ces outils, dont le gabarit peut approcher celui des **enclumes** légères ou ordinaires, s'en distinguent par leur conception spécialisée ou polyvalente, alors que les **enclumes** sont généralement multi-

fonctions. Pour l'essentiel, on retrouve des types d'outils déjà connus à la période précédente, mais quelques formes nouvelles apparaissent.

L'ensemble le plus important est composé d'outils massifs, en forme de tronc de pyramide inversée, pourvus d'une **table de frappe** légèrement convexe, excepté un exemplaire mal conservé (812, 813, 18, 19). La masse de ces outils oscille entre 3 et 7 kg. Ces outils polyvalents sont difficiles à relier à une production précise, nous proposons une identification comme **tas** ordinaires (Fig.36). Ils offrent une **table de frappe** complémentaire à celle des **enclumes** légères ou ordinaires. Aucun équivalent lithique de ce type d'outil n'a pu être identifié.

Un outil de forme similaire, mais de taille nettement plus importante, a été découvert sur le site d'Ensérune (814). Sa datation est très impré-

Fig.36 Tas ordinaire . Pompéi, Italie (d'après Amarger 2009).

Fig.37 Tas à planer. Ensérune, France (d'après Rebière *et al.* 1995).

cise, entre le III^e et le I^{er} siècle avant notre ère. L'interprétation de cet outil pose problème. Il pourrait s'agir d'une **enclume** ordinaire simple, comme les exemplaires plus tardifs de Pompéi. Toutefois, les **enclumes** ont habituellement une structure plus trapue et cette hypothèse n'est pas satisfaisante. La **table de frappe**, parfaitement plane, pourrait permettre de voir dans cet outil un **tas** à planer, pour la fabrication de la **tôle** (Fig. 37).

Les **tas** sur pied sont moins nombreux et diversifiés qu'à la période précédente, ce qui est sans doute un effet de la documentation (901, 941). Les deux formes représentées dans notre corpus sont un **tas** carré et un **tas** rectangulaires (Fig. 38). Ce sont toujours des outils de petite taille si on les compare aux équivalents contemporains.

Un dernier outil pouvant être interprété comme un **tas** a été découvert à Autun, sur le site du Faubourg d'Arroux. Il s'agit d'un épais disque de pierre, pourvu d'une **table de frappe** très légèrement concave et parfaitement lisse, excepté là où les chocs ont fait éclater la pierre (Fig. 39). La concavité de la **table de frappe** indique qu'il s'agit d'un outil de chaudronnier, mais sa fonction exacte demeure incertaine. Nous proposons

Fig. 38 Tas carré et tas rectangulaire. 941 : Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999) ; 901 : Magdalensberg, Allemagne (d'après Dolzen 1998)

une identification comme **tas** de chaudronnier, sans nous avancer plus dans l'interprétation.

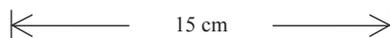
1.4.2. Les bigornes

Les **bigornes** romaines forment un groupe relativement homogène de part leur structure : une forme en T, la branche horizontale constituée de deux **cornes** opposées. Des cinq exemplaires recensés ici, quatre associent **corne** ronde et **corne** carrée (4, 5, 51, 900), un seul deux **cornes** rondes (48). La taille de ces outils est plus variée qu'à la période précédente et l'on peut distinguer **bigornes** ordinaires et **bigornes** lourdes. En effet, certains de ces outils atteignent, voir dépassent, le poids de certaines **enclumes**, comme l'exemplaire découvert à la



786

Échelle 1 : 3



15 cm

Fig. 39 Tas de chaudronnier. Faubourg d'Arroux, Autun, Saône-et-Loire.

Fig.40 Bigorne ordinaire et bigorne lourde. 900 : Magdalensberg, Allemagne (d'après Dolzen 1998) ; 5 : *la Bure*, Saint-Dié-des-Vosges, Vosges (d'après Tronquart 1989).

Bure, pesant 23,5 kg (5). Malheureusement, il est impossible d'identifier une spécialisation de l'outil à une production, comme pour les **bigornes** de chaudronniers de La Tène C-D (Fig. 40).

1.4.3. *Les matrices*

Le corpus de **matrices** recensé ici provient exclusivement du site d'Autun, Lycée militaire et Faubourg d'Arroux. Ces outils sont systématiquement réalisés en granite et leur conception n'est pas différente de celle de la période précédente, à l'exception de la taille. En effet, à côté des outils de petite taille, que l'on peut qualifier de **matrices** ordinaires

(713, 789), apparaissent des outils massifs, pesant entre 147 et 589 kg (671, 672, 675), ce qui justifie de les distinguer comme **matrices** lourdes. Ce phénomène est lié au développement d'une chaudronnerie lourde, déjà mise en évidence par les **enclumes** lourdes de chaudronniers (Fig. 41).

Le site du Lycée militaire, d'où proviennent les **matrices** lourdes, a également livré une série de moules destinés à produire des ébauches de vaisselle en **cupro-alliages**. On peut supposer que les **matrices** étaient réservées à la production d'ébauches en fer. Malheureusement, ces outils ont été insuffisamment documentés et il est difficile de nourrir la réflexion sur le sujet autrement que par la seule étude de l'objet.



671

Échelle 1: 6

|←————— 30 cm —————→|

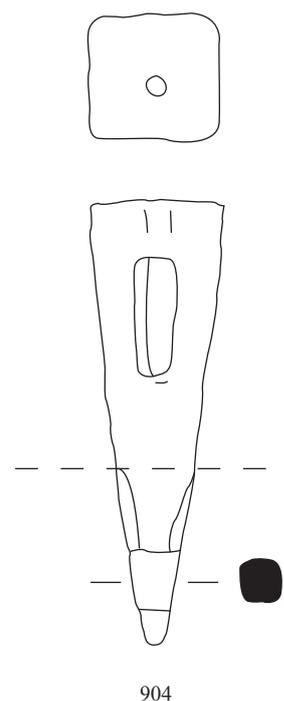
Fig.41 Matrice lourde. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.

1.4.4. Les étampes

Il semble que la période romaine voit un accroissement de l'utilisation de la technique de l'étampage. Ces outils se diversifient et sont utilisés pour réaliser des ébauches complexes. De plus en plus massifs, certains sont de la taille d'une **enclume** (902).

Il est délicat de proposer une classification de ces outils, dont la conception varie considérablement. Le critère le plus pertinent est celui de la forme du creux de la **matrice**, dont dépend celle de l'ébauche. Cependant, sauf dans les cas d'étampes conçues pour la fabrication de

demi-produits de type **fil** (903, 910), il est souvent difficile d'identifier l'objet qui est ébauché dans l'étampe, d'autant que l'ébauche peut être reprise ou ne constituer qu'une pièce de l'objet final (Fig. 42).



Échelle 1 : 2

|← 5 cm →|

Fig. 42 Étampe pour la fabrication de fil et étampe pour la fabrication d'une ébauche complexe. 903 : Zugmantel (d'après Pietsch 1983) ; 911 : Magdalensberg, Allemagne (d'après Dolzen 1998).

1.4.5. Les cloutières

L'époque romaine a livré un nombre important de ces outils, montrant une certaine diversité dans leur conception. Trois types doivent être distingués : les **cloutières** simples, formées d'une seule pièce, les **cloutières** composites, formées de deux pièces, et les cloutière-étampes pour la fabrication des **caboches**.

Le site de Saalburg a livré un exemplaire de **cloutière** simple (Fig. 43). L'outil est un bloc ajouré muni d'une **queue**. La table est percée d'un trou central dans lequel l'ébauche du clou est enfilée avant d'être frappée pour former la tête. L'ajour permet ensuite de retirer le clou du support de frappe. Les caractéristiques de l'outil, diamètre du trou et position de l'ajour, permettent de restituer les dimensions des clous : 5 mm de section et 45-46 mm de longueur.

Le système mixte de **cloutière** comprend un support de frappe muni d'un **œil** et la **cloutière** proprement dite, munie d'une ou plusieurs perforations (905, 906, 907, 908, 909). Le support de

Fig. 43 Cloutière simple. Saalburg, Allemagne (d'après Pietsch 1983).

frappe peut être une **enclume**, mais nous avons également pu identifier un outil spécialisé qu'il est possible de qualifier de **cloutière** (Fig. 44).

Le dernier type d'outil est spécifiquement lié à la fabrication des **caboches** munies de reliefs internes. Le passage des troupes romaines lors de la conquête est marquée par la présence de ces clous à la structure caractéristique : une tête conique marquée à sa base par un motif en relief (Poux 2008). Le site de Nasium, oppidum et ville romaine, a livré deux ébauches de ces clous, prouvant la fabrication de **caboches** dès le début de l'époque augustéenne (Dechezleprêtre 2011, Bonaventure, Pieters 2012). Étant donné la forme de la tête et les reliefs internes, les **caboches** ne peuvent être fabriquées que par estampage. Il y a en effet incompatibilité entre la réalisation du relief, qui nécessite une frappe verticale, et la fabrication de la tête, qui requiert une frappe oblique. Seule l'utilisation d'une étampe et d'une contre-étampe permet de réaliser tête et relief en un seul geste (Fig. 45).

Aucun de ces outils ne peut fonctionner seul. Tous requièrent un autre support de frappe, **tas** ou **enclume**, pour forger les ébauches des clous avant de les frapper à la **cloutière**.

Fig.44 Cloutière mixte : support et cloutière. 20 : Pompéi, Italie (d'après Amarger 2009) ; 905 : Zugmantel (d'après Pietsch 1983)

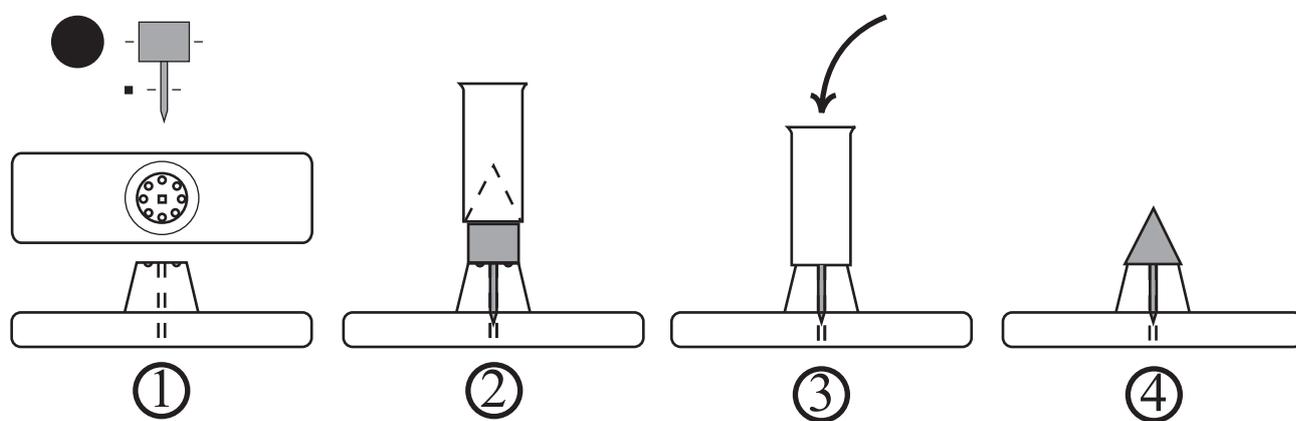


Fig.45 Schéma de fabrication des caboche par estampage. La forme de l'ébauche correspond à celle des exemplaires identifiés sur le site de Nasium (Dechezleprêtre 2011, Bonaventure, Pieters 2012).

1.4.6. Les martyrs

Nous n'avons pu documenter l'existence de martyr à la période romaine qu'à partir d'un exemplaire découvert sur le site du Faubourg d'Arroux, à Autun (920). Il s'agit d'une coulure de plomb, utilisée de façon opportuniste pour des opérations de découpe. Le burin utilisé lors de l'opération a laissé plusieurs marques dans le métal (Fig. 46). Il ne fait pas de doute que d'autres outils de ce type ont été découvert, mais nous n'avons pas eu le temps d'explorer toute la bibliographie.

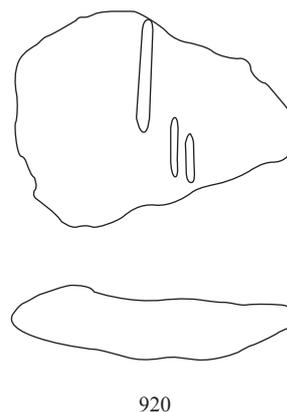
1.5. L'évolution technique des supports de frappe

L'évolution des supports de frappe tout au long de la période est considérable, mais d'un point de vue fonctionnel, elle est indéniablement marquée par la continuité. Les principales méthodes de **transformation** du métal (forgeage, étampage, **emboutissage**, tréfilage) sont déjà utilisées à l'âge du Bronze et aucune innovation n'est perceptible jusqu'à la fin de la période romaine. De même, les catégories d'outils évoluent peu et la conception des supports de frappe est basée sur un schéma constant, avec une **enclume** polyvalente ou multifonction comme outil principal et une série de supports de frappe plus spécialisés utilisés de façon annexe.

Les différences observées tiennent moins à l'évolution de la technologie de la déformation plastique qu'aux évolutions de la production : apparition des objets en fer, accroissement de la taille des produits...

1.5.1. L'âge du Bronze

Les supports de frappe de l'âge du Bronze montrent une importante variété technique, qui révèle une maturité indéniable de la **métallurgie de transformation** de cette époque. La conception des outils est similaire à celle des supports de frappe encore utilisés aujourd'hui, avec des **enclumes** multifonctions employées comme support de frappe principal et une série d'outils plus spécialisés utilisés comme supports de frappe secondaires.



Échelle 1

← 2,5 cm →

Fig. 46 Martyr réalisé avec une coulure de plomb. Faubourg d'Arroux, Autun, Saône-et-Loire.

C'est donc en termes d'assemblage qu'il faut réfléchir sur les supports de frappe de l'âge du Bronze. Ces outils ne fonctionnent pas isolément et le dépôt de la Petite Laugère, avec ses quatre supports de frappe (une **enclume**, un domino à rainures, un **tas** à étirer et un **tas** boule), nous offre l'image la plus complète dont nous disposons pour reconstituer l'outillage d'une cellule de production de cette période. Dans ce cas de figure, le domino à rainure permet la fabrication de **fils** de petite section, complétant la **filière** de l'**enclume** qui sert à tréfiler du **fil** de 6 mm. Le **tas** à étirer sert à étirer du métal sans utiliser la table étroite de l'**enclume**, en conservant la table large en position fonctionnelle. Enfin, le **tas** boule met en évidence un travail de chaudronnerie que rien dans la composition du dépôt ne laisse soupçonner.

Les supports de frappe nous offrent un aperçu de la **métallurgie de transformation** de l'âge du Bronze, avec des cellules de production polyvalentes, mais sont difficilement utilisables pour caractériser la production d'un site particulier : s'il est possible d'envisager reconstituer une production à partir d'un assemblage de support de frappe, aucun des outils présentés ici n'a été découvert en position fonctionnelle. Seuls les outils trouvés au sein de dépôts d'**ateliers** permettent une réflexion à l'échelle de la cellule de production, malheureusement totalement coupée des structures.

Les supports de frappe de l'âge du Bronze sont des outils ambivalents, car ils constituent

des indices de premier ordre pour aborder la **métallurgie de transformation** de façon générique, mais sont pratiquement inutilisables en termes de lecture de site, puisqu'ils en sont totalement absents, du moins sous leur forme métallique.

1.5.2. La transition Hallstatt–La Tène

Les supports de frappe de la transition Hallstatt-La Tène sont encore marqués par la filiation de l'outillage de l'âge du Bronze, comme le montre l'utilisation d'un **cupro-alliage** pour la fabrication de la **Matrice** de Salins-les-Bains. Toutefois, la présence d'une **enclume** en pierre de taille importante montre que le travail du fer a déjà entraîné des modifications dans la composition de l'outillage, pour répondre aux contraintes du nouveau métal. Moins ductile, celui-ci nécessite l'emploi d'outils plus massifs, d'autant que l'ébauche par coulée est impossible à cette époque.

Les trop rares découvertes de supports de frappe nous laissent néanmoins démunis pour reconstituer l'outillage du Hallstatt et du début de la Tène. Nous pouvons supposer que, comme pour l'âge du Bronze, les formes lithiques ont précédé la fabrication de supports de frappe en fer, mais nous sommes loin de pouvoir en reconnaître la diversité. Seule l'extrapolation à partir des productions permettrait de palier au manque de données. Les supports de frappe ne constituent donc pas en l'état une ressource pour l'étude de la **métallurgie de transformation** de cette période.

1.5.3. La Tène C-D

Contrairement aux supports de frappe de l'âge du Bronze, on observe à La Tène C-D une spécialisation de l'outillage dans des domaines de productions de plus en plus étroits. Si tel était déjà le cas de certains outils, comme les **tas** boule pour la chaudronnerie, le phénomène touche désormais les **enclumes** dont le format s'adapte à la nature de la production. Parfois, il est même possible de reconstituer la forme exacte d'un objet, comme dans le cas de la **matrice** complexe 210. Le support de frappe devient un outil de plus en

plus pertinent pour tracer et caractériser les activités de **transformation** du métal, d'autant que les découvertes en position fonctionnelle ou dans les zones de rejet proches des cellules de production, permettent de faire le lien entre l'outil et la structure.

La réflexion en termes d'assemblage reste toutefois limitée. Il est rare que plusieurs supports de frappe puissent être reliés à une même cellule de production. Le seul cas que nous ayons recensé est celui du *Bois de la forge* à Ronchère (Aisne), où une **enclume** et un **tas** sont associés, mais en position de rejet. Pourtant, plusieurs exemples nous montrent que ces outils devaient généralement fonctionner de façon complémentaire. Ainsi, le marbre 205 a été découvert dans un atelier où de la **tôle** de fer a été fabriquée à partir d'éponges, mais aucun support de frappe utilisable pour cette opération n'a été découvert.

En outre, les découvertes de supports de frappe de La Tène C-D ne couvrent pas tout l'éventail technique de l'époque. Les **cloutières**, connues depuis l'âge du Bronze et que l'on retrouve à l'époque romaine, sont totalement absentes. Pourtant, l'étude du mobilier métallique de l'oppidum de Nasium à Boviollles nous a permis de démontrer l'utilisation de deux techniques pour la fabrication des clous, dont l'une à la **cloutière** (Dechezlepêtre 2011). De même, on peut supposer que les **tas** boules, présents déjà à l'âge du Bronze, perdurent aux périodes suivantes, notamment pour la reprise des pièces ébauchées dans les **matrices**.

1.5.4. L'époque romaine

L'époque romaine montre une évolution importante des supports de frappe, notamment des **enclumes**. Ces dernières sont de plus en plus fabriquées en fer, avec des formes complexes qui n'existent pas à la période précédente. L'augmentation de la taille des outils est également remarquable, correspondant à une évolution des productions : de nouveaux objets de très grande taille, comme les pieds de chaudières ou les **enclumes** en fer, requièrent des supports de frappe plus lourds. Enfin, la possibilité de les relier à un métier, comme les **en-**

clumes de chaudronnier ou l'**enclume** de charron, ouvre des perspectives particulièrement intéressantes pour la caractérisation des activités de production. Cette évolution atteindra son apogée au XIX^e siècle avec une adaptation de l'outil à un métier précis (**enclume** de maréchal, **enclume** de coutelier, **enclume** de tailleur de lime), avant de s'estomper au XX^e siècle, où s'observe une standardisation dans la conception des **enclumes**. Il n'y a pas d'évolution linéaire de l'outillage.

Bien évidemment, les outils spécialisés, comme les **cloutières**, les **matrices** ou les étapes, permettent également ce type d'approche. Il est possible parfois de reconstituer la forme exacte des produits, comme dans le cas de la **cloutière** 904 (Fig. 43).

Le travail en termes d'ensemble reste difficile. Comme à la période précédente, les découvertes de plusieurs supports de frappe associés sont rares. On peut citer le cas du site de la Bure, où trois **enclumes** pour l'affinage ont été découvertes, ou encore une probable **manufacture** sur le site du Lycée militaire, formée par les pièces 2-1, 2-13 et 2-32 ; elles contenaient deux **enclumes** lourdes et trois **matrices** lourdes (malheureusement non relevées sur les plans). Pourtant, la plupart des cellules de production devaient fonctionner avec plusieurs de ces outils. Le travail de clouterie nécessite **cloutières** et **tas** pour la préparation des ébauches.

Malgré la variété des découvertes, il est probable que de nombreuses formes de supports de frappe de l'époque romaine nous échappent encore.

De part leur fonction, les supports de frappe limitent la perception du travail des métaux aux seules opérations de déformation plastique. La coulée n'est pas perceptible à partir de ces outils. On peut certes citer le cas d'un « **tas** à décocher » découvert au Lycée militaire à Autun (598), mais il s'agit en réalité d'une table abrasive qui a opportunément servi à briser des moules à bronzer les clochettes. Il s'agit probablement plus d'un usage que d'une fonction de l'objet.

2. Conception des supports de frappe

L'approche fonctionnaliste ne peut suffire à appréhender les supports de frappe. L'utilisation de l'outil n'est qu'un aspect du système technique dans lequel s'insère l'outil et comprendre comment l'outil est conçu est aussi riche d'informations que de déterminer pour quelle opération il est conçu. En effet, la conception de l'outil nous renseigne sur la technologie accessible pour sa réalisation, en l'occurrence comment le métallurgiste peut produire ses propres outils. Comprendre la conception d'un outil est également fondamental pour en appréhender les limites techniques et le fonctionnement.

La question de la conception des outils est complexe. Les supports de frappe sont d'abord en pierre, avant l'apparition des outils en bronze au Bronze moyen (Mohen 1984), puis des outils en fer à La Tène. Cette évolution technique a ceci de particulier qu'un matériau ne fait pas disparaître le précédent : il y a un processus d'accumulation, même si l'équilibre entre les différents matériaux change.

Pour comprendre l'évolution de la conception des supports de frappe de l'âge du Bronze à l'époque romaine, nous analyserons les propriétés et les utilisations respectives des différents matériaux employés, dans l'ordre de leur apparition historique : pierre, bronze, fer.

2.1. La pierre

L'utilisation de la pierre comme matériau pour la fabrication des supports de frappe a soulevé quelques doutes chez les archéologues (Orengo 2003). Pourtant, elle est parfaitement attestée par l'ethnographie, pour des types d'outils divers. Des **enclumes** en pierre sont toujours utilisées au Népal (Mirimanoff, Demierre 2004), au Nord-Togo (Dugast 1986), chez les Barangos (Schmidt 1996), au Kenya (Brown 1995) ou dans le nord du Cameroun (Duvauchelle 1996). Des étampes en pierre sont utilisées pour fabriquer les fers de lance et les épées à arrête médiane au Kenya (Brown 1995). Enfin, des **matrices** en pierre sont attestées au Népal (Mirimanoff,

Demierre 2004). La difficulté principale que pose l'analyse du matériau est son caractère extrêmement polymorphe. Une même roche, comme le grès, peut se présenter sous de multiples formes. En couplant les informations issues du mobilier archéologique, de l'ethnographie et de l'expérimentation, il est possible de mieux en comprendre les propriétés, avantages et inconvénients pour la fabrication de supports de frappe.

2.1.1. *Fonction et matériau*

La nature de la roche utilisée pour la fabrication des supports de frappe varie assez largement au sein du corpus étudié ici. La mise en relation entre la fonction de l'outil et la nature de la roche permet quelques observations intéressantes (Fig.47). Le choix de cette dernière semble fortement conditionné par la fonction de l'outil. On distingue ainsi quatre groupes d'outils : les outils de **forge** ordinaires (**tas** et **enclumes**), les outils de **forge** lourds (**enclumes** lourdes), les outils de chaudronnerie (**enclumes**, **matrices** et **tas**) et enfin le marbre, qui constitue un cas unique. Au sein de chaque groupe, les traces d'utilisation varient, mettant en évidence les propriétés différentes des matériaux.

2.1.1.1. *Les outils de forge ordinaires*

Les outils de forge ordinaires montrent une certaine variété dans leur matériau. Nous avons pu en recenser quatre : rhyolite, gabbro, grès et calcaire et une analyse lithologique fine montrerait sans doute une diversité plus grande encore. On remarque une différence de comportement de la pierre en fonction de sa nature : roche volcanique ou roche sédimentaire

Dans la **forge** de Paule, une seule **enclume** était en position fonctionnelle (3), calée par plusieurs **enclumes** brisées et une complète (29), dont la surface était sans doute trop marquée pour servir encore. Tous ces outils sont fabriqués en gabbro (Menez *et al.* 2007). Sur le site de Bibracte, le **tas** ordinaire 231 et l'**enclume** ordinaire 183, taillés dans des blocs de rhyolite

Outil	Matériaux constitutifs
Enclume ordinaire simple	Gabbro
Enclume ordinaire simple	Calcaire
Enclume ordinaire simple	Rhyolite
Enclume ordinaire simple	Grès
Enclume ordinaire simple	Gabbro
Enclume ordinaire simple	Calcaire
Tas lourd	Calcaire gréseux
Tas ordinaire	Rhyolite
Tas à étirer	Roche verte
Table à main	Rhyolite
Enclume lourde simple	Grès
Enclume lourde de chaudronnier	Granite
Enclume lourde de chaudronnier	Granite
Matrice ordinaire	Granite
Matrice ordinaire	Granite
Matrice ordinaire	Rhyolite
Matrice ordinaire	Granite
Matrice lourde	Granite
Matrice lourde	Granite
Matrice lourde	Granite
Tas de chaudronnier	Calcaire
Marbre	Grès feldspathique

Fig.47 Variabilité du matériau par type de support de frappe.

pesant respectivement 2,8 et 14,8 kg, possèdent des **tables de frappe** marquées de multiples esquilles peu profondes et sont fissurés, ce qui a entraîné à chaque fois le rejet de l'outil (Fig.48).



Échelle 1 : 2 ← 5 cm →

Fig.48 Table de frappe d'un tas en rhyolite, marquée sur la moitié de sa surface de nombreux impacts et d'une fissure. La Côme Chaudron, Bibracte, Nièvers.

Les **enclumes** en calcaire de la **forge** de Blessey-Salmaise (869) et du Faubourg d'Arroux à Autun (787), l'**enclume** en grès (856) et le **tas** lourd en calcaire gréseux (857) du *Bois de la Forge* à Ronchère (Aisne) portent également des traces de martelage, mais aucun de ces outils n'est brisé.

Cette différence de comportement d'outils aux fonctions similaires est vraisemblablement la conséquence de propriétés mécaniques différentes des roches. Il est difficile d'en juger sans mesures, mais il semble que les roches volcaniques soient moins résilientes que les roches sédimentaires, probablement à cause d'une dureté plus importante.

2.1.1.2. Les enclumes lourdes

Les **enclumes** lourdes sont systématiquement fabriquées en grès. Leurs **tables de frappe** sont plus ou moins marquées, mais on n'observe jamais de fractures.

L'**enclume** lourde 602, découverte au Lycée militaire à Autun, est un grès bien cimenté de 150 kg environ. Elle ne porte aucune trace d'utilisation. Certes, les conditions de conservation de cet outil, stocké en extérieur sans protection

des intempéries, ont pu en altérer la surface, en partie masquée par le développement des lichens. Néanmoins, l'expérimentation que nous avons menée sur une **enclume** similaire (un grès de 146 kg), à l'aide d'un marteau à frapper de 3,8 kg, a montré que seuls les coups directs (donc accidentels) marquent la surface de la pierre, d'ailleurs peu profondément. L'outil expérimental étant resté exposé aux intempéries, les traces d'utilisation ont disparu au cours de l'hiver.

La plupart des outils semblent néanmoins altérés par le martelage intensif. La surface de l'**enclume** lourde 597, provenant du Lycée militaire, est marquée de nombreux impacts et celle de l'**enclume** lourde 182, un grès très fortement cimenté de 57 kg, est profondément endommagée (Fig. 49).

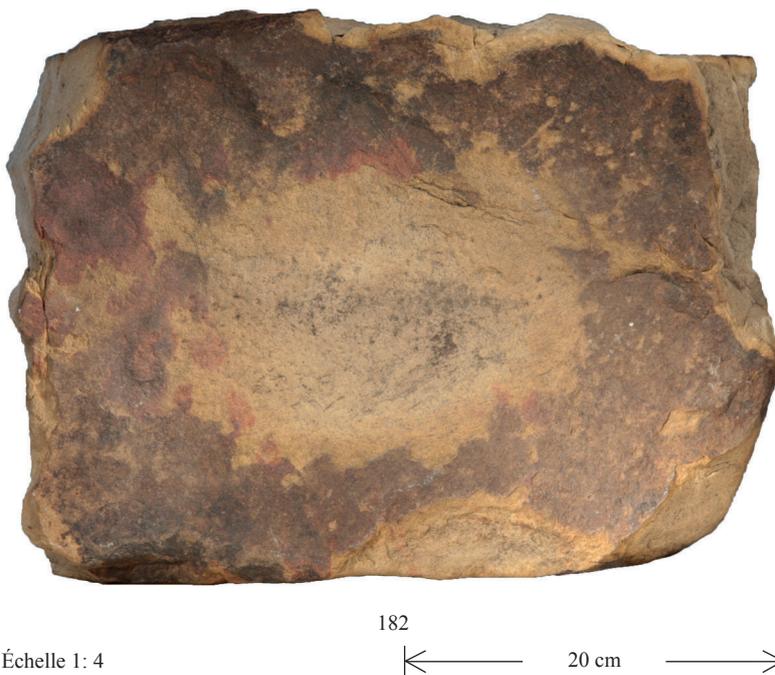
Malgré les puissants chocs subis par ces outils, ayant parfois entraîné des déformations importantes de la **table de frappe**, aucune des **enclumes** lourdes en grès ne présente de traces de fissures ou de fracture, signe que le matériau a très bien résisté aux coups. Le fait que le grès soit systématiquement employé pour les **enclumes** lourdes démontre que ce matériau est particulièrement résistant aux impacts du martelage.

Le fait que les **tables de frappe** s'altèrent sans provoquer de fissure montre la grande résilience du matériau.

2.1.1.3. Les outils de chaudronnerie

La plupart des outils de chaudronnerie, **matrices** et **enclumes** lourdes, sont fabriqués en granite. Les deux exceptions sont une **matrice** en rhyolite (211) et un **tas** en calcaire (786). Comme pour les **enclumes** lourdes, il semble y avoir un choix orienté vers un matériau particulier qui n'est autrement jamais utilisé pour la fabrication de supports de frappe.

Aucune des **matrices** que nous avons pu observer, qu'il s'agisse de



Échelle 1: 4

182

← 20 cm →

Fig. 49 Table de frappe d'une enclume lourde en grès, marquée en son centre par un profond disque de percussion. *La Porte du Rebout*, Atelier et Cave extra-muros, Bibracte, Nièbres.

rhyolite ou de granite, ne porte de traces d'utilisation. La surface n'est jamais marquée de traces d'impacts. Ce fait est sans doute lié à la nature des **demi-produits** emboutis : du fait de son épaisseur plus faible, la **tôle** exige une force de percussion moins importante et le risque de frappe directe sur le support de frappe est amoindri, puisque toute la surface active est couverte par le métal en cours de déformation. Par contre, à l'exception des **matrices** lourdes, elles sont presque systématiquement brisées. Sur les quatre exemplaires recensés (210, 211, 713 et 789), seul le 789 est intact. Il semble que l'utilisation répétée entraîne une **fatigue** qui conduit au bris de l'outil.

Les **enclumes** lourdes de chaudronniers (673, 674) ne portent pas non plus de marques de percussion, sans doute pour la même raison que les **matrices**. Toutes les deux intactes, elles doivent sans doute cette bonne conservation à leur masse imposante, tout comme les **matrices** lourdes.

Le **tas** en calcaire porte des traces d'impact ayant détaché des esquilles. Ne pouvant reconstituer son utilisation exacte, il est impossible d'interpréter cette bonne conservation, mais elle n'est pas étonnante étant donné ce que nous avons pu observer sur les **enclumes** ordinaires.

Le fait que le granite n'ait jamais été utilisé pour la fabrication de supports de frappe, hormis pour ces outils de chaudronnerie, soulève une question : quelle(s) propriété(s) étai(en)t recherchée(s) dans ce matériau qui semble être considéré habituellement comme impropre à la fabrication de supports de frappe ? Notre hypothèse est que l'on recherchait une roche dure dont la surface ne risquerait pas de se déformer, d'où l'emploi de roches volcaniques : granite et exceptionnellement rhyolite. Le travail de la **tôle**, d'autant plus si elle est fine, exige en effet une bonne qualité de la surface, pour éviter la déchirure du métal lors du martelage. C'est la dureté importante du matériau qui expliquerait le bris fréquent des **matrices**.

2.1.1.4. *Le marbre*

Le marbre 205 est un cas particulier. En effet, ce n'est pas un outil de forge ou d'**emboutissage**, il n'est pas conçu pour résister à des

chocs violents, mais pour offrir une surface parfaitement plane, afin de servir de référence ou dresser une pièce. Il ne porte d'ailleurs aucune trace de coups. Il est fabriqué dans un grès feldspathique soigneusement sélectionné. Les observations de François Boyer (chercheur associé à Bibracte) ont révélé que sa surface correspondait à un joint de banc, marqué par des feldspaths déposés à plat. Ce type de grès se constituant en eaux très calmes, le joint de banc correspond à une surface parfaitement plane. En dégagant le joint de banc, le ou les fabricants étai(en)t sûr(s) d'obtenir une surface parfaite pour la fonction envisagée.

Cet outil particulier n'étant soumis qu'à des contraintes très faibles, la contrainte primordiale, lors de la conception de l'outil, était de pouvoir dégager une surface parfaitement plane. Le choix du matériau est parfaitement adapté à cette contrainte.

À l'évidence, le choix des roches utilisées pour la fabrication des supports de frappe est le résultat d'une sélection rigoureuse. La fonction de support de frappe exige l'utilisation de matériaux ne se déformant pas sous les chocs et résistant longtemps à la fracturation, ce que nous pouvons résumer par deux propriétés mécaniques : dureté et résilience. À l'évidence, toutes les roches utilisées ne possèdent pas les mêmes propriétés de dureté et de résilience, d'où les comportements différents sous la contrainte.

Dureté et résilience sont des propriétés fondamentales pour la fabrication de supports de frappe, elles ne sont sans doute pas les seules. Les forgerons kenyans soulignent ainsi une autre propriété recherchée dans les supports de frappe en pierre : la conductivité thermique. Celle de la pierre est inférieure à celle du métal, ce qui en fait un matériau de choix pour le travail à chaud du métal (Brown 1995). La recherche de cette propriété explique sans doute en partie l'usage de la pierre concurremment avec celle du métal, comme pour les **enclumes** ordinaires de l'époque romaine.

L'analyse des propriétés des roches, mise en relation avec la fonction des outils, devrait ouvrir des pistes de recherche intéressantes, à peine es-

quissées ici. Mais cette démarche exige une approche pluridisciplinaire, mêlant géologie, analyse mécanique des matériaux et identification fonctionnelle des outils.

2.1.2. Les approvisionnement en matière première

La recherche de propriétés mécaniques particulières n'est pas suffisante pour expliquer la sélection des roches. La variété des matériaux utilisés pour fabriquer les outils de forge ordinaires en est la preuve. En examinant les provenances des matériaux, d'autres problématiques se font jour. L'importance de la sélection de la roche prend également une autre dimension.

Si les ressources géologiques locales sont le plus souvent utilisées, on observe dans certains cas un investissement important pour obtenir une roche de qualité supérieure. Deux cas peuvent être mis en avant : celui des **enclumes** ordinaires de la **forge** de Paule et celui de l'**enclume** lourde de la **forge** de la Porte du Rebut à Bibracte.

Dans le cas de la **forge** de Paule, le matériau exclusif utilisé pour la fabrication des **enclumes** est un gabbro dont la source est située à 50 km du site (Menez *et al.* 2007). On observe là un investissement important dans l'approvisionnement en matière première. Pourtant, la fracture de plusieurs exemplaires montre que le matériau est imparfaitement adapté à la fonction de support de frappe. Un tel choix ne peut être que la conséquence de l'impossibilité de s'approvisionner en matériau de meilleure qualité.

L'**enclume** lourde de Bibracte est un grès fortement cimenté. Ce matériau n'existe pas localement. La source d'approvisionnement a pu être identifiée par François Boyer à 40 km à vol d'oiseau. Étant donné la masse initiale de l'**enclume** – près de 90 kg – on mesure l'investissement dans l'approvisionnement en matière première. Il est à mettre en relation avec la fonction de l'outil, qui nécessite un matériau de qualité supérieure, là où les métallurgistes du site se sont contentés de la rhyolite locale pour fabriquer les **enclumes** ordinaires.

La sélection des roches n'est pas conditionnée par les ressources locales. Dans une certaine mesure, l'absence de matériau approprié peut entraîner un investissement important pour trouver une source d'approvisionnement convenable. Dans le cas de Bibracte, où les roches de bonne qualité sont disponibles, seule l'**enclume** lourde, un outil devant résister à des contraintes importantes, a engendré la recherche d'une source de meilleure qualité. Dans le cas de la **forge** de Paule, il semble que les ressources locales sont de piètre qualité, d'où l'investissement consenti pour l'approvisionnement en gabbro, même si les qualités de cette roche sont limitées. Dans un cas comme dans l'autre, il existe une limite dans l'effort consenti pour la recherche du matériau des supports de frappe.

2.1.3. Résistance mécanique et durée de vie des outils lithiques

Les observations précédentes montrent que, dans la plupart des cas, la roche utilisée pour la fabrication des supports de frappe a été sélectionnée rigoureusement, en faisant appel, si besoin, à des ressources éloignées. Plusieurs questions en découlent : comment la matière première était-elle sélectionnée et quelle était la durée de vie des supports de frappe lithiques ?

2.1.3.1. Sélection de la roche

Il semble évident que la sélection de la roche soit guidée en premier lieu par une connaissance empirique des ressources lithiques. Cependant, celle-ci ne peut suffire. En effet, un même affleurement peut fournir un matériau de qualité différente en fonction des bancs sélectionnés (Schneider 2002). De plus, l'utilisation de blocs détachés naturellement des affleurements, comme dans le cas de l'**enclume** lourde 182, exige de vérifier la qualité de la pierre avant de la transporter sur une longue distance.

Les pratiques des carriers nous apportent quelques pistes de réflexion. Lors de l'extraction des grès à pavés, les carriers sélectionnaient encore la roche au xx^e siècle en fonction de sa sonorité sous le choc du marteau. Ils reconnais-

saient ainsi trois qualités : le grès *pif*, le grès *paf* et le grès *pouf* (Bertin 1939). Le même geste est utilisé par les expérimentateurs tailleurs de silex, qui reconnaissent la qualité de la pierre à sa sonorité.

2.1.3.2. *Durée de vie des outils*

L'évaluation de la durée de vie des supports de frappe lithiques est difficile sur la seule base du mobilier archéologique. L'état de conservation des outils montre qu'elle était différente suivant la nature de la roche et la fonction de l'outil. En cas de fissure ou de fracture, l'outil était rejeté. C'est le cas de plusieurs **enclumes** de la **forge** de Paule, du **tas** 231 et de l'**enclume** 183 de Bibracte. On observe également des rejets avant fracture, comme l'**enclume** 29 de la **forge** de Paule : c'est sans doute l'état de sa surface active qui l'a entraîné. D'autres **enclumes** sont découvertes intactes, en position fonctionnelle, comme l'**enclume** de Blessey-Salmaise, ou les **enclumes** lourdes d'Autun. De plus, nous ne connaissons pas avec précision la durée de vie des cellules de production, ce qui ne nous permet pas d'évaluer la durée d'utilisation des outils lorsque des remplacements sont observés, comme dans le cas de la **forge** de Paule.

L'ethnographie nous offre quelques pistes de réflexion. Les forgerons kenyans, qui utilisent essentiellement des **enclumes** en pierre, affirment que les meilleures peuvent être utilisées par plusieurs générations de forgerons, tandis que celles de mauvaise qualité ont une durée de vie de une à trois années et se brisent parfois après seulement quelques mois d'utilisation. Cette longévité doit être mise en parallèle avec les masses utilisées pour la forge, qui peuvent peser jusqu'à 20 kg, maniées à deux mains dans un mouvement de balancier puissant (Brown 1995). La longévité des supports de frappe lithique n'est pas forcément inférieure à celle de leurs homologues en métal.

2.1.4. *Mise en forme*

Tous les supports de frappe lithiques ne sont pas mis en forme. Dans quelques cas de figure, on observe le recours à des blocs naturels (182)

ou à des réutilisations d'éléments architecturaux (787), mais en règle générale, ces outils sont soigneusement mis en forme. Les techniques utilisées montrent une parfaite maîtrise du matériau, y compris concernant des roches complexes à mettre en forme, comme la rhyolite. Les formes observées sont toutefois relativement simples. Ce sont essentiellement des outils à tables planes ou convexes. Les **matrices** et **enclumes** de chaudronniers sont les seuls outils avec des tables à la mise en forme complexe. Les exemples ethnographiques montrent que d'autres formes sont envisageables, comme les étampes à rainures du Kenya (Brown 1995). Tous ces outils ont une structure massive. La résilience de la pierre n'autorise pas la fabrication d'outils graciles, comme les **bigornes**, qui se briseraient rapidement.

Une question subsidiaire se pose. Les supports de frappe étaient-ils fabriqués par leurs utilisateurs, ou par des corps de métiers spécialisés ? Les exemples ethnographiques montrent que c'est habituellement l'utilisateur qui fabrique son outil, comme au Kenya (Brown 1995) ou au Nord-Togo (Dugast 1986). Nous pouvons néanmoins supposer qu'à partir de l'époque romaine, où le travail de la pierre est plus développé, des tailleurs ont pu fabriquer certains outils sur commande, comme les **enclumes** lourdes en grès du Lycée militaire à Autun, taillées en forme de cube (597).

En définitive, la pierre constitue un matériau de qualité pour la fabrication de supports de frappe. La ressource n'est pas toujours accessible localement, mais il est possible de s'approvisionner à distance. De plus, la pierre permet de mettre en forme relativement facilement des outils de grande taille, mais dans des limites assez étroites : seuls des outils massifs sont réalisables.

2.2. Les cupro-alliages

Les supports de frappe en **cupro-alliages** apparaissent au Bronze moyen et se diversifient au Bronze final. Les **cupro-alliages** sont toujours utilisés à La Tène A (**matrice** 945) et jusqu'à l'époque romaine (Amarger 2009), même si nous n'avons pu recenser aucune forme de cette période.

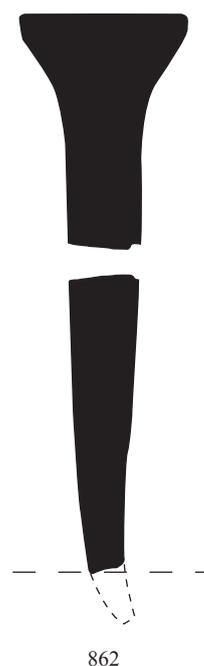
2.2.1. Fonction et matériau

Les supports de frappe en **cupro-alliages** sont utilisés pour toutes les opérations de déformation plastique du métal : forgeage, étamage, **emboutissage**, tréfilage, mais uniquement pour le travail de petites pièces. Les métaux mis en forme sur ces outils sont essentiellement les **cupro-alliages** et l'or. Nous ne connaissons pas l'emploi des supports de frappe en **cupro-alliages** de l'époque romaine, mais il semble que ces outils ne soient jamais utilisés pour le travail du fer. Les traces d'utilisation perceptibles sur les supports de frappe en bronze nous renseignent sur le comportement de ces outils sous la contrainte. Nous avons pu faire des observations directes sur 7 de ces outils. Sur quatre d'entre eux, les **enclumes** de la Plaine des Brotteaux, de Gray, de la Petite Laugère et le **tas** de Plainseau, nous avons mis en évidence des traces d'utilisation plus ou moins importantes. L'**enclume** de la Tour de Langin porte également des traces d'utilisation importantes (Nicolardot, Gaucher 1975, Ehrenberg 1981).

Des traces d'écrasement des tables actives sont visibles sur deux exemplaires : l'**enclume** de la Plaine des Brotteaux et le **tas** de Plainseau. Elles se traduisent par une légère déformation de la **table de frappe**, créant dans le cas de l'**enclume** de la Plaine des Brotteaux un léger méplat à l'emplacement du joint de moule. Ces traces d'utilisation ne sont pas visibles sur les **enclumes** de Gray, de la *Petite Laugère* à Gévelard ou du *Domaine d'Orain* à Venarey. Ces altérations sont-elles la conséquence d'une mauvaise utilisation de l'outil, ou d'un alliage de moindre qualité ?

L'**enclume** de la Tour de Langin est un cas à part. Elle a été coulée non pas en masse mais sur un **noyau**. Les traces d'impact correspondant à son emploi comme martyr s'interrompant avant la cassure, ce n'est pas cette réattribution fonctionnelle qui est à l'origine de la fracture, mais son utilisation normale. Le emploi comme martyr n'est qu'une conséquence de la cassure.

Le dernier cas de figure observé est celui de la Petite Laugère, dont la **corne** carrée est tordue et brisée (Fig. 50). Le sens de la torsion cor-



Échelle 1 : 2

Fig. 50 Coupe de l'enclume de la *Petite Laugère* à Gévelard (Saône-et-Loire). La pliure et la cassure résultent d'une force exercée de gauche à droite, le sens de traction du fil à travers la filière.

respond à celui de l'utilisation de la **filière**. On peut supposer que lors de la fabrication de **fil**, la **corne** a subi une contrainte trop importante, qui l'a fait plier puis se rompre.

Ces traces d'utilisation doivent être mises en rapport avec les faibles contraintes subies par les outils, étant donné les dimensions supposées des pièces travaillées. Qu'elles soient accidentelles, liées à une mauvaise utilisation ou à un alliage de mauvaise qualité, elles posent la question de la durée de vie des supports de frappe en Bronze, notamment par rapport à la pierre, utilisée simultanément, et mettent en évidence l'impossibilité d'employer ce métal pour travailler le fer, qui exige une contrainte mécanique plus élevée pour être déformé plastiquement.

2.2.2. Mise en forme des outils

Tous les supports de frappe en bronze sont coulés. Sur les quelques exemplaires que nous avons pu observer de visu, on remarque que deux méthodes ont été utilisées pour cela : la coulée en moule à bon creux et la coulée en moule à creux perdu. La mise en forme de ces outils est limitée

par la capacité à couler rapidement une masse importante de métal. Les supports de frappe en bronze de l'âge du Bronze et de La Tène A ne sont jamais des outils massifs (nous ne savons pas quel aspect ont ceux de l'époque romaine). Pour obtenir des surfaces de frappe plus large, on leur donne une forme débordante, comme sur les **enclumes** de Gray (863) et la Petite Laugère (862), afin de réduire la masse de métal à mettre en œuvre.

La mise en forme de supports de frappe en bronze est également limitée par le coût du métal. Les objets de grande taille, notamment la statuaire, sont ainsi coulés sur **noyau** afin d'économiser la matière première. La même technique est utilisée pour l'**enclume** de la Tour de Langin (7).

2.2.3. Résistance mécanique et durée de vie des outils

Le bronze est un métal dont les propriétés changent en fonction de sa teneur en étain : en dessous de 10 % il est ductile, donc impropre à la fabrication de supports de frappe, entre 10 et 20%, sa résistance mécanique est optimale, au delà il devient cassant (Dupreux 2004). Pour le laiton, les propriétés mécaniques s'améliorent avec le pourcentage de zinc. Nous ne connaissons malheureusement pas la composition des supports de frappe et il n'est pas possible d'interpréter les comportements sous la contrainte que nous avons pu observer.

Néanmoins, la simple observation montre que la résistance du matériau est limitée, puisque le travail des **cupro-alliages** à l'âge du Bronze a marqué la surface des outils de forgeage. Les **cupro-alliages** possèdent une dureté relativement faible, mais une résilience élevée, puisque les cas de bris sont rares. Cette caractéristique est propre aux métaux en général et explique la possibilité de mises en forme complexes, là où seules des formes élémentaires sont envisageables pour la pierre. La faible dureté des **cupro-alliages** rend inconcevable qu'ils aient pu être utilisés pour travailler le fer et l'acier, matériau moins ductile. Manifestement, les propriétés mécaniques des **cupro-alliages** sont différentes

de celles de la pierre et ne permettent pas les mêmes utilisations.

Malheureusement, il est difficile d'évaluer la durée de vie des supports de frappe en **cupro-alliages**. Nous ne possédons aucun référentiel de comparaison pour étayer une quelconque hypothèse.

Les **cupro-alliages**, en particulier le bronze, présentent des caractéristiques nettement différentes de celles de la pierre. Ils ne constituent pas un matériau de remplacement, mais offrent de nouvelles possibilités pour la conception des supports de frappe, comme le démontre notamment l'emploi concomitant des deux matériaux à l'âge du Bronze. Les limites mécaniques de ces métaux et de leurs possibilités de mise en œuvre expliquent leur raréfaction lorsque commence la **métallurgie** du fer, qui requiert des outils de dureté importante, pour résister aux contraintes du martelage.

2.3. Le fer

Les premiers supports de frappe en fer que nous avons pu recenser sont datés de La Tène C-D, mais il faut attendre l'époque romaine pour voir se développer véritablement l'emploi de ce matériau, sans pour autant faire disparaître ceux qui l'ont précédé (pierre et **cupro-alliages**).

2.3.1. Fonction et matériau

Comme les supports de frappe en **cupro-alliages**, le fer est utilisé pour toutes les opérations de déformation plastique du métal : forgeage, étampage, **emboutissage**, tréfilage. À partir de La Tène C-D, il est utilisé pour la fabrication de la plupart des outils de petite taille (**tas**, **enclumes** légères, **bigornes**). À partir de l'époque romaine, des outils de plus grande taille – jusqu'à 50 kg pour une **enclume** ordinaire découverte en Grande-Bretagne (Manning 1989) – sont également fabriqués en fer. Cependant, le fer n'est jamais utilisé pour la fabrication des **enclumes** lourdes, ni des **matrices** employées pour l'ébauche de pièces de chaudronnerie.

Certains des outils en fer montrent une altération de leurs surfaces actives, qui mettent en évidence les limites de la résistance de ce métal sous la contrainte du martelage. On observe deux types d'altérations : la déformation du métal et la fissuration, qui peuvent concerner des outils de taille variée.

Les traces de déformation liées à l'utilisation sont parfois difficiles à distinguer de celles liées aux conditions d'enfouissement. C'est par exemple le cas de la **bigorne** de chaudronnier 899, provenant de Manching. La **corne** et le **talon** sont pliés, ce qui est vraisemblablement dû à l'utilisation de l'outil ; mais on ne peut exclure qu'il ait été endommagé au moment de son rejet. Sur l'**enclume** légère de la Pâturage du Couvent (181), l'interprétation de la déformation est plus évidente. La **table de frappe** est marquée par un net élargissement, qui ne peut être le résultat que d'un martelage répété (Fig.51). Une telle déformation est d'autant plus remarquable que l'outil est conçu pour le travail de petites pièces, ne nécessitant pas un forgeage puissant. Le fer devait être peu aciéré, ce qui expliquerait l'altération observée.



181

Échelle 1

|← 5 cm →|

Fig.51 Table de frappe d'une enclume légère en fer. Son élargissement est évident. La fissure centrale correspond à une soudure lors du corroyage. La Pâturage du Couvent, Hors couvent, Bibracte, Nièbres.

La fissuration des outils peut être plus ou moins importante. Sur l'**enclume** légère 181 de la Pâturage du Couvent, une petite fissure est visible sur l'emplacement d'une **soudure**. Sur la **bigorne** lourde 5 du site de La Bure, une fissure apparaît au niveau de la table et une seconde sur la **corne** ronde. Enfin, l'**enclume** de Jouars-Pontchartrain (28) est fendue pratiquement de haut en bas (Fig. 52). Ce type d'altération est caractéristique d'un défaut dans le métal ou d'une trop forte contrainte.

Fig.52 Enclume ordinaire en fer marquée sur la gauche par une large fissure. Jouars-Pontchartrain (d'après Rebière *et al.* 1995).

2.3.2. Les limites de la mise en forme du fer

Comme nous venons de le voir, les altérations visibles sur les supports de frappe en pierre sont en partie liées aux techniques de fabrication des outils. Le fer ne peut être mis en forme que par déformation plastique et amalgame, c'est-à-dire en soudant des morceaux de fer les uns aux autres. Ces techniques sont relativement aisées à mettre en œuvre pour de petites pièces. Mais plus la taille de ces dernières croît, plus la puissance des installations de chauffe doit augmenter, pour amener l'ensemble du métal à température de soudabilité et plus la force de frappe doit être importante. Les **enclumes** et les pieds de chaudières romains sont les plus gros objets en fer fabriqués pendant notre période d'étude. Les analyses métallographiques de ces objets montrent leur médiocre qualité.

Les analyses métallographiques des pieds de chaudières ont été réalisées sur des exemplaires provenant de Saalburg (Batz 1991). Les inclusions de scorie y sont nombreuses, ainsi que les zones de vide signalant des **soudures** de qualité médiocre.

L'**enclume** ordinaire de Jouars-Pontchartrain a également fait l'objet d'une étude métallographique (Malrain *et al.* 1995). Il s'agit d'un bloc

de fer avec de nombreuses porosités et inclusions internes, sur laquelle une plaque d'acier a été soudée pour former la **table de frappe** (Fig. 53). Les porosités et inclusions montrent que l'affinage du métal est largement incomplet, ce qui fragilise l'outil et a conduit à sa fissuration, malgré une conception de qualité identique à celle des **enclumes** modernes et contemporaines.

Ces deux exemples montrent la difficulté de réaliser une pièce de fer de grande dimension, sans doute d'avantage à cause de la faible puissance des **forges** que de l'utilisation de la frappe manuelle pour la mise en forme. En effet, la forge des **enclumes**, au moins jusqu'au XVIII^e siècle, était entièrement effectuée à la main, sans le recours aux martinets, comme le montrent les planches de l'Encyclopédie, par **soudures** successives de pièces de fer. L'absence de **Matrices** en fer s'explique aussi par la difficulté à mettre en forme de tels outils, de grande taille et complexes à forger.

2.3.3. Résistance mécanique et durée de vie

Les altérations observées sur les supports de frappe en fer, notamment les fractures, peuvent s'expliquer en partie par la technique de mise en forme. Mais cette dernière n'explique pas les déformations observées. Les propriétés mécaniques du fer varient en fonction de sa composition, notamment la présence de carbone, et des traitements thermo-chimiques qu'il a pu subir (trempe). Le métal possédait à l'évidence des qualités inégales suivant les outils.

La durée de vie des supports de frappe en fer est difficile à évaluer. Les exemples contemporains, en acier trempé, ne peuvent servir de base de comparaison, du fait de leur qualité largement supérieure. De plus, comme pour les **enclumes** en pierre, la solidité des outils variait, en fonction de la qualité de la mise en forme, comme le montrent les découvertes d'outils altérés ou en parfait état.

Le fer constitue un métal de qualité pour la fabrication des supports de frappe, mais les limites de sa mise en forme ne permettent pas la fabrication des plus grands outils, qui sont donc

Fig. 53 Coupe de l'enclume ordinaire 28 révélant son mode de fabrication. Jouars-Pontchartrain, Yvelines (d'après Rebière *et al.* 1995).

réalisés en pierre. La médiocre qualité du métal et la présence de défauts fréquents expliquent également le recours à la pierre pour des outils comme les **enclumes** ordinaires, en concurrence avec le fer.

2.4. Évolution de la conception des supports de frappe

Cette analyse de la conception des supports de frappe permet de mieux comprendre leur évolution au cours de la période, notamment le choix du matériau selon la fonction.

À l'âge du Bronze, l'utilisation du métal entraîne une véritable innovation, en permettant la fabrication de nouvelles formes d'outils, irréalisables en pierre. De nouvelles possibilités de mise en forme apparaissent ainsi, comme la réalisation de **fil** à la **filière**. La pierre, qui possède de réelles qualités pour la fabrication des supports de frappe, est toujours utilisée, parfois en concurrence avec le métal, comme dans le cas des **tas** à étirer en métal (41) et en pierre (819).

L'apparition de la **métallurgie** du fer entraîne la disparition presque totale des supports

de frappe en bronze, trop ductiles. La pierre occupe jusqu'à La Tène D une place prépondérante, excepté pour la fabrication du petit outillage qui ne pourrait être réalisé en pierre, comme les **tas** sur pied, les **bigornes** ou les **enclumes** légères

bigornes (Fig. 54). Manifestement, la mise en forme de grosses pièces reste difficile, ce qui est mis en évidence par la rareté des **enclumes** lourdes et l'absence de supports de frappe de taille conséquente fabriqués en fer.

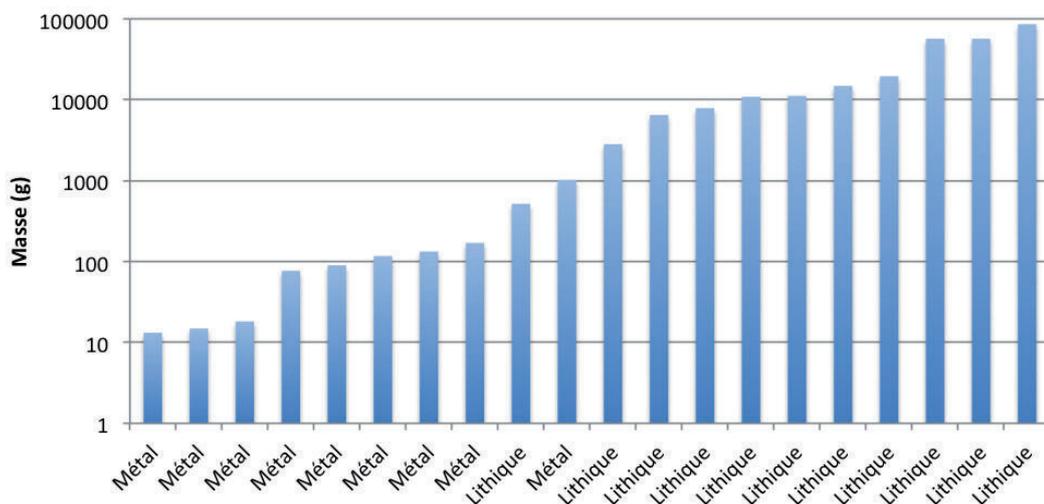


Fig.54 Rapport poids/matériau des supports de frappe de La Tène C-D (échelle logarithmique).

L'augmentation de la taille des supports de frappe en fer à l'époque romaine montre une meilleure maîtrise de la mise en forme d'objets de grande taille, mais elle reste limitée (Fig.55). La section des plus gros pieds de chaudières ne dépasse pas 18×28 cm et peuvent présenter des défauts de fabrication qui les fragilisent, d'où les

fissures fréquemment mises en évidence (Baatz 1991). La place des supports de frappe en pierre reste donc importante. Indispensable à la réalisation des plus grosses **enclumes**, la pierre est encore utilisée concurrentement au métal pour la réalisation des **enclumes** ordinaires, également difficiles à produire.

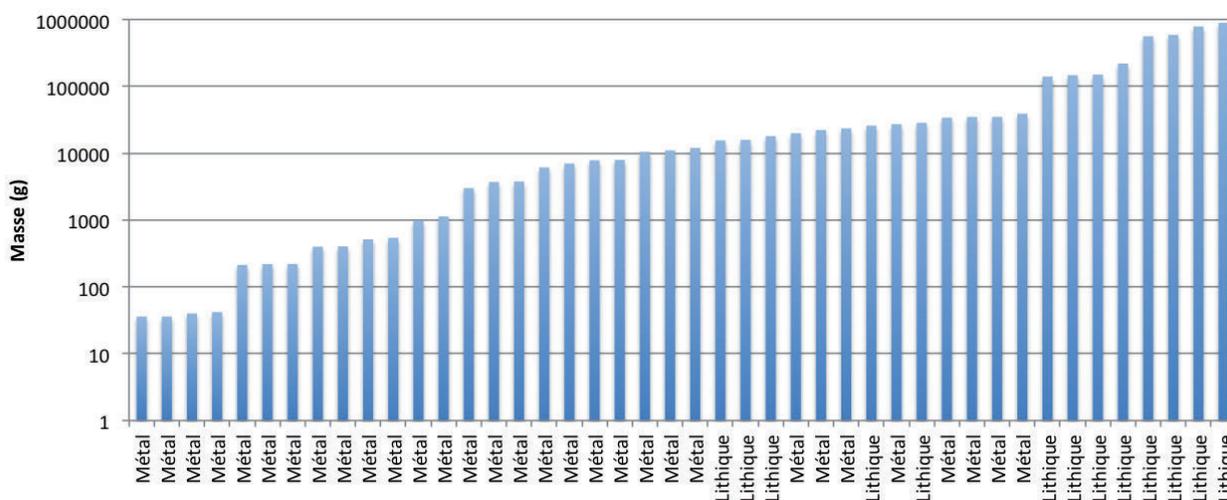


Fig.55 Rapport poids/matériau des supports de la période romaine (échelle logarithmique).

3. Fonctionnement des supports de frappe

Après avoir abordé la fonction et la conception des supports de frappe, il est logique d'aborder leur fonctionnement. Deux aspects nous intéressent ici : la position fonctionnelle des supports de frappe et les postures de travail qui en découlent. Outre l'intérêt de reconstituer un geste technique, aborder ces questions permet de mettre en relations les outils proprement dits avec les indices indirects de leur présence.

3.1. Position fonctionnelle des supports de frappe

La position fonctionnelle d'un support de frappe est d'abord déterminée par son mode de fixation. C'est d'elle que dépend la hauteur de travail. L'implantation des supports de frappe est également dépendante de la position du foyer, qui permet de réchauffer le métal entre deux **passes**.

3.1.1. Mode de fixation des outils

C'est la conception de l'outil qui détermine son mode de fixation. Trois modes de fixation sont utilisés : fiché dans un **billot**, posé (sur le sol ou sur un **billot**) et enchâssé dans le sol. À ces trois positions de base, il faut ajouter le cas particulier des outils à positions multiples, caractéristiques de l'âge du Bronze.

3.1.1.1. Les outils fichés dans un billot

54 % des supports de frappe présents dans notre corpus sont munis d'une **queue de fixation**. Cet appendice permet de fixer l'outil dans une mortaise préalablement creusée dans un **billot** en bois qui le maintient en position fonctionnelle, parfaitement stable.

Pratiquement toutes les catégories de supports de frappe utilisent ce mode de fixation. Il est presque systématique pour les outils de l'âge du Bronze, la seule exception étant constituée par les **cloutières**. À La Tène et à l'époque romaine, **tas**, **bigornes** et **enclumes** légères en

métal sont fixés à l'aide d'une **queue**, ainsi que certaines **cloutières** et étampes. Il faut remarquer que quelques outils ne possédant pas à proprement parler de **queue de fixation** sont pourtant nécessairement fixés dans une mortaise de **billot**. Il s'agit des dominos à rainures et des dominos à emboutir de l'âge du Bronze, qui ne peuvent être maintenus en position fonctionnelle sans cet artifice.

Les supports de frappe munis d'une **queue de fixation** sont toujours des outils légers, qui ne pourraient se maintenir verticalement sans cette **queue**. Cette observation doit cependant être relativisée, car des exemples tardifs montrent que des outils massifs peuvent également être munis d'une **queue de fixation**, comme les **enclumes** siciliennes du début du xx^e siècle (Ferroserie Léon Martinet 1905).

3.1.1.2. Les outils posés

Pour pouvoir être simplement posé, un support de frappe doit posséder une base suffisamment large. Seuls des outils massifs sont fixés de cette manière : **tas** et **enclumes** ordinaires en fer, étampes, **cloutières**... Selon la conception de l'outil, il peut être simplement posé sur le sol ou placé sur un **billot**.

Le principal type d'outil pour lequel ce mode de fixation est assuré est la **matrice**. La **matrice** ordinaire en rhyolite 211, a été découverte en position fonctionnelle sur le sol de l'atelier CC 19 B du secteur de *la Côme Chaudron* à Bibracte, tout comme la **matrice** lourde 672, qui était posée sur un plancher dans la pièce 2-32 état 3 du Lycée militaire (Chardron-Picault, Pernot 1999). La plupart des **matrices** devaient ainsi être simplement posées sur le sol. La seule exception certaine est celle de la **matrice** 675, qui ne peut tenir en position fonctionnelle et était forcément enchâssée.

Les supports de frappe métalliques massifs devaient pour leur part être posés sur des **billots**. Leurs bases plus étroites rendent peu probable une fixation directement sur le sol, car sous les chocs ils auraient tendance à s'enfoncer et à basculer. La stabilité des supports de frappe posés sur **billot** dépend ensuite de son inertie et de la

puissance des coups qu'il subit. Plus l'outil est léger, plus il aura tendance à se déplacer à cause des chocs successifs. Sur les supports de frappe modernes, des crampons sont parfois utilisés pour palier au problème, mais la structure des supports de frappe archéologique ne permet pas d'employer une telle solution.

3.1.1.3. Les outils enchâssés

Les outils enchâssés dans le sol sont placés dans une fosse et soigneusement calés ; la forme de sa base importe donc peu. La **table de frappe** est située au niveau du sol ou légèrement au dessus. Seuls les supports de frappe lithiques sont positionnés de cette façon : **enclumes**, **tas**, marbres et exceptionnellement **matrices**.

Toutes les **enclumes** lithiques découvertes en position fonctionnelle étaient enchâssées dans le sol, qu'il s'agisse d'**enclumes** ordinaires (3, 787, 869) ou d'**enclumes** lourdes (9, 98, 597, 601, 602, 873). Certains de ces outils, pour lesquels nous ne connaissons pas la position de découverte, comme l'**enclume** lourde de chaudronnier 673, sont nécessairement enchâssés, à cause de l'absence de base.

Le marbre 205 a également été découvert enchâssé dans le sol (Dhennequin 2007). D'autres

outils, non découverts en position fonctionnelle, étaient également enchâssés. C'est le cas de la **matrice** lourde 675, qui ne possède pas de base, tout comme le **tas** lourd 857. Les traces d'utilisation sur le **tas** ordinaire 231 démontrent également son enchâssement dans le sol : elles ne concernent que la moitié de sa surface, ce qui prouve que l'utilisateur se trouvait toujours du même côté pour travailler. L'outil était donc fixe et la seule façon de le fixer est de l'enchâsser dans le sol.

Cette pratique de l'enchâssement permet à l'évidence de stabiliser le support de frappe, ce qui est fondamental pour des outils dépourvus de base (3, 29, 183, 673, 856, 869), mais elle semble superflue pour des outils parallélépipédiques (205, 231, 597, 602, 787). Son caractère systématique, observé également en Afrique au Nord-Togo (Dugast 1986) et au Kenya (Brown 1995), nous a conduits à rechercher une autre explication que la seule fixation de l'outil.

Nous avons réalisé une expérimentation sur une **enclume** en grès quartzeux d'une vingtaine de kilos, soit la masse d'une **enclume** ordinaire, sans l'enchâsser dans le sol. Elle a été utilisée pour forger des fers **plats** de 4×20 mm et des fers **ronds** de 15 mm, à l'aide d'un marteau de 1,6 kg. L'**enclume** a parfaitement résisté, hormis les arêtes qui se sont brisées et un impact lors d'un coup porté directement sur la **table de frappe**. L'outil s'est finalement brisé, sans signe avant-coureur, après environ une heure de travail (Fig. 56). L'enchâssement semble donc jouer un rôle dans la longévité de l'outil, probablement en atténuant les vibrations engendrées par les coups, dans un matériau à la **ténacité** faible (Dupreux 2004). Le contact de la terre autour de l'outil remplit le même office que l'aimant collé sur une **enclume** en acier, qui diminue les vibrations dans le métal (Strozzini 2007). L'enchâssement aurait donc pour effet de diminuer la **fatigue** de l'outil. L'importance de cette pratique est mise en évidence par l'**enclume**



Échelle 1: 4

← 10 cm →

Fig. 56 État final d'une enclume expérimentale en grès quartzeux utilisée sans enchâssement. On remarque un impact direct en haut à gauche, l'éclatement des arêtes et la fracturation complète.

lourde 597 qui était enchâssée de 50 cm dans le sol, malgré ses 892 kg. Nous pouvons considérer que, hormis dans le cas des **matrices**, l'enchâssement constitue la norme pour la fixation des outils lithiques.

3.1.1.4. Les outils à positions multiples

Les outils à position multiples sont une particularité de l'âge du Bronze, observée sur la plupart des **enclumes**, la **bigorne** et les dominos à rainures et à emboutir. Ces outils disposent de surfaces actives multiples, qui ne sont pas toutes accessibles simultanément, ce qui oblige à changer l'outil de position.

Tous ces outils s'utilisent fixés sur un **billot**. Dans le cas des **enclumes** et de la **bigorne**, ce sont les **cornes** qui font office de **queue de fixation**. Parmi les **enclumes**, on remarque fréquemment que le changement de position ne modifie pas la configuration de l'outil, qui offre les mêmes surfaces actives quelle que soit la **corne** utilisée comme **queue de fixation** (Fig. 57).

À l'évidence, tous les outils potentiellement à positions multiples n'étaient donc pas conçus pour être utilisés comme tels. Toutefois, si l'on considère la longévité de ces outils, probablement relativement faible, on peut penser que cette particularité permettait de doubler la durée de vie de ces **enclumes**, dont on changeait la position lorsque les surfaces actives étaient trop endommagées.

Visiblement, la fonction n'a aucune incidence sur le mode de fixation. Une même catégorie d'outil peut exister avec tout type de fixation. Le cas des **enclumes** est exemplaire. À La Tène, comme à l'époque romaine, on utilise des **enclumes** à **queue**, des **enclumes** posées et des **enclumes** enchâssées. La description du mode de fixation n'est donc pas pertinente pour désigner les supports de frappe. Par contre, elle conditionne en partie la hauteur d'utilisation du support de frappe : les outils enchâssés sont au niveau du sol et les outils sur **billot** peuvent varier de hauteur en fonction de ce dernier. Il peut être entièrement enterré dans le sol, comme chez les forgerons du Burkina Faso (Coulibaly 2006) ou dépasser du sol, jusqu'à amener le support de frappe à hauteur de ceinture, comme les **enclumes** contemporaines (Mapod 1853).

3.1.2. La place du support de frappe dans l'atelier

La découverte de supports de frappe en position fonctionnelle est relativement rare. Une méthode utilisée pour pallier cette absence est de rechercher les fantômes de **billots** ou, pour le travail du fer, de relever les densités de **battitures** dans les niveaux d'occupation. La fouille de la **forge** de Paule, dans laquelle une **enclume** en position fonctionnelle a été découverte et un relevé des **battitures** effectué (Menez *et al.* 2007), présente l'opportunité de mieux comprendre comment les supports de frappe sont implantés dans les **ateliers** et quelle pertinence accorder aux vestiges supposés de **billots**.

L'état 2 de la **forge** montre la place centrale de l'**enclume** dans l'atelier, associée au foyer (Fig. 58). Les autres éléments structurant l'espace sont le cendrier et une fosse. La grande proximité de l'**enclume** et du foyer est remarquable : avec 90 cm de bord à bord, elle permet à un **ouvrier** placé entre les deux éléments de porter un fer chaud sur l'**enclume** sans avoir à se déplacer. Cette organisation, qui réduit le refroidissement du métal et limite le nombre de **chaudes**, est recommandée dans tous les traités portant sur la **métallurgie de transformation**. On l'observe

Fig. 57 Enclume de Porcieu-Amblagnieu (Isère). La symétrie de l'outil implique que quelle que soit sa position, les mêmes surfaces actives sont disponibles (d'après Nicolardot, Gaucher 1975).

également dans la **forge** de Blessey-Salamaise, où 1,2 m séparent les deux éléments (Mangin *et al.* 2000).

Les deux fosses présentes contre l'**enclume** de Paule, identifiées comme des emplacements de **billots**, doivent à notre sens être réinterprétées. Une telle installation est difficilement concevable, car elle obligerait l'**ouvrier** à sans cesse se déplacer pour utiliser l'un ou l'autre support de frappe. Dans les cas où plusieurs supports de frappe sont employés simultanément, ils sont implantés en arc de cercle devant l'opérateur, comme chez les forgerons Camerounais (Duvauchelle 1996). Compte-tenu de la présence d'**enclumes** dans la fosse de calage de celle restée en position fonctionnelle, nous pouvons supposer avec plus de vraisemblance qu'il s'agit des fosses de calage des **enclumes** précédentes, arrachées au fur-et-à-mesure des remplacements et finalement utilisées elles-mêmes en pierre de calage.

On remarque au passage que les concentrations principales de **battitures** ne se situent pas autour de l'**enclume**, mais au niveau du foyer et dans le cendrier. Il semble que leur utilisation des concentrations pour positionner une **enclume** disparue ne se vérifie pas systématiquement. Elles sont déplacées au gré des nettoyages et s'accumulent dans les structures en creux. Elles ne constituent donc pas des marqueurs fiables.

Les critères habituellement utilisés pour déterminer l'emplacement des supports de frappe dans les **ateliers** sont plus difficiles à manipuler qu'il n'y paraît. Les concentrations de **battitures** ne désignent pas forcément l'emplacement d'une **enclume** et les fosses à proximité d'un foyer peuvent correspondre à l'emplacement d'un **billot** (qui peut aussi être simplement posé sur le sol) comme d'un support de frappe lithique. Ces deux indices doivent en outre être interprétés en tenant compte de la position du foyer : les exemples archéologiques et ethnographiques montrent systématiquement une grande proximité entre les foyers et les supports de frappe utilisés pour la déformation plastique du métal.

3.2. Postures de travail

Reconstituer les postures de travail est complexe. Comme nous l'avons vu ci-dessus, seuls les outils lithiques permettent de restituer avec un bon degré de certitude les hauteurs d'utilisation. Pour les outils en métal, l'utilisation du **billot** permet toutes les possibilités de hauteur de travail. Toutefois, l'ethnographie permet d'avancer quelques hypothèses sur les postures de travail selon la fonction de l'outil. L'époque romaine offre une nouvelle source de données : l'iconographie, même si elle s'avère souvent d'utilisation délicate. En effet, les représentations ne sont pas toujours réalistes et les données archéologique divergent fréquemment des images qui nous sont parvenues.

3.2.1. L'âge du Bronze

Les supports de frappe de l'âge du Bronze sont des outils de petite taille, fixés dans des

Fig. 58 Plan simplifié de l'état 2 de la forge de Paule, Côtes d'Armor (d'après Menez *et al.* 2007).

billots en bois. Ils sont utilisés pour travailler de petites pièces ou pour des opérations limitées sur des objets plus gros, comme écrouir les tranchants des outils et des armes. Les foyers utilisés pour chauffer le métal sont placés au niveau du sol.

Des installations de travail similaires sont observées chez les orfèvres Maliens (Armbruster 1993) et les forgerons Kotokoli au Nord-Togo, qui produisent de petits objets en fer et travaillent également le cuivre (Dugast 1986). Les supports de frappe sont placés au niveau du sol, le **billot** étant entièrement enterré. Le travail se fait en position assise sur le sol ou accroupie. Les pièces sont sorties du feu et posées sur l'**enclume** sans que l'opérateur ait à se déplacer, puisque tous les éléments sont au niveau du sol.

Le battage des faux sur l'**enclumette**, dont les dimensions sont similaires à celle des supports de frappe de l'âge du Bronze, offre encore un point de comparaison. Il se pratique assis, l'**enclumette** entre les jambes. La même opération technique peut être réalisée sur les outils et armes tranchants de l'âge du bronze. Ce type de posture permettrait d'expliquer l'inclinaison des parties actives observée sur certains outils, comme la **corne** de l'**enclume** de Wollishoffen (8) ou la table du **tas** de Plainseau (866). En cas de position assise, cette particularité permet de travailler avec moins d'effort, puisque la surface active est inclinée vers l'utilisateur.

Les outils de l'âge du Bronze permettent d'envisager plusieurs positions, mais avec une variabilité limitée. La position de travail est très probablement au niveau du sol, pour se rapprocher le plus possible du foyer, non pour amener le métal chaud sur l'outil (le métal a juste besoin d'être **recuit**), mais pour gagner en confort de travail et éviter de se baisser sans cesse pour prendre les pièces au feu.

3.2.2. La Tène

À La Tène, on observe un accroissement de la taille des supports de frappe, pour un travail de forge sur des pièces de plus grande taille. Les foyers sont toujours au niveau du sol, tout comme les rares supports de frappe découverts en position fonctionnelle (**enclumes** et **Matrices** lithiques).

Les exemples ethnographiques montrent que lorsque les travaux de déformation plastique sur des pièces de dimensions importantes s'exercent sur des supports de frappe au niveau du sol, le travail s'effectue à quatre mains, avec un opérateur assis ou accroupi qui tient la pièce sur le support de frappe et un second opérateur debout qui frappe à deux mains (Fig.59). Ce système s'observe chez les forgerons traditionnels Kenyans (Brown 1995) et Japonais (Wate 2005).

Dans le cadre du travail du fer, la posture au niveau du sol, au même niveau que le foyer, est indispensable pour éviter le refroidissement de la pièce entre le foyer et le support de frappe, celle-ci devant être forgée à au moins 750° (Azconegui Morán, Castellanos Migueléz 1999). De plus les raisons de confort sont toujours valables.

3.2.3. L'époque romaine

Les représentations de supports de frappe dans l'iconographie romaine sont généralement réalistes, même si elles sont de qualité inégale.

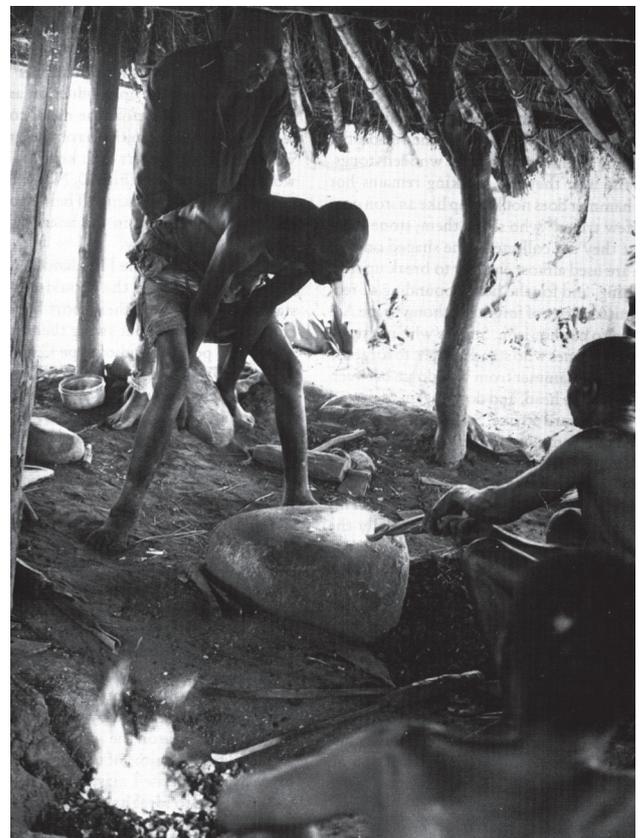


Fig.59 Forge traditionnelle au Kenya : frappe à deux mains sur une enclume en pierre fichée dans le sol (d'après Brown 1995).

Celles où un support de frappe apparaît se répartissent en deux groupes : les représentations de personnage devant un support de frappe non situé (802, 803, 807, 889) et celles situées dans un atelier. Dans un seul cas (16), nous avons une

représentation d'atelier sans personnage. Deux postures de travail sont représentées. La plus fréquente est la position assise sur un siège devant un support de frappe surélevé par un **billot** (Fig. 60).

Fig. 60 Stèle d'Aquilée montrant un serrurier travaillant assis devant son enclume (d'après Anderson *et al.* 2003).

Plus rarement, l'opérateur est représenté travaillant de bout (Fig. 61). Le foyer est systématiquement représenté en hauteur, ce qui permet d'amener la pièce devant l'opérateur en un minimum de temps.

Certains supports de frappe découverts sur le site du Lycée militaire à Autun supposent effectivement un travail debout. C'est le cas de l'**enclume** lourde de chaudronnier 674, haute

de 84 cm ou de la **matrice** lourde 671 haute de 72 cm, dont la base assure une excellente stabilité. De même, les **bigornes** romaines de notre corpus atteignent pour les plus hautes une cinquantaine de centimètres de hauteur. Même fichées dans un **billot** au niveau du sol, elles interdisent de travailler assis sur le sol ou accroupi.

Toutefois, la plupart des **enclumes** trouvées en place sont toujours placées au niveau du sol,

Fig. 61 Plaque funéraire des catacombes de Domitilla montrant un forgeron travaillant debout devant son enclume (d'après Amarger 2009).

tout comme les foyers. Les postures de travail de La Tène se perpétuent donc. Une question se pose alors : à quel moment la posture de travail commence-t-elle à s'élever et dans quelle mesure s'est-elle généralisée ? Sur le site du Lycée militaire, les supports de frappe permettant de travailler debout (671, 674) ne sont pas antérieurs au II^e siècle, voir au III^e, d'après la datation des **ateliers** d'où proviennent les outils, et coexistent avec des outils placés au niveau du sol.

Nous pouvons restituer avec un certain degré de confiance les positions fonctionnelles des supports de frappe et les postures de travail qui leur sont associées. Il n'est malheureusement pas possible ici d'aller plus loin, en abordant les usages de ces outils. Un tel travail demanderait de prendre en compte, cellule de production par cellule de production, les structures et les fabricats associés aux supports de frappe. Nous aborderons ces problématiques dans le dernier chapitre.

4. La fonction symbolique des supports de frappe

En tant qu'outils, les supports de frappe sont des objets dont la conception est avant tout technique. Pourtant, sur des outils techniquement et géographiquement éloignés, on remarque des similitudes dans les silhouettes. Sur la base de ces ressemblances, il est possible de constituer des groupes qui montrent une certaine cohérence chronologique et géographique. Ainsi émerge une fonction symbolique de l'outil, dont la forme est conditionnée par l'appartenance à un groupe culturel. Elle transparaît également dans les réattributions fonctionnelles des outils, évidentes à l'âge du Bronze et plus discrètes ensuite.

4.1. Les formes de l'âge du Bronze

L'examen des supports de frappe de l'âge du Bronze montre une nette distinction entre les **enclumes** et les autres supports de frappe. Ces derniers sont manifestement des objets de conception purement technique, réduits à leurs parties actives, là où les **enclumes** montrent un inves-

tissement évident dans leur mise en forme. Les similarités de silhouette entre des outils qui sont techniquement uniques, comme nous l'avons démontré plus haut, révèle que des considérations non techniques sont prises en compte lors de la conception de l'outil. Ces similarités de forme ont été utilisées pour établir la typologie des supports de frappe en métal (Moreau 1971, Nicolardot, Gaucher 1975). En réalité, elle ne peut être appliquée qu'aux seules **enclumes**, la silhouette des autres outils étant le résultat d'une conception purement technique. Sur les 24 **enclumes** prises en compte ici, nous avons pu reconnaître cinq formes. Seule l'**enclume** de Lusmagh (49) ne s'intègre dans aucun groupe, démontrant l'existence d'autres formes, non identifiées ici, faute d'un inventaire exhaustif à l'échelle de l'Europe. Le report des formes d'**enclumes** sur la carte des aires culturelles de l'âge du Bronze permet quelques interprétations au sujet de ces formes récurrentes.

4.1.1. Définition typologique

Au sein des cinq types que nous avons définis, s'observe une certaine variabilité. Nous nous sommes toutefois interdit de créer des sous-ensembles : étant donné le nombre extrêmement réduit des ensembles (8 exemplaires pour le plus grand), cela n'aurait eu aucun sens. De même, l'**enclume** de Lusmagh, dont la silhouette est unique au sein du corpus, n'a pas donné lieu à la création d'un type supplémentaire.

La forme Porcieu-Amblagnieu possède un **estomac** carré et deux **cornes** sur deux faces contiguës, formant un angle droit. Huit exemplaires de cette forme sont connus, dont trois moules (Fig. 63)

La forme Fresné-la-Mère se caractérise par une silhouette en T. Sur un axe principal, une **table de frappe** est fixée sur une **corne** portant un certain nombre de **suages**. Sur cette **corne** est fixée à 90° une **corne** secondaire portant généralement des **suages**. Quatre **enclumes** de ce type sont connues (Fig. 63).

La forme la Tour de Langin se reconnaît d'abord par le profil trapézoïdal de son **estomac**. L'extrémité la plus étroite sert de **queue de fixa-**

tion et la seconde de **table de frappe**. Une **corne** ronde est fixée sur l'un des côtés. Certains exemplaires portent une surface de travail à **suages** opposés à la **corne** ronde. Quatre **enclumes** de cette forme ont été découvertes, dont une a malheureusement disparu (Fig. 63).

La forme Gray se caractérise par un profil cruciforme, formé par le croisement à 90° de deux **cornes**, chacune surmontée par une table. L'**estomac**, formé par la jonction des deux **cornes**, est pourvu d'une perforation (**filière** ou **œil** à percer). Quatre **enclumes** de ce type ont été découvertes (Fig. 63).

La forme la Villette se caractérise par un pied fixé sous une table débordante quadrangulaire, sur laquelle est fixée perpendiculairement une **corne** ronde (Fig. 62).

Si nous comparons la typologie technique et la typologie formelle (Fig. 62), on observe qu'elles coïncident rarement. Sur les cinq formes, seules les formes Fresné-la-Mère et Gray correspondent à un seul type technique (**enclume** à **suages** et **enclume** universelle). Les deux notions sont donc indépendantes : la silhouette n'est pas la conséquence de la conception technique, puisqu'un même type technique peut être

représenté dans plusieurs formes. L'inverse est vrai également : la forme ne conditionne pas la conception technique de l'outil, puisqu'une même forme peut se décliner en plusieurs types techniques. Il faut considérer que la mise en forme des **enclumes** intègre une dimension symbolique, dans la conception de leurs silhouettes : elles expriment, de façon consciente ou non, l'appartenance à un groupe dans lequel la forme de l'outil est prédéterminée, en dehors de toute considération technique.

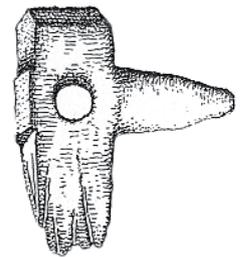
4.1.2. Localisation spatiale et temporelle des formes d'enclumes

La cartographie des formes de supports de frappe, en tenant compte de leur datation, permet de mieux comprendre les phénomènes non techniques qui commandent la mise en forme des **enclumes** de l'âge du Bronze.

La question de la chronologie est délicate à manipuler, par manque de datations fiables (Fig. 62). Beaucoup de ces outils ont été découverts isolés et ne peuvent être datés. Toutefois, à l'exception de la forme *la Tour de Langin*, nous disposons d'au moins une datation par

N°	Opération	Type technique	Type symbolique	Datation	Datation retenue
810	Le Fort-Harrouard	Enclume bigorne	Forme Porcieu-Amblagnieu	Bronze moyen - Bronze final I	Bronze Moyen
815	Porcieu-Amblagnieu	Enclume bigorne	Forme Porcieu-Amblagnieu	Bronze moyen II - Bronze moyen III	Bronze Moyen
816	Le Champ Tortu	Enclume bigorne	Forme Porcieu-Amblagnieu	Seconde moitié du Bronze moyen	Bronze Moyen
40	La Lède-du-Gurp	Enclume bigorne	Forme Porcieu-Amblagnieu		Bronze Moyen
34	Angerville	Enclume bigorne	Forme Porcieu-Amblagnieu		Bronze Moyen
37	Insoch Wood	Enclume bigorne	Forme Porcieu-Amblagnieu		Bronze Moyen
35	Riddes	Enclume universelle	Forme Porcieu-Amblagnieu		Bronze Moyen
50	Sengelöse	Enclume universelle	Forme Porcieu-Amblagnieu		Bronze Moyen
49	Lusmagh	Enclume universelle		Bronze final	Bronze final
39	Keranfinit	Enclume à suages	Forme Fresné-la-Mère	Bronze final II-III	Bronze final
872	Fresné-la-Mère	Enclume à suages	Forme Fresné-la-Mère	Bronze final I	Bronze final
6	Bardouville	Enclume à suages	Forme Fresné-la-Mère		Bronze final
36	Kyle of Oykel	Enclume à suages	Forme Fresné-la-Mère		Bronze final
860	Domaine d'Orain	Enclume universelle	Forme Gray		Bronze final II
861	La Plaine des Brotteaux	Enclume universelle	Forme Gray		Bronze final II
862	La Petite Laugère	Enclume universelle	Forme Gray	Bronze final II	Bronze final II
863	Gray	Enclume universelle	Forme Gray		Bronze final II
7	La Tour de Langin	Enclume bigorne	Forme la Tour de Langin		Bronze final ?
8	Wollishofen	Enclume bigorne	Forme la Tour de Langin		Bronze final ?
874	Corbeil	Enclume universelle	Forme la Tour de Langin		Bronze final ?
10	Musée de Caen	Enclume universelle	Forme la Tour de Langin		Bronze final ?
11	La Villette, Pont de Flandres	Enclume bigorne	Forme la Villette		Bronze final II-III
865	Ouroux-sur-Saône	Enclume universelle	Forme la Villette	Bronze final II-III	Bronze final II-III
12	Mâcon	Enclume universelle	Forme la Villette		Bronze final II-III

Fig. 62 Tableau de synthèses des typologies techniques, formelle et de la datation des enclumes de l'âge du Bronze. Tableau de synthèses des typologies techniques, formelle et de la datation des enclumes de l'âge du Bronze.

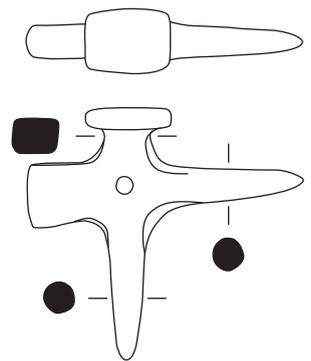
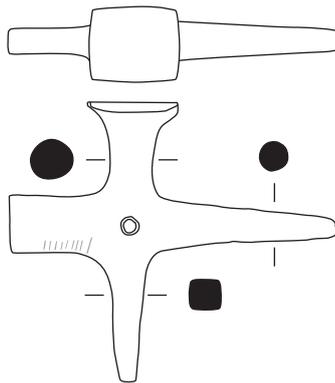
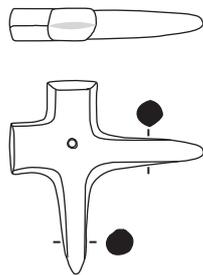
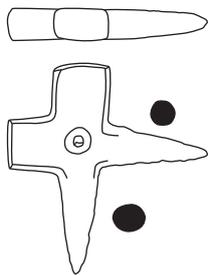


7

8

874

10

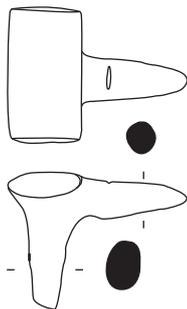


860

861

862

863



Échelle 1: 4

865

12

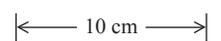


Fig.63 Page précédente, planche comparative des différentes silhouettes de supports de frappe de l'âge du Bronze. De haut en bas, forme Porcieu-Amblagnieu, forme Fresné-la-Mère, forme la tour de Langin, forme Gray, et forme la Villette. 815 : Porcieu-Amblagnieu, Isère ; 35 : Rides, Canton du Valais, Suisse ; 34 : Angerville, Essonne ; 37 : *Insoch Wood*, Nairn, Écosse, Grande-Bretagne ; 872 : Fresné-la-Mère, Calvados ; 6 : Bardouville, Seine-Maritime ; 39 : *Keranfinit*, Coray, Finistère ; 36 : Kyle of Oykel, Sutherland, Écosse ; 7 : la Tour de Langin, Haute-Savoie ; 8 : Wollishoffen, Zurich, Canton de Zurich, Suisse ; 874 : Corbeil-Essonnes, Essonne ; 10 : Musée de Caen, provenance inconnue ; 860 : Domaine d'Orain, Venarey-les-Laumes, Bourgogne ; 861 : Plaine des Brotteaux, Lyon, Rhône ; 862 : la Petite Laugère, Gênelard, Saône-et-Loire ; 863 : Gray, Haute-Saône ; 865 : Ouroux-sur-Saône, Saône-et-Loire ; 11 : *Pont de Flandres*, La Villette, Paris ; 12 : Mâcon. D'après Coutil 1912 (10), Nicolardot, Gaucher 19754 (815, 6, 7, 11), Mohen 1977 (874), Ehrenberg 1981 (35, 34, 37, 36, 8, 12), Briard 1984 (39), Eluère, Mohen 1993 (872)

type formel, ce qui nous permet d'extrapoler. Apparemment, une seule forme d'**enclume** est datée du Bronze moyen. La forme Porcieu-Amblagnieu semble bien circonscrite à cette période. La seule datation divergente est celle du moule du *Fort-Harrouard*, mais il s'agit d'une fouille ancienne et les datations sont sujettes à caution.

Les formes Porcieu-Amblagnieu et Fresné-la-Mère, mieux datées, montrent que la période d'utilisation peut être relativement large. C'est pourquoi nous proposons de retenir systématiquement une datation large, avec deux périodes : Bronze moyen et Bronze final.

4.1.2.1. *Le Bronze moyen*

Si nous reportons la répartition des **enclumes** de forme Porcieu-Amblagnieu sur la carte des aires culturelles du Bronze moyen, on remarque qu'elles ne concordent aucunement (Fig.64). Le domaine atlantique, le monde nord-alpin et le monde nordique sont largement recoupsés par l'aire de répartition des **enclumes** de forme Porcieu-Amblagnieu. Les **enclumes** ne s'intègrent donc pas dans le système qui définit ces ères culturelles.

Dans un vaste espace, la silhouette des **enclumes** est systématiquement conçue de la même manière, quelle que soit leur fonction technique. Il existe donc une norme portant sur la forme de l'outil, qui correspond à un groupe humain large. La forme de l'outil traduit ainsi l'appartenance à un groupe.

Cette observation met en évidence la complexité de la notion de culture matérielle : suivant le mobilier pris en compte, les frontières culturelles peuvent varier (Bonaventure 2011).

Elle montre aussi que la notion de culture peut fonctionner à plusieurs échelles, avec des ensembles culturels larges qui contiennent des ensembles plus étroits, comme la culture occidentale contemporaine est constituée de nombreuses cultures avec un fond commun.

4.1.2.2. *Le Bronze final*

Les aires de répartition des formes d'**enclumes** du Bronze final dessinent des ensembles plus ou moins cohérents (Fig.65). L'interprétation de ces phénomènes est difficile étant donné la maigreur de la documentation, mais nous pouvons néanmoins avancer quelques hypothèses.

Les **enclumes** de forme Fresné-la-Mère sont présentes au sein de l'aire du Bronze atlantique, de part et d'autre de la Manche. Elles forment un espace cohérent, relativement concentré. La présence au nord de l'**enclume** de Lusmagh, qui appartient à un autre groupe, marque sans doute la limite septentrionale de la répartition de ces outils. Ce groupe d'**enclumes** est d'autant plus intéressant qu'il constitue également un type technique, puisqu'il comprend toutes les **enclumes** à **suages**. La conséquence de cette conception technique est l'existence sur le même territoire d'une forme de **bigorne**, que l'on ne retrouve pas ailleurs.

Les **enclumes** de forme Gray s'insèrent également dans un espace cohérent, relativement restreint, inclus dans l'aire de la civilisation des champs d'urne. La zone de répartition est centrée sur la Bourgogne, dans les vallées de la Saône et du Rhône.

Les **enclumes** de forme la Villette forment un ensemble lâche, avec deux **enclumes** découvertes en Île de France et une troisième en



Fig.64 Répartition des enclumes de forme Porcieu-Amblagnieu sur la carte des cultures du Bronze moyen (d'après Gabillot, Mordant 2006z).

Bourgogne, dans la vallée de la Saône. À l'évidence, la documentation est lacunaire. Le vaste espace ainsi délimité par ces deux pôles recoupe le groupe de Gray. Les deux types pourraient se succéder dans le temps, d'après leur datation : le Bronze final II pour les **enclumes** de forme Gray et le Bronze II-III pour les **enclumes** de forme La Villette. Mais cette dernière datation repose uniquement sur l'hypothèse que l'**enclume** d'Ou-

roux-sur-Saône appartenait à un dépôt découvert à proximité, ce qui limite sa fiabilité.

Dans l'état actuel de la documentation, la répartition des formes culturelles d'**enclumes** est contrastée entre le Bronze moyen et le Bronze final. Au Bronze moyen, une seule forme est répertoriée, dont la vaste zone de répartition transgresse les frontières culturelles classiques.



Fig.65 Répartition des formes d'enclumes sur la carte des aires culturelles du Bronze final (d'après Briard 1998).

Au contraire, les aires de répartition des formes d'**enclumes** du Bronze final respectent les frontières culturelles, mais elles se fragmentent en plusieurs ensembles qui se recoupent parfois. On peut penser qu'au Bronze moyen l'innovation de l'**enclume** s'est rapidement répandue dans une vaste zone interculturelle, sans modification de la forme initiale, puis que chaque groupe culturel

s'est approprié l'outil dans le courant du Bronze final, en définissant une forme qui lui est propre. Une inconnue demeure néanmoins : la datation des **enclumes** de forme la Tour de Langin. Nous ne savons pas si elles se rattachent au Bronze moyen ou au Bronze final. Dans un cas comme dans l'autre, son aire de répartition recouperait celles d'autres formes d'**enclumes**, introduisant

encore un peu plus de complexité. En tout état de cause, les **enclumes** de l'âge du Bronze sont fortement marquées par leur fonction symbolique.

4.2. Les enclumes naviformes de La Tène et de l'époque romaine

Les **enclumes** ordinaires lithiques de La Tène C-D et de l'époque romaine découvertes sur le territoire de la Gaule montrent des similarités de forme que la fonction technique de ces outils ne permet pas d'expliquer, pas plus que d'éventuelles contraintes de mise en forme. Au contraire, elles impliquent un investissement supplémentaire qui ne peut s'expliquer que par une tradition fortement ancrée, révélant la fonction symbolique de ces outils.

Une fois l'**enclume** enchâssée dans le sol, seule sa **table de frappe** émerge. Tous les exemplaires d'**enclumes** légères lithiques que nous avons pu recenser possèdent la même forme : une extrémité large et la seconde effilée, donnant à l'outil un aspect naviforme (Fig. 66). L'**enclume** lourde 602, datée de l'époque romaine, présente la même forme que les **enclumes** ordinaires.

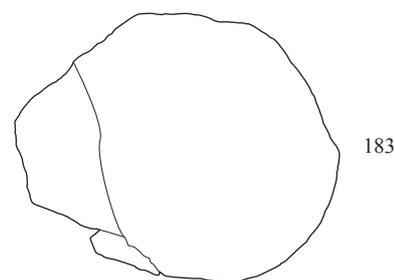
Techniquement, cette forme particulière n'apporte aucune fonctionnalité : puisque l'**enclume** est enchâssée dans le sol, le rétrécissement de l'extrémité ne permet aucune manipulation particulière, contrairement aux **bigornes** des **enclumes** en métal.

L'aire de répartition de ces **enclumes** naviformes correspond approximativement à la moitié nord de la France. En effet, les quatre exemplaires recensés pour La Tène ont été découverts en Bretagne (Paule), Picardie (*le Bois de la Forge*) et Bourgogne (Bibracte). Les exemplaires romains sont localisés en Bourgogne : à Blessey-Salmaise et Autun. Malheureusement, nous manquons encore de données pour préciser la géographie des **enclumes** naviformes : l'absence de découverte d'autres formes ne permet pas de borner leur aire de répartition.

Encore une fois, apparaît un net investissement symbolique dans la conception de l'**enclume**. Il y a une forme de reconnaissance de l'appartenance à un groupe dans la silhouette donnée à l'outil. Ce

qui est particulièrement intéressant ici, c'est que cette forme culturelle perdure longtemps après le début de la romanisation. Cela donne une autre dimension à une forme qui perdure à l'époque romaine, mais paraît spécifique à la Gaule.

3



869

Échelle 1: 6

← 10 cm →

Fig. 66 Enclumes naviformes de La Tène C-D et de l'époque romaine. 3 : Paule, Côtes-d'Armor (d'après Menez *et al.* 2007) ; 183 : *la Pâturage des Grangerands*, Bibracte, Nièvre ; 869 : Blessey-Salmaise, Côte-d'Or (d'après Mangin *et al.* 2000).

4.3. Les enclumes ordinaires de forme gauloise

Les **enclumes** ordinaires en fer de la période romaine découvertes en Gaule présentent toutes la même conception. Il s'agit d'outils en forme de tronc de pyramide renversé, avec une **table de frappe** plane munie d'un **œil porte-outil** (Fig. 34).

La silhouette de l'**enclume** ne se rencontre pas à La Tène, mais est répandue à l'époque romaine. On la retrouve sur la plupart des **tas** ordinaires en métal gaulois ou romains, sur les **enclumes** découvertes en Bretagne romaine (Manning 1989) et sur quelques **enclumes** de Pompéi. Par contre, la conception technique de l'outil se retrouve uniquement en Gaule et peut-être en Suisse, comme le suggère un probable fragment d'un tel outil découvert sur le site de Châbles (Anderson *et al.* 2003).

La forme gauloise des **enclumes** ordinaires se définit à la fois par la silhouette et la conception technique, cette dernière étant prépondérante. Nous sortons ici du schéma opposant conception technique et conception symbolique de l'**enclume** dans la définition d'un type culturel, déjà perceptible au Bronze final avec les **enclumes** de forme Fresné-la-Mère. Malgré l'absence de découverte, nous pouvons penser que cette conception de l'**enclume** ordinaire en fer trouve son origine à La Tène, comme le suggère la découverte d'un **tranchet d'enclume** signalée plus haut.

4.4. Les enclumes ordinaires de forme Pompéi

Le corpus d'**enclumes** de Pompéi révèle l'utilisation concomitante de deux formes d'**enclumes** : une **enclume simple** en tronc de pyramide et une **enclume simple** parallélépipédique à quatre **patins**. Comme nous venons de le voir, la silhouette en tronc de pyramide est largement répandue et employée pour des outils variés (**tas** ordinaires, **enclumes** ordinaires simples, **enclumes** ordinaires à **œil porte-outil**). Par contre, la forme parallélépipédique à quatre **patins** semble spécifique à l'Italie romaine. Elle définit ainsi une forme d'outil, que nous proposons de désigner par forme Pompéi, puisque les seuls exemplaires que nous avons recensés pour le moment proviennent de ce site (Fig. 34).

Nous retrouvons encore une fois l'opposition entre fonction technique et fonction symbolique, la silhouette de l'outil définissant un particularisme local plus ou moins large.

Les supports de frappe sont marqués par des particularismes culturels, qui mettent en évi-

dence la fonction symbolique de l'outil : exprimer, consciemment ou inconsciemment, l'appartenance à un groupe par la conception de l'outil. Si fonction technique et fonction symbolique sont généralement indépendantes, dans quelques cas (**enclumes** de forme Fresné-la-Mère et de forme gauloise) la fonction symbolique de l'outil s'exprime par sa conception technique, qui distingue l'outil de ses contemporains.

Il est particulièrement intéressant de constater que la fonction symbolique n'est perceptible que sur les **enclumes**. Certes, la rareté des découvertes des autres outils rend difficile de percevoir d'éventuels particularismes techniques ou de silhouette, mais cette particularité des **enclumes** perdure dans le temps. On la constate encore aujourd'hui, car si la **métallurgie** occidentale a peu à peu abandonné les formes traditionnelles locales d'**enclumes**, encore bien perceptibles au début du **xx^e** siècle (Ferrerie Léon Martinet 1905, Renaux-Mathieu avant 1937), on perçoit toujours des particularismes culturels, dès que l'on adopte un regard plus large. Au Burkina Faso, les **enclumes** adoptent la forme de gros clous à tête circulaire (Calderoli 2010), au Japon elles forment un simple parallélépipède rectangle et en Occident elles adoptent presque systématiquement une silhouette à deux **cornes**.

L'existence de certains outils peut également être un trait culturel. Ainsi, les **bigornes** de l'âge du Bronze ne semblent exister que dans la zone d'utilisation des **enclumes** de forme Fresné-la-Mère, pratiquement dépourvues de **cornes**. Elles répondent à un besoin technique qui n'existe pas ailleurs, où dominent les **enclumes bigornes**.

La fonction symbolique de l'outil ne s'exprime pas uniquement dans sa silhouette. Sa conception technique participe également de la constitution d'un modèle culturel pour un outil dont la charge symbolique est forte, comme le prouvent les réattributions fonctionnelles fréquemment observées et l'utilisation de l'outil dans l'iconographie

4.5. Réattribution fonctionnelle et symbole de métier

Les réattributions fonctionnelles des supports de frappe sont révélatrices de l'investissement symbolique dont font l'objet ces outils, particu-

lièrement à l'âge du Bronze : ils font l'objet d'un traitement particulier et ne sont manifestement jamais considérés comme des déchets, même lorsqu'ils sont fortement dégradés. On observe également à partir de l'époque romaine une utilisation abondante de l'image du support de frappe, particulièrement de l'**enclume**, pour symboliser les métiers de **transformation** du métal.

4.5.1. Réattributions fonctionnelles

Les supports de frappe en métal de l'âge du Bronze ne sont jamais découverts en position fonctionnelle ou de rejet. Ils sont systématiquement déposés, soit seuls, soit accompagnés d'un mobilier plus ou moins abondant. L'interprétation de cette pratique varie en fonction de celle que l'on donne au dépôt, d'après sa composition.

Le dépôt de Larnaud, dans lequel a été découvert un domino à emboutir, est constitué essentiellement de lingots, de chutes de coulée et d'objets brisés, pour une masse totale de 66,6 kg (Déchelette 1910). L'interprétation la plus logique est qu'il s'agit d'un dépôt de métal destiné à la refonte. Dans ce cas, le support de frappe est considéré comme matière première. Il ne possède aucune fonction symbolique. Le fait que cet outil en parfait état de conservation soit intégré dans un dépôt de matière première, donc destiné à la refonte, est inhabituel.

Un second cas, plus fréquemment observé est celui du dépôt d'un support de frappe accompagné d'autres outils et d'objets finis. C'est le cas des dépôts de la Petite Laugère à Gévelard (Thevenot 1998), de Procieu-Amblagnieu (Déchelette 1910, Bocquet 1969), ou Fresné-la-Mère (Déchelette 1910), qui contenaient chacun une **enclume**, ainsi que trois autres supports de frappe dans le cas de la Petite Laugère. Ces dépôts correspondent manifestement au contenu d'**ateliers**, mais leur interprétation est difficile : cache provisoire ou dépôt symbolique ?

Le cas le plus fréquent reste néanmoins le dépôt de l'objet seul, ou accompagné d'un seul objet, comme dans le cas de l'**enclume** de la Tour de Langin. Malgré son état, brisée et profondément marquée par son remploi comme martyr, elle a été découverte enfouie dans le sol, accompagnée

d'un marteau en bronze (Nicolardot-Gaucher 1975). Il est peu probable qu'un outil dans un tel état ait été caché dans la perspective d'être réutilisé. Il s'agit donc d'un dépôt symbolique, même s'il est difficile d'en interpréter la cause.

Mis à part les deux cas de réattribution fonctionnelle en matière première, tous les supports de frappe en métal de notre corpus ont pu faire l'objet d'un dépôt symbolique. Nombre d'entre eux ont été découverts dans le lit de cours d'eau, ce qui renforce l'hypothèse de dépôts symboliques. Il semble que ces outils, particulièrement les **enclumes**, sont suffisamment chargés symboliquement pour ne jamais faire l'objet d'un simple rejet. Cette particularité de l'âge du Bronze ne se distingue plus ensuite et le seul exemple de réattribution fonctionnelle symbolique que nous avons pu relever est celui du dépôt d'un **tas** carré en fer dans la tombe 87 de la nécropole orientale du Titelberg (Kaurin 2009).

4.5.2. Les symboles de métier

L'utilisation de supports de frappe pour symboliser les métiers de **transformation** du métal est fréquente à partir de l'époque romaine. Sur les 17 représentations liées au travail du métal que nous avons recensées ici, 15 figurent un support de frappe. Les deux autres présentent un artisan en pied avec tenailles et marteau (804, 890).

Les supports de frappe sculptés sont essentiellement des **enclumes**. Le plus souvent, un personnage positionné devant l'outil permet de l'identifier aisément. La stèle de Frascati (955) fournit un contre-exemple : l'**enclume** est simplement gravée comme un motif (fig. 69). La représentation n'étant pas en contexte, il faut supposer que l'objet en lui-même était explicite pour ceux qui le voyaient. Ce constat n'est pas surprenant : le travail du métal est un domaine d'activité qui marque l'imaginaire collectif et aujourd'hui encore l'**enclume** en reste un symbole.

L'utilisation symbolique des supports de frappe fluctue. À l'âge du Bronze, le phénomène du dépôt met en évidence un regard particulier sur ces outils, qui ne sont jamais rejetés. Cette attention évidente, qui peut conduire à déposer un marteau en accompagnement d'une **enclume** pratiquement détruite, signale l'importance symbolique de l'ou-

til. À La Tène, cette attention à l'objet n'est pratiquement plus perceptible, si ce n'est par le dépôt dans de rares tombes. L'utilisation symbolique des **enclumes** est à nouveau perceptible à l'époque romaine, avec les nombreuses représentations de métier dans lesquelles figurent ces outils.

5. Conclusion

Les supports de frappe sont de bons indices pour tracer et caractériser les activités de **transformation** du métal, car facilement reconnaissables. Si des outils similaires sont utilisés dans d'autres domaines d'activité, notamment dans la cordonnerie (**formes**) et l'agriculture (**enclumettes**), ils sont facile à distinguer et la confusion n'est pas possible (Fig.68). Ce constat doit cependant être tempéré pour les outils en métal de l'âge du Bronze qui ne sont jamais découverts en contexte d'utilisation.

Dans une certaine mesure, ils permettent de caractériser une production, soit de façon large, en estimant la dimension des pièces travaillées (forge lourde), soit plus précisément, en définissant la nature de la production, comme dans le cas des **matrices** de chaudronnerie. Dans certains cas, il est même possible de reconstituer précisément l'objet dans sa forme et ses dimensions, comme dans le cas de la **matrice** complexe de *la Côme Chaudron* (210) ou de la **cloutière** de Saalburg (904), dont la structure permettent de restituer la dimension des clous produits.

Au-delà de l'échelle de la cellule de production, les supports de frappe permettent d'aborder les questions générales de l'organisation de la production. La conception multifonction des **enclumes** de l'âge du Bronze met en évidence l'absence de notion de métier, telle que nous la concevons au moins depuis le Moyen-Âge, les outils

Fig. 67 Stèle de Frascati (Italie) montrant deux affranchis et une série d'outils gravés (d'après Manning 1989).

étant conçus pour de multiples productions, ce qui est confirmé par la composition des dépôts d'**ateliers** dans lesquels se mêlent aux outils des objets de nature très différente (ustensile, bijoux, outils...). Dès La Tène, la structure des outils montre qu'ils sont conçus pour des productions plus étroites et peu à peu émerge une notion de métier, qui semble se confirmer à l'époque romaine, avec l'apparition des **enclumes** de chaudronniers par exemple. Ce phénomène est confirmé par l'iconographie, qui permet de reconnaître dans les scènes d'**ateliers** des productions particulières : serrurier de la stèle d'Aquilée (42) ou amours orfèvres de la fresque de la maison des Vetii à Pompéi (953).

Les supports de frappe permettent également d'aborder les aspects techniques de l'organisation des **ateliers** et des postures de travail, grâce aux comparaisons ethnographiques. Il est ainsi possible de pallier au manque de données iconographiques et à leur caractère partiel, puisqu'elles ne montrent pas toute la variété des postures de travail.

Enfin, il ne faut pas négliger la fonction symbolique de ces outils. Même si elle ne concerne pas directement la **métallurgie de transformation**, elle montre son importance dans des sociétés qui lui accordent une large place symbolique, que ce soit dans la pratique des dépôts à l'âge du Bronze ou dans les représentations romaines.

Pour finir, il faut souligner ici l'importance des supports de frappe lithiques. Ils sont généralement les seuls à être découverts en position fonctionnelle et ils recouvrent une importante variété de fonctions. Leur relative rareté est à notre sens en grande partie la conséquence de la difficulté à les identifier sur le terrain, problème qui se pose de manière générale pour l'outillage lithique. Ils offrent sans aucun doute les meilleures perspectives pour accroître nos connaissances sur les techniques et l'outillage utilisés pour la **transformation** des métaux, encore largement partielles. Le dévelop-

Fig. 68 Enclumette de faucheur et forme de cordonnier. Zugmantel, Allemagne.

pement de la recherche sur le sujet devrait nous permettre de compléter l'inventaire des formes d'outils connues, certaines découvertes proche de l'espace géographique considéré ici montrant que d'autres outils pouvaient exister (Fig. 69).

Fig. 69 Chevalet en bronze de la civilisation crétoise, découvert à Ajia Triáda, en Crète (d'après Armbruster 2000).

Les abrasifs et les brunissoirs

Les abrasifs sont des outils généralement désignés dans la littérature archéologique sous le terme de « polissoirs », avec une distinction entre les outils mobiles et les outils fixes (par exemple Chardron-Picault, Pernot 1999 p. 184). Leur présence est fréquemment soulignée dans les études de sites. Dans quelques cas, ils ont fait l'objet d'une analyse fonctionnelle poussée. Il faut notamment citer l'intéressante approche de Pierre Pouenat et Gérard Vernet, sur les abrasifs provenant d'un atelier de fabrication d'anneaux en schiste, découvert à Buxières-les-Mines, au lieu-dit *la Chassagne* (Pouenat, Vernet 2002). Ils ont mis en évidence la place de ces outils dans la chaîne opératoire de la fabrication des anneaux en schistes, les différentes conceptions d'abrasifs en fonction de l'opération à réaliser (mise en forme de la partie interne ou externe) et leur fonctionnement respectifs. Malheureusement, aucune étude générale n'a été entreprise jusqu'à présent et les corpus publiés sont peu abondants.

Les brunissoirs sont pratiquement absents de la littérature archéologique. L'unique mention que nous ayons trouvée de tels outils correspondait à une identification erronée de broyons (Chardron-Picault 2008 p. 72). Ils sont en effet difficilement reconnaissables, car ils se différencient souvent peu d'une simple pierre.

Le corpus d'abrasifs réuni ici comporte un total de 232 pièces, constitué essentiellement d'objets inédits provenant des sites de la Peute Combes à Plombières-lès-Dijon (Hallstatt), Bibracte (La Tène) et du Lycée militaire à Autun (époque romaine), auxquels il faut ajouter les 18 brunissoirs que nous avons identifiés. Le seul corpus que nous avons emprunté à la bibliographie archéologique est celui du site de l'âge du Bronze du *Fort-Harrouard*. Il nous a été ainsi possible de couvrir toute la période chronologique envisagée ici sans hiatus, même si de grandes disparités existent suivant les périodes.

Le terme de polissoir n'a pas été utilisé ici, car il renvoie à une fonction très précise, qui circonscrit *a priori* l'utilisation de l'outil à une seule opération. Nous lui avons préféré celui d'abrasif, qui correspond au mode d'action sur la matière de ces outils : user par frottement sous pression. Toute la terminologie que nous avons élaborée pour désigner ces outils repose sur ce terme. Car derrière l'apparente uniformité fonctionnelle des abrasifs, due à leur mode d'action sur la matière, on observe une importante variété d'outils. De la même manière, les matériaux employés pour leur fabrication varient considérablement, révélant des qualités d'outils différentes, donc des fonctions différentes. La conception de ces outils montre une gestion complexe des abrasifs au sein de la cellule de production. Pour finir, les traces d'usure, systématiques lorsque les outils sont utilisés, sont particulièrement intéressantes à étudier pour la détermination des types d'objets travaillés.

Les brunissoirs forment un groupe moins diversifié du point de vue de la conception, mais polymorphe, du fait de l'absence fréquente de toute mise en forme. Nous les aborderons à part, car leur fonctionnement est totalement différent de celui des abrasifs.

1. Les types d'outils

Si la plupart des outils abrasifs (73 %) sont mis en forme, celle-ci ne concerne le plus souvent que les parties actives. Il en résulte une importante variété de formes qui rend impossible toute classification sur l'aspect de l'outil. Seule reste possible une distinction à partir du mode de fonctionnement. Les abrasifs et les brunissoirs fonctionnent par frottement sous pression, ce qui nécessite un mouvement relatif entre les deux éléments : outil et matière travaillée. Ce principe induit une distinction fondamentale entre les ou-

tils actifs et passifs. La masse des outils est le critère le plus simple pour mettre en évidence cette différence de fonctionnement. On observe en effet une très forte variation de cette mesure, avec des valeurs extrêmes de 0,1 g et 59,415 kg

(Fig.70). Il ne faut toutefois pas considérer la masse comme un critère suffisant pour distinguer les outils actifs des outils passifs. Il faut en outre tenir compte de l'existence d'outils mobiles et fixes parmi les outils passifs.

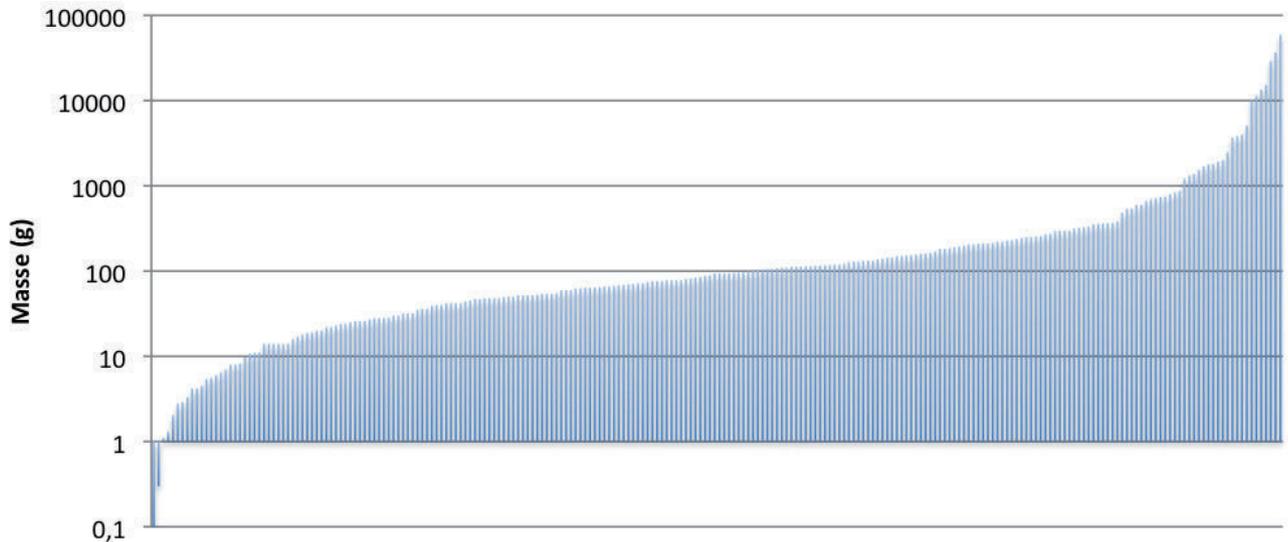


Fig.70 Variation de la masse des abrasifs (échelle logarithmique).

1.1. Les outils actifs

Les outils actifs, ou abraseurs, représentent 58 % du corpus des abrasifs. Leur conception variée permet de reconnaître différentes catégories d'outils qui peuvent, dans une certaine mesure, être rattachés à une fonction précise. Nous avons distingué quatre types bien caractérisés et un cinquième regroupant des outils de conception unique, manifestement conçus pour une opération spécialisée.

1.1.1. Les abraseurs polyédriques

La plupart des abraseurs se présentent sous la forme de petits blocs facettés. Leurs formes varient considérablement et sauf quelques exceptions (144, 623, 793), aucun soin n'est apporté à leur mise en forme (Fig.71). Chaque facette correspond à une surface active, qui est soigneusement préparée par abrasion. Leur petite taille ne permet de travailler que des pièces de faible section.

Les traces d'utilisation relevées sur les abraseurs polyédriques sont presque exclusivement des gorges traversantes à profil en U. La seule

exception est celle de l'abraseur polyédrique 783 qui porte des traces d'usure très étroites et profondes. Elles sont révélatrices à la fois du fonctionnement des outils et de la forme des pièces travaillées. Le fait que les traces d'usure soient traversantes indique que l'outil était utilisé en translation longitudinale, sur des pièces allongées, ce qui a été confirmé par l'expérimentation. La section des traces nous renseigne sur leur nature : les gorges en U correspondent à des **ronds** et les traces très étroites à des **tôles**. S'il est difficile de savoir si le travail de **ronds** correspond à une régularisation de la section ou à une opération de **tribo-finition**, l'abrasion de

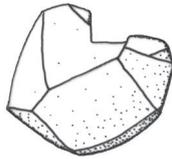


Échelle 1 : 2

Fig.71 Abraseur polyédrique. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.

tranches de **tôle** correspond sans aucun doute à une action d'**ébarbage**, suite à une découpe.

L'absence de traces de section quadrangulaire, pouvant correspondre au travail de **carrés**, est remarquable. Pour comprendre ce phénomène, nous avons expérimenté l'utilisation d'abraseurs polyédriques sur des pièces en fer de section ronde et carrée. Sur le fer rond, le frottement crée rapidement une gorge qui guide l'outil, rendant le travail plus aisé. Sur le fer carré, la gorge est asymétrique et ne guide pas la pièce, qui n'est usée que d'un côté (Fig. 72). Les abraseurs polyédriques ne sont donc pas adaptés au travail de pièces de section quadrangulaire.



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 72 Usure asymétrique d'un abraseur expérimental utilisé pour poncer un fer carré.

1.1.2. Les abraseurs en baguette

Cette forme d'outil est caractéristique du site de Stradonice. Il se présente sous la forme d'une baguette de section quadrangulaire ou ronde (Fig. 73).

Les traces d'utilisation relevées sur ces outils sont exclusivement des gorges traversantes à profil en U, ce qui permet de déduire qu'ils étaient spécifiquement conçus pour le travail de pièces ou de **demi-produits** allongés de profil circulaire. Leur fonction est similaire à celle des abraseurs polyédriques, même si leur conception diffère. Ces outils semblent correspondre à une conception locale, d'autant que les abraseurs



294

Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 73 Abraseur en baguette. Stradonice, République Tchèque.

polyédriques sont quasiment inexistantes dans le corpus de Stradonice.

1.1.3. Les abraseurs convexes

Comme leur nom l'indique, les abraseurs convexes sont des outils dont la surface active est courbe. Ils ne peuvent donc être utilisés que pour travailler des objets concaves. Nous n'avons pu identifier que trois de ces outils (155, 156, 157), qui étaient fabriqués à partir de gros fragments d'amphores réutilisés (Fig. 74).

La conception de ces outils ne permet d'envisager qu'une utilisation étroite, pour les **tribofinitions** d'ouvrages de chaudronnerie ou de récipients en matériaux organiques.



157

Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 74 Abraseur convexe. La Pâturée des Grangerands, Bibracte, Nièvre.

1.1.4. Les abraseurs opportunistes

De nombreux abraseurs ne sont pas mis en forme. Ils correspondent à l'utilisation de pierres brutes, ce qui en fait des outils opportunistes. Leur forme évolue ensuite en fonction du degré d'usure, à tel point que certains exemplaires semblent mis en forme (640, 644).

Quelques-uns de ces outils sont des pierres brutes relativement grossières, qui suggèrent un travail de dégrossissage mal identifié. Mais dans leur grande majorité (22 exemplaires sur 27), ce sont des outils en pierre ponce (Fig. 75) ; inversement les abraseurs en pierre ponce sont presque systématiquement des outils opportunistes, à une exception près (142). À l'évidence, la pierre ponce est un matériau qui s'utilise de façon particulière. Dans tous les sites où nous avons iden-

tifié de tels outils – Bibracte, Le Lycée militaire et le Faubourg d'Arroux à Autun, le site du *Cul-de-Breuil* (Nasium) – la ponce est un matériau importé. La même remarque est valable pour le site du Fort-Harrouard, où plusieurs abraseurs en pierre ponce ont été découverts (Mohen, Bailloud, 1987). Il est possible que cet emploi particulier ait pour vocation d'économiser une matière première relativement difficile à se procurer.

Les traces d'utilisation perceptibles sur ces outils sont multiples : gorges rondes, concavités, faces courbes... Certains outils de très petite taille semblent avoir été roulés, comme l'abraseur 868 découvert sur le site du Faubourg d'Arroux à Autun. Sa très petite taille (12 mm de long) semble peu compatible avec une utilisation à la main. L'emploi d'une **berceuse** pourrait expliquer cet état de l'abrasif, qui serait usé par le roulis à l'intérieur de la machine. Nous aurions là un indice de son existence dès l'époque romaine, ce qui est techniquement tout à fait envisageable.



208

Échelle 1 : 2

|← 5 cm →|

Fig. 75 Abraseur opportuniste en pierre ponce. *Le Cul de Breuil*, Saint-Amand-sur-Ornain, Meuse.

1.1.5. Les abraseurs spécialisés

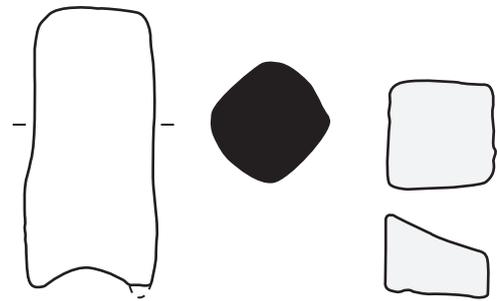
Deux outils de conception unique nous ont conduits à créer cette catégorie. Ils semblent en effet avoir été fabriqués spécifiquement pour la mise en forme d'un objet particulier (Fig. 76). Le premier (773) est une pierre ponce taillée en forme de cube et le second (142) est un cylindre de cinérite dont l'extrémité forme une large gorge circulaire.

L'une des faces de l'abraseur 773 est manifestement usée de façon asymétrique. Elle présente

une légère courbure qui suggère que la pièce travaillée était également légèrement courbe.

L'extrémité de l'abraseur 142 est une gorge à profil en U parfaitement régulière. Il est plus que probable qu'elle résulte d'une mise en forme de l'outil pour l'adapter au profil de l'objet à travailler ou donner à celui-ci le profil recherché. La mise en forme soignée et la taille de la gorge est exceptionnelle et ne se retrouve sur aucun autre abrasif.

L'abraseur 773 se trouvait dans un contexte où les indices de travail des métaux étaient nombreux (fer, **cupro-alliages** et plomb). La présence d'outils d'aiguisage suggère qu'une activité de **taillanderie** était probable. La courbure de l'abraseur pourrait correspondre à celle du manche d'un couteau, la pierre ponce étant un matériau particulièrement adapté au travail des matières organiques (Landrin 1935). Par contre, nous n'avons trouvé aucun indice pour interpréter la fonction de l'abraseur 142, qui était en position de rejet sur une voie.



142

773

Échelle 1 : 2

|← 5 cm →|

Fig. 76 Abraseurs spécialisés en cinérite et pierre ponce. 142 : *la croix du Rebout*, Bibracte, Nièvre ; 773 : *le Faubourg d'Arroux*, Autun, Saône-et-Loire

1.1.6. Les cales abrasives

Une série d'abrasifs actifs présentent une morphologie et des traces d'utilisation atypiques, que l'on n'observe qu'à partir de l'époque romaine. L'outil se présente sous trois formes (Fig. 77). La plus fréquente est une plaque, avec deux grandes faces planes qui correspondent aux surfaces actives. Sur les deux autres, la forme est

plus irrégulière et la surface active correspond à une gorge à profil en U ou en demi-rond placée sur la tranche. L'usure concerne à chaque fois toute la surface active de l'outil.

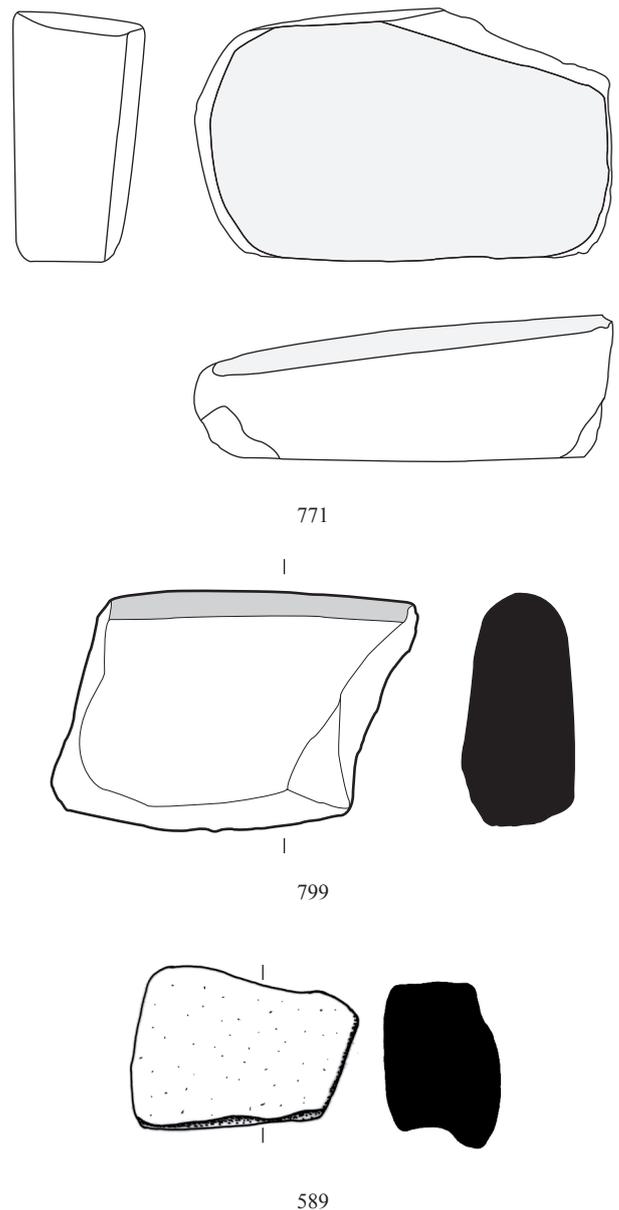
La première forme d'outil est manifestement utilisée pour travailler de grandes surfaces, ce qui ne correspond pas à la production d'objets. La découverte d'une référence latine nous a fourni une piste intéressante pour l'identification de ces outils. Vitruve décrit des outils en grès utilisés pour égaliser les sols pavés composés de petites pièces (Vitruve *De Architectura*, VII, 1). La conception des outils archéologiques correspond parfaitement à la fonction des outils décrits par Vitruve. Les deux autres formes d'outil sont probablement aussi à mettre en relation avec l'architecture. Ils pourraient correspondre à des outils utilisés pour les finitions des cannelures, des rudentures ou des reliefs sur les éléments d'architecture.

Ces outils existent probablement sous d'autres formes. Leur conception se rapproche de celle des cales à poncer utilisées aujourd'hui, c'est pourquoi nous proposons une dénomination générique de cale à poncer.

Les abraseurs regroupent une variété importante d'outils, conçus pour des opérations précises. Derrière l'apparence frustrée de ces outils, c'est en réalité un domaine technique complexe qui émerge. Les types d'outils sont liés à des productions précises, mais malheureusement il n'est pas possible de les lier avec certitude à une matière. Peu d'évolutions chronologiques sont perceptibles sur ces outils. Le seul particularisme que nous avons pu observer est l'existence des abraseurs en baguette sur le site de Stradonice.

1.2. Les outils passifs

Les abrasifs passifs présentent une variété moindre que les abrasifs actifs. Seuls deux types se distinguent, avec d'un côté des outils massifs et de l'autre des outils légers, dont l'inertie est manifestement trop faible pour pouvoir être utilisés simplement posés. Les deux formes d'outils se distinguent donc par leur mobilité, avec des outils fixes et des outils mobiles, devant être tenus en main. Si les premiers sont de conception



Échelle 1 : 2

|← 5 cm →|

Fig. 77 Cales abrasives pour le travail des surfaces planes, des gorges et des reliefs en demi-rond. 771, 799 : *le Faubourg d'Arroux*, Autun, Saône-et-Loire ; 589 : *le Lycée militaire*, Autun, Saône-et-Loire.

relativement uniforme qui ne permet de distinguer qu'un type d'outil (les tables abrasives), les seconds présentent des disparités de forme qui obligent à distinguer deux types d'outils (tablettes et baguettes abrasives).

1.2.1. Les tables abrasives

Les outils massifs représentent environ la moitié des abrasifs passifs. Leur morphologie varie, mais se rapproche habituellement du parallépipède rectangle (Fig. 78). Dans la

majorité des cas, une ou deux faces opposées portent des traces d'utilisation, mais on en observe parfois sur les tranches (par exemple 586, 618, 629).

Les traces d'utilisation visibles sur les tables abrasives sont plus variées que sur les outils mobiles. Les gorges et les cupules sont les formes les plus fréquentes. Contrairement à celles observées sur les abrasifs mobiles, les gorges sont de profil varié : rond, carré et **plat**. De même, les cupules varient en diamètre et en profondeur. On observe également sur certains exemplaires des empreintes annulaires. Nous avons pu identifier un de ces outils sur le site du Lycée militaire à Autun (Fig. 80). D'autres ont été découverts dans la grotte de Frochet à Combe Laval (communication orale de Jacques Léopold Brochier, directeur du centre d'archéologie préhistorique du Rhône aux Alpes à Valence). Les pièces travaillées sur ces outils pouvaient être mues par translation longitudinale ou par rotation.

Les traces d'utilisation montrent que les tables abrasives sont des outils multifonctions qui peuvent être utilisés pour travailler des pièces de forme variées. Toutefois, la faible longueur de la plupart des traces montre qu'il s'agissait probablement de pièces de petite taille, contrairement à celles travaillées à l'aide des abraseurs.

1.2.2. Tablettes abrasives

La majorité des outils passifs et mobiles se présentent sous forme de tablettes. Seule leur taille et donc leur mode de fonctionnement les distinguent des tables abrasives (Fig. 79).

Les mêmes traces d'utilisation que sur les tables abrasives sont observées, à l'exception des traces annulaires. Toutefois, les gorges semblent dominer largement. Sur certains exemplaires, une seule gorge est visible (691, 686, 682).



579

Échelle 1 : 2

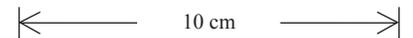


Fig. 78 Table abrasive en grès portant deux traces d'utilisation en gorge. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.



923

Échelle 1 : 2

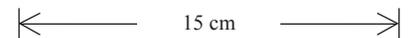


Fig. 80 Table abrasive avec empreintes annulaires. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.



620

Échelle 1 : 2

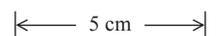


Fig. 79 Tablette abrasive en grès marquée d'une gorge. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.

1.2.3. Les baguettes abrasives

Une douzaine d'abrasifs passifs et mobiles se présentent sous forme de baguettes de section quadrangulaire (Fig.81). Hormis un exemplaire correspondant à un affiloir réutilisé (87), ce sont des outils de petite taille, entre 77 et 122 mm. Les traces d'utilisation sont systématiquement des gorges à profil en U non traversantes, ce qui indique le travail de petites pièces.



648

Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig.81 Baguette abrasive. *Lycée militaire*, Autun, Saône-et-Loire.

Seuls deux de ces outils ont été découverts dans un contexte permettant d'interpréter leur fonction. Ils étaient associés à des creusets et des enveloppes à bronzer les clochettes en fer. Il est possible qu'ils aient servi à **ébavurer** les bélières des clochettes. Cette interprétation nous semble toutefois difficile à généraliser, étant donné que ces outils sont présents depuis l'âge du bronze.

Les abrasifs fixes forment un complément aux abrasifs mobiles. Ils sont essentiellement utilisés pour travailler de petites pièces, là où les abraseurs sont conçus pour des pièces allongées. Il semble qu'une évolution chronologique de ces outils soit perceptible. La taille de ces outils augmente sensiblement avec le temps. Les premiers outils massifs de notre corpus sont datés de La Tène D2 et dans leur grande majorité, ils proviennent du site du Lycée militaire à Autun (II^e-III^e siècle).

2. Les qualités de matériaux

L'abrasivité est une propriété du matériau et non de la forme de l'outil. La prise en compte

de la qualité du matériau est au moins aussi importante que la distinction des formes d'outils. Dans l'ensemble du corpus, toute période confondue, on observe une assez large répartition des types d'abrasifs. Sans entrer dans les détails, nous avons recensé 9 roches différentes : schiste, grès, quartzite, basalte, péliste, ponce, granite, cinérite et rhyolite, auxquelles il faut ajouter l'utilisation de la céramique. À l'exception de *la Peute Combe* à Plombières-lès-Dijon, tous les sites étudiés ici ont livré un assemblage d'abrasifs dans lequel plusieurs roches sont représentées. C'est cependant le grès qui domine, avec 74 % des abrasifs identifiés, suivi de loin par la pierre ponce, avec 13%. Ce rapport semble être inversé sur le site du *Fort-Harrouard*, où les abrasifs en grès sont rares (7 individus), mais le nombre des pierres ponces découvertes n'est pas précisé (Mohen, Bailloud 1987). L'utilisation de pierre ponce pour la fabrication d'abrasifs est un phénomène remarquable, dans des sites souvent éloignés des zones d'approvisionnement. En dehors de sites recensés ici (Fort-Harrouard, Nasium, Autun, Mont Beuvray), on peut citer notamment les fouilles de la rue des Farges et du pseudo-sanctuaire de Cybèle à Lyon/Lugdunum qui ont livré de grandes quantités de pierre ponce associées au travail des **cupro-alliages** (Desbat 2010).

Une classification fine des qualités des matériaux nous a permis de mettre en évidence une importante variété d'abrasifs, qui va bien au delà de celle mise en évidence par la variété des roches. Il est possible, en croisant les données archéologiques et expérimentales, de mieux comprendre la fonction de ces différentes qualités d'abrasifs.

2.1. Classification des abrasifs

Comme nous l'avons vu plus haut, les abrasifs recensés ici recouvrent une dizaine de matériaux différents. Une observation élémentaire montre que deux éléments les différencient : la finesse du grain et la cohésion de la roche. Cette distinction se remarque également au sein d'un même matériau, notamment le grès dont la qua-

lité peut varier dans des proportions importantes. Ces trois critères distinctifs : nature du matériau, grain et cohésion (ou grade) sont également utilisés aujourd’hui pour distinguer les qualités d’abrasifs (Saint-Gobain 2007, Douzot). C’est sur cette base que nous avons élaboré un système de notation de la qualité des abrasifs.

2.1.1. La nature du matériau

Le choix de différents matériaux abrasifs sur un même site démontre à l’évidence une recherche de propriétés différentes. Manifestement,

schiste, grès, quartzite, basalte, pélite, ponce, granite, cinérite, rhyolite et céramique ne possèdent pas les mêmes propriétés abrasives. Les données expérimentales accumulées par le Service de génie minier de la faculté polytechnique de Mons, en Belgique confirment cette observation (Faculté polytechnique de Mons, Service de Génie Minier). L’abrasivité des matériaux varient suivant la nature de la roche. Elle varie également au sein d’un même groupe, signe que la nature de la roche n’est pas la seule donnée à prendre en compte pour déterminer les qualités d’un abrasif (Fig. 82).

Roche	Abrasivité FPMs												
	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Roches carbonatées	■												
Roches schisteuses													
Pélites	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Grès	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Roches magmatiques													
Conglomérats													
Quartzites													
Grès feldspathiques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Grès micacés													
Grès grossiers													
Grès graveleux													
Granites													
Gabbros													

Fig.82 Tableau montrant les variations d’abrasivité entre les groupes de roches et au sein d’un même groupe (d’après Faculté polytechnique de Mons Service de génie minier).

2.1.2. Grain

La notion de grain que nous avons utilisée ici est différente de celle des géologues. Il ne s’agit pas de la taille réelle des grains, mais du grain ressenti, puisque c’est de lui que dépend la qualité du rendu de surface obtenu.

Nous avons utilisé une notation numérique du grain de 0 à 7, basée sur une mesure empirique :

- 0 = reliefs plurimillimétriques
- 1 = : reliefs millimétriques, grains plurimillimétriques
- 2 = reliefs millimétriques, grains millimétriques
- 3 = reliefs inframillimétriques bien sensibles au toucher
- 4 = grain doux
- 5 = grain très fin
- 6 = grain peu sensible
- 7 = grain insensible au toucher.

On observe une variation de grain importante, non seulement entre les matériaux, mais également au sein d’un même groupe de matériaux. Ainsi, la pélite est une roche de grain 7 et le grès varie de 2 à 6. On mesure ici l’importance de ne pas se fier uniquement à la nature de la roche pour décrire les abrasifs.

Cette variabilité du grain implique une diversité des rendus de surface que peuvent engendrer les différents abrasifs. Leurs fonctions diffèrent donc, tout comme leur place au sein de la chaîne opératoire de la mise en forme des objets.

2.1.3. Grade

Nous avons pu observer d’importantes variations de la cohésion des matériaux. Pour distinguer le grade du grain, nous avons utilisé une notation alphabétique, de A à I, I étant la cohésion maximale, correspondant approximativement au quartzite et A la cohésion minimale, soit celle de la craie.

Tout comme le grain, le grade varie en fonction de la roche, mais également au sein d'un même groupe de roches. Le grès en est le meilleur exemple, puisque son grade varie de C à I.

Le grade de la roche détermine la durée de vie de l'outil, puisque sur un matériau donné, plus la roche sera cohérente, moins vite elle s'usera. Cette mesure est donc complémentaire des deux précédentes.

La notation générale que nous avons employée tient compte des trois critères d'analyse que nous venons de décrire : matériau/grain/grade. À l'aide de ce système, nous avons pu identifier 25 qualités d'abrasifs différentes (Fig. 83). Une telle diversité n'est à l'évidence pas le fruit du hasard, mais d'une sélection rigoureuse de matériaux aux qualités différentes. Il est toutefois difficile de déterminer *a priori* pour quels travaux sont sélectionnés les différents abrasifs. Toutefois, en croisant les données archéologiques, tracéologiques et expérimentales, il est possible de donner un premier aperçu de la fonction des différentes qualités d'abrasifs.

2.2. De l'abrasif à la matière travaillée

Les données que nous avons pu réunir sur l'utilisation des différentes catégories d'abrasifs concernent principalement les trois principaux recensés ici : le grès, la céramique et la pierre ponce. Elles permettent de mieux comprendre comment ils étaient utilisés et quelle était leur efficacité en fonction de la matière travaillée.

2.2.1. Les données de l'archéologie

Il est souvent difficile de relier avec précision un abrasif à une matière travaillée, du fait de l'imbrication des productions et des contextes souvent peu précis, les abrasifs étant la plupart du temps découverts en position de rejet.

2.2.1.1. La céramique

Le corpus d'abrasifs en céramique est des plus réduits. Les trois exemplaires réunis ici sont des fragments d'amphore réutilisés, provenant de

Nature	Grain	Grade
Basalte	1	F
Céramique	5	B
Cinérite	6	G
Granite	3	E
Grès	6	I
Grès	2	D
Grès	2	E
Grès	3	C
Grès	3	D
Grès	3	E
Grès	3	F
Grès	4	D
Grès	4	E
Grès	4	F
Grès	4	G
Grès	5	D
Grès	5	E
Grès	5	F
Grès	5	G
Pélite	7	E
Ponce	5	B
Quartz	0	H
Quartzite	6	I
Rhyolite	1	H
Schiste		

Fig. 83 Tableau synthétique des qualités d'abrasifs répertoriées.

zones de rejet. Deux d'entre eux ont été découverts dans le comblement détritique de *la Pâturée des Grangerands* à Bibracte, composé des rejets du secteur de *la Côme Chaudron*, secteur où ont été identifiées des activités de **transformation** du métal : fer et **cupro-alliage**. Étant donné la conception des outils, conçus pour le travail de formes concaves, il est probable que ces outils

aient servi dans la production de chaudronnerie, attestée sur *la Côme Chaudron* par la découverte de deux **Matrices** (210, 211), ce qui relierait les abrasifs en céramique au travail du métal.

2.2.1.2. *Le grès*

Les abrasifs en grès sont les mieux connus archéologiquement parlant. Ils sont utilisés depuis le Paléolithique pour le travail des matières organiques et de la pierre (Beaune 2000). La découverte de l'atelier de fabrication d'anneaux de Buxières-les Mines montre qu'il est utilisé pour le travail du schiste à l'âge du fer.

Dans notre corpus, plusieurs abrasifs en grès portaient des résidus de métal permettant de les relier à un métal particulier. Dans la plupart des cas, il s'agit d'oxyde de fer (29 exemplaires), mais quelques cas de sels de cuivre (7 exemplaires) et une trace d'or montrent que cet abrasif peut être utilisé pour travailler la plupart des métaux courants.

Le grès est donc un abrasif peu caractéristique, puisqu'il permet de travailler la plupart des matériaux. Cela explique sans doute son abondance.

2.2.1.3. *La ponce*

L'utilisation de la ponce comme abrasif est attesté depuis le Paléolithique, pour le travail de la matière organique. Les exemplaires de notre corpus ont été découverts dans des contextes de travail du fer, des **cupro-alliages** et de la tabletterie.

Ces observations concordent avec les recommandations des professionnels que nous avons pu relever. Dans son ouvrage sur la coutellerie, Henri Landrin souligne que la pierre ponce est particulièrement adaptée au travail des matières utilisées pour fabriquer les manches (bois, **corne**, os), mais peut également servir sur le fer.

2.2.1.4. *Quartzite*

Le quartzite ou grès quartzite est relativement rare dans notre corpus. Un des exemplaires a clairement servi à la fabrication d'anneaux en

fer (923) et un second semble lié au travail des **cupro-alliages** (710).

2.2.1.5. *Schiste*

Le seul abrasif en schiste que nous avons identifié provient du site du Fort-Harrouard à Sorel Moussel. Le contexte n'est pas assez précis pour déterminer son utilisation. Mais plusieurs outils d'aiguisage en schiste, datés de l'âge du Bronze et de l'époque romaine, démontrent que cet abrasif peut être utilisé pour travailler les **cupro-alliages** aussi bien que le fer.

Il semble que d'une manière générale, la nature de l'abrasif ne suffise pas à déterminer de façon précise la fonction de l'outil. Toutefois, nos expérimentations nous ont montré que, si deux abrasifs peuvent être utilisés pour travailler le même matériau, leur efficacité n'est pas forcément la même. Cela permet, au sein d'un contexte technique donné, de rattacher plus particulièrement l'abrasif à une matière.

2.2.2. *L'apport de l'expérimentation*

Nous n'avons pu tester que deux types d'abrasifs : grès/3/E et céramique/5/B (en l'occurrence un tesson d'amphore), sur de l'acier doux et du laiton. Le résultat de cette expérimentation montre que les deux abrasifs n'ont pas la même efficacité en fonction du matériau travaillé. Les mêmes matériaux ont été testés sur l'émail par Jacques-Gabriel Bulliot et montrent également des différences importantes de rendu.

2.2.2.1. *Travail du fer*

Pour le test sur le fer, nous avons utilisé un rond en acier doux brut, portant encore sa couche de calamine. Il était ainsi aisé de percevoir l'avancée du travail, qui a été stoppé lorsque toute la couche de calamine a disparu.

Le grès a parfaitement rempli son office, en enlevant la couche d'oxyde en quelques minutes. L'abraseur utilisé lors de cette opération a conservé son efficacité, sans encrassement constaté. La perte de matière sur l'outil a été relativement importante.

L'abraseur céramique est parvenu à ôter la calamine, mais a nécessité un temps de travail beaucoup plus long, l'outil ne possédant pas un mordant suffisant.



Échelle 1

|← 2,5 cm →|

Fig. 84 Comparaison du rendu des abrasifs grès/3/E (en haut) et céramique/5/B (en bas) sur du fer rond.

Hormis cette différence d'efficacité, aucune écart notable de qualité du travail n'a pu être observée sur les deux fers **ronds**. Le rendu final est de bonne qualité, même s'il ne s'agit pas d'un poli (Fig. 84).

2.2.2.2. Travail du laiton

Pour le test sur le laiton, nous avons utilisé une **tôle** qui a été travaillée d'un côté au grès et de l'autre à la céramique. La zone centrale a été laissée brute de laminage pour montrer la qualité du rendu. Les deux tests d'abrasion ont été poursuivis jusqu'à obtenir un rendu uniforme sur la surface travaillée (Fig. 85).

Sur la **tôle** de laiton, l'efficacité du grès est nettement plus faible. Le grès perd progressivement de son mordant, réduisant son efficacité. La perte de matière de l'outil est faible, voir inexistante. Étant donné l'absence de perte de matière de l'outil, il est possible que ce soit l'usure des grains qui ont conduit à la perte d'efficacité. En ne se renouvelant pas, ils se sont émoussés.

Au contraire, le travail avec la céramique s'est révélé particulièrement efficace. La couche d'oxyde a été rapidement supprimée. La poursuite du travail a montré que l'abraseur en céramique conservait son mordant tout au long de l'opération, contrairement au grès de l'expérience précédente. Il semble que l'abraseur en céramique ait subi une usure plus importante, ce qui expliquerait qu'il a conservé son efficacité, en renouvelant les grains.

La différence de qualité entre la partie travaillée au grès et celle travaillée à la céramique est importante. La partie travaillée au grès est profondément marquée par les rayures. Au contraire, le rendu de surface sur la zone travaillée à la céramique est plus homogène et de rendu plus fin, quoique plus grossier que celui observé sur le fer.



Échelle 1

|← 2,5 cm →|

Fig. 85 Comparaison du rendu des abrasifs céramique/5/B (gauche) et grès/3/E (droite) sur une tôle de laiton (échelle 1). La zone centrale a été laissée en témoin, brute de laminage.

2.2.2.3. Travail de l'émail

Jacques-Gabriel Bulliot a mené une expérience intéressante. Interprétant des fusaiöles comme des outils de **polissage** de l'émail, il expérimente des abrasifs en grès et en céramique pour le **polissage** de l'émail (Bulliot 1899).

Le grès use rapidement l'émail, mais le laisse marqué par de nombreuses rayures. La céramique utilisée ensuite lui permet d'atteindre une qualité de poli satisfaisante. Malheureusement, nous n'avons pas de document qui nous permette de nous faire une idée exacte de la qualité de surface obtenue.

2.3. Les apports de la qualité des abrasifs

Si le type d'outil permet de déterminer la forme des pièces travaillées, c'est de la nature de l'abrasif que dépend son efficacité sur un matériau donné et le rendu de surface qui pourra être obtenu. Les expérimentations montrent que la question de la nature de l'abrasif est complexe, car les variables sont multiples. Ainsi, prendre en compte uniquement la finesse du grain, ne permet pas d'expliquer qu'un grès de grain 3 et

une céramique de grain 5 permettent d'obtenir le même rendu sur une pièce en fer. De même, il est difficile de comprendre pourquoi le grès et la céramique sont plus ou moins efficaces suivant le matériau si l'on ne tient pas compte à la fois de la nature de l'abrasif et son grade. Les professionnels des abrasifs expliquent que la perte d'efficacité d'un abrasif peut avoir deux causes : une trop grande dureté, qui entraîne un encrassement de l'abrasif ou un grade trop élevé, qui empêche l'outil de renouveler ses grains émoussés en perdant de la matière (Saint-Gobain 2007).

Si les données expérimentales sont encore limitées, un constat important peut être doré et déjà posé : la céramique, parmi les abrasifs les plus fins (grain 6), ne permet pas de polir le métal. Sachant que nombre d'objets en métal possèdent des surfaces polies, on peut en conclure qu'il devait exister des abrasifs plus fins. Nous n'avons pas pu expérimenter d'abrasifs de grain 7, mais il est peu probable qu'ils permettent d'atteindre une qualité de surface satisfaisante. La question de l'existence d'abrasifs libres, se présentant sous forme de poudre calibrée, se pose alors. Leur fabrication est techniquement possible avant même l'âge du Bronze, puisqu'il s'agit simplement de roche broyée.

Concernant la **métallurgie de transformation**, les abrasifs solides répertoriés ici sont donc conçus pour des opérations de **ponçage**, d'**ébarbage** ou d'**ébarbage** (démonstré sur l'abraseur polyédrique 783). S'ils entrent dans la chaîne opératoire du **polissage**, c'est uniquement lors des premières phases de travail, aucunement pour les phases finales. Pour le moment, seuls les abrasifs céramiques semblent être caractéristiques du travail du métal. Aucun autre ne peut être mis strictement en relation avec le travail des métaux.

3. Conception des outils

L'utilisation des outils abrasifs entraîne une usure importante de l'outil. Lorsque les traces d'utilisation recouvrent toute sa surface, il devient inutilisable. L'outil doit alors être remis en état ou bien rejeté. Suivant le type d'outil, cette

contrainte est gérée de façon différente et influence sa conception.

3.1. Les abraseurs polyédriques

L'état d'usure des abraseurs polyédriques varie assez largement. Sur les exemplaires les plus usés, toute la surface est couverte par les traces d'utilisation (Fig. 86). Étant donnée la taille de ces outils, il est difficile d'imaginer que leurs surfaces actives puissent être remises en état et nous n'avons observé aucun indice d'une telle pratique. Ces outils sont donc de purs consommables, d'autant que les gorges d'usure se forment rapidement, comme nous l'a montré l'expérimentation présentée ci-dessus.



695

Échelle 1

|← 2,5 cm →|

Fig.86 Abraseur polyédrique entièrement usé. *Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.*

De nombreux abraseurs polyédriques de notre corpus ont été découverts sans traces d'utilisation. Sur certains exemplaires, les surfaces actives sont brutes de taille et n'ont pas été régularisées par abrasion, ce qui montre que l'outil est inachevé. Un lot de 59 de ces outils, dans des états de mise en forme différents, a été découvert dans un atelier de **transformation** des curpo-alliages sur le site du Lycée militaire (pièce 1-11, état 2).

L'expérimentation nous a montré que l'investissement pour fabriquer ces outils est des plus limité : en cinq minutes, à partir d'un bloc de grès, nous avons dégagé trois éclats dont nous avons régularisé les faces sur un bloc de grès

très fortement cimenté. La forme des facettes obtenues, très légèrement convexe, correspond en tous points à celles des exemplaires archéologiques.

Les abraseurs polyédriques sont des outils à courte durée de vie, facilement remplacés. Leur usure rapide oblige à une gestion préventive des outils dans les cellules de production. De nombreux exemplaires sont fabriqués en avance pour répondre à l'usure de ceux en cours d'utilisation. Le faible investissement que demande la fabrication de ces outils facilite leur remplacement rapide.

3.2. Les abraseurs en baguette

Les abraseurs en baguette de Stradonice présentent des états d'usure plus ou moins avancée, de l'outil presque neuf à celui complètement usé. Sur les trois exemplaires identifiés, les traces d'utilisation se concentrent toujours sur une extrémité. Elles sont généralement longitudinales, mais sur un exemplaire presque entièrement usé se remarque également une usure transversale (Fig. 87).

Ces observations nous permettent de restituer le mode d'utilisation de ces outils : l'outil est utilisé en translation longitudinale sur une extrémité. Lorsque l'usure est trop importante, l'outil est déplacé en translation transversale, jusqu'à séparer la partie usée, puis l'outil est à nouveau employé en translation longitudinale. Il y a ainsi entretien de la partie active de l'outil dont la durée de vie est prolongée.

Ces abraseurs sont de conception différente des abraseurs polyédriques. Conçus pour une



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig.87 Abraseurs en baguette à divers degrés d'usure. Stradonice, République Tchèque.

utilisation longue, ils sont entretenus. Leur mise en forme plus soignée et régulière que celle des abraseurs polyédriques entre dans la logique d'un investissement initial plus important, avec une vitesse de renouvellement des outils plus lente.

3.3. Abraseurs convexes

Les abraseurs convexes sont des outils conçus à partir de fragments d'amphore réutilisés. Seule la surface active est mise en forme, ce qui montre un investissement limité dans la fabrication. Aucune trace d'entretien n'est visible sur ces outils.

Les abraseurs convexes sont des outils consommables, facilement rejetés. Leur mode de fabrication et leur matériau, qui correspond à un déchet, facilitent le renouvellement des outils.

3.4. Les abraseurs opportunistes

Par définition, les abraseurs opportunistes ne font l'objet d'aucun investissement dans leur mise en forme. Deux modes de gestion de ces outils s'observent.

Les outils qui ne sont pas fabriqués en ponce portent des traces d'utilisation généralement peu importantes et aucune trace de réfection. Ce sont donc des outils facilement jetés.

Au contraire, les outils en pierre ponce présentent des traces d'usure importantes, qui montrent que l'abrasif est utilisé aussi longtemps que possible, ce qui implique des réfections successives des surfaces actives (Fig. 88).



650

Échelle 1

← 2,5 cm →

Fig.88 Abraseur en pierre ponce complètement usé, ne pesant plus que 0,3 g. *Lycée militaire*, Autun, Côte-d'Or.

Parmi les abraseurs opportunistes, la matière première conditionne la gestion de l'outil. Une matière première comme la ponce, qui demande

un approvisionnement à longue distance, est économisée autant que possible.

3.5. Les abraseurs spécialisés

Les abraseurs spécialisés sont de conception très différente. Tous deux montrent une mise en forme soignée et des usures importantes (Fig. 76). La structure allongée de l'abraseur 142 est particulièrement intéressante, car elle confère à l'outil une épaisseur très importante, ce qui permet de prolonger sa durée de vie.

3.6. Les cales abrasives

Les cales abrasives sont des outils particuliers, puisque la partie active occupe généralement toute leur surface. L'usure est uniforme et il n'y a pas besoin de réfection de la surface active. L'outil peut être utilisé jusqu'à usure complète, ce que nous avons observé sur un exemplaire dont un des bords a presque disparu à force d'usure (Fig. 89).



592

Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 89 Table abrasive montrant une usure importante : les deux faces se sont presque rejointes.

3.7. Les tables abrasives.

Les tables abrasives sont des outils montrant généralement un investissement relativement important dans leur mise en forme, qui concerne prioritairement leurs surfaces actives. Cette mise en forme peut aller jusqu'à tailler la forme de l'objet à travailler dans la pierre, comme sur les tables abrasives ayant servi à travailler des anneaux en fer (Fig. 80).

Sur quelques exemplaires, on observe des traces d'utilisation très profondes, traversant

pratiquement l'outil (224, 618), mais il semble que la méthode la plus couramment utilisée pour prolonger la durée de vie d'un outil soit la réfection de la surface active, observée sur 17 tables abrasives.

La table 630 est celle qui porte les traces les plus éloquentes. Une des faces présente à la fois des gorges d'usure, une surface marquée de traces de taille et une seconde régularisée par abrasion, mais où des fantômes de gorges sont visibles. Toutes les étapes de la chaîne opératoire de la réfection sont ainsi visibles : dégagement des intervalles entre les gorges par taille, puis abrasion pour obtenir une surface lisse. La seconde face de cet outil a également subi plusieurs réfections, qui l'ont profondément creusée (Fig. 90).

Les tables abrasives sont des outils à durée de vie plus longue, conçus pour être entretenus, chose que le volume de l'outil permet facilement. Beaucoup de ces outils trouvés en position de rejet se sont en fait brisés lors d'une réfection.

3.8. Tablettes et baguettes abrasives

Tablettes et baguettes abrasives sont des outils de petite taille. Comme les abraseurs, il est impossible de remettre en état leurs surfaces actives, ce qui en fait des consommables qui doivent être rapidement renouvelés.

La conception des abrasifs montre des logiques de consommation des outils qui diffèrent. Elles oscillent entre des outils consommables, vite fabriqués et vite utilisés, comme les abraseurs polyédriques et des outils nécessitant un investissement plus important dans la mise en forme, dont la durée de vie est augmentée par la réfection des surfaces actives, comme les tables abrasives. Des abrasifs aux fonctions identiques, comme les abraseurs polyédriques et les abraseurs en baguette, peuvent être conçus d'après des logiques divergentes.

On perçoit ici la complexité de la conception de ces outils, qui répond à la nécessité d'anticiper la consommation d'abrasifs au sein de la cellule de production. Ainsi, le corpus découvert sur le site du Lycée militaire à Autun a livré 168 outils abrasifs pour 183 kg de mobilier.



630

Échelle 1 : 2

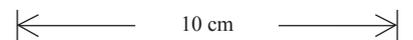


Fig.90 Table abrasive. La première face porte des traces d'une réfection en cours par piquetage suivi d'abrasion ; des fantômes de gorges sont encore visibles, ainsi que quelques gorges encore non taillées. La seconde face est profondément creusée par les réfections successives qui ont systématiquement épargné les bords de l'outil. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.

93 individus, soit plus de la moitié d'entre eux (essentiellement des abraseurs polyédriques) ne portaient aucune trace d'utilisation et correspondaient à des outils préparés par avance.

La mise en évidence des traces de réfection des surfaces actives, si elle est intéressante pour comprendre la conception et l'utilisation des abrasifs, permet également d'éviter les confusions avec les traces d'utilisation.

4. Les traces d'utilisation

Le frottement de l'abrasif contre la matière provoque une usure simultanée des deux éléments. Les traces d'utilisation laissée par l'objet en cours de fabrication sur l'abrasif peuvent permettre, dans une certaine mesure, d'identifier la nature des pièces travaillées, ce que l'expérimentation nous a confirmé. Seuls quelques rares cas permettent d'identifier une forme d'objet. Le plus souvent, l'identification se limite au **demi-produit** qui sert de base à la fabrication de l'objet et parfois de sa matière (Fig. 91).

4.1. Les traces de demi-produits longs

Les traces d'utilisation en forme de gorge traversantes sont caractéristiques du travail de **demi-produits** longs. Elles sont surtout visibles sur les outils actifs, rarement sur les outils passifs. La forme de leur profil transversal nous renseigne sur la section des pièces travaillées. Il s'agit presque exclusivement de profils en U, caractéristiques du travail de pièces de section ronde. La seule exception correspond à des traces d'**ébarbage** de la **tôle** sur deux abraseurs.

4.2. Les traces de demi-produits courts

Les traces d'utilisation en forme de gorge non traversantes à extrémités arrondies sont caractéristiques du travail de pièces courtes. Le fond de ces gorges est fréquemment courbe. Les tests que nous avons réalisés nous ont montré que le va-et-vient de petites pièces aboutit rapidement à la création de cette courbure, qui limite ensuite la surface de contact. Il est donc nécessaire d'avoir un geste relativement ample, pour atténuer cette

courbure et accroître la zone de contact. Le travail de pièces cintrées provoque également une telle courbure du profil transversal. Comme pour les traces traversantes, le profil transversal nous renseigne sur celui de la pièce. Ces profils correspondent à des **ronds**, des **carrés** ou des **plats**, lorsqu'ils sont à fond plat et très large.

4.3. Les traces de pièces hémisphériques

Le travail de pièces hémisphériques laisse des traces caractéristiques, déjà identifiées par Jacques-Gabriel Bulliot (Bulliot 1899). Elles se présentent sous forme de cupules hémisphériques de diamètre plus ou moins important.

4.4. Les traces d'aiguisage de pointes

Certaines gorges non traversantes possèdent des extrémités très aiguës. Les essais que nous avons réalisés nous ont montré que seul l'aiguisage d'une pointe, même de section importante, permettait d'obtenir de telles traces. Elles sont perceptibles uniquement sur des outils passifs et peuvent correspondre au travail d'aiguilles, d'ardillons de fibules ou d'épingles.

4.5. Les traces d'anneaux en métal

Certaines tables abrasives portent des traces annulaires qui ne laissent aucun doute sur la forme des pièces travaillées. Celles que nous avons pu observer étaient préparées et à profil rond, révélant la section de l'anneau.

4.6. Les traces de pièces concaves

Le travail de pièces concave laisse une empreinte convexe qui concerne toute la surface active de l'outil. La courbure de la surface active correspond à peu de chose prêt à celle de la pièce.

4.7. Les traces de résidus

Les traces de résidus dans les traces d'usure ou sur les surfaces actives ne sont pas très fréquentes. Seuls 56 outils en sont porteurs. Il est probable que l'ajout d'eau lors de l'abra-

sion chassait les particules de matière. Nous avons pu relever des traces de rouille, de sels de cuivre et d'or. Il est intéressant de constater que plusieurs types de résidus peuvent être présents sur un même outil. Ainsi, le fragment

de table abrasive 223 porte des traces de fer recouvertes par des traces d'or, ce qui a été confirmé par les analyses chimiques réalisées par fluorescence X par Gilles Hamm (ingénieur d'étude, CNRS).

Demi-produit rond		Ébarbage	
Demi-produit plat			
Demi-produit carré		Ojet hémisphérique	
Ojet hémisphérique		Aiguisage de pointe	
Anneau		Objet concave	
Résidus de fer		Résidus de fer et d'or	

Fig.91 Principales formes d'usure et de résidus observés sur les abrasifs (échelles et provenances diverses).

Les traces d'utilisation sur les abrasifs sont particulièrement intéressantes, car elles nous renseignent avec une précision relativement importante sur les formes travaillées, mais également sur leurs dimensions, grâce à la mesure de leur largeur ou du diamètre des traces d'utilisation. Étant donnée la rareté des restes de fabricats sur les sites de travail du métal, une attention soutenue à ces traces peut permettre de palier à cet inconvénient.

5. Les brunissoirs

Les brunissoirs forment un groupe d'outil de conception opposée à celle des abrasifs. Ils sont utilisés pour lisser le métal et lui donner un aspect poli, sans enlèvement de matière, ce qui exige l'utilisation d'un matériau très dur et non abrasif. Les exemplaires que nous avons identifiés sont datés du Hallstatt à l'époque romaine.

5.1. Les formes de brunissoirs

Les brunissoirs que nous avons inventoriés sont systématiquement des pierres brutes, avec parfois une surface active de mise en forme. Toutefois, un exemplaire daté de l'époque romaine qui nous a été présenté pour identification était entièrement mis en forme. Malheureusement, nous n'avons pas eu l'opportunité de l'intégrer dans cette étude.

La plupart de ces outils sont de petite taille, avec des surfaces actives convexes ou plano-convexes (Fig. 92). Un exemplaire de plus grande dimension a également été découvert, porteur de plusieurs surfaces actives avec des courbures différentes (Fig. 93). La variation de taille suggère que ces outils étaient utilisés pour travailler des pièces de nature différente. Leur forme ne permettant pas l'emmanchement, la pression lors de l'utilisation des plus petits devait être faible. Ils servaient probablement à travailler de la **tôle** fine.

5.2. Conception

Les brunissoirs sont tous fabriqués dans des roches très dures et pas ou peu abrasives. C'est la

qualité de la roche qui fait celle du brunissoir. La matière la plus utilisée est le silex ou la silexite, roche très dure et non abrasive. Un petit lot de brunissoirs en marcassite a également été découvert sur le site de *la Peute-Combe* à Plombières-lès-Dijon. L'utilisation de ce bisulfure de fer rappelle que les brunissoirs contemporains sont fréquemment fabriqués en acier. L'utilisation de la pépite, également utilisée pour la fabrication d'abrasifs, est plus surprenante. Il serait intéressant de mesurer son abrasivité pour mieux comprendre les raisons de ce choix.



Échelle 1 |<— 2,5 cm —>

Fig. 92 Brunissoirs à surfaces actives convexes et plano-convexes. 128 : *le Parc aux Chevaux, Domus PCI, Bibracte, Nièvre* ; 758 : *la Peute Combe, Plombières-lès-Dijon, Côte-d'Or*.



Échelle 1 : 2 |<— 5 cm —>

Fig. 93 Brunissoir en silexite de grande taille. *La Pâturage du Couvent, Hors Couvent, Bibracte, Nièvre*.

5.3. Les traces d'utilisation

Les traces d'utilisation visibles sur les brunissoirs sont essentiellement des traces d'usure très discrètes, qui sont surtout visibles sur les exemplaires en silexite où la patine a disparu. Néanmoins, quelques résidus ont également pu être perçus sous binoculaire.

5.3.1. Les traces d'usure

Les déformations de la surface active des brunissoirs liées à l'utilisation sont peu importante. Il s'agit pour l'essentiel d'une disparition de la patine (Fig. 93, Fig. 93). Les traces d'usure sur les brunissoirs archéologiques recouvrent les surfaces actives, ce qui montre que toute la surface frotte contre le métal. Cette observation est particulièrement intéressante s'agissant des outils à surfaces actives courbes. En effet, une telle usure ne pourrait apparaître si ces outils étaient utilisés sur une surface plane. Seule une partie de la surface active serait au contact du métal. Ils ont nécessairement été utilisés sur des pièces concaves, donc des ouvrages de chaudronnerie.

Nous n'avons pas pu trouver de traces dans la **métallurgie** moderne et contemporaine du brunissage de pièces de chaudronnerie, uniquement celles de **tôles** planes. Il semble donc s'agir d'une technique propre à la période Hallstatt-La Tène, d'après la datation des brunissoirs à surfaces actives courbes. Elle permettrait d'expliquer les qualités de surface observées sur les pièces de chaudronnerie malgré l'absence d'abrasifs fins.

5.3.2. Les résidus

Des traces de résidus n'ont été identifiées que sur un exemplaire, l'abraseur 127. Sous binoculaire, des traces d'oxyde de fer étaient visibles (Fig. 94). Elles ont été confirmées par les analyses par fluorescence X, réalisées par Gilles Hamm.

Cette unique observation n'a pas valeur à être généralisée. Tous les brunissoirs n'ont certainement pas servi à travailler le fer. Toutefois, dans ce cas particulier, elle démontre le brunissage d'une pièce de chaudronnerie en fer, ce qui explique la taille de l'outil, pour déformer un métal peut ductile.

6. Conclusion

Il est difficile de relier avec certitude un outil abrasif au travail du métal, sauf s'il est porteur de traces de résidus. Ils semblent néanmoins particulièrement abondants au sein de cette activité



Fig. 94 Photographie sous binoculaire de résidus de fer présents sur la surface du brunissoir 127.

de production, comme le montrent le corpus que nous avons accumulé, qui est presque exclusivement associé au travail du métal.

Si les abrasifs ne sont que des traceurs médiocres de la **métallurgie de transformation**, puisqu'ils ne peuvent pas toujours être reliés à une activité précise, ils permettent néanmoins d'en caractériser les productions, puisqu'ils peuvent être utilisés pour identifier des formes de **demi-produits**, voir des formes d'objets ou des opérations particulières, comme l'aiguisage de pointes.

Le travail que nous avons effectué sur ces objets ouvre des perspectives intéressantes, notamment pour la documentation de nouvelles formes d'abrasifs : nouveaux matériaux ou nouvelles formes, comme les abrasifs libres, pour lesquels il existe de fortes présomptions. On peut également espérer voir se développer des approches tracéologiques plus poussées que celle que nous avons développée ici, pour identifier à partir des pols d'usure la nature des matériaux travaillés et mieux tracer les activités de production, à l'image de ce qui a été fait pour les outils Néolithiques en grès du Bassin parisien (Hamon 2006). L'ampleur du travail à accomplir est ici considérable, car le nombre de roches à expérimenter est très important.

Les brunissoirs, de part leur spécialisation, sont de bons marqueurs du travail des métaux, même s'ils sont relativement rares. Ils semblent essentiellement reliés au travail de la **tôle**, que ce

soit sous forme plane ou sous forme de pièces de chaudronnerie, ce qui permet de caractériser les productions.

Les brunissoirs constituent un complément aux abrasifs car ils rendent possible, au moins pour le travail de la **tôle**, de remplacer les abra-

sifs fins, pour le moment non identifiés archéologiquement.

L'identification de nouveaux outils, en dehors de notre corpus, autorise d'envisager, d'ores et déjà, un renouvellement de nos connaissances sur ces outils.



Les outils d'aiguisage

S'ils n'ont jamais fait l'objet d'une étude de synthèse, la présence fréquente, pour ne pas dire systématique, des outils d'aiguisage sur les sites d'habitat des âges des Métaux en fait une catégorie fonctionnelle bien connue. De nombreux corpus de taille variable ont été publiés, le plus important étant sans doute celui de Manching (Jacobi 1974). L'enjeu principal n'est pas tant l'identification des outils, même si les confusions avec les abrasifs restent fréquentes, que la mise en relation des différents types d'outils avec des domaines d'activité précis. Pour nous, il s'agit d'abord de tenter d'identifier les outils ayant pu être utilisés pour l'**émoulage** et l'**affilage** des produits de la **taillanderie**, puisque c'est dans ce domaine précis que peuvent intervenir les outils d'aiguisage dans la **métallurgie de transformation**.

Le corpus à partir duquel nous avons travaillé ici se compose de 133 individus, répartis entre l'âge du Bronze (29), La Tène (60) et l'époque romaine (43). Il est évident que la majorité de ces outils ne relèvent pas du domaine de la **métallurgie de transformation**, même si nombre d'entre eux proviennent de contexte où le travail de mise en forme du métal est attesté. Car si la **taillanderie** est un domaine de production particulièrement important, il n'en demeure pas moins que le nombre d'outils nécessaires à l'entretien des tranchants dépasse largement ceux employés pour leur aiguisage initial en **ateliers** : le nombre d'utilisateurs dépasse toujours celui des fabricants et l'entretien d'un tranchant consomme plus d'outils d'aiguisage que l'unique aiguisage qu'il subit avant sa vente. Il est fondamental d'aborder ces outils dans leur ensemble, afin de déterminer quels sont ceux qui peuvent être associés à la **métallurgie** et ceux qui, au contraire, relèvent d'autres domaines d'activités. Cette démarche est la seule à même de dépasser le stade de l'identification de la catégorie fonctionnelle de l'outil, pour déterminer sa fonction précise et le relier à un domaine d'activité.

Les outils d'aiguisage se répartissent en un nombre restreint de types, qui se distinguent par leur morphologie, caractéristique d'un mode de fonctionnement particulier. Cette première approche permet déjà de cerner leur fonction, mais doit être complétée par une analyse de la qualité de leurs matériaux, dont dépend celle du tranchant pouvant être obtenu. En outre, la qualité des matériaux étant différente de celle des abrasifs, leur analyse peut conduire à distinguer des outils de conception parfois similaire. La lecture des traces d'utilisation intervient également en ce sens, les traces d'aiguisage étant totalement différentes de celles liées à une utilisation comme abrasif : elles ne peuvent laisser aucun doute sur l'utilisation de l'objet.

1. Les catégories d'outils

Le travail d'aiguisage est une action technique plus complexe que celle de l'abrasion, à cause d'un geste qui requière une précision importante, notamment pour les instruments dont le tranchant doit être de qualité exceptionnelle, comme les instruments chirurgicaux (Landrin 1835). Contrairement aux abrasifs, dont les formes sont conçues uniquement pour dégager des surfaces actives, les outils d'aiguisage font généralement l'objet d'une mise en forme soignée, d'autant plus qu'à certaines périodes ils peuvent devenir un élément d'apparat personnel, comme le prouve la présence de bélières perforant certains exemplaires de l'âge du Bronze. Seuls 8 % des outils d'aiguisage sont opportunistes. Les contraintes techniques liées au geste d'aiguisage, qui se traduisent dans la conception de l'objet, expliquent la faible variabilité formelle des outils d'aiguisage. Il est aisé de reconnaître les différents types à partir de leur morphologie. Les relier avec certitude à une fonction précise est plus difficile, mais des contextes de découverte bien définis nous ont permis d'avancer quelques hypothèses en ce sens. En outre, quelques don-

nées textuelles permettent d'éclairer en partie le fonctionnement général de ces outils.

1.1. Les aiguiseurs

La forme la plus fréquente des outils d'aiguisage est une courte baguette à section généralement circulaire ou quadrangulaire, dont la longueur varie de 5 à 19 cm, avec une moyenne de 10 cm. Les traces d'utilisation perceptibles sur ces outils ne concernent jamais les extrémités et creusent préférentiellement leur partie médiane. Il est ainsi possible de reconstituer le mode de fonctionnement suivant : l'outil est tenu au creux de la main et le tranchant glisse dessus, suivant une translation longitudino-transversale. Il s'agit donc d'un outil passif et mobile (Fig. 95).

Le geste technique ainsi reconstitué est caractéristique de l'aiguisage de tranchants allongés d'outils ou d'instruments pouvant être tenus dans une seule main, de type couteau. Les aiguiseurs sont ainsi inutilisables pour aiguiser les outils à tranchant transversal, comme les ciseaux à bois, ou les tranchants de très grande taille, comme les épées ou les faux.

Cette conception de l'outil est compatible avec un travail de **repassage** ou l'**affilage** des lames. Toutefois, un des soixante-cinq aiguiseurs de notre corpus est clairement en contexte de **transformation** des métaux (178). Il provient de l'atelier de **forgeron** de la porte du Rebout à Bibracte, qui semble spécialisé dans la fabrication de fibules filiformes (Duval 1991). Cet aiguiseur n'étant pas relié à une activité de **taillanderie**, il ne constitue pas une exception. On peut en conclure que ces outils relèvent uniquement du domaine de l'entretien des lames. La fonction des aiguiseurs est clairement le **repassage**.

1.2. Les affiloirs

Les affiloirs forment un second groupe de conception similaire à celle des aiguiseurs. Ils s'en distinguent par une morphologie plus allongée (Fig. 96). En France les exemplaires datés de l'âge du Bronze sont percés d'une bélière qui permet de suspendre l'outil. La morphologie de



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 95 Différentes formes d'abraseurs mis en forme (153, 86) ou opportuniste (209). 153 : *le Parc aux Chevaux*, PC4, Bibracte, Nièbres ; 86 : *Pasteur*, Vieux Capucins, Châteaudun, Chartre, Eure-et-Loir ; 209 : *le Cul de Breuil*, Saint-Amand-sur-Ornain, Meuse.



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 96 Affiloir de l'âge du Bronze et affiloir romain. 107 : Bibracte, Nièbres ; 87 : *Pasteur*, Vieux Capucins, Châteaudun, Chartre, Eure-et-Loir

ces outils indique un mode de fonctionnement différent de celui des aiguiseurs. L'outil est tenu par une extrémité et la lame est frottée sur sa partie distale, suivant le même mouvement longitudino-transversal que sur les aiguiseurs. Cette forme d'outil est attestée jusqu'au ^{xx}^e siècle sous l'appellation affiloir (Manufrance 1958), peu à peu remplacé par le **fusil** en acier.

Le geste technique ainsi reconstitué est caractéristique de l'aiguisage de tranchants allongés d'outils ou d'instruments pouvant être tenus dans une seule main, de type couteau.

Cette conception de l'outil suggère qu'il est prévu pour le **repassage** ou l'**affilage** des

lames. La première interprétation est confirmée à l'âge du Bronze par la découverte d'un de ces outils associé à un poignard en **cupro-alliage** (809). Pour les périodes suivantes, nous n'avons pu identifier qu'un seul exemplaire, daté de l'époque romaine (87), mais son contexte de découverte n'est pas assez précis pour que nous puissions en tirer une quelconque information.

Les affiloirs semblent d'avantage caractéristiques de l'âge du Bronze que des périodes suivantes, sans que ce phénomène puisse être interprété.

Fig.97 Représentations du fusil hypothétique de la tombe 75 de la Nécropole orientale du Titelberg et éléments de comparaison. 924 : *Titelberg*, Pétange, Luxembourg (d'après Kaurin 2009) ; (156) : Avenches, Canton de Vaud, Suisse (d'après Duvauchelle 1990) ; (E5), (E4) : Londres, Grande-Bretagne (d'après Manning 1995).

1.3. Les fusils

Un objet provenant de la tombe 75 de la nécropole orientale de l'oppidum du Titelberg, datée de l'augustéen moyen, a été identifié comme un **fusil**, une forme métallique de l'affiloir (Kaurin 2004, Kaurin 2009). Un doute subsiste, du fait de la forme de l'extrémité, que l'on ne retrouve sur aucun exemplaire plus tardif (Fig. 97). Elle peut en effet constituer une gêne pour le geste d'aiguisage, la lame passant alternativement dessus et dessous l'outil, et ne peut trouver d'explication fonctionnelle. Il faut ajouter que sans un sablage du fût de l'outil, il est impossible de savoir si des micro-rainures sont présentes. De plus, la date d'apparition du **fusil** semble nettement plus tardive, puisqu'elle est attribuée à un anglais du nom de Knigt au début du XIX^e siècle (Landrin 1835).

Les trois comparaisons avancées par l'auteur ne nous paraissent pas convaincantes (Fig. 97). L'exemplaire d'Avenches (156) est incomplet et ne peut servir de comparaison. Les deux objets provenant des collections du British Museum (E 4 et E 5) possèdent des extrémités pointues, ce qui les différencie de l'exemplaire du Titelberg et appuie l'hypothèse d'alènes. Les marques de percussion sur la partie opposée à la pointe de l'exemplaire E4 invalident totalement l'hypothèse d'un **fusil** : il s'agit vraisemblablement d'une alêne.

La présence d'une hache bipenne et d'un couteau associés au pseudo-**fusil** nous autorise à avancer une autre interprétation de l'objet. Ces

instruments semblent liés à l'abattage et non à la découpe bouchère, comme le montre une enluminure du XV^e siècle représentant l'abattage d'un bœuf (Fig. 98). On y voit une hache bipenne et un couteau à tranchant courbe similaire à celui de la tombe 75, utilisés pour abattre et égorger l'animal qui va être étourdi à coup de maillet. Le pseudo-**fusil** pourrait être un outil utilisé pour l'énervation de l'animal, qui consiste à enfoncer un stylet ou une tige dans la moelle épinière pour immobiliser l'animal avant de le saigner.

En tout état de cause, si des examens supplémentaires (analyse de la composition de l'acier, recherche de la présence de micro-rainurages) confirmaient l'interprétation initiale, il s'agirait d'une invention n'ayant pas débouché sur une innovation (Beaune 2008), puisqu'il s'agit jusqu'à preuve du contraire d'un *unicum*.

1.4. Les pierre à faux

Les aiguisoirs et affiloirs sont des outils à section constante à l'état neuf. Une série d'outils d'aiguisage présentent une morphologie différente, avec une section importante au centre de l'outil qui se réduit vers les extrémités (Fig. 99). Cette conception est identique à celle des pierres à faux modernes et contemporaines. Il s'agit d'un outil actif, qui est utilisé en translation longitudino-transversale sur le tranchant de la faux ou tout autre outil au tranchant similaire (faucille par exemple). Cette utilisation est attestée par la stèle de Vesoul ou de la porte de Mars à Reims qui représentent des faucheurs aiguisant leurs outils (Marbach 2012). Les pierres à faux ne semblent apparaître qu'à partir de La Tène, en même temps que les faux, ce qui confirme leur attribution fonctionnelle.

Les exemplaires que nous avons pu recenser ici proviennent des *oppida* de Manching et Stradonice.

Fig. 98 Enluminure du livre d'heure de Simon Marmion (d'après Lycée-collège du Diois).

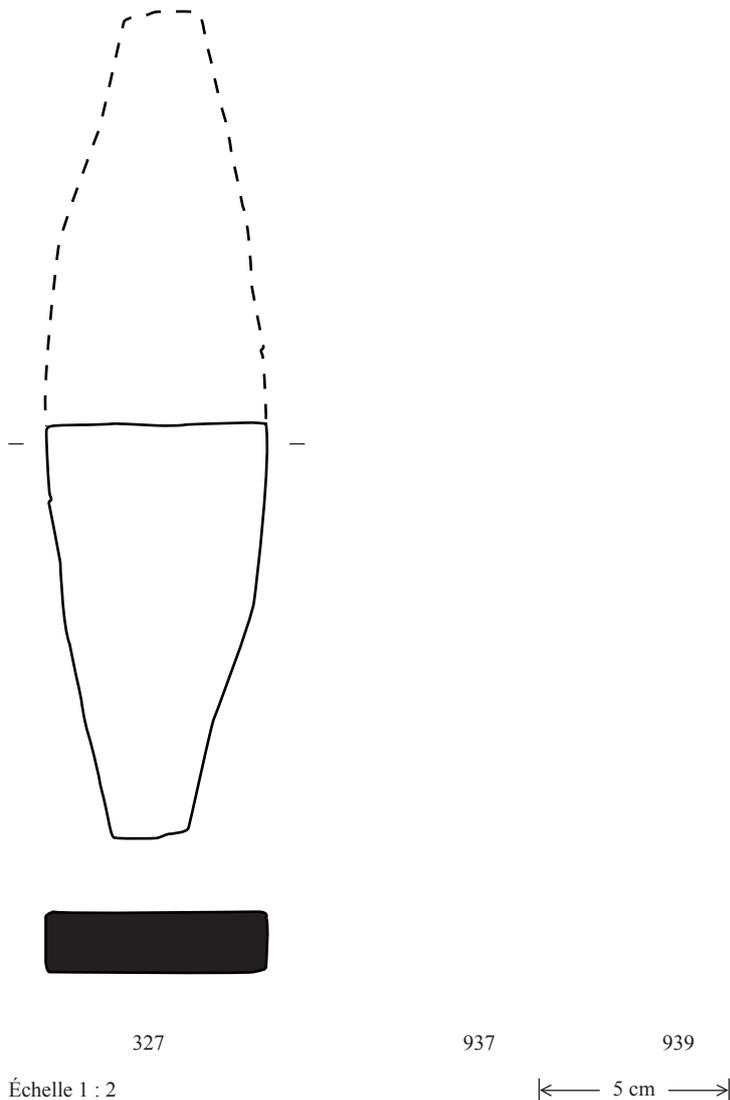


Fig.99 Exemples de pierres à faux. 327 : Stradonice, République Tchèque ; Manching, Bavière, Allemagne (d'après Jacobi 1974).

Nous remarquons de prime abord une nette différence entre les silhouettes de ces outils. Les exemplaires de Manching forment des tiges à section quadrangulaire ou circulaire et ceux de Stradonice sont de profil nettement aplati. Cette différence de conception, qui n'influe en rien sur le fonctionnement de l'outil, est ici remarquable car elle semble mettre en évidence deux traditions différentes dans la fabrication des pierres à faux.

1.5. Les meulets

Le dernier type d'outil d'aiguisage est formé d'objets dont la morphologie est celle de petites tables, similaires à celles des pierres à huile

actuelles. Les surfaces actives sont constituées par une ou deux faces opposées (Fig. 100). Les **meulets** sont des outils fixes et passifs. La lame, tenue à deux mains, est passée sur l'outil avec un mouvement de va-et-vient à la fois transversal et longitudinal. C'est un travail plus puissant qui permet aussi bien l'**émoulage** de la lame, comme cela se pratique au Japon (Wate 2005), que son **affilage**, ou son entretien (**repassage**, **réemoulage**).

Ces **meulets** peuvent être employés pour l'aiguisage de tout type d'outils, à l'exception des lames de faux, à cause du tranchant courbe et du manche. Ils sont indispensables pour tous les outils à tranchant perpendiculaire, comme les ciseaux à bois ou les burins de graveurs. Il est généralement difficile de relier les **meulets** à une activité précise, par la seule analyse de l'objet. Toutefois, quelques outils font figures d'exception.

Le premier cas de figure est celui d'un **meulet** en schiste provenant de la fouille de la Clinique du Parc à Autun (Labaune, Dondin-Payre 2007). Le soin apporté à sa mise en forme révèle qu'il s'agit d'un outil destiné à être vu et qui n'est pas confiné dans un atelier (Fig. 101). La nature de la roche montre qu'il s'agit d'un outil de qualité, ce qui est souligné par sa numérotation (*cos v*), et son appartenance à une série d'outils à grain plus ou moins fin. Enfin, les traces d'utilisation attestent l'aiguisage de pointes et de tranchants de petite taille d'après la surface de la partie active. L'ensemble de ces observations nous conduit à avancer l'hypothèse que cet outil faisait partie de la trousse d'un chirurgien, utilisé pour aiguiser les scalpels, aiguilles et autres instruments chirurgicaux.

Le second cas est celui de deux **meulets** de très grande taille (777, 791) découverts sur le site du Faubourg d'Arroux à Autun (Fig. 102). La taille et l'usure de ces outils sont exceptionnelles et témoignent d'un emploi intensif, incompa-

tible avec une utilisation domestique. De plus, la présence d'indices de travail du fer à proximité appuie encore l'hypothèse d'outils utilisés pour une production de **taillanderie** (Alix à paraître). Si les **meulets** de grande dimension sont à l'évidence liés à la **métallurgie de transformation**, cela ne signifie pas à l'inverse que ceux de plus petite taille sont liés systématiquement à l'entretien des outils. La meilleure preuve en est la découverte d'un **meulet** au sein du dépôt d'atelier de la Petite Laugère à Gévelard (884). Le lien entre l'outil et le domaine de production est ici évident, mais n'est perceptible qu'à travers l'assemblage de mobilier, tout comme l'ensemble d'outils d'aiguisages de boucher découvert au *Cul de Breuil* à Saint-Amand-sur-Ornain (Meuse), identifiés comme tels grâce à leur association avec une série de couteaux dans un niveau de rejet de boucherie (Bonaventure, Pieters 2012).

La variabilité des outils d'aiguisage est étroite et donne une image de l'outillage archéologique très proche de celui du XIX^e et d'une partie importante du XX^e siècle, tombé petit à petit en désuétude dans l'environnement domestique à cause de l'apparition d'ustensiles ne nécessitant pas d'aiguisage (couteaux dentés, couteaux céramiques) et de nouveaux outils d'aiguisage comme les aiguisoirs à molettes. La mise en relation de ces outils avec les activités de **transformation** des métaux semble se limiter aux seuls **meulets**, qui sont par ailleurs également utilisés dans d'autres domaines d'activité. D'où la difficulté d'utiliser ces outils pour tracer le travail de **transformation** du métal, puisque seule une minorité de ces outils peut être reliée à un domaine d'activité par la seule analyse de leur structure.

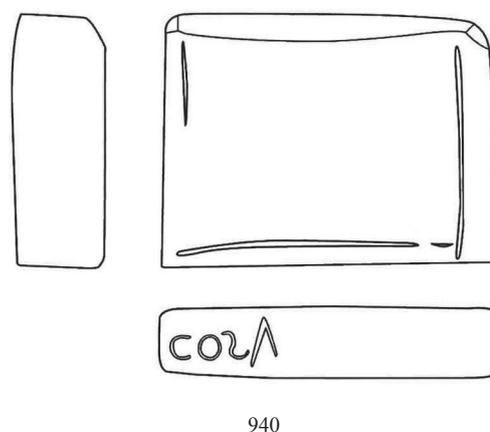
Aucune évolution chronologique de ces outils n'est perceptible: tous les types sont identifiés dès l'âge du Bronze et aucune progression n'affecte leur conception, si ce n'est peut-être l'apparition des **meulets** de grande taille à l'époque romaine, les deux seuls exemplaires que nous avons inventoriés étant datés de cette période. Il est toutefois difficile de tirer une conclusion de ces deux seuls objets. Il semble néanmoins que les répartitions



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 100 Exemples de meulets. 114 : Pasteur, Vieux Capucins, Châteaudun, Chartre, Eure-et-Loir ; 177 : *la Pâturage des Grangerands*, Bibracte, Nièvre ; 571 : *Lycée militaire*, Autun, Saône-et-Loire.



940

Échelle 1

← 2,5 cm →

Fig. 101 Meulet de chirurgien. *Clinique du Parc*, Autun, Saône-et-Loire (d'après Labaune, Dondin-Payre 2007).

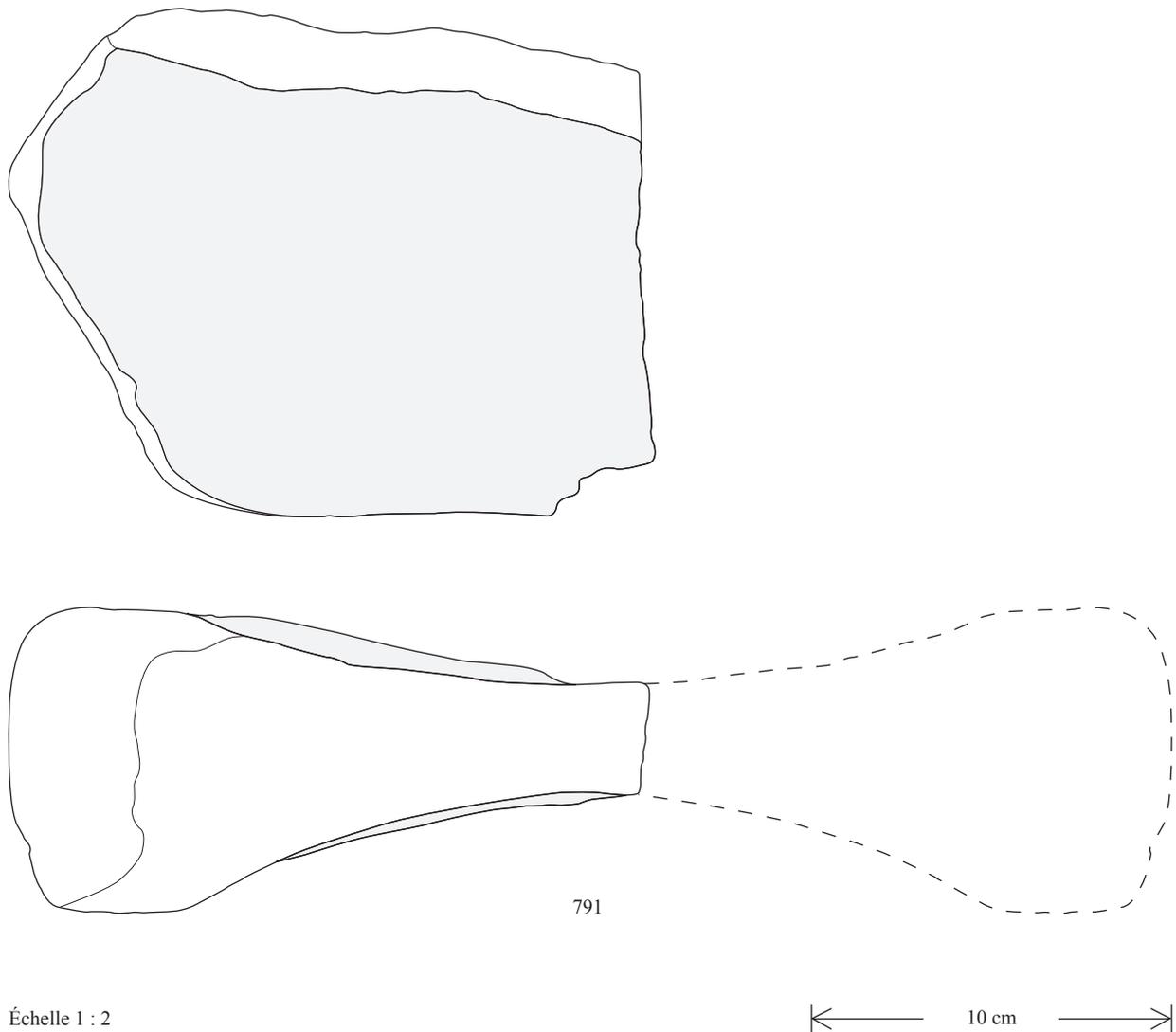


Fig. 102 Grand meulet utilisé en taillanderie. Faubourg d'Arroux, Autun, Saône-et-Loire.

par type d'outil soient différentes en fonction des périodes, avec une prépondérance des affloirs à l'âge du Bronze, remplacés par les aiguisoirs à partir de La Tène. Mais notre échantillon est encore trop faible pour permettre une vérification statistique de ce phénomène, qui est peut-être dû au hasard de la constitution du corpus.

2. Les qualités des outils d'aiguisage

Les outils d'aiguisage sont fabriqués à partir de matériaux abrasifs. La qualité de ces derniers influe sur celle de l'aiguisage. Pour permettre des comparaisons avec les abrasifs, nous avons utilisé la même classification des matériaux, tenant compte de leur nature, de leur grain et de leur grade (voire chapitre précédent). Cette approche nous a permis de mettre en évidence une impor-

tante variété de qualités d'outils, qui renvoient à des fonctions distinctes, mais également d'établir une différence de conception notable entre les abrasifs et les outils d'aiguisage.

2.1. Variabilité générale de la qualité des matériaux

Les qualités d'outils d'aiguisage sont aussi variées que celles des abrasifs (Fig. 103), mais s'observe une nette différence dans le choix du grain et du grade entre ces deux catégories fonctionnelles. Si la pierre est le matériau le plus largement utilisé, l'emploi de la céramique à La Tène est à souligner, car il semble plus fréquent que les rares découvertes ne le laissent supposer.

Le grain le plus représenté (55 % des 76 outils pour lesquels nous disposons d'une mesure)

est le n° 5, deux grains au-dessus du grain le plus représenté dans les abrasifs. Sa finesse est un élément important dans la sélection d'un matériau pour fabriquer des outils d'aiguisage. Toutefois, les outils de grain plus grossier sont relativement bien représentés, avec 30 % de l'ensemble. Le grade le plus représenté (65 % des 100 outils pour lesquels nous disposons d'une mesure) est le F, également deux niveaux au-dessus du grade le plus représenté dans les abrasifs. Seuls 15 % des outils ont un grade inférieur. La cohésion du matériau est importante. Les grains, mieux tenus, perdent en abrasivité mais offrent une meilleure qualité de tranchant. Il semble que le grade prime sur le grain dans le choix des outils d'aiguisage. Cette simple information fournit un argument d'interprétation supplémentaire pour discriminer abrasifs et outils d'aiguisage dans certains cas litigieux, mais doit être maniée avec prudence.

L'emploi de la céramique est un cas particulier. Il n'est pour le moment attesté que pour la période de La Tène. Le site de Bibracte a livré deux exemplaires : un aiguisoir et un **meulet** (177, 178). Une découverte similaire, datée du 1^{er} siècle avant notre ère, est attestée à Nanterre : un **meulet** complet identique à celui de Bibracte, identifié à tort comme abrasif (Viand 2008). Comme les abrasifs en céramique, également taillés dans des amphores, il est probable que nombre de ces outils, parfois peu différents d'un simple tesson, soient passés inaperçus. Un des enjeux des recherches futures est d'attirer l'attention sur ces outils, ce qui devrait permettre de multiplier les découvertes et de mieux comprendre ce phénomène de réutilisation.

2.2. Les qualités de matériau par outil

Il est intéressant de mettre en relation les qualités des matériaux avec les types d'outils. Il semble exister une corrélation entre le type d'outil et le choix du matériau.

Parmi les affiloirs, seule la qualité 5/F est représentée (pélite/5/F et grès/5/F), ce qui en fait des outils de bonne qualité. Toutefois, le corpus est trop faible pour considérer cette observation comme une règle générale de conception de ces

Nature	Grain	Grade
Céramique	3	B
Céramique	4	B
Cinérîte	3	F
Cinérîte	4	G
Cinérîte	6	F
Cinérîte	6	H
Grès	3	D
Grès	3	E
Grès	3	F
Grès	4	D
Grès	4	F
Grès	4	G
Grès	5	E
Grès	5	F
Grès	5	G
Grès	6	G
Grès	7	I
Pélite	5	F
Pélite	7	E
Quartzite	5	I
Quartzite	6	I
Quartzite	7	I
Roche verte	6	G
Schiste	4	F
Schiste	7	E

Fig. 103 Tableau synthétique de la variabilité des qualités de matériaux documentée sur les outils d'aiguisage.

outils. Néanmoins, étant donnée la qualité de mise en forme généralement observée sur ces outils, l'utilisation d'un matériau de qualité entre dans la même logique d'investissement aussi importante que dans la fabrication des affiloirs.

Les aiguisoirs sont également de bonne qualité : 5/F et 5/G (essentiellement du grès). Les exemplaires de qualité inférieure sont pour une large part des outils opportunistes (quatre sur

neuf). Leur fonction étant exclusivement tournée vers le **repassage** des lames, l'emploi d'un matériau au grain grossier ne présente aucun intérêt. Les quelques exceptions enregistrées pourraient relever de défauts d'approvisionnement ou d'un besoin urgent d'un outil (dans le cas des formes opportunistes).

Les **meulets** montrent une plus grande variété de qualités, depuis le grès/3/D, jusqu'au quartzite/7/I. Les outils de qualité inférieure représentent 41 %, les outils de bonne qualité (grain 5) 44 % et les outils de qualité supérieure 15 %. Cette observation est cohérente avec la fonction des **meulets**, conçus pour l'**émoulage**, l'**affilage** et le **repassage** des tranchants. Les outils les plus grossiers permettent de dégrossir le travail qui est ensuite peu à peu affiné sur des pierres à grain décroissant. Ce mode de fonctionnement est bien attesté dans les techniques d'aiguisage traditionnelles (Landrin 1835, Wate 2005).

La variété des qualités de matériaux employés pour la fabrication des outils d'aiguisage est révélatrice de celle des fonctions de ces outils. Il y a adéquation entre la fonction de l'outil, et donc son type, et le matériau. Cette observation ouvre des perspectives de recherche intéressantes, pour tenter d'affiner la relation entre le matériau et la fonction. En compilant les cas de découverte d'outils d'aiguisage clairement associés à un ou des instruments tranchants (comme le cas de l'affiloir 809), il devrait être possible d'établir une corrélation fine entre la qualité de la roche et sa fonction précise. Celle-ci est déjà établie sur des exemples récents : les pierres utilisées pour l'aiguisage des lames au début du XIX^e siècle diffèrent en fonction de la nature du tranchant et les aiguiseurs distinguent par exemple la pierre à rasoir de la pierre à lancette, les noms mêmes des outils se passant de tout commentaire (Landrin 1835). Pour les périodes plus anciennes, nous savons, grâce à Pline l'Ancien, que les barbiers recherchaient la pierre de Laminiani (Pline, *Histoire naturelle*, xxxvi, 47). D'autres associations sont possibles, mais aussi une adaptation de ce principe à la géologie locale, avec des choix de sources d'approvisionnement variant à l'échelle locale ou régionale suivant la fonc-

tion des outils. C'est un domaine de recherche à part entière qui peut être développé sur ce sujet, non seulement pour reconnaître l'économie de la pierre à partir des analyses lithologique, mais également pour mieux comprendre les propriétés recherchées dans le matériau en fonction de la destination de l'outil.

3. Le fonctionnement des outils d'aiguisage

Nous avons déjà évoqué le fonctionnement des outils d'aiguisage, puisqu'il s'agit du principal critère qui nous permet de déterminer les types d'outils. Il convient d'y revenir un instant, afin de préciser la description du geste que nous avons évoqué précédemment, avant d'aborder la question des traces d'utilisation qui en sont la conséquence. Un second point mérite d'être abordé sur le registre du fonctionnement : l'ajout possible d'adjuvant sur l'outil lors du travail d'aiguisage.

3.1. Les adjuvants

Comme nous l'avons vu, le fonctionnement des outils d'aiguisage varie suivant le type d'outil. D'un point de vue plus général, se pose la question de l'utilisation d'un adjuvant lors de l'emploi de ces outils. S'il est possible d'utiliser un outil d'aiguisage à sec, on observe généralement l'emploi d'un mouillant. Sa fonction est d'évacuer les particules de métal détachées lors du travail. Cela évite l'encrassement de l'outil et, pour les travaux les plus délicats, l'endommagement du tranchant avec ces particules (Landrin 1835). Les exemples contemporains montrent que les liquides généralement employés sont l'eau ou l'huile, mais ils ne sont pas exclusifs. En Bretagne, les pierres à faux étaient trempées dans du vieux cidre contenu dans le **couffin**.

Il ne nous a pas été possible de mettre en place un protocole d'analyse pour tenter d'identifier sur les outils archéologiques les traces de l'emploi d'un mouillant lors du travail d'aiguisage. Cependant, un texte de Pline l'Ancien vient éclairer la question pour la période romaine. Dans *l'Histoire naturelle*, il divise les ou-

tils d'aiguisage en quatre catégories, en fonction du liquide employé en mouillant. Celui-ci varie en fonction de la pierre utilisée. Il distingue ainsi les pierres utilisées à l'huile, à l'eau, à la salive et enfin les pierres pouvant être employées au choix à l'huile ou à l'eau (Pline, *Histoire naturelle*, xxxvi, 47).

3.2. Les gestes techniques

Le geste technique varie en fonction de l'outil d'aiguisage, de l'instrument tranchant aiguisé et de l'objectif recherché (**émoulage** ou **affilage**). Il serait trop long de développer une analyse complète des techniques d'aiguisage en fonction de ces différents critères. Certains gestes, comme l'aiguisage d'un couteau sur un **meulet**, sont trop complexes pour pouvoir être représentés dans un ouvrage tel que celui-ci. Aussi n'aborderons nous que trois cas de figure, qui offrent la base technique sur laquelle reposent la plupart des travaux d'aiguisage.

Il faut préciser que les techniques peuvent également varier en fonction des habitudes personnelles, notamment lors de l'utilisation du meulet, qui laisse des libertés importantes dans le choix du sens d'aiguisage, surtout lorsqu'il s'agit de couteaux.

3.2.1. Aiguisoir et couteau

Lors de l'utilisation de l'aiguisoir, l'outil est tenu dans le creux de la main et la lame va venir courir sur sa surface supérieure. Le maintien de l'outil doit donc tenir compte du passage de la lame, qui peut entailler la paume de l'opérateur si celui-ci tient l'aiguisoir trop au creux de sa main.

Toute la lame est aiguisée en un seul mouvement. La partie proximale de la lame est posée à l'extrémité distale de l'aiguisoir, puis l'opérateur tire la lame vers lui, tout en la faisant glisser longitudinalement. À la fin du geste, la pointe de la lame sort de l'outil. Lors du geste, la lame doit former un angle constant par rapport à l'aiguisoir, pour respecter l'angle d'aiguisage (environ 35°).

Lors de ce travail d'aiguisage, seule une partie de l'aiguisoir subit le frottement du métal. Dans l'exemple ci-dessous (Fig. 104), où l'opérateur tient la pierre dans la main gauche, seule la partie droite de l'aiguisoir est utilisée.

Le geste est similaire sur les affiloirs et les **fu-sils**, à ceci près que l'outil est pourvu d'une extrémité dévolue à la préhension. Le risque de blessure est moindre, sauf dans le cas où le geste outrepassé la limite entre la partie active et la partie préhensile.



Fig. 104 Décomposition du geste de l'aiguisage d'un couteau sur un aiguisoir en grès (photographies Manuèle Pieters).

3.2.2. Aiguisage d'une faux

Lors de l'aiguisage d'une faux, le geste est inverse de celui précédemment décrit. Cette fois-ci, la lame est fixe et c'est la pierre à faux qui est mise en mouvement (Fig. 105). Il est en effet difficilement concevable de mettre en mouvement une lame aussi longue, qui plus est courbe, même en démanchant l'outil. Le danger est donc ici que la main vienne au contact de la lame et que l'opérateur se blesse, d'où l'intérêt d'utiliser

une pierre à faux relativement longue, pour rester à distance du **fil**.

La pierre à faux est posée sur la lame approximativement à la moitié de sa longueur, la seconde moitié étant tenue en main. Puis la pierre suit la courbure de la lame, tout en étant progressivement tirée vers le bas. À la fin du mouvement, l'extrémité distale de la pierre arrive à la pointe de la faux. Toute la lame est aiguisée en un seul geste. Celle-ci est si mince qu'il n'y a pas d'angle d'aiguisage.

Lors du mouvement, la tranche de la pierre à faux ne reste pas perpendiculaire à la lame. Elle subit une rotation partielle qui conduit à un frottement plus prononcé sur un des bords.

Le geste de l'aiguisage d'une faux n'est pas spécifique à cet outil. Il est identique pour tous les grands tranchants courbes : faucilles ou serpes par exemple.



Fig. 105 Décomposition du geste d'aiguisage d'une faux à l'aide d'une pierre à faux en grès fin (photographies Manuèle Pieters).

3.2.3. Aiguisage sur le meulet

L'aiguisage sur le **meulet** varie en fonction du type de tranchant. L'exemple le plus simple, que nous avons retenu ici, est celui d'un ciseau à bois, outil à tranchant perpendiculaire. L'aiguisage de lames de couteaux, trop complexe, est impossible à décomposer de façon simple par la photographie, car il conjugue deux gestes différents.

La lame est posée contre la pierre, en respectant l'angle du biseau que forme le tranchant par rapport au corps de la lame. Celle-ci est ensuite déplacée dans un mouvement de va-et-vient dans l'axe de la pierre (Fig. 106). Pour les aiguiseurs confirmés, il est recommandé d'adopter un mouvement de 8, afin de couvrir toute la surface du **meulet** et de l'user de façon plus homogène.

Lors de l'aiguisage, l'angle de travail est constant, contrairement à ce qui est observé sur les deux autres outils. Si le tranchant en cours d'aiguisage est suffisamment long, c'est toute la surface du **meulet** qui subit le frottement de façon uniforme.

Le geste de l'aiguisage sur le **meulet** varie en fonction du type de tranchant. Pour l'aiguisage d'une lame de couteau, la position de celle-ci sera plus ou moins oblique par rapport à l'axe du **meulet** et les lames longues doivent être animées également d'un mouvement de translation longitudinal, afin que tout le tranchant passe sur le **meulet**. Sur ce chapitre, le traité de coutellerie d'Henri Landrin offre une description très détaillée de l'aiguisage au **meulet**, qui peut se révéler très technique, notamment pour les rasoirs (Landrin 1835).



Fig. 106 Décomposition du geste d'aiguisage d'un ciseau à bois sur un meulet (photographies Manuèle Pieters).

4. Conception des outils d'aiguisage

Les deux éléments principaux pris en considération pour la fabrication d'un outil d'aiguisage sont sa morphologie, liée à son mode de fonctionnement, et la qualité de la roche, dont dépend la finesse de l'aiguisage. Ces aspects ont déjà été traités, mais deux questions subsistent :

qui fabriquaient ces outils et comment s'approvisionnaient-ils en matière première ?

4.1. La fabrication des outils d'aiguisage

La fabrication des outils d'aiguisage par des professionnels implique l'existence d'**ateliers**. Trois, datés de l'époque romaine, ont été publiés :

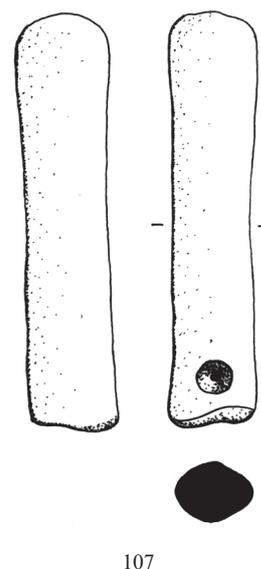
le fort d'Usk en Bretagne, un site d'occupation germanique du ^{iv}^e siècle à Nereth et le troisième à Buizigen en Belgique (Thiébaux, Goemaere, Herbosch 2012). Un quatrième, encore inédit, a fait l'objet en 2013 d'une fouille préventive sur le tracé de l'A 304, au Châtelet-sur-Sormonne, échangeur du Piquet (Ardennes), sous la direction de Marc Feller (Inrap). Il existe bien une activité spécialisée de production d'outils d'aiguisage à l'époque romaine. Elle est néanmoins concurrencée par l'existence concomitante d'outils opportunistes, qui ne sont pas issus de ce circuit de production.

Pour les périodes précédentes, la question est plus difficile à trancher. Certains outils de qualité pourraient suggérer qu'il existe des fabricants spécialisés. C'est le cas des affloirs de l'âge du Bronze. Mais sur l'un des exemplaires de notre corpus (107), se trouvent des traces d'utilisation quand bien même la bélière n'est pas percée entièrement (Fig. 107). Utilisateur et fabricant sont une seule et même personne, ce qui ne plaide pas pour une production en atelier. L'argument de la qualité de la mise en forme pour identifier une fabrication professionnelle ne tient pas.

Une réflexion à l'échelle d'un site d'importance suffisante pourrait permettre d'avancer de nouvelles hypothèses de travail. En fonction des sources d'approvisionnement en matière première, de leur distance au site et du caractère plus ou moins systématique de l'utilisation d'un ou de quelques matériaux, il serait possible d'avancer des arguments pour interpréter le système de production dans lequel s'inscrivent ces outils.

4.2. Approvisionnement en matière première

La question de l'approvisionnement en matière première requiert de travailler à l'échelle d'un site. Pour le moment, seul le site de Bibracte permettrait une telle réflexion. Une dizaine de types de roches différentes, sur les quatorze outils d'aiguisage lithiques recensés (compte non tenu des affloirs à bélières de l'âge du Bronze), ont été employés pour la fabrication des outils d'aiguisage. Pour le moment, les sources d'approvisionnement ne sont pas connues précisément, mais elles s'inscrivent dans un rayon de moins de 40 km de diamètre autour du site, ce



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 107 Affiloir de l'âge du Bronze dont la Bélière est en cours de perforation. Le profil montre que l'outil est déjà en cours d'utilisation. Bibracte, Nièvre.

qui correspond à une journée de marche. Il s'agit donc d'un approvisionnement local. Certaines roches sont représentées par plusieurs exemplaires, ce qui montre qu'il existe des sources de matière première identifiées comme telles. Il y a une réelle connaissance des ressources naturelles disponibles, exploitées en fonction des besoins.

À l'époque romaine, cette connaissance des sources de matière première prend une toute autre ampleur, comme l'atteste l'extrait de *l'Histoire naturelle* de Pline consacré aux pierres à aiguiser (*Histoire naturelle*, xxxvi, 47). Il cite des sources d'approvisionnement en roche parfois très précises, qui correspondent à tout le pourtour du bassin méditerranéen : pierre de Crète, de Taygète en Laconie, de l'île de Naxos, d'Arménie, de Cilicie, d'Arsinoé (mais plusieurs villes portent ce nom), d'Italie, des Alpes et de Laminitani (Espagne). Cette réputation à l'échelle du monde romain des pierres utilisées pour l'aiguisage montre qu'au-delà de l'utilisation opportuniste de pierres et des **ateliers** d'envergure locale, il existe également un commerce à longue distance des pierres à aiguiser.

Il semble que l'approvisionnement en matière première pour la fabrication des outils d'aiguisage fasse l'objet d'une attention particulièrement soutenue, ce qui confirme l'image don-

née par l'analyse de la qualité des roches (grain et grade). L'investissement consenti pour l'approvisionnement en matière première peut être important, même si des outils de moindre qualité coexistent avec ceux de qualité supérieure. Il est intéressant de constater que la réputation de sites d'extraction de matière première, telle qu'attestée par Pline l'Ancien, continue encore au xxi^e siècle. La coticule belge est ainsi une des pierres à aiguiser les plus réputées en Europe.

Cette problématique, qui ne pouvait qu'être esquissée ici, fait actuellement l'objet d'une thèse de la part d'Aurélié Thiébaud, à l'université de Liège.

5. Les traces d'utilisation

La problématique des traces d'utilisation est particulièrement importante. Non pas qu'elles permettent d'identifier une activité particulière, mais parce qu'elles évitent des confusions qui restent fréquentes entre outils d'aiguisage et abrasifs (Fig. 109). La forme des traces d'utilisation dépend du mode de fonctionnement de l'outil. Elles varient non pas suivant le fonctionnement actif ou passif des outils, mais de leur caractère fixe ou mobile.

5.1. Les outils mobiles

Les outils mobiles, qu'il s'agisse d'aiguiseurs, d'affiloirs ou de pierres à faux, portent les mêmes traces d'utilisation. La cause en est aisée à comprendre : le geste est similaire – une translation longitudino-transversale – quel que

soit l'élément du système mis en mouvement. Le frottement entraîne une déformation concave et torse (Fig. 108). Cet aspect voilé n'est jamais présent sur les abrasifs, sur lesquels on ne relève que des traces de translation longitudinale ou de rotation.

5.2. Les outils fixes

Les traces d'utilisation visibles sur les **meulets** se distinguent nettement de celles des outils mobiles, du fait de leur fonctionnement différent. Le geste correspond à une translation transversale de la lame sur l'outil, accompagnée d'une translation longitudinale si celle-ci est de taille supérieure à la largeur du **meulet**. Ce mode de fonctionnement occasionne l'apparition d'une légère concavité de la table de l'outil, plus prononcée s'il sert essentiellement à travailler des outils à lame courte. Cette déformation de la surface active, qui est soulignée par les aiguiseurs modernes (Perkins 1996), peut obliger l'utilisateur à la dresser, afin de lui rendre sa qualité et éviter l'apparition de défauts d'aiguisage.

Les traces d'utilisation sont plus ou moins accentuées, suivant la fonction de l'outil. Si dans la plupart des cas l'usure est discrète, elle est très prononcée sur les outils de taillandiers, à tel point que la forme de l'outil peut en être affectée (Fig. 110)

De façon anecdotique, on remarque la présence de traces d'aiguisage de pointes sur certains **meulets** (541, 559, 777, 940), et également quelques cas où la tranche de l'outil a été utilisée à la façon d'un aiguiseur (892).

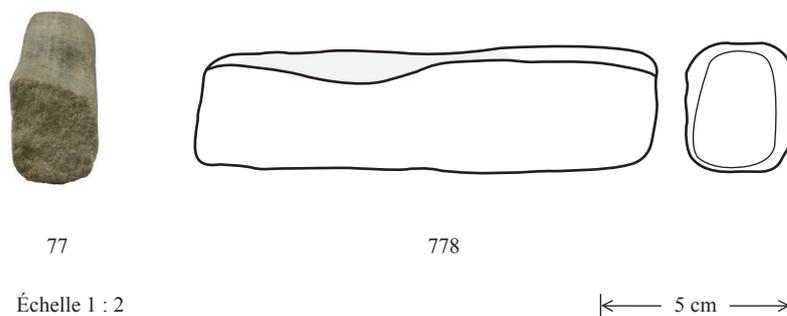
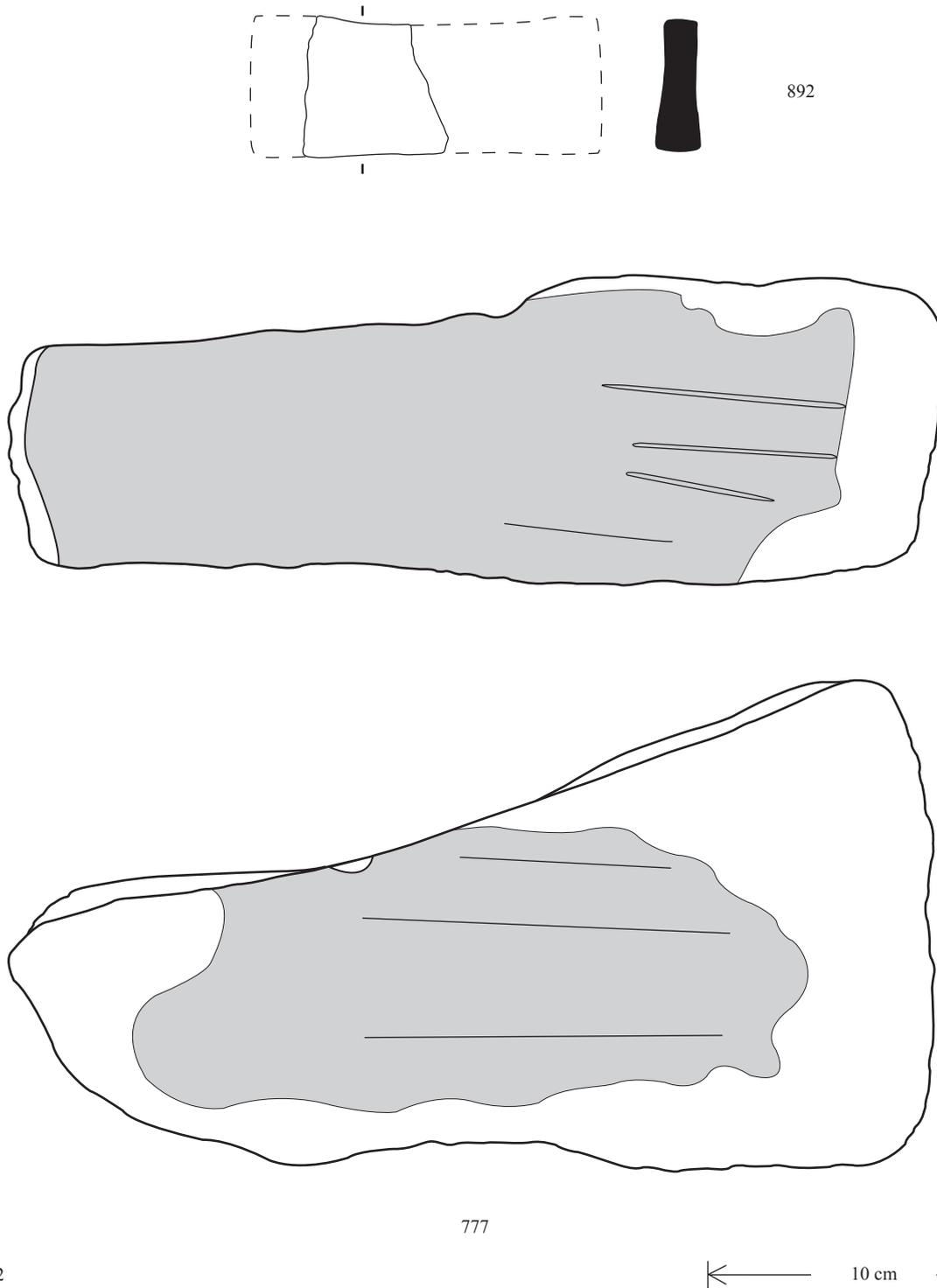


Fig. 108 Traces d'utilisation voilées caractéristiques des outils mobiles. 77 : Bibracte, Nièvre ; 778 : *Faubourg d'Arroux*, Autun, Saône-et-Loire.

Fig. 109 Planche d'outils d'aiguisage réunissant pierres à faux (1641, 1642, 1643, 1656) et aiguisoirs, ainsi que quatre baguettes abrasives interprétées par erreur comme des aiguisoirs (d'après Jacobi 1974).



Échelle 1 : 2

10 cm

Fig. 110 Meulets portant des traces d'utilisation importantes. En haut, meulet de boucher utilisé sur ses deux faces et une des tranches. En bas, meulet de taillandier, également utilisé pour aiguiser des pointes, dont le profil parallélépipédique est devenu trapézoïdal.

Les traces d'aiguisage sont suffisamment caractéristiques pour ne pas laisser d'ambiguïté sur l'usage des outils qui les portent. Elles permettent de distinguer aisément un abrasif d'un outil d'aiguisage s'ils ont une morphologie similaire. Il ne faut cependant pas négliger le fait

que des outils porteurs de traces d'aiguisage ne sont pas obligatoirement des outils d'aiguisage. L'**enclume** lourde 182, réutilisée comme servante, porte des traces d'aiguisage d'un outil à tranchant transversal court qui correspondent à un usage contrarié.

6. Conclusion

Sauf exception, les outils d'aiguisage ne sont pas des traceurs des activités de **transformation** des métaux en tant que tels. Seuls les **meulets** sont utilisés dans la production de **taillanderie** et, sauf cas exceptionnel, l'analyse fonctionnelle ne permet pas de distinguer les outils d'entretien de ceux d'**émoulage**. Toutefois, dans le cadre de l'étude d'un site où une activité de **transformation** des métaux est avérée, la distinction fonctionnelle que nous avons pu opérer entre les différents types d'outils permet de mieux interpréter la raison de leur présence éventuelle. En écartant les outils relatifs à l'entretien des tranchants, pour ne retenir que les outils susceptibles d'avoir été employés pour l'**émoulage**, il est possible de déduire une production de **taillanderie** avec plus de vraisemblance.

Au-delà du strict domaine de la **métallurgie de transformation**, une meilleure identification des outils d'aiguisage et de leur fonction permet d'entreprendre une véritable réflexion sur la signification de ces outils dans les ensembles mobilier. C'est ce que nous avons réalisé à petite échelle sur le site du Cul de Breuil. L'assemblage de rejets de boucherie, d'une série de couteaux et d'outils d'aiguisage nous a permis de restituer un ensemble cohérent correspondant à un atelier de boucherie (Bonaventure, Pieters 2012, Rodriguez 2013).

De plus, les perspectives ouvertes par ce premier travail promettent de nouveaux développements, grâce aux études de matériaux permettant de reconstituer les circuits d'approvisionnement, sans oublier de rechercher les associations d'outils d'aiguisage et d'instruments tranchants en contexte clos.



Les outils de broyage

Les outils de broyage forment une catégorie fonctionnelle qui a déjà fait l'objet de multiples études. Elles portent principalement sur les outils de mouture : meules à va-et-vient ou rotatives (Hamon 2006, Buschenchutz *et al.* 2011). Des travaux concernant les mortiers ont également été menés, notamment sur le corpus du Mont Beuvray (Boyer, Farget 2008). De même, les outils de broyage du minerai, table de concassage et bocards, sont bien connus (Domergue 2008). A contrario, les broyons, outils actifs associés aux mortiers, n'ont pas jusqu'à présent reçu le même intérêt scientifique. C'est à cette catégorie particulière d'outils que nous nous intéresserons ici.

L'étude de ces outils tente ici de répondre à deux enjeux. Les broyons étant fréquents en contexte de **transformation** des métaux, comme l'attestent les corpus du secteur de la Côte Chaudron à Bibracte (8 exemplaires) et du Lycée militaire à Autun (21 individus), il est fondamental de pouvoir vérifier dans quelle mesure ils sont liés aux activités de **transformation** des métaux. En second lieu, les broyons sont des outils qui font fréquemment l'objet d'erreurs d'identification dans les publications portant sur le travail de mise en forme du métal, du fait de leur abondance dans de tels contextes. L'interprétation la plus fréquente est **tas** ou **tas** d'orfèvre, mais ils sont également mentionnés comme brunissoirs (Chardron-Picault, Pernot 1999, Guillaumet 2003, Chardron-Picault 2007). Il est donc fondamental de corriger ce problème d'identification.

Notre typologie fonctionnelle des broyons repose sur une interprétation croisée de la structure de ces outils et des traces d'utilisation dont ils sont porteurs. Ces dernières permettent également de mieux comprendre leur fonctionnement.

1. Les types d'outils

Les 70 broyons que nous avons étudiés présentent une variabilité importante. Elle concerne

principalement trois critères : la morphologie, le matériau employé et les traces d'utilisation.

1.1. Morphologie des broyons

La morphologie des broyons varie de façon importante. 39 % des 71 broyons sont des outils opportunistes, dont la forme dépend de celle de la pierre qui a été utilisée, généralement un gallet. Ce sont des outils de petite taille, pouvant être tenus à une main et utilisés par friction en translation longitudinale. En moyenne, leur longueur est de 7,3 cm, mais quelques exemplaires exceptionnels dépassent les 10 cm. Leur masse est également peu importante, avec en moyenne 330 g (Fig.111). Un seul exemplaire de notre corpus dépasse les 900 g (1 350 g) ; il s'agit d'un outil atypique pour lequel nous n'avons aucune comparaison (n° 632). Sauf utilisation très courte, c'est habituellement les traces d'usure qui donnent leur forme caractéristique aux broyons, avec des facettes courbes, des angles et des arêtes arrondis.

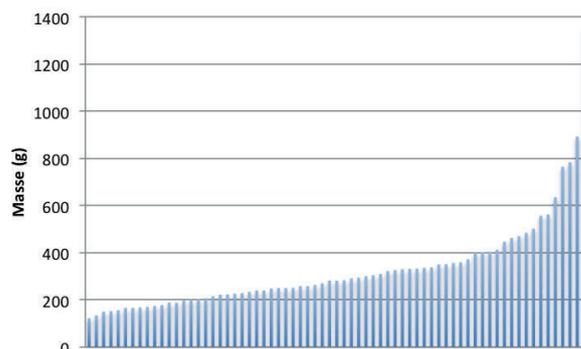


Fig.111 Variation de la masse des broyons.

Plus que la silhouette des broyons, c'est donc à la forme de leurs surfaces actives qu'il faut s'intéresser, d'autant que l'apparence finale de ces outils tient en grande partie aux déformations qu'ils subissent lors de leur usure. Celles-ci diffèrent en longueur, en largeur et en courbure. Cette variabilité est sans doute la conséquence de l'adaptation du broyon à la forme des outils



Échelle 1 : 2

← 5 cm →

Fig. 112 Différentes formes de broyons répertoriées. On remarque la variabilité importante de silhouette et de forme des parties actives. Les matériaux sont également très différents. 75, 61, 58, 59 : Bibracte, Nièvre ; 160, 165 : *la Côte Chaudron*, Bibracte, Nièvre ; 168 : *le Parc aux Chevaux, Domus PC 1*, Bibracte, Nièvre ; 172, 169 : *le Parc aux Chevaux, Domus PC1*, Bibracte, Nièvre ; 162, 663, 679 : *Lycée militaire*, Autun, Saône-et-Loire.

passifs avec lesquels ils fonctionnaient. On observe sur les mortiers de Bibracte d'importantes différences de courbure des fonds (Boyer, Farget 2008). La mise en place d'une typologie des formes de broyons ne peut s'envisager que dans le cadre d'un travail plus général, réunissant outils actifs et outils passifs, dans un souci de cohérence technique. Ce n'est donc pas le lieu d'un tel travail et nous nous bornerons à mettre en évidence l'importante variabilité des broyons réunis dans notre corpus (Fig. 112).

1.2. Matériau des broyons

Les broyons sont systématiquement fabriqués en pierre fortement cohérente, avec un grade élevé compris entre D et I, dont 96 % au-dessus du grade E. D'un point de vue fonctionnel, cela s'explique par la nécessité d'éviter les pertes de matière qui pollueraient le broyat.

Si tous les broyons sont de grade élevé, ils se différencient nettement par la qualité de leur surface, avec un grain compris entre 3 et 7 (87 % entre 4 et 6). Deux groupes s'opposent, avec d'un côté des outils à grain de surface très fin, qui confine parfois au poli, et de l'autre des outils au grain plus grossier, avec une surface poreuse, voire vacuolaire.

Le poli de surface des broyons les plus fins est d'autant plus remarquable que d'un point de vue lithologique, les roches utilisées possèdent

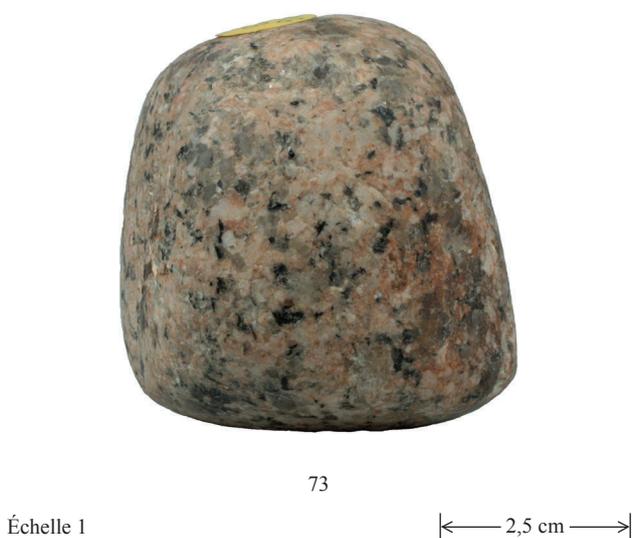


Fig. 113 Broyon en granite à la surface polie. Bibracte, Nièvre.

souvent un grain grossier, millimétrique voir plurimillimétrique (Fig. 113). Mais un travail de surfacage soigneux leur donne une surface régulière, parfois proche d'un poli.

1.3. Les traces d'utilisation

Les broyons sont des outils fonctionnant par friction, en translation longitudinale (dans l'axe de la longueur de l'outil). Les traces d'utilisation correspondent donc à un frottement répété. Ce frottement provoque une déformation caractéristique de l'outil, sur laquelle nous reviendrons plus loin. Ces traces d'utilisation sont perceptibles sur tous les broyons, de façon plus ou moins prononcée. Sur les outils les moins utilisés, l'usure est presque imperceptible (67). Sur les outils les plus usés, les facettes d'utilisation peuvent être au nombre de quatre, couvrant toute la surface du broyon.

Un certain nombre de broyons sont en outre marqués par des traces de percussion qui, dans certains cas, peuvent endommager considérablement la surface active de l'outil (Fig. 114). Ces impacts impliquent nécessairement une perte de matière de l'outil dans le broyat.



Fig. 114 Broyon portant des traces de percussion importantes. *La Côme Chaudron*, Bibracte, Nièvre.

1.4. Fonctions de broyons

Si l'on synthétise ces observations, deux groupes de broyons se distinguent. D'une part, les outils généralement mis en forme, dont la surface active est de bonne qualité et sans traces de percussion. De l'autre, des outils qui ne sont pas nécessairement mis en forme (50 % sont opportunistes), dont les surfaces actives sont de qualité moindre, peuvent comporter porosités

et vacuoles et qui présentent fréquemment des traces de percussion.

Cette différence de conception et d'utilisation des broyons est révélatrice de fonctions divergentes. Le premier groupe d'outils est manifestement conçu pour broyer un matériau ne devant pas être pollué par des pertes de matière du broyon, ce qui explique la recherche de matériaux cohérents dont la surface est soigneusement préparée pour éviter toute perte de grain. Le second groupe est conçu pour travailler un matériau dans lequel la perte de matière du broyon ne pose pas de problème, matériau également plus dur, comme le montrent les traces de percussion, consécutives d'un concassage précédant le broyage.

L'hypothèse que nous posons est que les broyons se répartissent entre broyons culinaires (24 individus dans notre corpus), destinés à broyer les aliments et broyons techniques (47 individus dans notre corpus), utilisés pour broyer des matières premières. Les rares données fiables sur le contexte de découverte de ces outils, généralement en position secondaire, semblent confirmer cette analyse. Seuls deux broyons techniques de notre corpus ont été découverts sur des niveaux de sol, dans un bâtiment dont la fonction est identifiée. Les exemplaires 664 et 680, des broyons techniques, proviennent tous deux d'**ateliers** de mise en forme des **cupro-alliages**. Un seul broyon culinaire provient d'un niveau de sol (676), malheureusement appartenant à un bâtiment non caractérisé.

Dans le cadre de la **métallurgie de transformation**, les broyons techniques peuvent être utilisés pour diverses opérations. Pour le travail du fer, des adjuvants variés sont utilisés : argile, sable, grès broyé (Mangin 2004), dont la préparation requière une phase de broyage, pour maîtriser la granulométrie du produit. Ils sont utilisés comme fondant ou antioxydant pour les travaux de **soudure** et de **corroyage**, ou pour pratiquer la **trempé sélective** en recouvrant le métal d'une couche d'argile. Ces techniques sont toujours employées par les forgerons traditionnels japonais (Wate 2005).

Pour le travail des métaux « fusibles », la fabrication des moules et des creusets nécessite l'emploi d'argile et de dégraissant qu'il est né-

cessaire de broyer pour en contrôler la granulométrie. Les analyses de pâtes des creusets du Lycée militaire à Autun ont ainsi révélé l'utilisation de végétaux, qui ont pu être broyés ou hachés avant d'être incorporés, et de granite broyé comme dégraissant minéral (Chardron-Picault, Pernot 1999). Les opérations de broyage sont naturellement abondantes dans les cellules de production où les métaux sont transformés par coulée.

Nous manquons malheureusement encore de données pour confirmer nos hypothèses. Seul un travail sur les poliss d'usure serait susceptible de nous apporter de nouvelles informations, les découvertes de broyons en position fonctionnelle étant beaucoup trop rares pour que l'on puisse espérer un renouvellement rapide de nos connaissances.

2. Traces d'utilisation et fonctionnement

L'étude des traces d'utilisation sur les outils de broyage a donné naissance à des travaux particulièrement intéressants, basés sur une lecture des poliss d'usure sous binoculaire (Hamon 2006). La mise en place d'un protocole adapté aux broyons est particulièrement lourde, car deux variables doivent être croisées : la nature de la roche des broyons et la nature du matériau à broyer. Il s'agit d'un sujet de recherche à part entière, qui ne peut trouver sa place ici. Néanmoins, la lecture des macrotraces d'utilisation est particulièrement intéressante pour comprendre le fonctionnement de l'outil de façon plus fine.

Les traces d'utilisation perceptibles sur les broyons sont particulièrement évidentes, car elles entraînent généralement une déformation importante de l'objet, mais difficiles à représenter, que ce soit par le dessin ou la photographie (Fig.115). Leur forme est la conséquence de l'application asymétrique de la force au cours du mouvement de translation longitudinale, caractéristique de ces outils.

Lors du mouvement, le broyon est tenu à une main. Au début du mouvement, la pression maximale s'exerce sur la partie avant du broyon et à la fin sur sa partie arrière. Mais la pression n'étant pas dans l'axe du mouvement, on observe une

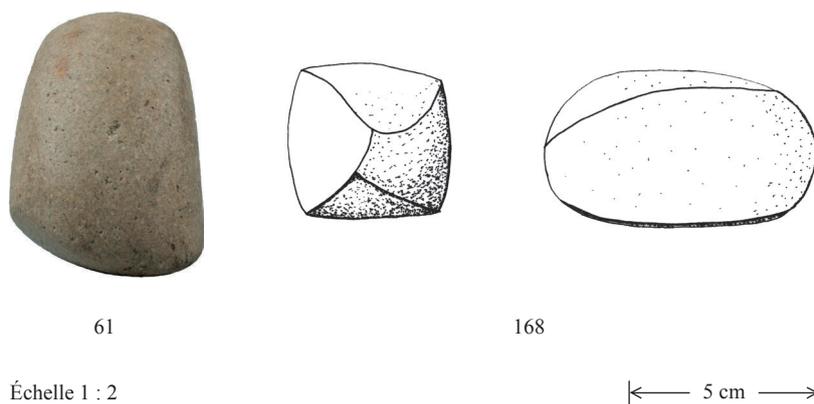


Fig. 115 Photographie et dessin montrant les déformations engendrées par le frottement à la surface du broyeur. 61 : Bibracte, Nièvre ; 168 : le Parc aux Chevaux, Voie à l'ouest de PC1, Bibracte, Nièvre.

usure asymétrique par rapport à l'axe de l'outil. La déformation est orientée dans la diagonale de la surface active de l'outil, avec une déformation maximale différente en fonction de la main utilisée lors du mouvement.

Si l'on définit la face interne de l'outil comme celle la plus proche du corps, l'usure maximale est située sur la face externe en début de mouvement et sur la face interne en fin de mouvement. Si l'on observe la surface active d'un broyeur, l'axe de l'usure est dévié vers la gauche si l'utilisateur est droitier et vers la droite si l'utilisateur est gaucher (Fig. 116).

Sur un exemplaire daté du Hallstatt, nous avons ainsi pu identifier deux mains, une des faces ayant été utilisée par un droitier et la seconde par un gaucher (Fig. 117).

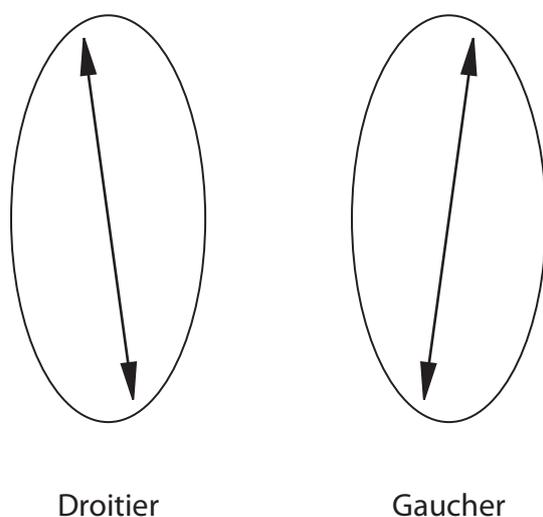


Fig. 116 Schéma représentant l'axe d'usure préférentiel de la surface active d'un broyeur en fonction de la main qui le manipule.

d'utilisation étant clairement distinctes de celles lisibles sur ces deux catégories fonctionnelles.

Cette approche ouvre de nouvelles perspectives de recherche, notamment un travail renouvelé des typologies des supports de broyage, en incluant les broyeurs avec lesquels ils fonctionnent. Au delà des mortiers, d'autres formes d'outils passifs sont à envisager. Nous avons ainsi pu identifier un support de broyage découvert sur le site du Lycée militaire à Autun, dont la morphologie est différente de celle des mortiers (fig. 117). La recherche concernant les associations de matériaux dans le couple broyeur et support de broyage est également une piste intéressante à envisager, d'autant plus que le choix des matériaux est sans doute lié à la nature de la matière à broyer.

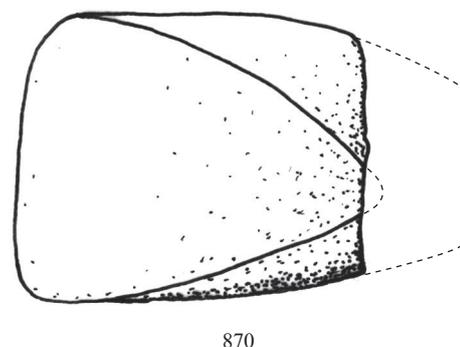


Fig. 117 Broyon utilisé sur une face par un droitier (haut) et sur la seconde par un gaucher. La Peute Combe, Plombières-lès-Dijon, Côte-d'Or.

3. Conclusion

Les problématiques posées par les broyeurs au début de cette étude sont en grande partie résolues. Il est possible de distinguer broyeurs culinaires et broyeurs techniques, même si ces derniers ne peuvent être reliés exclusivement aux activités de **transformation** des métaux. De plus, nous pouvons définitivement écarter les interprétations fréquentes de **tas** ou de brunissoirs, les traces



581

Échelle 1 : 2

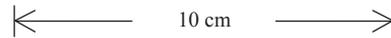


Fig. 118 Table de broyage en grès. *Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.*

Au sujet de cette dernière, les analyses de polis d'usure pourraient permettre de mieux l'identifier et de préciser l'utilisation des outils

de broyage, non seulement dans les activités de mise en forme des métaux ou d'autres produits, mais également dans les activités culinaires.



Matières premières et ressources

L'objectif de ce chapitre est de développer une problématique que nous avons à peine esquissée dans les chapitres précédents : celle des sources d'approvisionnement en matière première. Il s'agit de mieux comprendre comment s'organisent, à l'échelle d'un site, les circuits d'approvisionnement en matériaux lithiques, dans le cas particulier du petit outillage. En d'autres termes, reconstituer l'économie de la pierre, travail réalisé par ailleurs, avec profit, sur la thématique des meules (Boyer, Fronteau 2011). Une telle problématique nécessite de croiser les données liées à la typologie fonctionnelle des outils, l'analyse des propriétés mécaniques des roches et la détermination de leur provenance. Cette question des sources de matière première sera abordée à partir du mobilier des sites de Bibracte et d'Autun/Augustodunum, qui ont livré deux des plus importants lots de notre corpus.

Sur le site de Bibracte, la détermination lithologique des roches a été presque entièrement réalisée par François Boyer (chercheur associé à Bibracte) et une partie des sites d'approvisionnement a déjà pu être identifiée. Malheureusement, ces données sont encore partielles. Nous n'avons donc pu prélever les échantillons nécessaires à la réalisation des analyses des propriétés mécaniques de roches, travail qui nécessite des moyens conséquents.

Pour Autun, deux opérations ont été prises en compte : le Lycée militaire (Chardron-Picault, Pernot 1999) et le Faubourg d'Arroux (Alix à paraître). Nous avons effectué une détermination lithologique plus élémentaire. Les sources d'approvisionnement précises restent donc inconnues. De plus, certaines pièces n'ayant pas été conservées, nous sommes confrontés à une perte de données dommageable nous privant d'une vision complète. Néanmoins nous avons pu mettre en évidence des différences importantes avec le site plus ancien de Bibracte, montrant que des sites proches peuvent développer des stratégies d'approvisionnement différentes.

1. Le cas de Bibracte

Le Mont Beuvray a livré un corpus total de 170 individus. Sauf quelques exceptions, notamment deux affiloirs de l'âge du Bronze, toutes les pièces identifiées se rapportent à la phase d'occupation qui correspond à l'oppidum de Bibracte. La majorité du corpus est composé d'outils lithiques (146 individus). La détermination lithologique des roches permet d'en retrouver l'origine, donc de restituer les zones d'approvisionnement et les axes d'échanges correspondant à ces matériaux. Nous avons été aidé dans ce travail par François Boyer (chercheur associé à Bibracte), qui s'est obligeamment chargé d'examiner la plupart des pièces, d'en déterminer la nature et souvent la provenance (n° d'étude 1 et 3).

1.1. Méthodologie

L'étude lithologique du mobilier abordé ici n'étant pas au centre de notre démarche, il n'était pas possible d'entreprendre un travail exhaustif sur le sujet. Il aurait pourtant été souhaitable de pouvoir déterminer la provenance précise de toutes les roches représentées dans notre corpus, afin de mettre en évidence les réseaux d'approvisionnement et les carrières. En d'autres termes, reconstituer l'économie de la pierre, travail réalisé par ailleurs, avec profit, sur la thématique des meules (Boyer, Fronteau 2011). Il nous a fallu travailler à un degré de précision inférieur, pour pouvoir intégrer ici cette thématique. À partir de la détermination des roches et de la connaissance des principales sources d'approvisionnement, nous avons cherché à comprendre comment les ressources géologiques avaient pu contraindre le choix des roches utilisées pour la fabrication des différentes catégories d'outils.

La détermination des roches a été effectuée par examen visuel et sous binoculaire, complété dans certains cas par une recherche de terrain pour déterminer la provenance précise

de la roche, ou du moins situer un gîte possible pour un matériau donné. Les données ainsi accumulées sont encore incomplètes et seul un programme de recherche spécifique permettra à terme un travail exhaustif à l'échelle du site. Faute d'une cartographie précise des sources de matériau, nous avons choisi de travailler sur la base d'aires d'approvisionnement.

La notion d'aire d'approvisionnement permet de suppléer à l'imprécision des données concernant les sources des matériaux répertoriés. Nous en avons déterminé arbitrairement trois, à partir du temps de déplacement nécessaire pour atteindre la ressource depuis le site.

L'aire locale correspond aux ressources disponibles sur le site ou à proximité immédiate. Nous avons considéré qu'elle correspondait à un rayon de 5 km autour du site, soit une heure de marche.

L'aire régionale correspond à un espace géographique plus large, jusqu'à 45 km du site, soit une journée de marche. Cette distance est mesurée à vol d'oiseau, la contrainte du relief étant trop complexe pour être prise en compte ici.

Au delà des 45 km de l'aire régionale, nous avons considéré que l'approvisionnement en ressources géologique relevait de circuits d'importation.

1.2. Les ressources connues

Les ressources géologiques autour du Mont Beuvray sont variées (Boyer 1996). Elles diffèrent en fonction de l'aire de répartition observée (Fig. 120).

Localement, les ressources sont surtout composées de rhyolite (rhyolite aphanitique et rhyolite microgranite) et de granite.

À l'échelle régionale, les ressources sont nettement diversifiées. Aux roches volcaniques s'ajoutent les roches sédimentaires siliceuses (grès) et calcaires. Des terrasses alluviales quaternaires, entaillées par l'érosion récente, offrent également des ressources variées. L'une d'entre elles a été identifiée à une quinzaine de kilomètres du site, au lieu-dit *Méchet*, par François Boyer. Nous l'avons accompagné en

prospection sur place et avons pu observer l'importante variété des roches, se présentant sous forme de galets.

Au-delà de l'échelle régionale, c'est bien entendu toute la variété des roches qui peut être envisagée.

1.3. Identification des sources géologiques du corpus du Mont Beuvray

La variété des roches représentées dans le corpus des outils lithiques du Mont Beuvray est particulièrement importante. Au moins 16 roches différentes peuvent être recensées : hyolite, dacite, microgranite, rhyolite-microgranite, brèche rhyolitique, cinérite, granite, lamprophyre, schiste, pélite, quartz, chaille, silexite, grès, quartzite, calcaire dolomitisé, dolomie. Cet inventaire ne donne qu'une idée partielle de la diversité des roches. On peut ainsi identifier au moins 6 grès et 4 pélites différents.

La répartition de ces roches en fonction de leur aire d'approvisionnement est surprenante. Au lieu d'une importance inversement proportionnelle à la distance d'approvisionnement, la majorité des roches provient de l'aire d'approvisionnement régionale (Fig. 119). Avec seulement 2 %, les importations semblent anecdotiques. Les indéterminés, qui représentent 7,5 % du corpus, sont presque exclusivement constitués par des roches n'ayant pu être étudiées par François Boyer et que nous même ne sommes pas parvenu à identifier.

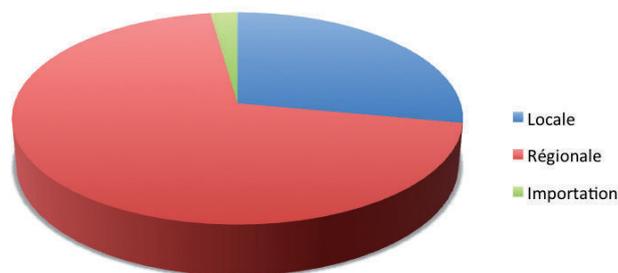


Fig. 119 Exploitation des ressources géologiques de Bibracte par aire d'approvisionnement, montrant la prédominance des roches régionales sur les roches locales et la présence faible des roches importées.

Fig. 120 Cartographie des ressources géologiques autour du site de Bibracte et aires d’approvisionnement en matières premières (d’après Boyer 1996).

1.4. Les roches locales

54 % des outils fabriqués en roche locale sont des outils de broyage. Ce sont des outils qui subissent de faibles contraintes, pour lesquels on observe généralement une très forte diversité de matériau de fabrication. Ils nécessitent donc un faible investissement dans le choix de la matière première.

Les écofactes et les indéterminés occupent également une place importante parmi les roches locales, avec respectivement 11 et 8 % de l'ensemble. Les écofactes constituent un cas particulier. Il peut s'agir bien entendu d'éléments appartenant au substrat et prélevés par erreur, mais on observe par ailleurs une pratique importante du ramassage d'écofactes à une échelle régionale (voir *infra*). Il faut rester prudent avant d'exclure ces éléments des inventaires.

Les outils d'aiguisage sont totalement absents du corpus des roches locales et les abrasifs sont représentés par un unique outil opportuniste, dont les traces d'usures sont discrètes, donc plus proches d'un artefact que d'un outil (152). La nature des roches locales, rhyolite et granite, ne se prête pas à la fabrication de ces outils. Il ne s'agit pas d'un choix délibéré mais d'une absence de ressource sur place.

Le dernier ensemble d'outils fabriqués en roche locale est composé d'une série de supports de frappe : une **enclume** ordinaire (183), un **tas** ordinaire (231), une table à main (228), une **matrice** en rhyolite (211) et une **matrice** en granite (210). Nous avons vu au chapitre concernant ces outils que si le granite est une roche habituellement utilisée pour la fabrication de **matrice**, la rhyolite est au contraire peu adaptée à la fabrication de supports de frappe, comme le montrent les nombreuses fissures ou fractures relevées sur ces outils. De même, un pic et une masse en rhyolite ont été découverts sur le site, outils subissant des contraintes similaires à celles des supports de frappe.

Les roches d'origine locale sont donc utilisées essentiellement pour la fabrication d'outils courants subissant de faibles contraintes. Mais des outils plus complexes, devant résister à des contraintes fortes, sont également fabriqués dans

ces roches, même si celle choisie, la rhyolite, n'est pas le choix le plus adapté.

1.5. Les roches régionales

Les outils en roches provenant d'approvisionnement à l'échelle régionale montrent une importante variété de fonctions. Tous les outils d'aiguisage et la plupart des abrasifs relèvent de cette catégorie de roches. Ils en représentent respectivement 14 et 22,5 %, auxquels il faut ajouter les 3 brunissoirs (3%).

Étonnamment, les outils de broyage sont également nombreux, presque exclusivement des broyeurs techniques. Ils représentent en tout 15 % des pièces constituées de roches régionales. Pourtant, nous avons vu que les roches locales étaient abondamment employées pour ce type de fonction.

Parmi les outils, il faut également noter la présence de deux supports de frappe : une **enclume** lourde (182) et un marbre (205), deux outils exceptionnels à l'échelle du site et même au delà (à notre connaissance, il n'existe pas de comparaison pour cette période). Le lieu de provenance de l'**enclume** lourde a été identifié par François Boyer à 40 km de distance du site, ce qui montre un investissement important pour rechercher une roche adaptée à la fonction de l'outil.

Le groupe le plus important reste néanmoins celui des écofactes, avec 30 % des pièces en roches régionales. Il s'agit presque exclusivement de galets et de graviers, dont une des sources possibles a été identifiée au lieu-dit *Méchet*, à 15 km du Mont Beuvray. Quelques objets découverts sur le site sont constitués de tels galets bruts, notamment les brunissoirs (78, 127, 128), quelques percuteurs (220, 222, 223, 877, 878) et molettes (214, 219). Une partie des écofactes collectés et apportés sur le Mont Beuvray pourrait donc correspondre à de futurs outils. D'autres, de la taille de graviers (191, 192, 193, 194, 195), ont pu être apportés accidentellement, lors de la collecte des pièces de plus grande taille.

La présence de galets et de graviers déplacés est également documentée sur d'autres sites.

Nous avons pu en identifier quelques exemplaires lors des tamisages des sédiments présents au fond de la cave 6001 de l'oppidum de Nasium/Boviolles (Dechezleprêtre 2009). Pour le moment, nous n'avons pu trouver aucune explication à leur présence. Sur le site de Corent, des galets ont été apportés au XIX^e siècle, lors des apports de limon destinés à l'amendement des sols cultivés (Mathieu Demierre, communication orale).

La question de la présence d'écofacts transportés sur le site du Mont Beuvray (ou d'autres sites) n'est pas tranchée et les hypothèses restent ouvertes. Il serait souhaitable qu'une attention soutenue à la présence de tels éléments soit apportée à l'avenir, en espérant qu'une telle démarche nous permette de mieux comprendre le phénomène.

1.6. Les roches importées

Seuls trois occurrences de roches importées ont été identifiées. Il s'agit exclusivement d'abrasifs en pierre ponce, dont la source la plus proche est constituée par le Massif Central. Nous avons vu au chapitre consacré à cette catégorie d'outils que la présence de pierre ponce en contexte de **métallurgie de transformation** était courante, dès l'âge du Bronze. Elle montre que les opérations de finition requièrent des matériaux aux qualités précises, qui sont importés si besoin sur des distances importantes. Les qualités abrasives de la ponce en ont fait un des abrasifs les plus utilisés, jusqu'à son remplacement par l'émeri à la fin du XVIII^e siècle (Landrin 1835).

1.7. Le cas des matériaux uniques

Un cas de figure intéressant mérite quelques approfondissements. Il s'agit de celui des outils fabriqués dans un matériau pouvant être considéré comme unique à l'échelle de ce corpus. Ils révèlent un soin particulier dans la recherche d'une matière première aux qualités exceptionnelles, dans un but précis. Deux outils entrent dans cette catégorie : l'**enclume** lourde 182 et le marbre 205.

1.7.1. L'enclume lourde 182

Cet outil était posé sur le sol, dans l'atelier de bronzier de *la Porte du Rebut*. Il ne fait aucun doute qu'elle est en position de remploi, un tel outil étant totalement disproportionné pour la fabrication de fibules. Elle est constituée d'un bloc de grès rhétien bien cimenté, provenant probablement du hameau d'Angôte, commune d'Alleray (Côte-d'Or), à 40 km à vol d'oiseau du Mont Beuvray. Il s'agit d'un bloc brut, sans traces de mise en forme. Il n'a donc pas été extrait, mais simplement ramassé. Il s'agit de la seule occurrence de cette roche sur l'ensemble du site, avec un abraseur trouvé à proximité (148), taillé vraisemblablement dans un fragment de l'**enclume**.

Les traces d'utilisation perceptibles sur cet outil sont particulièrement intéressantes. Elles se présentent sous forme de disque de percussion ayant profondément marqué la roche. De l'ensemble de notre corpus de supports de frappe lithiques, il s'agit de l'outil qui porte les marques de frappe les plus puissantes. Pourtant, aucune fissure n'est visible sur l'outil : les traces de cassures sont toutes intentionnelles et aucune n'a pour origine un des disques de percussion. La différence avec les supports de frappe en rhyolite, plus courants sur le site, est manifeste. La roche est ici parfaitement adaptée à une utilisation comme support de frappe, puisqu'elle garde jusqu'au bout son intégrité.

Il y a là une preuve, non seulement d'une parfaite connaissance des ressources géologiques, mais également de la capacité de vérifier les qualités mécaniques d'un bloc qui aurait pu avoir été altéré par son exposition aux aléas climatiques. On peut supposer que les méthodes employées se rapprochaient de celles des carriers extrayant le grès à pavés, qui distinguaient trois qualités de grès en fonction de leur sonorité sous le marteau : grès pif, paf et pouf (Bertin 1939).

Pour cet outil exceptionnel, dont nous n'avons pas trouvé d'équivalent pour cette période, la sélection de la roche a été particulièrement rigoureuse. Le fabricant de l'**enclume**, qui pourrait être l'**ouvrier** qui l'a utilisée, ne s'est pas contenté de la roche présente locale-

ment. Il n'est pas impossible que d'autres **enclumes** lourdes réalisées dans le même matériau soient mises au jour.

1.7.2. *Le marbre 205*

Ce marbre est taillé dans un bloc de grès à feldspaths, unique dans notre corpus. Ce type de grès se forme en eau calme, ce qui implique un dépôt parfaitement horizontal. La surface active de l'outil correspond à un joint de banc qui a été dégagé par éclatement, libérant une surface parfaitement horizontale. La provenance précise de la roche n'a pour le moment pas été identifiée. Contrairement à l'**enclume** lourde, il s'agit d'un bloc entièrement taillé. Il pourrait avoir été extrait d'un banc en place, même si rien n'interdit qu'il puisse s'agir d'une retaille d'un bloc issu du démantèlement d'un affleurement (communication orale François Boyer). Ces détails de la fabrication révèlent une parfaite connaissance de la roche et de ses particularités, qui ont été employées au mieux pour la fabrication de l'outil.

La valeur de cet outil est soulignée par la présence de mortaises sur ses tranches. Elles ne sont d'aucune utilité pour l'installation du support de frappe, puisque celui-ci était enchâssé dans le sol. Trop fragiles, elles ne peuvent servir à le soulever. Leur seule fonction envisageable est de stabiliser l'outil sur un brancard de transport. Elles évitent le passage d'une corde sur la surface active, qui risquerait par frottement d'endommager la fragile surface de la pierre.

Il s'agit à bien des égards d'un outil exceptionnel, dont le matériau a été spécifiquement choisi pour la fabrication de ce type d'outil.

1.8. Conclusion

La question des sources d'approvisionnement en matériau est un phénomène complexe. En croisant l'analyse lithologique avec l'analyse fonctionnelle, on remarque qu'une même catégorie fonctionnelle d'outil peut être fabriquée dans des matériaux provenant d'aires d'approvisionnement différentes. Si le phénomène est facilement explicable pour les supports de frappe ou les abrasifs, qui requièrent des qualités va-

riables de matériaux suivant leur fonction précise, il est plus difficile à comprendre s'agissant des broyons, pour lesquels rien ne semble distinguer ceux fabriqués en roches locales de ceux fabriqués en roches régionales.

Dans l'état, il est difficile d'interpréter ce phénomène. Seule une recherche des lieux de provenance précis de l'ensemble des roches répertoriées pourra nous apporter des arguments. Néanmoins, à défaut de pouvoir comprendre certains choix, la variété des approvisionnements lithiques dénote déjà une connaissance à vaste échelle des ressources géologiques susceptibles d'être exploitées.

Il faut ajouter que l'utilisation de la rhyolite pour de nombreux outils dénote une parfaite maîtrise des techniques de mise en forme de ce matériau difficile à tailler. La variété des outils fabriqués dans cette roche : **enclume**, **tas**, **matrice**, pic, masse, broyon, dénote une exploitation maximale de la ressource locale, malgré les difficultés qu'elle recèle.

Tous ces éléments montrent que la civilisation de La Tène, souvent qualifiée de civilisation du bois à cause de son architecture, maîtrise parfaitement les techniques de mise en forme de la pierre et sait exploiter parfaitement ses propriétés pour des emplois parfois sophistiqués, comme la fabrication d'un marbre parfaitement plan en exploitant les propriétés particulière du grès feldspathique.

2. Le cas d'Autun

La ville d'Autun a livré un riche corpus, provenant de deux opérations : le Lycée militaire (Chardron-Picault, Pernot 1999) et le Faubourg d'Arroux (Alix à paraître), soit 268 pièces lithiques. La comparaison avec le site de Bibracte est particulièrement intéressante: les deux sites se succèdent dans le temps et les ressources géologiques locales et régionales sont similaires (Fig.121).

Nous ne reviendrons pas sur la méthodologie déjà présentée plus haut. Seule différence notable, aucune étude lithologique complète n'a été menée sur cet ensemble. Seules quelques déterminations ont été effectuées obligeamment

Fig. 121 Cartographie des ressources géologiques autour du site d'Autun et aires d'approvisionnement en matière première (d'après Boyer 1996).

par Claude Gourault (ingénieur d'étude). Nous avons dû déterminer nous-même la nature de la plupart des objets inventoriés. Seuls 5 individus restent indéterminés.

La variété lithologique du corpus d'Autun est nettement plus réduite que celui de Bibracte, avec une nette domination du grès (75 %) et dans une moindre mesure du granite (9,5 %). La répartition entre les trois cercles d'approvisionnement est également différente (Fig. 122).

2.1. Les roches locales

Étant donnée l'importance du grès et du granite, les roches locales dominent largement. Elles représentent 83 % de l'ensemble, exclusivement du grès et du granite, à l'exception d'un **meulet** en schiste.

La plupart des abrasifs, des outils d'aiguisage, des outils de broyage et des supports de frappe sont ainsi réalisés en roches locales. Les sources d'approvisionnement sont sans doute multiples, puisque les qualités de grès sont variables, mais en l'état il ne semble pas que des sources hors de l'aire d'approvisionnement locale aient été utilisées.

L'emploi abondant du grès pour les abrasifs et les supports de frappe n'est pas étonnant, puisqu'il s'agit de la matière la plus courante pour les abrasifs et la plus résistante pour la fabrication des supports de frappe.

Le granite pour sa part est employé principalement pour la fabrication des **Matrices** et des broyens. Ces deux utilisations du matériau sont courantes et déjà attestées sur le site de Bibracte.

L'utilisation de roches locales est ici parfaitement expliquée par la présence de roches de qualité, parfaitement adaptées à la fonction à laquelle elles sont destinées.

2.2. Les roches régionales

Les roches régionales ne représentent que 5 % du corpus. Il s'agit essentiellement de broyens en quartzite, ainsi que d'une **enclume** ordinaire en calcaire (787). Dans ce dernier cas, il s'agit d'une réutilisation d'un élément archi-

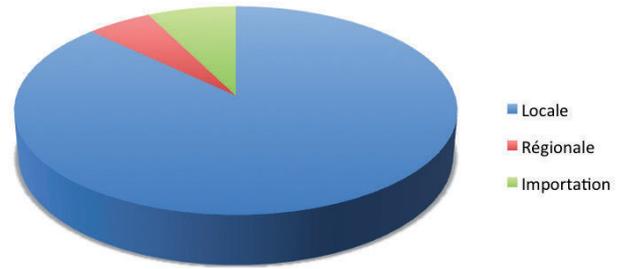


Fig. 122 Exploitation des ressources géologiques d'Autun par aire d'approvisionnement.

tectural et en tant que tel nous pouvons considérer qu'il s'agit d'un approvisionnement local.

Comme pour le site de Bibracte, on remarque une concurrence des roches régionales avec les roches locales pour la fabrication des broyens. Même si la proportion est plus faible, le fait est significatif. Il s'agit ici uniquement de broyens techniques. Il pourrait s'agir d'une recherche d'un matériau plus résistant pour le broyage d'une matière particulièrement dure.

2.3. Les roches importées

Les roches importées forment 7 % du corpus étudié. Il s'agit essentiellement d'abrasifs en pierre ponce, ainsi qu'un broyon en roche verte (Alpes ?) et un aiguisoir dans un matériau similaire, qui semble être une réutilisation d'une hache polie (649).

L'importation de pierre ponce pour la fabrication d'abrasifs est un phénomène bien connu depuis l'âge du Bronze, comme le prouve l'exemple du Fort-Harrouard à Sorel-Moussel (Mohen, Bailoud 1987). Il souligne la qualité de cet abrasif qui semble incontournable pour certaines opérations.

2.4. Conclusion

Le site d'Autun/Augustodunum révèle une situation nettement différente de celle du site de Bibracte. Ce sont essentiellement les ressources locales qui sont exploitées, l'aire d'approvisionnement régionale n'est utilisée que de façon marginale. Ce recentrage sur les ressources locales est sans doute dû en partie au changement d'en-

vironnement géologique par rapport à Bibracte, mais d'autres facteurs peuvent être à l'œuvre, avec une modification de la logique d'exploitation de l'environnement géologique.

L'importation ne concerne qu'une variété restreinte de roches, essentiellement la pierre ponce, dont aucun équivalent n'est disponible sur place. Elle marque une continuité par rapport à la période de l'*oppidum*, avec la pérennité d'un circuit d'approvisionnement

3. Conclusion

Ces quelques études de cas sont révélateurs des perspectives offertes par notre objet d'étude. Il s'agit d'une source d'informations de premier ordre pour la caractérisation des productions métallurgiques (matières travaillées, pièces produites), mais aussi pour l'identification des systèmes de production. Les supports de frappe, notamment, permettent de désigner les postes

de travail, donc de mieux comprendre l'organisation de l'espace dans la cellule de production. Cette documentation en quelque sorte nouvelle, utilisée en complément de l'étude des fabricats, laisse augurer des progrès significatifs dans l'étude de la **métallurgie de transformation**.

Les problématiques liées aux circuits d'échanges par lesquels passe l'approvisionnement en matière première lithique sont également prometteuses : identification précise des roches, de leur lieu de provenance, recherche d'éventuelles carrières... Les comparaisons avec des travaux similaires plus avancés, comme ceux portant sur les meules, devraient être riches d'enseignements. Il est tout à fait envisageable d'aborder ces problématiques à l'échelle de l'ensemble de l'outillage lithique d'un site. Cela devrait être possible sur le site de Bibracte, où l'analyse des outils de mouture, réalisée de façon conjointe par François Boyer et Luc Jacotey (Inrap), et celle du reste de l'outillage lithique sont menées en parallèle.



Les apports de l'outillage lithique : l'exemple du Lycée militaire

La fouille du Lycée militaire à Autun (1992-1993) a été réalisée sous la direction de Pascale Chardron-Picault (ville d'Autun) et Laurent Vaxelaire (Afan). De nombreux **ateliers de transformation** du fer et des **cupro-alliages** ont été identifiés, ce qui a conduit à qualifier l'espace fouillé de « quartier d'artisanat métallurgique ».

Cette opération a fait l'objet d'une publication de synthèse (Chardron-Picault, Pernot 1999) et d'un mémoire de DEA consacré au mobilier en fer (Larcelet 1999). Mis à part un **tas** en fer (941), tout le corpus du Lycée militaire que nous avons traité est composé d'outils lithiques. Ce sont les seuls vestiges liés à la **métallurgie** à ne pas avoir été abordés dans les deux travaux précédemment cités. Ce cas de figure offre donc l'opportunité de croiser les données issues du mobilier « classique » et de l'outillage lithique habituellement délaissé, afin de mettre en évidence l'intérêt d'une approche globale des vestiges de la **métallurgie**.

Après une présentation générale de l'urbanisme de la parcelle dégagée et de la méthodologie employée par les chercheurs ayant travaillé sur le site, nous aborderons successivement chacune des trois phases d'occupation, en distinguant les données déjà connues de celles obtenues par l'étude du corpus lithique. Enfin, nous aborderons les productions identifiées sur le site de façon indifférenciée, les données manquant pour situer les productions.

1. Implantation générale de l'occupation

La fouille a couvert une emprise de près de 1 ha (9 500 m²), contre la bordure sud-est du rempart romain. Cinq îlots urbains ont été touchés par la fouille, nommés A, B, C, D, E. Seul l'îlot C a été fouillé intégralement, sur une superficie de 1 900 m². L'îlot E a été dégagé sur près de 50 %, mais il est de très petite taille. Les autres ne sont touchés que de façon très partielle par l'opération.

1.1. La position de la fouille dans la ville romaine

Comme la plupart des villes romaines, le plan d'Augustodunum est construit à partir de modules orthogonaux. L'adaptation au terrain, aux nécessités urbaines (emplacement des grands édifices ou du centre monumental), ou au tracé du rempart, peut en modifier localement la forme. Les îlots urbains ainsi délimités peuvent être considérés comme des quartiers. Or, des cinq îlots urbains touchés par la fouille, seul l'îlot C a été fouillé intégralement. S'il faut parler de quartier, cela ne peut concerner que ce dernier. Les quatre autres îlots, dont deux seulement sont de module complet, n'ont été fouillés que partiellement (Fig. 123).

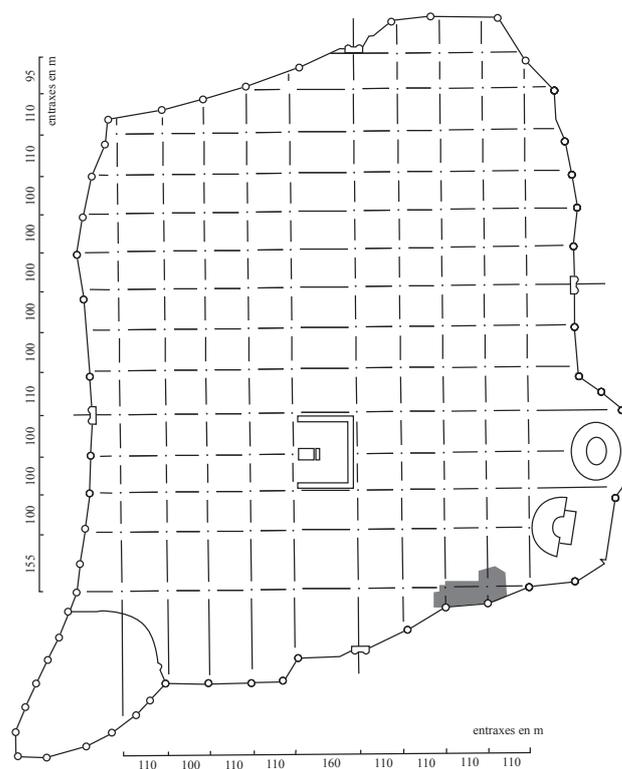


Fig. 123 Implantation de l'opération du Lycée militaire sur le plan théorique de l'urbanisme de la ville d'Autun/Augustodunum (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999).

Du fait de sa taille réduite, entre un tiers et un quart des modules complets attestés dans la ville, se pose la question de la pertinence à considérer

l'îlot C comme un quartier. D'autant plus qu'à aucun moment l'ensemble de l'espace n'est bâti : la bordure du *decumanus* est toujours vierge de construction et l'ensemble architectural est placé en retrait par rapport à la voie de circulation.

Nous n'emploierons pas le qualificatif de quartier pour désigner la fouille du Lycée militaire, afin de ne pas créer de confusion en considérant l'ensemble de l'espace touché par la fouille comme un espace cohérent. Sans une connaissance élargie de l'urbanisme de ce secteur, il n'est pas possible de comprendre l'articulation entre les différents îlots urbains.

1.2. Le lotissement dans l'espace de la fouille

Lors de la fouille, l'unité de base utilisée pour analyser l'architecture du secteur du Lycée militaire a été la pièce. Chaque pièce fermée par quatre murs a été considérée comme un espace indépendant, englobé dans l'ensemble plus large que constitue le bâtiment. Un atelier correspond ainsi à une pièce.

Ce parti pris pose un problème, car si l'on observe l'organisation des pièces, il est évident que certaines fonctionnent ensembles, l'accès de l'une passant par l'autre. Dans certains cas, une série de pièces formant un ensemble cohérent sont ainsi artificiellement séparées, faussant le dénombrement des **ateliers**. Nous verrons qu'en rétablissant les liens entre les différentes pièces, la lecture des vestiges s'en trouve modifiée.

2. Méthodologie

Pour permettre une comparaison aisée avec la publication du Lycée militaire, nous avons tenté, autant que faire se peut, de conserver la méthodologie employée par les auteurs de l'étude. Ceux-ci distinguent les **ateliers** en fonction du métal travaillé et du type de production.

Parmi les **ateliers** ayant travaillé les **cupro-alliages**, une distinction a été établie entre **ateliers** de fonderie/post-fonderie et de post-fonderie. Cette distinction est basée notamment sur la présence de structure de fusion. Ce parti-pris pose un problème méthodologique, car il consi-

dère que les **ateliers** d'où les structures de fusion sont absentes ne peuvent fonctionner indépendamment des **ateliers** de fonderie. Or, les **cupro-alliages** peuvent être mis en forme par déformation plastique à partir de **demi-produits**. Les **ateliers** sans structure de fusion peuvent fonctionner indépendamment des **ateliers** de fusion. Par exemple, on ne peut considérer un atelier de chaudronnerie comme un sous-traitant de l'atelier lui fournissant les **demi-produits** sous forme de **tôle**. De plus, la notion de post-fonderie mélange les opérations de déformation plastique et de finition par abrasion, ce qui ne permet pas une lecture claire de la chaîne opératoire.

Les **ateliers** de **transformation** du fer ont été répartis en deux groupes : **forge** légère et **forge** lourde. Malheureusement, cette distinction n'est pas explicitée. Il n'est donc pas possible de la discuter, malgré tout l'intérêt qu'elle peut comporter. Elle reste d'autant plus difficile à comprendre que la publication envisage uniquement une production de petits objets, ce qui est confirmé par le travail d'Anne Larcelet (Larcelet 1999).

3. Les ateliers de la phase 1

Nous aborderons cette phase comme les suivantes en deux temps : une mise au point des données déjà recensées, suivie d'un état des connaissances augmenté par les informations tirées de l'étude de notre corpus.

3.1. L'état des données

Des incohérences existent dans la publication du Lycée militaire entre les descriptions et la représentation des **ateliers** sur le plan de l'opération. Nous avons dû les corriger. Huit **ateliers** qui sont clairement identifiés dans les descriptions ont été ajoutés : les pièces 1-23, 1-27, 1-28, 1-41, 2-1, 2-4, 2-44 (Fig. 124).

On remarque de prime abord une certaine dispersion des **ateliers**, qui sont groupés en ensembles constitués de quelques pièces. Il s'agit uniquement d'atelier de **transformation** des **cupro-alliages**. Un examen des accès aux diffé-

rentes pièces montre que certains **ateliers** sont en fait composés de plusieurs pièces.

Dans l'îlot A, les pièces 3-8 et 3-9 communiquent largement et forment un ensemble dans lequel aucun élément lié à la fonderie n'a été identifié.

Dans le bâtiment C de l'îlot C, les pièces 2-2, 2-3, 2-4 et 2-7 forment un ensemble s'articulant autour de la pièce 2-3. À l'exception de la pièce 2-7 qui donne sur la rue, toutes présentent des indices de fonderie et de post-fonderie. Cette démultiplication d'une même activité dans trois pièces différentes montre que nous ne sommes pas en présence d'une simple unité de production artisanale. La démultiplication des postes de travail est un indice de production de type **industriel**. Nous sommes d'avantage en présence d'une **manufacture** que d'un atelier d'artisan.

Dans le bâtiment E de l'îlot C, les pièces 1-29 et 1-30 forment également un ensemble, les deux pièces étant réunies par un accès et séparées uniquement par une cloison en matériaux « périssables ». Il n'est pas certain que cette limite fermait les deux espaces. Elle pouvait simplement matérialiser une séparation sur

quelques dizaines de centimètres de hauteur. Aucune des deux pièces ne conserve de trace de fusion du métal.

Toujours dans le bâtiment E de l'îlot C, les pièces 1-39 et 1-2 communiquent et forment un ensemble. Le fait que l'une d'elles soit attribuée aux activités de fonderie-post-fonderie et la seconde à la post-fonderie montre que la division des tâches dans l'espace de la cellule de production n'est pas clairement défini, contrairement au schéma classique généralement admis, qui établit deux zones distinctes pour la fonderie et les autres activités (Pernot 1998). Ici, une pièce dévolue aux deux types d'activités fonctionne avec une seconde pièce où la fusion n'est pas pratiquée.

Dernier cas de figure, dans l'îlot D, les pièces 1-23, 1-41 et 1-28 forment un ensemble, toutes trois communiquant. Aucune ne comporte de vestige de fusion du métal. Encore une fois, apparaît une organisation complexe qui s'éloigne du modèle artisanal pour se rapprocher du système de production **industriel**, avec la démultiplication des postes de travail dans une même unité de production.

3.2. Les nouvelles données

L'examen du mobilier lithique nous a conduit à réviser légèrement l'image de la **métallurgie** à l'état 1. Dans les pièces 1-3, 1-30 et 2-44, dans lesquelles le travail des **cupro-alliages** est attesté, des abrasifs portent des résidus de travail du fer (Fig. 125).

Dans la pièce 1-3, les traces d'utilisation concernent des objets fabriqués à partir de **demi-produits ronds** et **carrés**, de gabarit moyen.

Dans la pièce 1-30, les productions sont plus diversifiées, avec le travail de **plats** de gabarit moyen (10-40 mm de large), mais également

des objets fabriqués à partir de **ronds** de petite taille : fibules, aiguilles ou épingles.

Dans la pièce 2-44, les **demi-produits** utilisés sont des **ronds** et des **plats** de petit ou moyen gabarit, avec également des traces d'aiguisage de pointes (aiguilles, fibules ou épingles par exemple).

De toute évidence, le travail du fer est déjà présent à la phase 1. Cette hypothèse avait déjà été avancée par Anne Larcelet sur la base de l'étude du mobilier en fer (Larcelet 1999). L'association du travail du fer et des **cupro-alliages** dans un même atelier montre que la séparation des métaux n'est pas aussi claire qu'il y paraît.

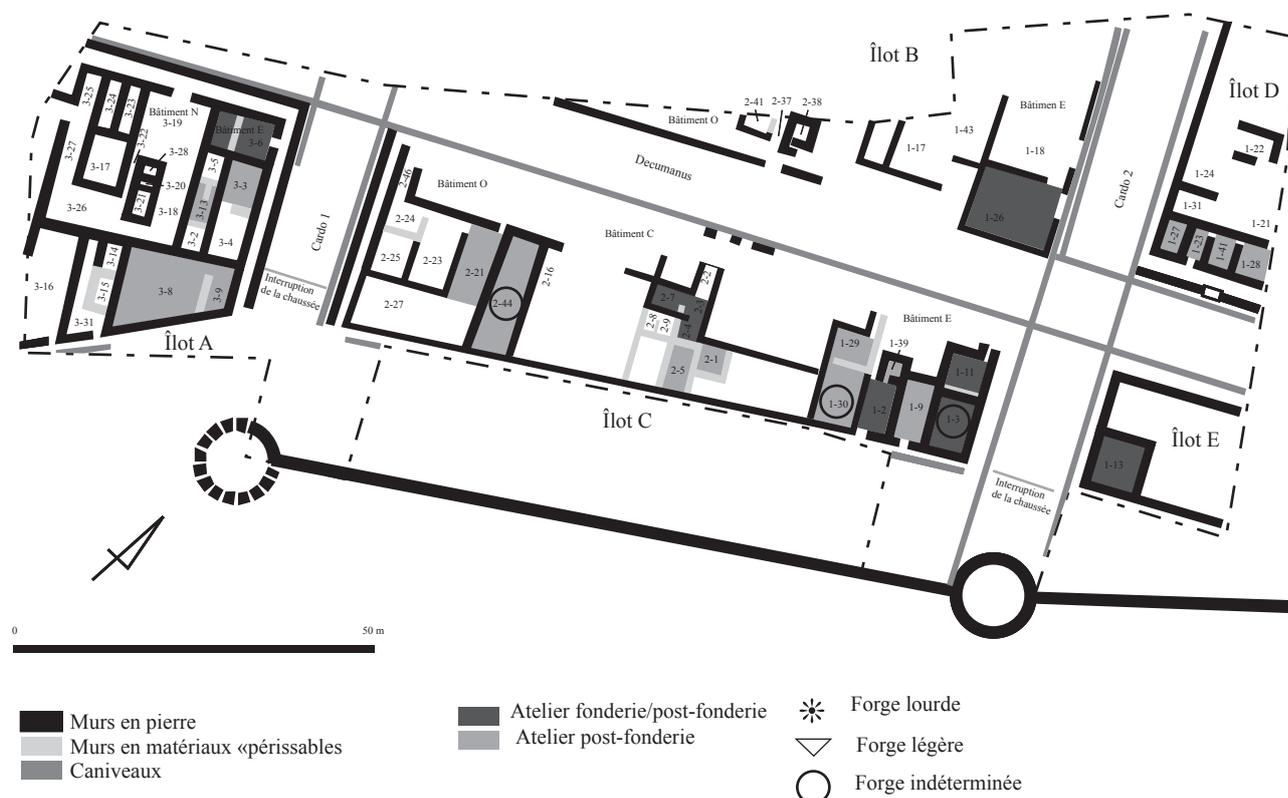


Fig. 125 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 1, en tenant compte de l'apport de l'outillage lithique (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999).

4. Les ateliers de la phase 2

4.1. L'état des données

Sur le plan de la phase 2, deux **ateliers de transformation des cupro-alliages** décrits

dans la publication ont été omis : 1-22 et 2-6. Le second atelier n'apparaissant sur aucun plan, nous n'avons pas pu le situer. Trois **ateliers de transformation** du fer n'ont pas été représentés : les pièces 2-21, 2-24 et 3-6 que nous avons rajoutées comme **forges** indéterminées (Fig. 126).

Lors de la phase 2, on observe un recentrage des activités métallurgiques sur l'îlot C. Seuls quatre ateliers sont situés en dehors. On observe une multiplication des **ateliers de transformation** du fer.

Par rapport à la phase précédente, les **ateliers complexes** ou **manufactures** sont moins

nombreux, puisque seuls deux cas sont visibles : les pièces 2-19 et 2-16 du bâtiment C de l'îlot C et les pièces 1-2 et 1-6 du bâtiment E. Dans les deux cas, ce sont des **ateliers de transformation des cupro-alliages** dans lesquels aucune trace de fusion n'a été découverte.

Fig.126 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 2, d'après les données de la publication de synthèse (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999).

4.2. Les nouvelles données

Pour l'état 2, le corpus étudié nous a permis d'identifier deux **ateliers**, dont un de **transformation** du fer et de caractériser plus précisément deux autres **ateliers** déjà référencés (Fig. 127).

L'atelier 1-29, séparé de l'atelier de **transformation** des **cupro-alliages** 1-30 par une cloison, a livré une série d'abrasifs, dont plus de la moitié repose sur le niveau de sol. Ils sont donc en position fonctionnelle et non en position secondaire. Étant donné que le seul accès à l'extérieur passe par la pièce 1-29, il semble clair que les deux pièces fonctionnent ensemble et forment un unique atelier, c'est pourquoi nous supposons

que la pièce 1-29 a servi au travail des **cupro-alliages**, malgré l'absence de résidus.

La pièce 2-45, qui n'est pas décrite, a livré une table abrasive en position fonctionnelle sur le sol. Cet outil porte des traces de résidus indiquant clairement qu'il a servi à travailler des pièces de fer de taille réduite. Si la présence d'un seul outil est un argument faible, le fait qu'il soit en position fonctionnelle nous semble un argument suffisant pour avancer l'hypothèse d'un atelier, que nous qualifierons de **forge** légère. L'absence de description de cette pièce mériterait néanmoins un travail de recherche dans la documentation primaire, afin de restituer l'orga-

nisation de l'espace et éventuellement de trouver d'autres éléments mobiliers.

Les pièces 2-1 et 2-21 sont identifiées comme **ateliers de transformation** du fer. La première est qualifiée de **forge** légère et la seconde n'est pas interprétée. Les outils trouvés au sein de ces **ateliers** sont uniquement des **enclumes** lourdes qui attestent le travail de grosses pièces. La **forge** 2-21, notamment, possède l'**enclume** la plus

lourde de tout notre corpus, avec une masse de 892 kg, enchâssée de 50 cm dans le sol. Un tel outil indique le travail de très grosses pièces, probablement du gabarit des supports de chaudière.

Une telle production n'est à aucun moment envisagée par les chercheurs ayant travaillé sur le site. Les fabricats étudiés par Anne Larcelet n'ont permis d'identifier que des productions de petite taille (Larcelet 1999).

Fig. 127 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 2, en tenant compte de l'apport de l'outillage lithique (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999).

5. Les ateliers de la phase 3

5.1. L'état des données

Trois **ateliers** ont été omis sur le plan de cette phase : 1-36, 1-37 et 1-9. Seul l'îlot C comporte encore des pièces dévolues au travail des métaux (Fig. 128). Le nombre d'**ateliers** a fortement diminué par rapport à la phase 2. Ils se regroupent en trois ensembles, la majorité étant concentrée dans le bâtiment E. Le travail du fer, abondant à la phase 2, a pratiquement disparu. Seuls subsistent deux **ateliers** de travail du fer, dont l'un ne fonctionne qu'à la phase 3a. Ils sont qualifiés

de **forges** lourdes, mais les arguments justifiant cette caractérisation sont absents.

Les trois pièces 1-9, 1-36 et 1-37, situées côte à côte dans le bâtiment E, et ouvrant chacune directement sur la rue, sont spécialisées dans le bronzage de clochettes. Les trois cellules de productions sont dépendantes d'un approvisionnement en clochettes de fer, qui ne sont pas produites sur place. Elles proviennent donc d'une autre cellule de production qui n'a pas été identifiée. Leur implantation côte à côte, malgré une production identique, montre qu'elles ne se font pas concurrence. Cette organisation évoque un système de production **proto-industriel**, avec une répartition de la production sur plusieurs **ateliers** sous dépendance d'un investisseur.

Fig. 128 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 3, d'après les données de la publication de synthèse (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999).

5.2. Les nouvelles données

C'est pour l'état 3 que notre corpus nous a fourni les données les plus importantes. Nous avons pu requalifier 3 cellules de production, correspondant à 5 pièces, et identifier 2 **ateliers** qui n'étaient pas mentionnés en tant que tels dans la publication (Fig. 129).

Les pièces 2-32, 2-1 et 2-13, dans le bâtiment C, forment un seul espace. Les pièces 2-1 et 2-13, indépendantes à l'état 2, ne forment plus qu'une pièce. La pièce 2-32 est reliée aux autres par une ouverture et ne dispose pas d'accès indépendant.

La pièce 2-32 comporte trois **matrices** indiquant une production de chaudronnerie lourde, probablement en fer, même si rien ne permet de le confirmer. La présence de ces trois outils pouvant fonctionner simultanément, témoignant de la démultiplication d'un poste de travail, indique que nous ne sommes pas dans l'atelier d'un artisan, mais dans une structure de type **manufacture**.

Cette impression est confirmée par la présence dans la seconde pièce de deux **enclumes** lourdes associées, donc d'un quatrième poste

de travail consacré à la déformation plastique du métal. Ces deux **enclumes** ne peuvent être reliées à une production précise, nous pouvons donc parler de **forge** lourde.

La présence de chutes de **tôle** en **cupro-alliages** indique que différents matériaux étaient mis en forme dans cet espace. Nous sommes donc en présence d'une structure de production particulièrement complexe, qui associe **cupro-alliages** et fer, **forge** et chaudronnerie. Se pose alors la question de la relation entre ces diverses productions. S'agit-il d'une cellule de production fabriquant un produit complexe, nécessitant de réunir divers corps de métier, ou de différentes productions réunies en un même lieu ? Nous manquons pour le moment de données pour trancher la question. Un réexamen des fabricats liés à cet espace serait nécessaire pour affiner l'analyse de la production.

La pièce 2-15 n'est pas décrite dans la publication du site. La présence d'une **enclume** lourde de chaudronnier témoigne pourtant d'une activité de chaudronnerie lourde dans cette pièce. Il s'agit probablement d'une fabrication de produits de forme ouverte, d'après la courbure de

l'**enclume**. Les résidus d'oxydes à la surface de l'outil indiquent que c'est le fer qui était travaillé dans cet atelier.

La pièce 1-2 est attribuée à la **forge** lourde. Pourtant, aucun support de frappe lithique ne correspond à cet espace et les seuls outils sont des abrasifs dont les traces d'utilisation indiquent le travail de pièces de petite taille, à partir de **demi-produits ronds** ou **carrés**. Faute de disposer des arguments ayant conduit à la précédente identification de l'atelier, nous devons conclure que cet atelier se rapporte à la fabrication de petits objets indéterminés.

La pièce 1-9 est identifiée comme une **forge** lourde. La présence d'une **enclume** lourde, mentionnée dans la publication et représentée

sur les relevés, mais absente des inventaires, le confirme. La présence d'abrasifs liés à la fabrication de petites pièces indique néanmoins que les productions de cet atelier étaient diversifiées. Il faut considérer cet atelier comme une **forge** mixte.

La pièce 1-11 dont la fonction est indéterminée, puis sert de dépotoir aux **ateliers** de bronzage de clochettes, comporte de nombreux abrasifs liés, au moins en partie, au travail du fer. Ils sont présents sur les niveaux d'occupation (sol et foyer). Il semble que cette pièce ait servi à la **transformation** du fer avant son abandon. Les traces d'utilisation des abrasifs montrent que de petits objets sur base de **demi-produits ronds** étaient fabriqués en ce lieu. Nous proposons une identification comme **forge** légère.

Fig. 129 Répartition des **ateliers** de **transformation** des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 3, en tenant compte de l'apport de l'outillage lithique (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999).

6. Les productions métalliques

Les données publiées sur l'opération du Lycée militaire ne permettent pas de situer précisément les productions identifiées, ni de les associer à une phase précise. Nous nous contenterons

ici de synthétiser les informations, sans chercher à les replacer dans le contexte des cellules de production ou à reconstituer leur évolution chronologique.

6.1. Les cupro-alliages

Les outils et fabricats liés à la **transformation** des **cupro-alliages** découverts sur le site du Lycée militaire sont variés : moules, ébauches et ratés, chutes. Ils permettent de restituer une image partielle des productions.

Les moules sont essentiellement des moules à creux perdu, destinés à la fabrication de fibules. Des moules à clochettes, à douilles et à polyèdres ont également été découverts. Des moules à creux perdu destinés au bronzage de clochettes en fer ont également été identifiés. On recense aussi des fragments de moules à bon creux en calcaire sans doute destiné à la production de pièces de vaisselle.

Les ébauches et ratés de fabrication sont peu nombreux, avec seulement 17 individus. Il s'agit presque exclusivement de fibules, ainsi que de deux anses de situles et deux anses de vaisselle.

En dehors des cônes de coulée, les chutes de métal ne sont pas présentées en tant que telles dans la publication. Nous ne possédons que peu d'informations sur les **demi-produits** utilisés dans les **ateliers**. On peut néanmoins relever la présence de **carrés** et surtout de **tôles** minces (0,35 mm, 0,5 mm, 0,7 mm et de **tôles** moyennes (1,5 mm).

Il semble que les productions du lycée militaire soient essentiellement orientées vers la production de petits objets et de pièces de vaisselle, avec une nette prévalence pour les fibules.

Les données apportées par le corpus que nous avons étudié ne modifient pas cette image. Les **Matrices** associées dans un cas à des chutes de **tôle** en **cupro-alliages** indiquent l'existence de production de chaudronnerie différentes des pièces de vaisselle identifiées grâce aux moules, notamment des formes hémisphériques.

6.2. Le fer

Le travail d'Anne Larcelet sur les fabricats en fer révèle une production orientée vers les produits **plats** et les pièces de décoration, avec

une production en série. Quelques objets en fer, comme des clochettes, sont destinés aux **ateliers de transformation des cupro-alliages**, afin de les bronzer. Aucun objet de grande taille ne semble avoir été fabriqué, les rares objets clairement identifiés étant de petite taille : bagues, anneaux, styles, viroles.

L'apport du corpus étudié ici modifie considérablement cette image de la production au Lycée militaire. Les nombreuses **enclumes** lourdes identifiées, dont certaines de très grande dimension, mettent en évidence l'existence d'une **forge** lourde destinée à la production de pièces de forte section, probablement équivalente à celle des supports de chaudière ou des **enclumes** ordinaires.

Les **Matrices** et **enclumes** lourdes de chaudronnier montrent également l'existence d'une chaudronnerie lourde en fer, parfois associée à celle des **cupro-alliages**.

7. Conclusion

Cette étude modifie notablement l'image de la **métallurgie** au Lycée militaire, qu'il s'agisse de la répartition spatiale des activités (nouvelles cellules de production détectées) ou la caractérisation des productions (**forge** lourde, chaudronnerie lourde). L'identification de modes de production **proto-industriel** et **industriel** est également un apport notable et montre que sur un espace étroit, plusieurs systèmes de production peuvent coexister.

Cependant, il est manifeste que l'intérêt de l'outillage lithique dépend aussi de la prise en compte des données de terrain croisées avec les fabricats qui lui sont associés. Dans ce cas précis, nous ne possédons aucune information sur la répartition spatiale des fabricats et les données de terrain sont parfois imprécises. Ainsi, des trois **Matrices** lourdes présentes dans la pièce 2-32, aucune n'est représentée sur les relevés, ce qui nous prive de la possibilité d'analyser l'organisation du travail au sein de cet espace.

Conclusion générale

L'outillage lithique reste un vaste domaine encore peu exploité, malgré les nombreuses perspectives qu'il offre. Du fait de la parfaite conservation du matériau, cette catégorie de mobilier est habituellement beaucoup plus représentée que ses équivalents métalliques, ce qui en fait une source abondante pour l'analyse des activités sur un site donné. Il s'agit également d'un mobilier diversifié en terme de catégories fonctionnelles, présent dans la plupart des domaines d'activité. La traçabilité du matériau en fait en outre un document de première importance pour le traitement des problématiques liées à l'exploitation du territoire et plus largement des axes d'échanges. Si nous n'avons pour le moment exploité qu'une faible partie du potentiel de cet objet de recherche, les perspectives qui sont dès à présent ouvertes sont déjà considérables.

D'un point de vue méthodologique, la mise en œuvre de l'analyse fonctionnelle a démontré son efficacité. Elle nous a permis de déterminer de façon précise la fonction des objets de notre corpus, tant d'un point de vue technique que symbolique. La prise en compte simultanée de ces deux aspects, au sein d'une même typologie ouvre des champs de recherche intéressants, en démontrant qu'ils peuvent constituer les deux faces d'un même phénomène, la conception technique d'un outil pouvant générer une forme symbolique, comme dans le cas des enclumes de forme Fresné-la-Mère ou des enclumes de forme gauloise.

L'analyse fonctionnelle permet également de développer une approche anthropologique de l'objet, qui est considéré comme produit et partie d'une société. Conçu pour une fonction, il peut faire l'objet d'usages variés. La prise en compte de ce phénomène implique de considérer l'objet dans son environnement. Il ne s'agit pas d'un indice univoque, mais d'une partie d'un document plus complexe, qui mérite d'être abordé dans son ensemble, pour autant que l'on puisse

en atteindre les limites. En ce sens, cette méthode invite à adopter sur l'objet un regard avec une profondeur de champ plus importante.

En s'attachant à la fonction de l'objet, l'analyse fonctionnelle permet des comparaisons aisées entre des systèmes techniques ou culturels très différents. Au sein d'un même environnement culturel, elle offre une passerelle permettant de relier les différents types d'objets qui peuvent être présents sur un site et de les prendre en compte dans toute leur temporalité, invitant à une véritable lecture des vestiges pour reconstituer une histoire d'un territoire et d'un groupe humain.

Les supports de frappe forment sans doute la catégorie fonctionnelle qui offre les perspectives de recherche les plus intéressantes. De part leur conception caractéristique, ils constituent de bons indices pour tracer les activités de transformation de métaux. S'ils sont également présents dans d'autres domaines d'activités, il est aisé de distinguer ceux qui relèvent du travail du métal.

La structure de ces outils permet facilement de caractériser les activités pour lesquels ils sont conçus, parfois de façon extrêmement précise, par la restitution de l'objet fabriqué. Ils sont donc tout à fait complémentaires des autres vestiges de mise en forme des métaux. D'autant que ces derniers n'offrent souvent qu'une vision partielle de la réalité des activités, ce que l'exemple du Lycée militaire a parfaitement démontré.

À l'échelle de la cellule de production, les supports de frappe permettent d'aborder l'organisation du travail, non seulement en terme de gestion de l'espace au sein de la structure de travail et de métier, mais également en terme de schéma de production, en permettant d'identifier facilement la démultiplication d'un même poste de travail.

Enfin, ils ouvrent des perspectives intéressantes pour l'histoire des cultures, notamment pour la période de l'âge du Bronze, où les en-

clumes sont fortement marquées en terme d'investissement symbolique. Une approche exhaustive de ces outils à l'échelle de l'Europe de l'ouest apparaît ici tout à fait pertinente et devrait être riche en résultats.

Les abrasifs forment une catégorie fonctionnelle plus difficile à exploiter que les supports de frappe, mais néanmoins riche d'enseignements pour l'analyse des techniques. En terme d'outils et de fonctionnement des abrasifs, il est déjà possible de restituer une image relativement complète de l'étape de la chaîne opératoire dont ils sont caractéristiques. Les quelques zones d'ombre qui subsistent concernent essentiellement les abrasifs libres, dont l'existence est démontrée mais pour lesquels nous ne disposons encore d'aucune documentation.

La principale difficulté reste néanmoins la quasi impossibilité, en l'état de nos connaissances, de relier avec certitude un abrasif à un type de matériau travaillé, à l'exception des brunissoirs qui sont caractéristiques de la **métallurgie de transformation**. Il manque un travail systématique sur les associations des abrasifs avec les fabricats et un programme de recherche d'ampleur en micro-tracéologie, pour identifier, si possible, des traces d'utilisation caractéristiques, à l'image de ce qui a été fait pour les outils Néolithiques en grès du Bassin parisien (Hamon 2006).

Malgré cette difficulté, dans un contexte donné, l'étude des abrasifs permet de restituer les formes des demi-produits utilisés dans le cadre de l'activité de production, voir d'approcher d'un type d'objet. C'est le cas des traces d'aiguisage de pointes, qui renvoient à un nombre limité de formes ou des traces d'anneaux tels qu'observées au *Lycée militaire* à Autun.

Si les abrasifs sont difficiles à relier avec certitude aux activités de transformation des métaux, les outils d'aiguisage relèvent à l'évidence dans leur majorité d'autres domaines d'activités. À l'exception des meulets, qui peuvent être liés à des productions de taillanderie, toutes les formes d'outils d'aiguisage sont conçues pour l'entretien des lames.

Ce constat nous permet néanmoins de mieux comprendre le champ technique couvert par ces objets, qui occupent une place importante dans les sociétés des âges des Métaux, du fait de l'omniprésence des outils tranchants.

Pour finir, les broyons constituent un groupe d'outils bien défini, mais qui pose un problème similaire à celui des abrasifs : l'identification des matériaux broyés. Il est néanmoins déjà possible de distinguer ceux ayant servi dans la sphère alimentaire de ceux ayant servi dans la sphère technique, ce qui constitue un apport non négligeable, pour la compréhension de la conception et du fonctionnement de ces outils.

Si les apports de cette première étude sur les supports de frappe, les abrasifs et brunissoirs, les outils d'aiguisage et les outils de broyage sont d'ors et déjà importants, les perspectives ouvertes le sont plus encore.

L'importante masse de documentation réunie ici est encore largement lacunaire, quel que soit la catégorie fonctionnelle envisagée. Nous avons déjà pu le constater sur des fouilles récentes en cours de traitement, en identifiant de nouvelles formes d'outils, qui n'ont malheureusement pas pu prendre place ici. À ce titre, une attention particulière doit être portée à l'avenir sur la question des abrasifs libres, que l'on peut envisager identifier en fouille. S'agissant des supports de frappe, un inventaire plus exhaustif, toute période confondue et la confrontation des exemplaires lithiques et métalliques pour l'âge du Bronze devrait permettre de renouveler rapidement notre connaissance de ces outils, tant sur le plan technique que sur celui des particularismes culturels lié à ces outils.

L'importance des études des matériaux, tant la recherche de leurs provenances que l'analyse de leurs propriétés mécaniques, est un champ de recherche à part entière, les deux aspects devant se nourrir l'un de l'autre. Ils devraient nous permettre de mieux comprendre comment les ressources d'un territoire donné peuvent être exploitées et participer à l'histoire économique en restituant des voies d'échanges liées aux matériaux lithiques. En travaillant en lien avec

l'identification fonctionnelle des outils, il devrait également être possible de mieux comprendre le fonctionnement de ces derniers et affiner la détermination de leur fonction, par exemple en rapprochant les types d'abrasifs d'un matériau ou d'une qualité de rendu, ou d'un type d'outils pour les outils d'aiguisage (pierre à rasoir ?).

Le développement de programmes d'analyses tracéologiques est également souhaitable, en complément de l'étude des matériaux, associés à des programmes expérimentaux conséquents. Les quelques essais réalisés ici montrent tout l'intérêt d'explorer cette voie à une échelle plus vaste.

Enfin, le cas particulier des broyeurs mérite la mise en place d'un nouveau programme de recherche, associant l'étude des mortier et celle des broyeurs. Ils constituent un ensemble indissociable et une analyse fonctionnelle conjointe de ces deux éléments devrait nous permettre de renouveler de façon importante notre compréhension de ces outils, notamment du point de vue de leur fonctionnement.

Les supports de frappe, les abrasifs et brunissoirs, les outils d'aiguisage et de broyage sont donc des outils indispensables à la recherche sur les activités de **transformation** des métaux. En dehors des apports particuliers à chacune des ces catégories fonctionnelles, leur étude nous a permis de constater l'importance d'une approche du mobilier qui se libère du critère du matériau. C'est sans doute l'apport le plus intéressant de la méthode d'analyse initiée ici. En considérant le matériau non pas comme un critère de répartition du mobilier par spécialité, mais comme un critère de détermination de la fonction, c'est cette dernière qui devient le critère principal pour le choix du mobilier à étudier.

L'exemple des supports de frappe est manifeste. Il existe dans ces outils une nette répartition des fonctions suivant le matériau : pierre ou métal. Travailler uniquement sur l'un ou l'autre conduit à une vision partielle du champ technique de la déformation plastique du métal, qui n'est pourtant qu'une étape de la transformation du métal. C'est ainsi qu'une attention exclusive aux enclumes en métal a totalement occulté l'existence des enclumes lourdes, fabriquées en pierre.

Dépasser le critère du matériau permet également de mettre en évidence des outils qui étaient jusqu'à présent pratiquement ignorés. C'est le cas des outils d'aiguisage et des abrasifs fabriqués en céramique, à partir de fragments d'amphore réutilisés. Les premiers exemplaires ont été identifiés par Dominique Lacoste dans le corpus de Bibracte, ce qui a donné lieu ensuite à d'autres identifications. La découverte d'outils identiques à Nanterre (Viand 2008), montre qu'il ne s'agit pas d'un cas isolé.

Il est donc plus pertinent de travailler à partir de la fonction de l'objet, tout en restant dans un domaine d'activité bien délimité, pour conserver la cohérence du propos.

La recherche concernant la **transformation** des métaux se heurte régulièrement à la pauvreté des données disponibles. Les problèmes de conservation, la gestion des déchets qui conduit à les disperser ou à les éloigner des unités de production, la rareté des outils, sont autant de difficultés qui rendent indispensable une approche globale des sources de documentation disponibles. Chaque catégorie de vestige est porteuse d'informations et leur croisement en crée de nouvelles. Espérons que ce travail contribuera efficacement au développement de cette recherche.



Glossaire

Ce glossaire présente le vocabulaire technique utilisé dans cet ouvrage. Les définitions ont été élaborées à partir de dictionnaires techniques : *Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'industrie et des arts industriels* de Eugène-Oscar Lami et Alfred Tharel (Lami, Tharel 1881-1891), *Nouveau Larousse Illustré* (Augé 1897-1904), des ouvrages techniques professionnels ou de vulgarisation (de Grandpré 1827, Landrin 1835, Jullien, Valério 1846, Mapod 1853, Delmas, Lotte 1888, Husson 1904, Champly 1920, Bénard et al. 1991, Castellanos 1995, Dupreux 2004, Strozzini 2007) et des catalogues d'outillage (Lejay fils 1889, Potoine-David 1904, Ferronnerie Léon Martinet 1905, Claudinon et Ci 1921, Société anonyme des ateliers du Furan 1921, Moreau Fils 1923, Camion Frères 1930, Renaux-Mathieu avant 1937, Aux Forges de Vulcain 1951).

Affilage : Deuxième étape de l'aiguisage initial d'un outil ou d'un instrument tranchant, afin de lui donner son tranchant définitif.

Arcade : Évidement de la base de l'**enclume** formant une arche. Le profil de l'arche peut varier et doit être pris en compte pour la détermination des formes régionales.

Artisan : Travailleur indépendant.

Artisanat : Mode de production dans lequel l'entrepreneur est également l'**ouvrier** principal. Il peut être aidé des membres de sa famille et/ou de quelques **ouvriers** (voir production artisanale).

Atelier : Pièce dans laquelle a lieu l'activité, appelée aussi boutique.

Avancée : Excroissance sur le côté de l'**enclume**, de même forme que le **talon**.

Base : Partie sur laquelle repose l'**enclume**. Elle peut prendre plusieurs formes : massive (base pleine), évidée (base à arcade), avec quatre pieds (base à **patins**), ou à **queue** (voir ce terme). La base repose habituellement sur un **billot**. Mais elle peut également être simplement posée à terre ou enchâssée dans le sol.

Battitures : Fragments d'oxydes sous forme de plaques ou de gouttelettes, produits lors du martelage du fer à chaud.

Berceuse : Outil de **polissage** constitué d'un récipient contenant de l'eau, de l'abrasif et les objets à polir, que l'on agite d'un mouvement permanent engendrant le frottement de l'abrasif sur les objets.

Bigorne : Outil à profil en T, plus rarement en L, dont les parties actives sont essentiellement constituées par deux cornes dos à dos. Désigne également les cornes sur l'**enclume**.

Billot : Fort rondin de bois sur lequel le support de frappe est fixé. Il peut être cerclé pour ne pas éclater. Dans la **métallurgie** occidentale, le **billot** est posé sur le sol, plus rarement planté dedans. Il amène la table de l'outil à hauteur de la ceinture. Les exemples ethnographiques montrent que le **billot** peut également être entièrement enchâssé dans le sol, pour permettre à l'**ouvrier** de travailler assis sur le sol ou légèrement surélevé. Les représentations romaines montrent des **billots** dépassant légèrement du sol, l'**ouvrier** travaillant assis à bonne hauteur.

Boudin : Relief sur la table de l'**enclume** pour former les **émoutures** creuses sur les couteaux et les rasoirs. Caractéristique de l'**enclume** de coutelier.

Boutique : Pièce dans laquelle a lieu l'activité, appelée généralement atelier.

Caboche : Clou utilisé pour ferrer les chaussures. Apparaît en Gaule avec l'invasion romaine.

Carré : **Demi-produit** allongé, à section carrée constante.

Chaude : Temps de chauffe du métal dans le foyer avant de pouvoir réaliser sa déformation plastique (passe) ou sa trempe.

Chevalet : Barre de métal pourvue à une ou aux deux extrémités d'une tête faisant office de support de frappe. Le nom de l'outil vient du chevalet en bois sur lequel le support de frappe est fixé. Il s'agit exclusivement d'un outil de chaudronnier, destiné notamment à pouvoir travailler des pièces fermées, grâce à la longueur de l'outil.

Cloutière : Outil pour **forger** la tête des clous et rivets. Dans sa forme élémentaire, c'est un simple trou circulaire ou carré dans lequel l'ébauche vient se coincer. La partie émergeant de la cloutière est frappée pour former la tête.

Corne : Excroissance en forme de cône (corne ronde) ou de pyramide (corne carrée), placée à l'une ou aux deux extrémités de l'**enclume**. Elle peut, dans certains cas, se positionner sur le côté ; elle est alors plus petite. La bigorne étant également le nom d'un type de support de frappe, on préférera le terme de corne pour désigner cette partie sur l'**enclume**.

Corroyage : Étirage ou replis successifs du métal sur lui-même. Cette technique permet l'homogénéisation du métal et la modification de sa structure cristalline.

Couffin : Récipient en bois contenant un liquide, utilisé par le faucheur pour mouiller sa pierre à faux lors de l'aiguisage de son outil. Peut être porté à la ceinture ou planté dans le sol.

Coulée sur noyau : Technique de coulée dans laquelle le métal vient enrober un noyau, généralement en terre, afin d'économiser la matière première. Le noyau peut être ensuite retiré pour diminuer le poids de l'objet fini.

Cupro-alliage : Alliage de cuivre avec au minimum 1 % d'éléments alliés : bronze (Cu-Sn), bronze au plomb (Cu, Sn, Pb), laiton (Cu, Zn)...

Dégorgeoir : **Table de frappe** formant un biseau à l'arrête arrondie. Sa faible surface facilite l'éti-rage du métal.

Demi-produit : Forme intermédiaire entre la matière première brute (lingot ou **lopin**) et l'objet fini. Les principaux **demi-produits** sont les **plats**, les **carrés**, les **ronds** et les **tôles** (voir ces termes).

Ébarbage : Enlever sur une pièce les barbes résultant d'un travail de découpe.

Ébavurage : Enlever sur une pièce coulée les bavures correspondant au métal s'étant échappé par les joints de moule.

Élaboration : Voir **métallurgie d'élaboration**.

Emboutissage : L'**emboutissage** consiste à donner à une **tôle** plate une forme non développable en l'appliquant dans une forme en creux (la **Matrice**) à l'aide d'un **poinçon** ou par martelage.

Émoulage : Opération qui consiste à donner le premier tranchant à une lame, en achevant la mise en forme de l'**émouture**.

Émouture : Profil d'une lame, qui peut être en v, convexe ou concave

Enclume : Il n'existe pas de définition de l'**enclume**. Contrairement à la bigorne, elle ne peut pas se définir à partir de sa structure, car elle varie considérablement en fonction des cultures et des métiers considérés. Toutefois, si l'on analyse la fonction de cet outil par rapport aux autres supports de frappe, il est possible de proposer la définition fonctionnelle suivante : il s'agit du support de frappe principal utilisé pour **forger** le métal. Les supports de frappe correspondant à cette définition sont systématiquement conçus comme des outils polyvalents ou multifonctions.

Enclume bigorne : **Enclume** pourvue d'une ou deux cornes.

Enclume simple : **Enclume** pourvue d'une simple **table de frappe**, sans bigorne. Ce terme est issu de l'Encyclopédie.

Enclumette : Support de frappe muni d'une **queue de fixation** et d'une barre d'arrêt, destiné à être fiché dans le sol. Sa **table de frappe** est de très petite taille, carrée ou formant un biseau. Elle sert à battre le tranchant des faux, afin de le redresser, de l'étirer et de l'écrourir.

Épaulée : Qualificatif donné à l'**enclume** lorsque sa **table de frappe** est séparée d'une ou des deux cornes par un ressaut. On parle d'**enclume** épaulée sur la corne ronde/carrée ou d'**enclume** épaulée des deux côtés.

Estomac : c'est le corps de l'**enclume** (appelé aussi poitrine). Il donne à l'outil sa masse, donc sa capacité à travailler des pièces plus ou moins épaisses. L'**estomac** peut être orné ou bénéficier de mises en formes particulières qui peuvent correspondre à des renforts (pilastres), une personnalisation de l'outil (reliefs décoratifs) ou à un trait culturel.

Extraction : Voir **métallurgie** extractive.

Fatigue : La **fatigue** correspond à l'apparition de fissures sous une contrainte répétée, sans déformation macroscopique visible.

Fil: Demi-produit de section ronde de faible diamètre et de grande longueur.

Fil : Sur le tranchant d'une lame, il s'agit de l'arrête qui en constitue la partie active.

Filière : Outil servant à régulariser ou réduire le diamètre d'un fil en le faisant passer de force à travers un orifice circulaire.

Forge : Les dictionnaires de langue française assimilent la **forge** à la pièce dans laquelle on travaille le métal par **forgeage**. Mais dans le langage technique, ce terme désigne le foyer dans lequel le métal est mis à chauffer, la pièce de travail étant toujours appelée atelier ou boutique.

Forme : Support de frappe de cordonnier utilisé notamment pour fixer les clous d'assemblage des chaussures ou les caboches pour ferrer les semelles.

Fusil : Outil d'aiguisage pourvu d'une poignée et dont la partie active est constituée par un fût d'acier finement rainuré.

Gorge : Même forme que le boudin (auquel elle est associée), mais en creux. Nous n'avons pu trouver de référence pour expliquer sa fonction. Caractéristique de l'**enclume** de coutelier.

Gueuse : Grande barre de fonte coulée à la sortie du haut-fourneau, destinée à passer à la **forge** pour la transformer en acier en brûlant le carbone.

Industrie : Système de production caractérisé par une concentration de la main d'œuvre dans un même espace, appelé **manufacture** ou usine. La production est orientée vers des produits standardisés, fabriqués à grande échelle.

Lopin : Masse de métal constituée par amalgame. C'est sous cette forme que le fer issu de bas-fourneau peut être compacté, avant d'être transformé en **demi-produit** ou directement en objet.

Lustrage : Opération consistant à donner du brillant à une surface préalablement polie.

Manufacture : Établissement de production de masse basé sur la concentration de la main-d'œuvre sous la responsabilité d'un entrepreneur privé, sous privilège royal. L'évolution de la **manufacture** aboutit à l'usine au XIX^e siècle avec la sectorisation du travail et la mécanisation (aujourd'hui le terme désigne une entreprise dans laquelle des objets sont produits industriellement).

Marly : Bord intérieur d'un plat ou d'une assiette.

Marteau à suage : Marteau de chaudronnier pourvu d'une panne très étroite, utilisé avec les **suages** et **suages à marlys**. La panne s'insère dans les rainures de ces outils.

Matrice : Support de frappe portant une forme en creux pour l'**emboutissage** des **tôles**.

Métallurgie : Ensemble des procédés et techniques d'extraction, d'**élaboration**, de mise en forme et de traitement des métaux et de leurs alliages (Grand Larousse universel).

Métallurgie extractive : Ensemble des procédés et des techniques d'extraction et d'enrichissement des minerais.

Métallurgie d'élaboration : Ensemble des procédés et des techniques permettant d'obtenir un métal utilisable à partir du minerai enrichi.

Métallurgie de transformation : Ensemble des procédés et des techniques permettant la fabrication d'objets finis à partir du métal (mise en forme et traitements).

Meulet : Nom générique donné aux outils d'aiguisage passifs et fixes de type « pierre à huile » (qui n'est qu'une forme de **meulet**). Ce terme est encore utilisé dans le premier tiers du XIX^e siècle puis tombe en désuétude.

Moule à bon creux : Moule permanent pouvant être réutilisé à plusieurs reprises.

Moule à creux perdu : moule à utilisation unique, devant être brisé pour récupérer la pièce coulée.

Nid d'hirondelle : Renflement en arc de cercle sur le côté de l'**enclume**, permettant de placer l'**œil porte-outil** en dehors de la **table de frappe**. On parle également de trou renflé.

Œil : Trou circulaire dans la table qui permet notamment de percer un fer sans endommager ni la table, ni le **poinçon**. Il peut s'employer avec une cloutière, la tige du clou passant par l'**œil**.

Œil porte-outil : Trou carré dans la table qui permet de fixer un outil muni d'une **queue** adaptée, comme un **tranchet d'enclume**, une étampe, un **dégorgeoir**, ...

Ouvrier : Travailleur soumis à un patron.

Paille : Défaut dans le métal pouvant entraîner une rupture.

Passé : Temps pendant lequel le métal est déformé plastiquement sur un support de frappe, qui suit une chauffe.

Patin : Nom donné aux pieds d'une **enclume**.

Plat : **Demi-produit** allongé à section rectangulaire constante.

Polissage : Régularisation d'une surface à l'aide d'un abrasif jusqu'à obtenir une surface totalement unie, sans défaut visible (tous les matériaux ne peuvent pas être polis).

Poinçon : Outil dont le volume correspond au creux d'une **Matrice**. La **tôle**, placée entre la **Matrice** et le **poinçon**, est emboutie par ce dernier, mû par une presse ou un perceur.

Ponçage : Régularisation d'une surface à l'aide d'un abrasif. Le **ponçage** se différencie du **polissage** par son rendu de qualité inférieure, les rayures provoquées par le passage de l'abrasif étant encore visibles, ou la surface n'étant pas tout à fait lisse.

Profilé : Produit fini de forme allongée à profil complexe obtenu par laminage ou filage.

Queue (de fixation) : excroissance pyramidale sous un support de frappe, permettant de le ficher dans un **billot**.

Recuit : Le **recuit** est une opération de chauffe du métal qui vise à modifier sa microstructure afin d'en changer les propriétés mécaniques, en vue de diminuer sa dureté et augmenter sa ductilité. Il s'agit notamment de supprimer les effets de la trempe ou de l'écrouissage du métal. Cette opération va donc au-delà d'un simple **revenu**.

Refouloir : Excroissance en partie basse de l'**enclume** servant à refouler le métal, c'est-à-dire à augmenter sa section. Le refouloir est notamment utile pour refouler en bout des tiges de grande longueur, en évitant à l'**ouvrier** de frapper trop haut, et pour refouler la partie médiane d'une tige sans endommager la table de l'**enclume** avec l'extrémité non chauffée de la tige.

Repassage : Entretien courant d'une lame destiné à lui rendre son tranchant.

Retassure : Le métal chauffé se dilate. En refroidissant, il se rétracte, ce qui forme un creux.

Revenu : Le **revenu** est une opération au cours de laquelle un acier trempé est chauffé, afin de diminuer ses tensions internes et donc sa fragilité (la dureté diminue et la résilience augmente)

Résilience : Résistance à la propagation brutale d'une fissure sous l'effet d'un choc.

Ringard : Tige de métal soudée ou fixée sur une pièce pour la manipuler.

Rond : Demi produit de forme allongée, à section ronde.

Salière : **Matrice** en bois pour l'**emboutissage** des **tôles**.

Soudure : Technique d'assemblage de deux pièces de métal. On distingue la soudure à chaude portée, où la soudure s'opère sans métal d'apport, de la brasure, où un métal d'apport à température de fusion plus faible que la pièce en cours de soudure vient s'intercaler entre les deux parties à souder. Le soudage autogène, avec métal d'apport et fusion partielle des parties à assembler, relève uniquement des techniques modernes.

Suage ou suage à marlys : Support de frappe muni de gorges de sections et de profils divers, utilisé pour des travaux de chaudronnerie (**marlys**, rétreinte, décors) ou la fabrication de fil.

Support de berceau : Caractéristique des **enclumes** de tailleur de lime. Le berceau s'insère dans cette encoche en **queue** d'aronde, il sert alors de support à la lime pendant que le tailleur « taille la lime », c'est-à-dire lui donne son relief.

Table de frappe : Surface formant le dessus du support de frappe et sur laquelle le métal est mis en forme.

Taillanderie : Production d'outils et d'instruments tranchants. Elle inclut donc la coutellerie, même si cette dernière fait fréquemment l'objet d'une production spécialisée.

Talon : Extrémité rentrante de l'**enclume** qui allège l'outil.

Ténacité : Résistance à la propagation des fissures. Similaire à la résilience.

Tas : Support de frappe utilisé de façon complémentaire à l'**enclume**, pourvu d'une unique **table de frappe**.

Tôle : **Demi-produit** plat formant une feuille.

Tranchet d'enclume : Outil tranchant pourvu d'une **queue de fixation**, positionné dans l'**œil porte-outil** d'une **enclume**. Le fer chaud est posé sur le tranchet et frappé, ce qui permet de le couper.

Transformation : Voir **métallurgie de transformation**.

Trempe sélective : Trempe ne concernant qu'une partie de la pièce. Dans certains cas, un engobe permettra d'isoler les parties de l'objet ne devant pas subir la trempe, comme dans le cas des katanas japonais.

Tribo-finitions : Opérations de finition visant à l'obtention d'un état de surface, obtenu par frottement (abrasion ou brunissage).

Bibliographie

Norme ISO 690

Alix à paraître : Alix Stéphane (dir.). *Les fouilles du Faubourg d'Arroux 2010. Évolution d'un quartier d'habitation et d'artisanat d'Augustodunum, de la création de la ville au Moyen-Age (titre provisoire)*. DFS Inrap, date prévue de rendu au SRA Borgogne début 2014.

Amarger 2009 : Amarger Marie-Pierre. « Le meilleur et le pire serviteur de l'humanité » : Fer, forges et forgerons à Pompéi. In Brun Jean-Pierre (éd.). *Artisanats antiques d'Italie et de Gaule, Mélange offert à Maria Francesca Buonaiuto*. Naples : Centre Jean Bérard, 2009.

Anderson et al. 2003 : Anderson Timothy J., Agustoni Clara, Duvauchelle Anika, Serneels Vincent, Castella Daniel. *Des artisans à la campagne : Carrière de meule, forge et voie gallo-romaines à Châbles (FR)*. Fribourg : service archéologique de l'État de Fribourg, 2003.

Armbruster 1993 : Armbruster Barbara Regine. L'orfèvrerie au Mali : une étude ethno-archéologique. In Eluère Christiane (dir.). *Outils et ateliers d'orfèvres des temps anciens*. Saint-Germain-en-Laye : Société des amis du MAN et du château de Saint-Germain-en-Laye, 1993.

Armbruster 2000 : Armbruster Barbara Regine. *Goldschmiedekunst und Bronzetechnik. Studien zum Metallhandwerk der Atlantischen Bronzezeit auf der Iberischen Halbinsel*. Montagnac : Monique Mergoïl, 2000.

Armbruster 2001 : Armbruster Barbara Regine. Bronzezeitliche Werkzeuge der plastischen Verformung im westlichen und nördlichen Europa. In *Patina, essays presented to Jay Jordon Butler on the occasion of his 80th birthday*. Amsterdam, 2001, pp. 7-26.

Augé 1897-1904 : Augé Claude. *Nouveau Larousse Illustré*. Paris : Larousse, 1897-1904, supplément 1907.

Aux forges de Vulcain 1951 : Aux forges de Vulcain. *Aux forges de Vulcain, ancienne maison Chouanard. Machines-outils, outillage. Catalogue année 1951*. Paris : Aux forges de Vulcain, 1951.

Ayache, Kazek 2012 : Ayache Laïla, Kazek Kevin. Les gallo-romains vus par eux-mêmes. *L'archéologue* n°119, avril-mai 2012.

AZ Concepts : AZ Concepts [site consulté le 15/06/2013]. <www.azconcepts.be>

Azconegui Morán, Castellanos Migueléz 1999 : Azconegui Morán Francisco, Castellanos Migueléz Agustin (dir.). *La ferronnerie d'art, guide pratique*. Paris : Eyrolles 1999.

Baatz 1991 : Baatz Dietwulf, Hauptmann A. (coll.), Maddin R. (coll.). Die Schweren eisenträger von der Saalburg. *Saalburg Jahrbuch*, 1991, n° 46, p. 24-40.

Bauvais et al. 2007 : Bauvais Sylvain, Gaudefroy Stéphane, Gransar Frédéric, Malrain François, Fluzin Philippe. Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à

La Tène finale en Picardie. In Milcent Pierre-Yves (dir.). *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*. Actes du XVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004. Bordeaux : Aquitanie, 2007, p. 239-261

Beaune 2000 : Beaune Sophie A. de. *Pour une archéologie du geste*. Paris : CNRS, 2000.

Beaune 2008 : Beaune Sophie A. de. *L'homme et l'outil : L'invention technique durant la préhistoire*. Paris : CNRS, 2008.

Bénard et al. 1991 : Bénard J. et al. *Métallurgie générale*. Paris : Masson, 1991.

Benoît, Fluck 1992 : Benoît Paul, Fluck Pierre. Introduction. In Collectif. *Les techniques minières de l'antiquité au XVIII^e siècle*. Paris : Editions du Comité des travaux Historiques et Scientifiques, 1992. Actes du colloque international sur les ressources minières et l'histoire de leur exploitation de l'antiquité à la fin du XVIII^e siècle, Strasbourg, 5-9 avril 1988.

Benoît, Fluzin 1995 : Benoît Paul, Fluzin Philippe (dir.). *Paléoméallurgie du fer et cultures*. Belfort : Vulcain, 1995.

Berranger 2009 : Berranger Marion. *Le fer, entre matière première et moyen d'échange, en France du VII^e au I^{er} s. av. J.-C. : approches interdisciplinaires*. Paris : Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, 2009. Thèse de doctorat sous la direction de Patrice Brun.

Bertin 1939 : Bertin Léon. *Géologie et paléontologie*. Paris : Larousse, 1939.

Bimbenet-Privat 1993 : Les ateliers des orfèvres de Paris au XVI^e siècle d'après les inventaires après décès. In Éluière Christiane. *Outils et ateliers d'orfèvres des temps anciens*. Saint-Germain-en-Laye : Société des amis du Musée d'archéologie nationale et du château de Saint-Germain-en-Laye, 1993.

Bocquet 1969 : Bocquet Aimé. « L'Isère préhistorique et protohistorique ». *Gallia préhistoire*, T. XII, fascicule 2, 1969.

Bonaventure 2011 : Bonaventure Bertrand. *Céramique est société chez les Leuques et es Médiomatriques (ii^e-ier siècles avant J.-C.)*. Montagnac : Monique Merguoi, 2011.

Bonaventure, Pieters 2010 : Bonaventure Bertrand, Pieters Maxence (dir.). *Nasium : sondage archéologique à Saint-Amand-sur-Ornain, Le cul de Breuil*. DFS 2010.

Bonaventure, Pieters 2011 : Bonaventure Bertrand, Pieters Maxence (dir.). *Nasium : sondage archéologique à Saint-Amand-sur-Ornain, Le cul de Breuil*. DFS 2010.

Bonaventure, Pieters 2012 : Bonaventure Bertrand, Pieters Maxence (dir.). *Nasium : les fouilles du Cul de Breuil à Saint-Amand-sur-Ornain (Meuse), rapport intermédiaire 2012*. Metz : Service régional d'archéologie de Lorraine, 2012.

Bonnamour 1969 : Bonnamour Louis. *L'âge du Bronze au musée de Chalon-sur-Saône*. Chalon-sur-Saône : Ville de Chalon-sur-Saône et CNRS, 1969.

Boutoille 2012 : Boutoille Linda. *Marteaux et enclumes lithiques de l'âge du Bronze en France*. Thèse soutenue à l'université de Bourgogne sous la direction de C. Mordant et B.R. Armbruster. 2012.

Boye, Boye 2007 : Boye Évelyne, Boye Jean-Patrick. *Enclumes et bigornes anciennes*. Saint-Martin de la Lieue : éditions du cabinet d'expertise, 2007.

Boyer 1996 : Boyer François. Les études géologiques au Mont Beuvray : Bilan et perspectives. In Buchsenschutz Olivier, Richard Hervé (dir.). *L'environnement du Mont-Beuvray*. Glux-en-Glennes : Centre archéologique européen, 1996, p. 9-26.

Boyer, Farget 2008 : Boyer François, Farget Virginie. Les mortiers. In *Bibracte, Centre archéologique européen, rapport annuel d'activité 2008*. Glux-en-Glennes, Bibracte, Centre archéologique européen, 2009

Boyer, Fronteau 2011 : Boyer François, Fronteau Gilles. Les géomatériaux meuliers : de l'identification des sources géologiques à la définition de catégories de gisement. In Buchsenschutz Olivier, Jacotey Luc, Jodry Florent, Blanchard Jean-Luc (dir.). *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille*. Bordeaux : Aquitania, 2011, p. 121-135.

Briand et al. 2013 : Briand Aline, Dubreucq Émilie, Ducreux Aurélie, Feugère Michel, Galtier Céline, Girard Benjamin, Josset Didier, Mulot Agathe, Taillandier Valérie, Tisserand Nicolas. Le classement fonctionnel des mobiliers de l'instrumentum. *Nouvelles de l'archéologie*, mars 2013, n°131, p. 14-19.

Briard 1988 : Briard Jacques. Des mégalithes aux Celtes. In Briard Jacques (dir.). *Avant les Celtes : l'Europe à l'âge du Bronze . 2500-800 avant J-C*. Doualas : Abbaye de Doualas, 1988.

Briard, Onnée, Peuziat 1980 : Briard J., Onnée T., Peuziat J. Les bronziers de Rösnen (1000 av. J.-C.). Les dépôts de Logonna-Quimerç'h, Plougoulm et Coray. *Bulletin de la Société archéologique du Finistère*, T. CVIII, 1980, pp. 51-67.

Brown 1995 : Brown Jean. *Traditional Metalworking in Kenya*. Oxford : Oxbow Books, 1995.

Buchsenschutz et al. 2011 : Buschenschutz Olivier, Jacotey Luc, Jodry Florent, Blanchard Jean-Luc. *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille*. Bordeaux : Aquitania, 2011.

Bulliot 1899 : Bulliot Jacques-Gabriel. *Fouilles du Mont Beuvray (ancienne Bibracte) de 1867 à 1895*. Autun : Imprimerie et librairie Dejussieu, 1899.

Cailly 1993 : Cailly Claude. Contribution à la définition d'un mode de production proto-industriel. *Histoire & Mesure*, 1993, volume 8 – n° 1-2, p. 19-40.

Calderoli 2010 : Calderoli Lidia. *Rite et technique chez les forgerons Moose du Burkina Faso : Forger, apaiser, soigner*. Paris : L'Harmattan, 2010.

Cassagnes-Brouquet 2008 : Cassagnes-Brouquet Sophie. *Les métiers au Moyen-Âge*. Rennes : Ouest-France, 2008.

Champly 1920 : Champly René. *Comment on devient forgeron, manuel pratique pour apprendre seul et sans maître à forger le fer et l'acier, souder, braser, river, tremper, fondre, meuler, sceller les métaux ; travailler les tubes, etc. Avec la manière de faire soi-même les outils nécessaires au forgeron et un traité pratique de la soudure autogène*. Paris : Librairie scientifique et industrielle Desforges, 1920.

Chardron-Picault, Pernot 1999 : Chardron-Picault Pascale, Pernot Michel (dir.). *Un quartier antique d'artisanat métallurgique à Autun : le site du Lycée militaire*. Paris : Maison des sciences de l'homme, 1999.

Chardron-Picault 2007 : Chardron-Picault (dir.). *Hommes de feu, hommes du feu : l'artisanat en pays éduen*. Autun : ville d'Autun, 2007.

Chroma France : Chroma France. *Pierres à aiguiser* [catalogue en ligne consulté le 15/06/2013]. <<http://www.chroma-france.com/?p=pierres-aiguiser>>

Closmadeuc 1863 : Closmadeuc G. de. Notes et considérations archéologiques sur les bronzes gaulois découverts aux environs de Questembert. *Bulletin de la Société polymatique du Morbihan*, 1863, 1^{er} semestre, pp. 10-30.

Cochet 2000 : Cochet André. *Le plomb en Gaule romaine : techniques de fabrication et produits*. Montagnac : Monique Mergoïl, 2000.

Collectif 1751-1777 : Collectif. *La Grande Encyclopédie ou Dictionnaire des Sciences et des Arts et Métiers*. 1751-1777.

Collectif 1987 : Collectif. *Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines*. Paris : Errance, 1987.

Collectif 1988 : *Mediolanum, une bourgade gallo-romaine*. Dijon : Musée archéologique de Dijon, 1988.

Collectif 1991 : Collectif. *Grand Larousse Universel*. Paris : Larousse, 1991.

Collectif 2013 : Collectif. Le mobilier métallique et l'instrumentum : approches méthodologiques. *Les nouvelles de l'archéologie*, n° 131, mars 2013.

Corbion 2003 : Corbion Jacques. *Le savoir...fer, glossaire du haut-fourneau*. Hayange : Le savoir... Fer, 2003.

Corot 1922 : Corot Henri. De l'utilité de toujours contrôler les références. *Bulletin de la société pré-historique française*, vol. 19, 1922, p. 112-114.

Coulibaly 2006 : Coulibaly Élisée. *Savoirs et savoir-faire des anciens métallurgistes d'Afrique. Procédés et techniques de la sidérurgie directe dans le Bwamu (Burkina Faso et Mali)*. Paris : Karthala, 2006.

Coutil 1912 : Coutil Léon. *Enclumes de l'âge du Bronze*. Le Mans : Imprimerie Monnoyer, 1912.

Dartevelle 1986 : Dartevelle Hélène. *Le dépôt de Gèneard (Saône-et-Loire). Bronze final II*. Mémoire de DEA d'archéologie protohistorique, université de Besançon, 1986.

Déchelette 1910 : Déchelette Joseph. *Manuel d'archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine*. Paris : Picard, 1910.

Déchelette 1913 : Déchelette Joseph. *Manuel d'archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine*. Paris : Picard, 1913.

Dechezleprêtre *et al.* : Dechezleprêtre Thierry, Bonaventure Bertrand, Pieters Maxence, Toussaint Perrine, Vipard Pascal. *Nasium, de l'oppidum à l'agglomération antique. Projet collectif de recherche 2007-2009. Bilan intermédiaire 2009.*

Dechezleprêtre 2009 : Dechezlepretre (dir.). *Nasium, de l'oppidum à l'agglomération antique. Projet collectif de recherche, bilan intermédiaire.* Metz : service régional d'archéologie de Lorraine, 2009.

Dechezleprêtre 2011 : Dechezlepretre (dir.). *Nasium, de l'oppidum à l'agglomération antique. Bilan du projet collectif de recherche.* Metz : service régional d'archéologie de Lorraine, 2011.

Dechezleprêtre *et al.* à paraître : Dechezleprêtre (dir.). *L'oppidum de Nasium à Boviolles (Meuse).* Dijon : RAE, à paraître.

de Grandpré 1827 : de Grandpré. *Manuel théorique et pratique du serrurier ou traité complet et simplifié de cet art, d'après les renseignements fournis par plusieurs serruriers de la capitale.* Paris : Librairie Roret, 1827.

Delestre, Tronquart 1997 : Delestre, Xavier, Tronquart, Georges. Saint-Dié : le « camp celtique » de la Bure. In Massy Jean-Luc (dir.) : *Les Agglomérations secondaires de la Lorraine romaine Besançon* : Institut des sciences et techniques de l'antiquité, 1997, p. 261-269.

Delmas, Sotte 1888 : Delmas G., Sotte Louis. *Album du taillandier et du forgeron. Guide pratique du forgeron, taillandier, serrurier, coutelier et tout ouvrier travaillant le fer et l'acier.* Souillac : G. Delmas, L. Sotte, 1888.

Desbat 2010 : Desbat Armand. L'artisanat antique à Lyon. In Chardron-Picault (dir). *Aspects de l'artisanat en milieu urbain : Gaule et Occident romain.* Dijon : Revue archéologique de l'Est, 2010.

Desforges 1929 : Desforges A. Pendeloques ou aiguisoirs. *Bulletin de la Société préhistorique française.* 1929, volume XXVI, fascicule 1, p. 265-267.

Dhennequin 2007 : Dhennequin Laurent. Les ateliers de travail du fer au Mont Beuvray : présentation des fouilles récentes effectuées dans la zone artisanale du Champlain sur l'oppidum de Bibracte. In Milcent Pierre-Yves. *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal. Actes du XXVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004.* Bordeaux : Aquitania, 2007, p. 291-298.

Dolzen 1998 : Dolzen Helmo. *Eisenfunde aus des Stadt auf dem Magdalensberg.* Klagenfurt : Verlag des Landesmuseums für Kärnten, 1998.

Domergue, Leroy 2001a : Domergue Claude, Leroy Marc (éd.). Mines et métallurgies en Gaule : recherche récentes. *Gallia*, 2001, T57, p. 1-158.

Domergue, Leroy 2001b : Domergue Claude, Leroy marc. L'état de la recherche sur les mines et la métallurgie dans l'est de la Gaule, de l'époque gauloise au haut Moyen Âge. *Gallia*, 2001, T. 57, p. 3-10.

Domergue 2008 : Domergue Claude. *Les mines antiques : la production des métaux aux époques grecque et romaine.* Paris : Picard, 2008.

Douzot : Douzot Jean-Louis. Abrasifs [réf. Internet B7050]. In collectif. *Procédés d'usinage [ref. internet 42190]*. Paris : Techniques de l'ingénieur [consulté le 17 mai 2013]. Disponible sur le web : <www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/procedes-d-usinage-42190210/abrasifs-b7050/abrasifs-libres-b7050niv10003.html>.

Dubreucq 2007a : Dubreucq Émilie. *Le petit mobilier métallique des habitats du Hallstatt D à La Tène A : approche qualitative et quantitative proposées pour quelques sites de l'Allemagne du sud-ouest à la France centrale*. Thèse de doctorat sous la direction de Claude Mordant et Jean-Paul Guillaumet, université de Bourgogne, 2007.

Dubreucq 2007b : Dubreucq Émilie. Le petit mobilier en fer des habitats du Hallstatt D-La Tène A : un mobilier sous-exploité. In *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal. Actes du XXVIIIe colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004*. Bordeaux : Aquitania, 2007.

Dubuis 2009 : Dubuis Bastien. Le plomb à Bibracte : contribution à l'étude du mobilier en plomb en Gaule romaine. Mémoire de master sous la direction de Jean-Paul Guillaumet et Stefan Wirth, Université de Bourgogne, 2009.

Dugast 1986 : Dugast Stephan. La pince et le soufflet : deux techniques de forge traditionnelle au Nord-Togo. In *Journal des Africanistes*, vol. 56, n°2, 1986, p. 29-53.

Duhamel du Monceau 1767 : Duhamel du Monceau Henri Louis. *L'art de la serrurerie*. 1767.

Dupeux 2004 : Dupreux Michel. *Aide-mémoire, science des matériaux*. Paris : Dunod, 2004.

Durand-Charre 2007 : Durand-Charre Madeleine. *Les aciers damassés : Du fer primitif aux aciers modernes*. Paris : École des mines, 2007.

Duval 1991 : Duval Alain (dir.). L'atelier extérieur de la Porte du Rebut. In Guillaumet Jean-Paul (dir.). *Centre archéologique européen du Mont Beuvray, rapport scientifique, activité 1991, prévisions 1992*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 1991, p 12-22.

Duval et al. 1991 : Duval Alain, Pernot Michel, Conche F. Lacoste Dominique. Les fouilles 1988-1989 dans le secteur « extra muros » : l'atelier de Bronzier. In *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, t. XLII, fasc. 2, 1991.

Duvauchelle 1990 : Duvauchelle Anika. *Les outils en fer du Musée Romain d'Avenches*. Avenches : association Pro Aventico, 1990.

Duvauchelle 1996 : Duvauchelle, Anika. *L'é...tas d'enclumes ou le monde enchanteur des enclumes : une exposition du musée du fer de Vallorbe du 28 juillet au 3 novembre 1996*. Vallorbe : Musée du fer et du chemin de fer de Vallorbe, 1996

Duvauchelle 2005 : Duvauchelle Anika. *Les outils en fer du Musée Romain d'Avenches*. Avenches : association Pro Aventico, 2005.

École polytechnique fédéral de Lausanne, laboratoire de mécanique des roches : École polytechnique fédéral de Lausanne, laboratoire de mécanique des roches. Abrasivité des roches [pdf en ligne]. Lausanne : École polytechnique fédéral de Lausanne [consulté le 13 mai 2013]. Disponible sur le Web : <[Imrwww.epfl.ch/fr/serr/SERV_051128_FR_JFM_Abrasivite.pdf](http://www.epfl.ch/fr/serr/SERV_051128_FR_JFM_Abrasivite.pdf)>.

Ehrenberg 1981 : Ehrenberg Margaret R. The Anvils of Bronze age. *The Antiquaries Journal*, 61, 1981, p. 14-28.

Éluère, Mohen 1993 : Éluère Christiane, Mohen Jean-Pierre. Problèmes des enclumes et matrices en bronze de l'âge du Bronze en Europe occidentale. In Éluère (dir.). *Outils et ateliers d'orfèvres des temps anciens*. Saint-Germain-en-Laye : Société de amis du musée du MAN et du château de Saint-Germain-en-Laye, 1993.

Faculté polytechnique de Mons Service de Génie Minier : Faculté polytechnique de Mons, Service de Génie Minier. *Abrasivité FPMS* [pdf en ligne]. Mons : Faculté polytechnique de Mons Service de Génie Minier [consulté le 13 mai 2013]. Disponible sur le Web : <portail.umons.ac.be/FR/universite/facultes/fpms/recherche/GR_SER_MIN/Expertises/fr-Abrasivite.pdf>.

Fédération française de l'acier 2010 : Fédération française de l'acier. Rapport annuel 2010 [pdf en ligne]. Disponible sur le web : <www.acier.org/fileadmin/FFA/.../Acier_en_France_2010_web.pdf>.

Felder a : Felder Éric. Usinage par abrasion : principes généraux [réf. Internet BM7052]. In collectif. *Procédés d'usinage [ref. internet 42190]*. Paris : Techniques de l'ingénieur [consulté le 17 mai 2013]. Disponible sur le web : <www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/procedes-d-usinage-42190210/abrasifs-b7050/abrasifs-libres-b7050niv10003.html>.

Felder b : Felder Éric. Usinage par abrasion : analyses expérimentales [réf. Internet BM7053]. In collectif. *Procédés d'usinage [réf. internet 42190]*. Paris : Techniques de l'ingénieur [consulté le 17 mai 2013]. Disponible sur le web : <www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/procedes-d-usinage-42190210/abrasifs-b7050/abrasifs-libres-b7050niv10003.html>.

Ferronnerie Léon Martinet 1905 : Ferronnerie Léon Martinet. *Ferronnerie Léon Martinet Charleville Ardennes tarif n°7 du 1er janvier 1905*. Charleville : Ferronnerie Léon Martinet, 1905.

Feugère et al. 1992 : Feugère Michel, Thavre Marianne, Vienne Guy. *Les objets en fer dans les collections du Musée Archéologique de Saintes*. Saintes : Musées de Saintes, 1992.

Gabillot, Mordant 2006 : Gabillot Maréva, Mordant Claude (coll.). Cultures et territoires du Bronze moyen en France : approche quantitative de la production et de la consommation des objets en Bronze entre « culture atlantique » et « culture orientale ». In Baray Luc (dir.). *Artisanats, sociétés et civilisation : hommage à Jean-Paul Thevenot*. Dijon : Revue archéologique de l'Est, 2006.

Garin 1987 : Garin Myrèn. Sur l'hypothèse proto-industrielle. *Cahiers de sciences humaines*, 1987, 23 (2), p. 301-318).

Giot 1952 : Giot P.-R. Le travail de la fibrolite en Armorique. In : *Bulletin de la Société préhistorique française*, 1952, tome 49, N. 8. pp. 395- 398.

Gostenčnik 2010 : Gostenčnik Kordula. Le fer, les alliages cuivreux et l'or : l'artisanat du métal sur le Magdalensberg. In Chardron-Picault Pascale (dir.). *Aspects de l'artisanat en milieu urbain : Gaule et Occident romain*. Dijon : Revue archéologique de l'Est, 2010.

Grébénart 1988 : Grébénart D. « Reassessment of the Evidence for Early Metallurgy in Niger, West-Africa ». In *Journal of Archaeological Science*. USA : V15, 1988, p. 367-394.

Gross 1883 : Gross Victor. *Les protohelvètes ou les premiers colons sur les bords du lac de Bièvre et de Neuchâtel*. Berlin : librairie A. Hascher & Cie, 1883.

Guilaine 2007 : Guilaine Jean (dir.). *Le Chalcolithique et la construction des inégalités*. Paris : Errance, 2007.

Guillaumet 1996 : Guillaumet, Jean-Paul. *L'artisanat chez les Gaulois*. Paris : Errance, 1996.

Guillaumet 2000 : Fouilles entre le Champlain et la Côte Chaudron. In *Rapport annuel d'activité 2000 du Centre archéologique européen du Mont Beuvray*. Glux-en Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 2000.

Guillaumet, Dungworth 2001 : Guillaumet Jean-Paul, Dungworth David. Fouilles entre le Champlain et la Côte Chaudron. In *Rapport annuel d'activité 2001 du Centre archéologique européen du Mont Beuvray*. Glux-en Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 2001.

Guillaumet, Dungworth 2002 : Guillaumet Jean-Paul, Dungworth David. Fouilles entre le Champlain et la Côte Chaudron. In *Bibracte, rapport annuel d'activité 2002*. Glux-en Glenne : Bibracte, 2002.

Guillaumet 2003 : Guillaumet Jean-Paul. *Paléomanufacture métallique. Méthode d'étude*. Dijon : Infolio éditions, 2003.

Guillaumet (dir.) 2003 : Guillaumet Jean-Paul (dir.). Fouilles entre le Champlain et la Côte Chaudron. In *Bibracte, rapport annuel d'activité 2003*. Glux-en Glenne : Bibracte, 2003.

Guillaumet (dir.) 2004 : Guillaumet Jean-Paul (dir.). Fouilles entre le Champlain et la Côte Chaudron. In *Bibracte, rapport annuel d'activité 2004*. Glux-en Glenne : Bibracte, 2004.

Guillaumet (dir.) 2005 : Guillaumet Jean-Paul (dir.) Fouilles entre le Champlain et la Côte Chaudron. In *Bibracte centre archéologique européen, rapport annuel d'activité 2005*. Glux-en Glenne : Bibracte, 2005.

Guillaumet et al. 2007 : Guillaumet Jean-Paul, Dhennequin Laurent, Bochnack Tomasz, Goláňová Petra. Fouilles du secteur de la Côte Chaudron. In *Bibracte, rapport annuel d'activité 2007*. Glux-en Glenne : Bibracte, 2007.

Gomez 1984 : Gomez José. Matériel de fondeur de l'âge du Bronze dans le bassin de la Charente. In Collectif. *Paléoméallurgie de la France atlantique : âge du Bronze (I)*. Rennes : Laboratoire "anthropologie - préhistoire - protohistoire - quaternaire armoricains", 1984.

Hamon 2006 : Hamon Caroline. *Broyage et abrasion au Néolithique ancien. Caractérisation technique et fonctionnelle des outillages en grès du Bassin parisien*. Oxford : BAR International Series, 2006.

Helmo 1998 : Dolzen Helmo. *Eisenfunde aus der Stadt auf dem Magdalensberg*. Klagenfurt : Verlag des Landesmuseums für Kärnten, 1998.

Hundt 1986 : Hundt H. J. Zwei minoisches Bronzegerät zum Treiben von Metallgefäßen aus Kreta. *Archäologisches Konrespondenzblatt* 16, 1986, p. 279-282.

Husson 1904 : Husson François. *Manuel du serrurier à l'usage des écoles professionnelles et des ouvriers*. Paris : Librairie Garnier Frères, 1904.

J. Potoine-David 1904 : J. Potoine-David. *J. Potoine-David tarif n°94 du 1er septembre 1904*. J. Potoine-David, 1904.

Jacobi 1974 : Jacobi Gerhard. *Werkzeug und Gerät aus dem Oppidum von Manching*. Wiesbaden : Franz Steiner, 1974.

Japan Artifacts : Japan Artifacts. *Tout pour l'aiguisage à la japonaise* [catalogue en ligne consulté le 15/06/2013]. <<http://www.japan-artifacts.fr/COUTEAUX-JAPONAIS-AIGUISAGE-ET-ENTRETIEN.htm>>

Jullien, Valerio 1846 : Jullien Charles-Edouard, Valerio Oscar. *Nouveau manuel complet du Chaudronnier, comprenant la description complète et détaillée de toutes les opérations de cet art, tant pour la fabrication des appareils en cuivre que pour ceux en fer, etc. Suivie d'une étude particulière des différents genres d'appareils, suivant qu'ils sont employés au chauffage, à la liquéfaction ou à la vaporisation*. Paris : Librairie encyclopédique Roret, 1846.

Kaurin 2004 : Kaurin, Jenny. *Le Mobilier métallique de la nécropole orientale de l'oppidum du Titelberg (hors fibules et monnaies)*. Strasbourg : Université Marc Bloch, 2004. Mémoire de maîtrise sous la direction d'Anne-Marie Adam, Jean-Paul Guillaumet et Jeannot Metzler.

Kaurin 2009 : Kaurin Jenny. La place des artisans dans les tombes gauloises. *Dossiers d'archéologie* n° 335, septembre-octobre 2009, p. 50-55.

Labeaune à paraître : Labeaune Régis (dir.). *Découvertes d'un établissement rural gallo-romain et d'un hameau à vocation artisanale du V^e siècle avant J.-C.* DFS inrap, à paraître.

Labaune, Dondin-Payre 2007 : Labaune Yannick, Dondin-Payre Monique. Notice n° 310. In Char-dron-Picault (dir.). *Hommes de feu, hommes du feu : l'artisanat en pays éduen*. Autun : ville d'Autun, 2007.

Lambert 2002 : Lambert Daniel. *Moulage et fonderie d'art*. Dourdan : Vial, 2002.

Lami, Tharel 1881-1891 : Lami Eugène-Oscar, Tharel Alfred. *Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'industrie et des arts industriels*. Paris : Lami, Tharel et Cie éditeurs, 1881-1891.

Landrin 1835 : Landrin Henri. *Manuel du coutelier, traité théorique et pratique de l'art de faire tous les ouvrages de coutellerie*. Paris : M. H. Landrin, 1835.

La pierre à aiguiser des Pyrénées : La pierre à aiguiser des Pyrénées. Saurat : la pierre à aiguiser des Pyrénées, sans date [pdf consulté le 6 juin 2013]. Disponible sur le web : < www.pierre-a-aiguiser-naturelle.com/IMG/pdf/Catalogue.pdf>.

Larcelet 1999 : Larcelet Anne. *Étude du mobilier métallique du site du Lycée militaire à Autun, Un quartier antique d'artisanat métallurgique*. Dijon : Université de Bourgogne, 1999. Diplôme d'études approfondies sous la direction de Claude Mordant et Michel Pernot.

Lejay Fils 1889 : Lejay Fils. *Tarif 1889 de la fabrique de ferronnerie et clouterie Lejay fils à Charleville*. Charleville : Lejay Fils, 1889.

Lémant 1993 : Lémant Jean-Pierre. Les sites de Vireux à l'époque romaine. *L'archéologie ardennaise, Bulletin du CARA*, n°3, 1993.

Leroi-Gourhan 1971 : Leroi-Gourhan André. *L'homme et la matière*. Paris : Albin Michel, 1971.

Leroy, Merluzzo 2010 : Leroy Marc, Merluzzo Paul. Les déchets des activités de métallurgie du fer dans les agglomérations de gaule romaine : ateliers, dépotoirs et rebuts déplacés. In Chardron-Picault (dir.). *Aspects de l'artisanat en milieu urbain : Gaule et Occident romain*. Dijon : RAE, 2010, p. 305-321.

Letterlé 1982 : Letterlé Frédéric. Un site de l'âge du Bronze à Cuiry-lès-Chaudardes (Aisne). *Revue archéologique de Picardie*, numéro spécial 1, 1982, pp. 175-185.

Longo, Skakum 2008 : Longo Laura, Skakun Natalia (éd.). « *Prehistoric technology* » 40 years later : *Functional Studies and the Russian Legacy*. Oxford : Archaeopress, 2008.

Lycée-collège du Diois : <http://www.ac-grenoble.fr/lycee/diois/Latin/archives/Francais/Image/Iconographie/IX-XVIe%20siecle%20-%20Les%20Paysans%20au%20Moyen%20Age/Web/original/1500%20abattage%20d-un%20boeuf,%20livre%20d-Heures%20par%20Simon%20Marmion,%20Flandre,%20Munich.jpg>

Malrain et al. 2010 : Malrain François, Sylvain Bauvais, Bénédicte Henon, Vincent Legros, Marion Saurel, Véronique Pissot, avec les contributions de Muriel Boulen et Kai Fechner. Le site artisanal de La Tène finale et du gallo-romain de Ronchères (Aisne) « Le Bois de la Forge ». *Revue archéologique de Picardie*, n°1-2 2010.

Mangin et al. 2000 : Mangin Michel, Courtadon Jean-Louis, Fluzin Philippe, de Laclos Éric. *Villages forges et parcellaire aux sources de la Seine : l'agglomération antique de Blessey-Salmaise (Côte-d'Or)*. Besançon : Presses universitaires francomptoises, 2000.

Mangin 2004 : Mangin Michel (dir.). *Le fer*. Paris : Errance, 2004.

Manning 1989 : Manning W. H. *Catalogue of the romano-british iron tools, fittings and weapons in the British Museum*. London : British Musuem, 1989.

Manufrance 1958 : Manufrance manufacture française d'armes et cycles. Saint-Étienne : Manufrance, 1958.

Mapod 1853 : Mapod. *Nouveau manuel complet du forgeron, maréchal, serrurier, taillandier etc., renfermant des notions étendues sur la connaissance du fer, de l'acier et des divers charbons ; des modèles de forge volantes, de soufflets cylindriques et de ventilateurs, et pouvant servir de manuel complet du fabriquant de soufflets et de machines soufflantes*. Paris : Librairie encyclopédique Roret, 1853.

Marbach 2012 : Marbach André. *Catalogue et étude des faux et des outils agricoles de coupe à lame et à manche entiers en Gaule*. Oxford : Archeopress, 2012.

Mauvilly et al. : Mauvilly Michel, Antenen Iris, Garcia Cristobal Evencio, Rufieux Mireille, Serneels Vincent. Sévaz « Tudinges » : chronique d'un atelier de métallurgistes du début de la Tène dans la Broye. *Archéologie Suisse*, 1998, n° 21-4, p. 144 -154.

- Mialaret 1864** : Mialaret Ch. Recherches archéologiques sur le département des Ardennes. *Revue historique ardennaise*, 1864, T. 1. p. 145-195.
- Mendels 1969** : Mendels Franklin. *Industrialization and population pressure in XVIIIth century flanders*. Thèse soutenue à l'université du Wisconsin, 1969.
- Menez et al. 2007** : Menez Yves, Vivet Jean-Bernard, Chanson Karine, Dupré Mathilde. La forge de Paule (Côtes-d'Armor). In Milcent Pierre-Yves (dir.). *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal. Actes du XXVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004*. Bordeaux : Aquitania, 2007.
- Millotte 1963** : Millotte Jacques-Pierre. *Le Jura et les plaines de la Saône aux âges des Métaux*. Paris, 1963.
- Milcent 2007** : Milcent Pierre-Yves. *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du fer. Actes du XXVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004*. Bordeaux : Fédération Aquitania, 2007
- Mirimanoff, Demierre 2004** : Mirimanoff Alexandra, Demierre Mathieu. Les forges traditionnelles au Népal. In *Bibracte Centre archéologique européen, rapport annuel d'activité 2004*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 2004.
- Mohen 1977** : Mohen Jean-Pierre. *L'âge du Bronze dans la région de Paris*. Paris : édition de Musées nationaux, 1977.
- Mohen 1984** : Mohen Jean-Pierre. Nouvelles découvertes de vestiges métallurgiques de l'âge du Bronze à Fort-Harrouard - Sorel Moussel (Eure et Loire). In collectif, *Paléoméallurgie de la France atlantique : âge du Bronze (I)*. Rennes : Laboratoire "anthropologie - préhistoire - protohistoire - quaternaire armoricains", 1984.
- Mohen 1984b** : Mohen Jean-Pierre. Les outils des métallurgistes de l'âge du Bronze en France. *Antiquités nationales*, n°16/17, 1984/85.
- Mohen, Bailloud 1987** : Mohen Jean-Pierre, Bailloud Gérard. La vie quotidienne. Les fouilles du Fort-Harrouard. Paris : Picard, 1987, L'âge du Bronze en France 4.
- Mölders 2010** : Mölders Doreen. *Die eisernen Werkzeuge aus Bibracte : ein Beitrag zur Erforschung des keltischen Handwerks nach den Arbeiten von Jacques-Gabriel Bulliot und Joseph Déchelette = L'outillage en fer de Bibracte : une contribution à l'étude de l'artisanat celtique d'après les travaux de Jacques-Gabriel Bulliot et Joseph Déchelette*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 2010.
- Mommeja, Bret 1993** : Mommeja François, Xavier Bret. *Nippon To (sabre japonais)*, France, 1993, 12 min, AKTIS cinema video.
- Moreau 1971** : Moreau Jacques. Un moule d'enclume de l'âge du Bronze trouvé à la Lède-du-Gurp (Gironde). *Gallia Préhistoire*, T. 14, fascicule 2, 1971, p. 267-269.
- Moreau Fils 1923** : Moreau Fils. *Usines Moreau Fils, Charleville, Articles de quincailleries, tarif 1923*. Charleville : Moreau Fils, 1923.

Naizet 2003 : Naizet Fabrice. Les déchets et leur traitement : éléments de terminologie à l'usage des archéologues. In Ballet Pascale, Cordier Pierre, Dieudonné-Glad Nadine (dir.). *La ville et ses déchets dans le monde romain : Rebut et recyclages*. Actes du colloque de Poitiers (19-21 septembre 2002). Montagnac : Monique Mergoïl, 2003.

Nicolardot, Gaucher 1975 : Nicolardot Jean-Pierre Nicolardot, Gaucher Gilles. *Typologie des objets de l'âge du Bronze. Fascicule V : Outils*. Paris : Société préhistorique française, 1975.

Oddy 1993 : Oddy W. Andrew. The assaying of gold by touchstone in antiquity and the medieval world. In Éluère Christiane. *Outils et ateliers d'orfèvres des temps anciens*. Saint-Germain-en-Laye : Société des amis du MAN et du château de Saint-Germain-en-Laye, 1993.

Orango 2003 : Orango Lionel. *Forges et forgerons dans les habitats de la Grande Limagne d'Auvergne. Fabrication et consommation des produits manufacturés en fer en Gaule à l'âge du Fer*. Montagnac : Monique Mergoïl, 2003.

OTUA 1977 : OTUA. *L'acier et sa mise en œuvre*. Neuilly-sur-Seine : Office technique pour l'utilisation de l'acier, 1977.

Outilor 2013 : Outilor. *Outilor, catalogue mars 2013*. Lyon : Outilor, 2013.

Paunier, Luginbül 2004 : Paunier Daniel, Luginbühl Thierry. Bibracte : *Le site de la maison 1 du Parc aux Chevaux (PC1) des origines de l'oppidum au règne de Tibère*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 2004.

Perkins 1996 : Perkins John. *Bricolage simplifié, affûtage des outils*. L'Olympe, 1996.

Pernot 1993 : Pernot Michel. Approche de l'artisanat du « bronze » au Mont-Beuvray : la fabrication de fibules et l'organisation d'un atelier. *Revue d'archéométrie*, 1993, n°17, p. 41-49.

Pernot 1998 : Pernot Michel. L'organisation de l'atelier du Bronzier. In Mordant Claude, Pernot, Michel, Rychner Valentin (éd.). *L'atelier du Bronzier en Europe du XX^e siècle au VIII^e siècle avant notre ère*. Paris : cths, 1998.

Pič 1906 : Pič Joseph Ladislav. *Le Hradischt de Stradonitz en Bohême*. Leipzig : Hiersemann, 1906.

Piel-Desruisseaux 2002 : Piel Desruisseaux Jean-Luc. *Outils préhistoriques : du galet taillé au bistouri d'obsidienne*. Paris : Dunod, 2002.

Pierrevelcin 2002 : Pierrevelcin Gilles. *Les petits objets de bronze de l'oppidum de Stradonice à travers les documents anciens*. Mémoire de maîtrise présenté sous la direction de Stephan Fichtl, 2002.

Pietsch 1983 : Pietsch Martin. *Die römischen Eisenwerkzeuge von Saalburg, Feldberg und Zugmantel*. Saalburg Jahrbuch 39, 1983, pp. 5-132.

Pieters 2010 : Pieters Maxence. Les supports de frappe lithiques pour le travail des métaux aux âges du fer et à l'époque romaine. In *Avec les archéologues ardennais*. Charleville-Mézières : Centre ardennais de recherche archéologique, 2010.

Polfer 1999 : Polfer Michel. Production et travail du fer en Gaule du Nord et en Rhénanie à l'époque romaine : le rôle des établissements ruraux. In Polfer Michel (dir.). *Artisanat et productions artisanales en milieu rural dans les provinces du nord-ouest de l'Empire romain*. Montagnac : Monique Mergoil, 1999, p. 45-76.

Pouenat, Vernet 2002 : Pouenat Pierre, Vernet Gérard. Un atelier de fabrication d'anneaux en schiste bitumineux à Buxières-les-Mines (Allier). In Maranski Didier, Guichard Vincent (dir.). *Les âges du Fer en Nivernais, Bourbonnais et Berry oriental : Regards européens sur les âges du Fer en France. Actes du XVII^e colloque de l'AFEAF*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 2002.

Poux 2008 : Poux Mathieu. L'empreinte du militaire césarien dans les faciès mobiliers de La Tène finale : caractérisation, chronologie et diffusion des ses principaux marqueurs. In Poux Mathieu (dir.). *Sur les traces de César : militaria tardo-républicains en contexte gaulois*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 2008, p. 203-223.

Poux, Feugère, Demierre 2008 : Poux Mathieu, Feugère Michel, Demierre Mathieu. Autour de Gergovie, découvertes anciennes et récentes. In Poux Mathieu (dir.). *Sur les traces de César : militaria tardo-républicains en contexte gaulois*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 2008, p. 203-223.

Rebière et al. 1995 : Rebière J., Rémy P., Guillot I., Benoit P. Les enclumes tas gallo-romaines : le cas de Jouars-Ponchartrain. In Benoit Paul, Fluzin Philippe. *Paléométaballurgie du fer & cultures*. Belfort : Vulcain, 1995, p. 501-508

Renaux-Mathieu avant 1937 : Renaux-Mathieu. *Renaux-Mathieu aux forges de Matton (Ardennes)*. Matton : Renaux-Mathieu, avant 1937.

Ribaux 1986 : Ribaux Philippe. *Cortailod-Est, un village du Bronze final, 3 : l'homme et la pierre*. Neuchâtel : Office et musée cantonal d'archéologie, 1986.

Rybová Drda 1994 : Rybová Alena, Drda Petr. *Hradiště by Stradonice : Rebirth of a celtic oppidum*. Praha : institute of archaeology, 1994.

Robert 2007 : Robert Claude. Au vu des dernières découvertes, à qui attribuer les minières d'extraction du silex à Spiennes, près de Mons en Belgique ? In Le Brun-Ricalens Foni, Vallotteau François, Hauzeur Anne (dir.). *Relations interrégionales au Néolithique entre Bassin parisien et Bassin rhénan*. Luxembourg : Musée National d'Histoire et d'Art, 2007. Actes du 26^e colloque interrégional sur le Néolithique, Luxembourg 8 et 9 novembre 2003. (*Archaeologia Mosellana* ; 7), p. 367-370.

Rodriguez 2013 : Rodriguez Miguel. *L'Instrumentum du « Cul de Breuil » : mobilier métallique et tabletterie*. Mémoire de maîtrise réalisé sous la direction de Mathieu Poux, Université Lumière Lyon 2, 2013.

Rozoy 1978 : Rozoy Jean-Georges. *Typologie de l'Épipaléolithique (Mésolithique) franco-belge*. Reims : Société archéologique Champenoise, 1978.

Rozoy 1993 : Rozoy Jean-Georges. Les archers épipaléolithiques : un important progrès. In: *Paléo*. N°5, 1993. pp. 263-279.

Rustoiu 2000 : Rustoiu A. Outils en fer pour le travail des métaux en Dacie Préromaine (I^{er} siècle av. J.-C. – I^{er} siècle ap. J.-C.). In Feugère Michel, Guštin Mitja (eds.). *Iron, Blacksmiths and Tools. Ancient European Crafts. Acts of the Instrumentum Conference at Podsreda (Slovenia) in April 1999*. Montagnac : Monique Mergoïl, 2000.

Saint-Gobain 2007 : Saint-Gobain. *Catalogue Norton 2007* [pdf en ligne]. Conflans : Saint-Gobain, 2007 [consulté le 13 mai 2013]. Disponible sur le Web : <service.escapenet.ch/publisher/pictures/256/261557/norton-catalogue2007-complet.pdf>.

Schiffer 1987 : Schiffer Michael B. *Formation processes of the archaeological record*. Albuquerque : University of New Mexico Press, 1987.

Schmidt 1996 : Schmidt Peter R. Reconfiguring the Barango : Reproductive Symbolism and Reproduction among a work Association of Iron Smelters. In Schmidt Peter R. (éd.). *The Culture and Technology of African Iron Reproduction*. Gainesville : University Press of Florida, 1996.

Schneider 2002 : Scheider Joan S. Milling Tool Design, Stone Textures, and Function. In Procopiou Hara, Treuil René (dir.). *Moudre et Broyer : l'interprétation fonctionnelle de l'outillage de mouture et de Broyage. Méthodes*. Paris : CTHS, 2002, p. 31-53.

Serneels 1998 : Serneels Vincent. La chaîne opératoire de la sidérurgie ancienne. In Feugère Michel, Serneels Vincent (dir.). *Recherche sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*. Montagnac : Monique Mergoïl, 1998.

Sievers 1984 : Sievers Susanne, Drescher Hans (coll.), Rochna Otto (coll.). *Die Kleinfunde der Heuneburg : die Funde aus den Grabungen von 1950-1979*. Mainz am Rhein : Philipp von Zabern, 1984. (Heuneburgstudien ; 5 / Römisch-Germanische Forschungen ; 42).

Sigaut 1991 : Sigaut François. Un couteau ne sert pas à couper mais en coupant. Structure, fonctionnement et fonction dans l'analyse des objets. In collectif. *25 ans d'études technologiques en préhistoire. Bilan et perspectives*. Actes des 11^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes 18-20 octobre 1990. Juan-les-Pins : APDCA, 1991.

Société chimique de France : Société chimique de France. *Cours et production mondiale de quelques métaux*. (www.societechimiquedefrance/extras/donnees/annex/cours/textcours.htm).

Stephenson 2005 : Stephenson Anne-Philippa. *Autun. Clinique du Parc, rapport final d'opération*. Dijon. Dijon : Service régional de l'archéologie de Bourgogne, 2005.

Strahm 2007 : Strahm Christian. L'introduction de la métallurgie en Europe. In Guilaine Jean (dir.). *Le Chalcolithique et la construction des inégalités*. Paris : Errance, 2007, p. 49-71.

Strozzini 2007 : Strozzini Robert. *C'est en forgeant... Manuel pratique de forge*. Saint-Egrève : Émotion primitive, 2007.

Thevenot 1998 : Thevenot Jean-Paul. « Le dépôt de la Petite Laugère à Gévelard. In Mordant Claude, Pernot Michel, Rychner Valentin (dir.). *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère : Du minerai au métal, du métal à l'objet*. Paris : CTHS, 1998.

Thiébaux, Goemaere, Herbosch 2012 : Thiébaux Aurélie, Goemaere Éric, Herbosch Alain. Un atelier gallo-romain de pierres à aiguiser découvert à Buizigen (Hal, Belgique) : reconstitution des étapes de fabrication et détermination des origines géologiques et géographiques du matériau. *Revue du Nord-Archéologie de la Picardie et du Nord de la France*, 2012, T 94, n° 398.

Tronquart 1981 : Tronquart Georges. Le « camp celtique » de la Bure, Tête du Villé, communes de Saint-Dié et d'Hurbache. In *Bulletin de la Société philomatique Vosgienne*, Vol. LXXXIV, 1981. p. 29-43.

Tronquart 1986 : Tronquart Georges. La sidérurgie au « camp celtique » de la Bure (Saint-Dié) bilan de vingt ans de recherche (1964-1984). In *Revue archéologique de l'est et du centre-est*. T. XXXVII, fasc. 1-2, 1986, p. 59-74.

Tronquart 1987 : Tronquart Georges. La sidérurgie au « camp celtique » de la Bure, du Ier siècle avant au IVe siècle après J.C. In Collectif. Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les Provinces voisines, actes du colloque de l'École supérieure des Mines, 26-27 avril 1986. Paris : Errance, 1987.

Tronquart 1989 : Tronquart Georges. *Un castellum du massif vosgien : Le "camp celtique" de la Bure*. Saint-Dié : Le Chardon, 1989.

Viand 2008 : Viand Antide (dir.). *Nanterre et les Parisii : une capitale au temps des Gaulois ?* Paris : Somogy, 2008.

Vivet 2009 : Vivet Jean-Bernard (dir.). Métallurgie médiévale et forêt en prélude aux Grandes Forges de Paimpont (Ille-et-Vilaine). *Les dossiers du Centre régional d'archéologie d'Alet*, 2009, n° AF.

Wate 2005 : Wate John. *Le katana : sabre des samouraïs*, Allemagne, 2005, 43 min, Arte diffusion.

Wyss 1967 : Wyss René. *Bronzezeitliches Metallhandwerk*. Bern : Paul Haupt, 1967.

Zaour et al. 2011 : Zaour Nolwenn, Jahier Ivan, Lepaumier Hubert, Vauterin-Besnard Chris-Cécile, Giazon Sébastien (coll.), Féret Lénaïg (coll.), Le Forestier Solenn (coll.). Les meules dans les habitats enclos du second âge du Fer en Basse-Normandie : Première approche. In Buchsenschutz Olivier, Jacotey Luc, Jodry Florent, Blanchard Jean-Luc (dir.). *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille*. Bordeaux : Aquitania, 2011.

Figures

Fig.1 Schéma d'analyse des outils paléolithiques non taillés (d'après Beaune 2000).	12
Fig.2 Schématisation du concept de fonction.	13
Fig.3 Schéma du cycle de vie de l'objet.	16
Fig.4 Symboles utilisés dans les dessins.	21
Fig.5 Spécialisation des supports de frappe de l'âge du Bronze.	23
Fig.6 Tableau synthétique de la conception technique des enclumes de l'âge du Bronze.	24
Fig.7 Comparaison entre les différents groupes techniques d'enclumes de l'âge du Bronze. De haut en bas : enclume bigorne, enclume à suages et enclume universelle. 8 : Wollishofen, Zurich, Canton de Zurich, Suisse (d'après Eherenberg 1981) ; 6 : Bardouville, Seine-Maritime (d'après Nicolardot, Gaucher 1975) ; 862 : Domaine d'Orain à Venarey-les-Laumes, Côte-d'Or.	27
Fig.8 Tas boule et tas indéterminé. 864 : <i>la Petite Laugère</i> à Gévelard, Saône-et-Loire ; 866 : Plainseau, Somme.	28
Fig.9 Bigorne : <i>le Parc-aux-Boeufs</i> , Questembert, Morbihan (d'après Nicolardot, Gaucher 1975).	29
Fig.10 Outils pour étirer le métal : dégorgeoir et tas à étirer. 38 : Litchfield, Staffordshire, Grande-Bretagne (d'après Armbruster 2001) ; 819 : <i>la Petite Laugère</i> à Gévelard, Saône-et-Loire.	29
Fig.12 Cloutière d'Isleham, Cambridgeshire, Grande-Bretagne (d'après Éluère, Mohen 1993).	30
Fig.11 Outils à estamper et emboutir : domino à rainures, domino à emboutir et coin. 818 : <i>la Petite Laugère</i> , Gévelard, Saône-et-Loire ; 867 : Larnaud, Jura (d'après Nicolardot et Gaucher 1975) ; M.A.N. 21.428 : <i>Petit-Villatte</i> , Neuvy-sur-Barangon, Cher (d'après Nicolardot et Gaucher 1975).	30
Fig.13 Enclume de <i>la Tour de Langin</i> , Bons-en-Chablais, Haute-Savoie. Photographie de l'estomac de l'enclume montrant les marques correspondant à une réutilisation comme martyr (d'après Ehrenberg 1981).	30
Fig.14 Plat ou lopin avec trace de découpe. Heuneburg, Hundersingen, Bade-Wurtemberg, Allemagne (d'après Sievers 1984).	31
Fig.15 Matrice du Camp du Château, Salins-les-Bains, Jura (d'après Dubreucq 2007).	31
Fig.16 Enclume lithique de la forge de Sévaz « Tudinges », Suisse (d'après Malrain <i>et al.</i> 1998).	32
Fig.17 Répartition des supports de frappe de la Tène C-D suivant leur degré de spécialisation.	32
Fig.18 Variation de la masse des supports de frappe de La Tène C-D en kg (échelle logarithmique).	32
Fig.19 Enclume ordinaire et enclume lourde provenant du site de Bibracte.	34
Fig.20 Comparaison entre l'enclume ordinaire 856 et le tas lourd 857 : le Bois de la Forge, Ronchères, Aisne (d'après Malrain <i>et al.</i> 2010).	35

Fig.21 Matrice simple 211 et matrice complexe 210 : <i>la Côme Chaudron</i> , Bibracte, Nièvre.	36
Fig.22 Interprétation de la fabrication d'une bouteille en tôle, à partir des relevés du profil des creux de la matrice complexe 210 (<i>la Côme Chaudron</i> , Bibracte, Nièvre).	36
Fig.23 Marbre 205 en grès feldspathique. Les mortaises présentes sur la tranche devaient servir à maintenir l'objet pendant son transport, montrant un grand soin pour cet outil sans doute en rapport avec sa valeur. <i>La Côme Chaudron</i> , Bibracte, Nièvre.	37
Fig.24 Enclume légère à deux cornes carrées. <i>La Pâturage du Couvent</i> , hors couvent, Bibracte, Nièvre.	38
Fig.25 Tas ordinaires en pierre et fer. 231 : <i>la Côme Chaudron</i> , Bibracte, Nièvre ; 232: <i>la Pâturage du Couvent</i> , hors Couvent, Bibracte, Nièvre.	39
Fig.26 Tas carré, tas à bec, tas rond et tas octogonal. 233 : <i>la Porte du Rebout</i> , Rempart, Bibracte, Nièvre ; 898, 33 : Manching, Bavière, Allemagne (d'après Jacobi 1974) ; 916 : Bibracte, Nièvre (d'après Mölders 2010).	39
Fig.27 Bigornes de chaudronniers. Manching, Bavière, Allemagne (d'après Jacobi 1974).	40
Fig.28 Étampe à profil en V. <i>La Pâturage du Couvent</i> , Hors Couvent, Bibracte, Nièvre.	40
Fig.29 Table à main. <i>La Pâturage du Couvent</i> , Hors Couvent, Bibracte, Nièvre.	41
Fig.30 Martyr en plomb avec le reste du ringard dans la mortaise. <i>Atelier et cave extra-muros</i> , Bibracte, Nièvre.	41
Fig.31 Répartition des supports de frappe de l'époque romaine par degré de spécialisation.	41
Fig.33 Enclume légère bigorne à œil et enclume légère de charron. 817 : Avenches, Suisse (d'après Duvauchelle 2005) ; 1 : le Mouyon, Vireux-Wallerand, Ardennes.	42
Fig.32 Répartition des enclumes romaines par masse, (échelle logarithmique).	42
Fig.34 Enclume ordinaire simple en pierre, enclume ordinaire simple en fer de forme Pompéi et enclume ordinaire en fer à œil porte-outil de forme gauloise. 787 : le Faubourg d'Arroux, Autun, Saône-et-Loire ; 25 : Pompéi, Italie (d'après Amarger 2009) ; 28 : Jouars-Pontchartrain, 78 (d'après Rebière <i>et al.</i> 1995).	44
Fig.35 Enclume lourde simple et enclume lourde de chaudronnier. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.	45
Fig.36 Tas ordinaire . Pompéi, Italie (d'après Amarger 2009).	46
Fig.37 Tas à planer. Ensérune, France (d'après Rebière <i>et al.</i> 1995).	46
Fig.38 Tas carré et tas rectangulaire. 941 : Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999) ; 901 : Magdalensberg, Allemagne (d'après Dolzen 1998).	47
Fig.39 Tas de chaudronnier. <i>Faubourg d'Arroux</i> , Autun, Saône-et-Loire.	47
Fig.40 Bigorne ordinaire et bigorne lourde. 900 : Magdalensberg, Allemagne (d'après Dolzen 1998) ; 5 : la Bure, Saint-Dié-des-Vosges, Vosges (d'après Tronquart 1989).	48
Fig.41 Matrice lourde. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.	49

Fig. 42 Étampe pour la fabrication de fil et étampe pour la fabrication d'une ébauche complexe. 903 : Zugmantel (d'après Pietsch 1983) ; 911 : Magdalensberg, Allemagne (d'après Dolzen 1998).....	50
Fig. 43 Cloutière simple. Saalburg, Allemagne (d'après Pietsch 1983).....	50
Fig. 44 Cloutière mixte : support et cloutière. 20 : Pompéi, Italie (d'après Amarger 2009) ; 905 : Zugmantel (d'après Pietsch 1983).....	51
Fig. 45 Schéma de fabrication des caboche par estampage. La forme de l'ébauche correspond à celle des exemplaires identifiés sur le site de Nasium (Dechezleprêtre 2011, Bonaventure, Pieters 2012).....	51
Fig. 46 Martyr réalisé avec une coulure de plomb. Faubourg d'Arroux, Autun, Saône-et-Loire.	52
Fig. 47 Variabilité du matériau par type de support de frappe.....	55
Fig. 48 Table de frappe d'un tas en rhyolite, marquée sur la moitié de sa surface de nombreux impacts et d'une fissure. <i>La Côme Chaudron</i> , Bibracte, Nièvres.....	55
Fig. 49 Table de frappe d'une enclume lourde en grès, marquée en son centre par un profond disque de percussion. <i>La Porte du Rebout</i> , Atelier et Cave extra-muros, Bibracte, Nièvres.....	56
Fig. 50 Coupe de l'enclume de <i>la Petite Laugère</i> à Gênelard (Saône-et-Loire). La pliure et la cassure résultent d'une force exercée de gauche à droite, le sens de traction du fil à travers la filière.	60
Fig. 51 Table de frappe d'une enclume légère en fer. Son élargissement est évident. La fissure centrale correspond à une soudure lors du corroyage. <i>La Pâturage du Couvent</i> , Hors couvent, Bibracte, Nièvres.	62
Fig. 52 Enclume ordinaire en fer marquée sur la gauche par une large fissure. Jouars-Pontchartrain (d'après Rebière <i>et al.</i> 1995).	62
Fig. 53 Coupe de l'enclume ordinaire 28 révélant son mode de fabrication. Jouars-Pontchartrain (d'après Rebière <i>et al.</i> 1995).	63
Fig. 55 Rapport poids/matériau des supports de la période romaine (échelle logarithmique).	64
Fig. 54 Rapport poids/matériau des supports de frappe de La Tène C-D (échelle logarithmique). ...	64
Fig. 56 État final d'une enclume expérimentale en grès quartzeux utilisée sans enchâssement. On remarque un impact directe en haut à gauche, l'éclatement des arrêtes et la fracturation complète.....	66
Fig. 57 Enclume de Porcieu-Amblagnieu (Isère). La symétrie de l'outil implique que quelle que soit sa position, les mêmes surfaces actives sont disponibles (d'après Nicolardot, Gaucher 1975).	67
Fig. 58 Plan simplifié de l'état 2 de la forge de Paule, Côtes d'Armor (d'après Menez <i>et al.</i> 2007).	68
Fig. 59 Forge traditionnelle au Kenya : frappe à deux mains sur une enclume en pierre fichée dans le sol (d'après Brown 1995).	69
Fig. 60 Stèle d'Aquilée montrant un serrurier travaillant assis devant son enclume (d'après Anderson <i>et al.</i> 2003).....	70

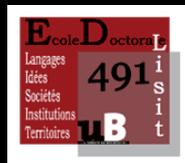
Fig. 61 Plaque funéraire des catacombes de Domitilla montrant un forgeron travaillant debout devant son enclume (d'après Amarger 2009).....	70
Fig. 62 Tableau de synthèses des typologies techniques, formelle et de la datation des enclumes de l'âge du Bronze. Tableau de synthèses des typologies techniques, formelle et de la datation des enclumes de l'âge du Bronze.	72
Fig. 63 Page précédente, planche comparative des différentes silhouettes de supports de frappe de l'âge du Bronze. De haut en bas, forme Porcieu-Amblagnieu, forme Fresné-la-Mère, forme la tour de Langin, forme Gray, et forme la Villette. 815 : Porcieu-Amblagnieu, Isère ; 35 : Rides, Canton du Valais, Suisse ; 34 : Angerville, Essonne ; 37 : <i>Insoch Wood</i> , Nairn, Écosse, Grande-Bretagne ; 872 : Fresné-la-Mère, Calvados ; 6 : Bardouville, Seine-Maritime ; 39 : <i>Keranfinit</i> , Coray, Finistère ; 36 : Kyle of Oykel, Sutherland, Écosse ; 7 : la Tour de Langin, Haute-Savoie ; 8 : Wollishoffen, Zurich, Canton de Zurich, Suisse ; 874 : Corbeil-Essonne, Essonne ; 10 : Musée de Caen, provenance inconnue ; 860 : Domaine d'Orain, Venarey-les-Laumes, Bourgogne ; 861 : Plaine des Brotteaux, Lyon, Rhône ; 862 : la Petite Laugère, Gênelard, Saône-et-Loire ; 863 : Gray, Haute-Saône ; 865 : Ouroux-sur-Saône, Saône-et-Loire ; 11 : <i>Pont de Flandres</i> , La Villette, Paris ; 12 : Mâcon. D'après Coutil 1912 (10), Nicolardot, Gaucher 19754 (815, 6, 7, 11), Mohen 1977 (874), Ehrenberg 1981 (35, 34, 37, 36, 8, 12), Briard 1984 (39), Eluère, Mohen 1993 (872).....	74
Fig. 64 Répartition des enclumes de forme Porcieu-Amblagnieu sur la carte des cultures du Bronze moyen (d'après Gabillot, Mordant 2006z).....	75
Fig. 65 Répartition des formes d'enclumes sur la carte des aires culturelles du Bronze final (d'après Briard 1998).....	76
Fig. 66 Enclumes naviformes de La Tène C-D et de l'époque romaine. 3 : Paule, Côtes-d'Armor (d'après <i>Menez et al.</i> 2007) ; 183 : <i>la Pâture des Grangerands</i> , Bibracte, Nièvre ; 869 : Blessey-Salmaise, Côte-d'Or (d'après Mangin <i>et al.</i> 2000).....	77
Fig. 67 Stèle de Frascati (Italie) montrant deux affranchis et une série d'outils gravés (d'après Manning 1989).....	80
Fig. 69 Chevalet en bronze de la civilisation crétoise, découvert à Ajia Triáda, en Crète (d'après Armbruster 2000).....	81
Fig. 68 Enclumette de faucheur et forme de cordonnier. Zugmantel, Allemagne.....	81
Fig. 70 Variation de la masse des abrasifs (échelle logarithmique).....	83
Fig. 71 Abraseur polyédrique. Lycée militaire, Autun, Saône-et-Loire.....	83
Fig. 72 Usure asymétrique d'un abraseur expérimental utilisé pour poncer un fer carré.....	84
Fig. 73 Abraseur en baguette. Stradonice, République Tchèque.....	84
Fig. 74 Abraseur convexe. <i>La Pâture des Grangerands</i> , Bibracte, Nièvre.....	84
Fig. 75 Abraseur opportuniste en pierre ponce. <i>Le Cul de Breuil</i> , Saint-Amand-sur-Ornain, Meuse.....	85
Fig. 76 Abraseurs spécialisés en cinérite et pierre ponce. 142 : <i>la croix du Rebout</i> , Bibracte, Nièvre ; 773 : <i>le Faubourg d'Arroux</i> , Autun, Saône-et-Loire.....	85

Fig. 77 Cales abrasives pour le travail des surfaces planes, des gorges et des reliefs en demi-rond. 771, 799 : <i>le Faubourg d'Arroux</i> , Autun, Saône-et-Loire ; 589 : <i>le Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	86
Fig. 78 Table abrasive en grès portant deux traces d'utilisation en gorge. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	87
Fig. 80 Table abrasive avec empreintes annulaires. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	87
Fig. 79 Tablette abrasive en grès marquée d'une gorge. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	87
Fig. 81 Baguette abrasive. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	88
Fig. 82 Tableau montrant les variations d'abrasivité entre les groupes de roches et au sein d'un même groupe (d'après Faculté polytechnique de Mons Service de génie minier).	89
Fig. 83 Tableau synthétique des qualités d'abrasifs répertoriées.	90
Fig. 84 Comparaison du rendu des abrasifs grès/3/E (en haut) et céramique/5/B (en bas) sur du fer rond.	92
Fig. 85 Comparaison du rendu des abrasifs céramique/5/B (gauche) et grès/3/E (droite) sur une tôle de laiton (échelle 1). La zone centrale a été laissée en témoin, brute de laminoir.	92
Fig. 86 Abraseur polyédrique entièrement usé. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	93
Fig. 87 Abraseurs en baguette à divers degrés d'usure. Stradonice, République Tchèque.	94
Fig. 88 Abraseur en pierre ponce complètement usé, ne pesant plus que 0,3 g. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	94
Fig. 89 Table abrasive montrant une usure importante : les deux faces se sont presque rejointes.	95
Fig. 90 Table abrasive. La première face porte des traces d'une réfection en cours par piquetage suivi d'abrasion ; des fantômes de gorges sont encore visibles, ainsi que quelques gorges encore non taillées. La seconde face est profondément creusée par les réfections successives qui ont systématiquement épargné les bords de l'outil. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	96
Fig. 91 Principales formes d'usure et de résidus observés sur les abrasifs (échelles et provenances diverses).	98
Fig. 92 Brunissoirs à surfaces actives convexes et plano-convexes. 128 : <i>le Parc aux Chevaux</i> , <i>Domus PCI</i> , Bibracte, Nièvre ; 758 : <i>la Peute Combe</i> , Plombières-lès-Dijon, Côte-d'Or.	99
Fig. 93 Brunissoir en silexite de grande taille. <i>La Pâturage du Couvent</i> , <i>Hors Couvent</i> , Bibracte, Nièvre.	99
Fig. 94 Photographie sous binoculaire de résidus de fer présents sur la surface du brunissoir 127.	100
Fig. 95 Différentes formes d'abraseurs mis en forme (153, 86) ou opportuniste (209). 153 : <i>le Parc aux Chevaux</i> , PC4, Bibracte, Nièvre ; 86 : <i>Pasteur</i> , Vieux Capucins, Châteaudun, Chartre, Eure-et-Loir ; 209 : <i>le Cul de Breuil</i> , Saint-Amand-sur-Ornain, Meuse.	103
Fig. 96 Affiloir de l'âge du Bronze et affiloir romain. 107 : Bibracte, Nièvre ; 87 : <i>Pasteur</i> , Vieux Capucins, Châteaudun, Chartre, Eure-et-Loir.	103

Fig. 97 Représentations du fusil hypothétique de la tombe 75 de la Nécropole orientale du Titelberg et éléments de comparaison. 924 : <i>Titelberg</i> , Pétange, Luxembourg (d'après Kaurin 2009) ; (156) : Avenches, Canton de Vaud, Suisse (d'après Duvauchelle 1990) ; (E5), (E4) : Londres, Grande-Bretagne (d'après Manning 1995).....	104
Fig. 98 Enluminure du livre d'heure de Simon Marmion (d'après Lycée-collège du Diois).....	105
Fig. 99 Exemples de pierres à faux. 327 : Stradonice, République Tchèque ; Manching, Bavière, Allemagne (d'après Jacobi 1974.	106
Fig. 100 Exemples de meulets. 114 : Pasteur, Vieux Capucins, Châteaudun, Chartre, Eure-et-Loir ; 177 : <i>la Pâture des Grangerands</i> , Bibracte, Nièvre ; 571 : <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.....	107
Fig. 101 Meulet de chirurgien. <i>Clinique du Parc</i> , Autun, Saône-et-Loire (d'après Labaune, Dondin-Payre 2007).....	107
Fig. 102 Grand meulet utilisé en taillanderie. Faubourg d'Arroux, Autun, Saône-et-Loire.....	108
Fig. 103 Tableau synthétique de la variabilité des qualités de matériaux documentée sur les outils d'aiguisage.....	109
Fig. 104 Décomposition du geste de l'aiguisage d'un couteau sur un aiguisoir en grès (photographies Manuèle Pieters).....	111
Fig. 105 Décomposition du geste d'aiguisage d'une faux à l'aide d'une pierre à faux en grès fin (photographies Manuèle Pieters).....	112
Fig. 106 Décomposition du geste d'aiguisage d'un ciseau à bois sur un meulet (photographies Manuèle Pieters).....	112
Fig. 107 Affiloir de l'âge du Bronze dont la Bélière est en cours de perforation. Le profil montre que l'outil est déjà en cours d'utilisation. Bibracte, Nièvre.	113
Fig. 108 Traces d'utilisation voilées caractéristiques des outils mobiles. 77 : Bibracte, Nièvre ; 778 : <i>Faubourg d'Arroux</i> , Autun, Saône-et-Loire.	114
Fig. 109 Planche d'outils d'aiguisage réunissant pierres à faux (1641, 1642, 1643, 1656) et aiguisoirs, ainsi que quatre baguettes abrasives interprétées par erreur comme des aiguisoirs (d'après Jacobi 1974).....	115
Fig. 110 Meulets portant des traces d'utilisation importantes. En haut, meulet de boucher utilisé sur ses faces et une des tranches. En bas, meulet de taillandier, également utilisé pour aiguiser des pointes, dont le profil parallélépipédique est devenu trapézoïdal.	116
Fig. 111 Variation de la masse des broyons.....	118
Fig. 112 Différentes formes de broyons répertoriées. On remarque la variabilité importante de silhouette et de forme des parties actives. Les matériaux sont également très différents. 75, 61, 58, 59 : Bibracte, Nièvre ; 160, 165 : <i>la Côme Chaudron</i> , Bibracte, Nièvre ; 168 : <i>le Parc aux Chevaux, Domus PC 1</i> , Bibracte, Nièvre ; 172, 169 : <i>le Parc aux Chevaux, Domus PC1</i> , Bibracte, Nièvre ; 162, 663, 679 : <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.	119
Fig. 113 Broyon en granite à la surface polie. Bibracte, Nièvre.	120

Fig. 114 Broyon portant des traces de percussion importantes. <i>La Côme Chaudron</i> , Bibracte, Nièvre.	120
Fig. 115 Photographie et dessin montrant les déformations engendrées par le frottement à la surface du broyon. 61 : Bibracte, Nièvre ; 168 : le Parc aux Chevaux, Voie à l'ouest de PC1, Bibracte, Nièvre.....	122
Fig. 116 Schéma représentant l'axe d'usure préférentiel de la surface active d'un broyon en fonction de la main qui le manipule.....	122
Fig. 117 Broyon utilisé sur une face par un droitier (haut) et sur la seconde par un gaucher. La Peute Combe, Plombières-lès-Dijon, Côte-d'Or.	122
Fig. 118 Table de broyage en grès. <i>Lycée militaire</i> , Autun, Saône-et-Loire.....	123
Fig. 119 Exploitation des ressources géologiques de Bibracte par aire d'approvisionnement, montrant la prédominance des roches régionales sur les roches locales et la présence faible des roches importées.....	125
Fig. 120 Cartographie des ressources géologiques autour du site de Bibracte et aires d'approvisionnement en matières premières (d'après Boyer 1996).....	126
Fig. 121 Cartographie des ressources géologiques autour du site d'Autun et aires d'approvisionnement en matière première (d'après Boyer 1996).	130
Fig. 122 Exploitation des ressources géologiques d'Autun par aire d'approvisionnement.	131
Fig. 123 Implantation de l'opération du Lycée militaire sur le plan théorique de l'urbanisme de la ville d'Autun/Augustodunum (d'après Chardron-Picault, Pernot 1999).....	133
Fig. 124 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 1, d'après les données de la publication de synthèse (d'après Chardron- Picault, Pernot 1999).	135
Fig. 125 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 1, en tenant compte de l'apport de l'outillage lithique (d'après Chardron- Picault, Pernot 1999).	136
Fig. 126 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 2, d'après les données de la publication de synthèse (d'après Chardron- Picault, Pernot 1999).	137
Fig. 127 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 2, en tenant compte de l'apport de l'outillage lithique (d'après Chardron- Picault, Pernot 1999).	138
Fig. 128 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 3, d'après les données de la publication de synthèse (d'après Chardron- Picault, Pernot 1999).	139
Fig. 129 Répartition des ateliers de transformation des métaux dans l'emprise de la fouille du Lycée militaire à l'état 3, en tenant compte de l'apport de l'outillage lithique (d'après Chardron- Picault, Pernot 1999).	140





BIBRACTE

