

Ewa WYREMBLEWSKI

Les matériaux archéologiques : applications et enjeux. L'exemple des « bronzes » durant la protohistoire européenne

Notice biographique

Allocataire et monitrice à l'université Charles-de-Gaulle-Lille 3, membre du laboratoire Halma-Ipel UMR 8164 (MCC, Lille 3, CNRS), Ewa Wyremblewski se spécialise en protohistoire européenne et plus précisément sur la métallurgie et l'artisanat des métaux cuivreux anciens.

Résumés

L'objectif est d'exposer l'histoire technique de certains objets archéologiques. Cela est indissociable de l'histoire sociale, car la production d'objets au sein d'une société suppose une organisation de celle-ci et la mise en place d'un réseau économique. Identifier les matériaux utilisés par nos sociétés anciennes est l'une des tâches de l'archéologue. Du tesson en argile cuite, aux pollens, en passant par les vestiges métalliques et traces minérales, l'archéologue doit tout étudier et interpréter ces matériaux afin de découvrir leur histoire. Il s'agit d'appréhender l'histoire des sociétés anciennes, non pas à partir de textes, mais à partir des vestiges matériels eux-mêmes.

The objective is to expose the technical history of archaeological artefacts. Closely related to social history, because the production of artefacts supposes an organization and installation of an economic network. Identify materials employed by our ancient societies, is one of the tasks of the archaeologist. Terracotta shard, pollens, via the metal and mineral reminds, the specialists must study and interpret them in order to discover their history. It is a question of grasp the history of the ancient societies, not starting from texts, but from the material reminds themselves.

Ziel des Artikels ist es, die technische Geschichte einiger archäologischen Gegenstände aufzuzeigen. Dies ist nicht zu trennen von der Sozialgeschichte, da die Herstellung von Gegenständen

in einer Gesellschaft deren Organisation und die Entstehung eines ökonomischen Netzwerkes voraussetzt. Eine der Aufgaben des Archäologen besteht darin, die in unseren früheren Gesellschaften benutzten Materialien zu identifizieren. Ob es sich um Tonscherben, Pollen, metallische Überreste oder mineralische Spuren handelt – der Archäologe muss sie studieren und interpretieren, um deren Geschichte zu entdecken. Es geht also darum, die Geschichte der früheren Gesellschaften nicht anhand von Texten, sondern anhand der materiellen Überreste selber zu verstehen.

Mot-clés : protohistoire européenne, métallurgie, bronze, artisanat.

Keywords : European protohistory, metallurgy, bronze, craft industry.

Sommaire :

| | |
|---|----|
| Introduction | 3 |
| 1. Le matériau métallique : pourquoi ?..... | 5 |
| 2. Le concept de « chaîne-opératoire » | 6 |
| 3. L'archéologie et le microscope : le protocole d'étude des métaux cuivreux anciens..... | 7 |
| 3.1. Observations du mobilier et premières hypothèses..... | 8 |
| 3.2. Elaboration d'une fiche-type | 9 |
| 3.3. Prélèvements..... | 9 |
| 3.4. Enrobage..... | 11 |
| 3.5. Polissage et observations microscopiques..... | 11 |
| 3.6. Attaque chimique..... | 12 |
| 3.7. Composition des alliages | 13 |
| 3.8. Description des microstructures | 13 |
| Conclusion | 14 |
| Bibliographie..... | 15 |

Introduction

L'objet « mobilier », réalisé par l'homme, est appelé « artefact » dans le domaine de l'archéologie. Il a été élaboré à partir d'un ou de plusieurs matériaux, fabriqué en un même lieu ou non, à des fins d'utilisation unique ou multiple. L'objet a été élaboré afin de répondre à un besoin et il est intimement lié à celui qui l'a fabriqué d'abord et à celui qui l'a utilisé ensuite (fig. 1).

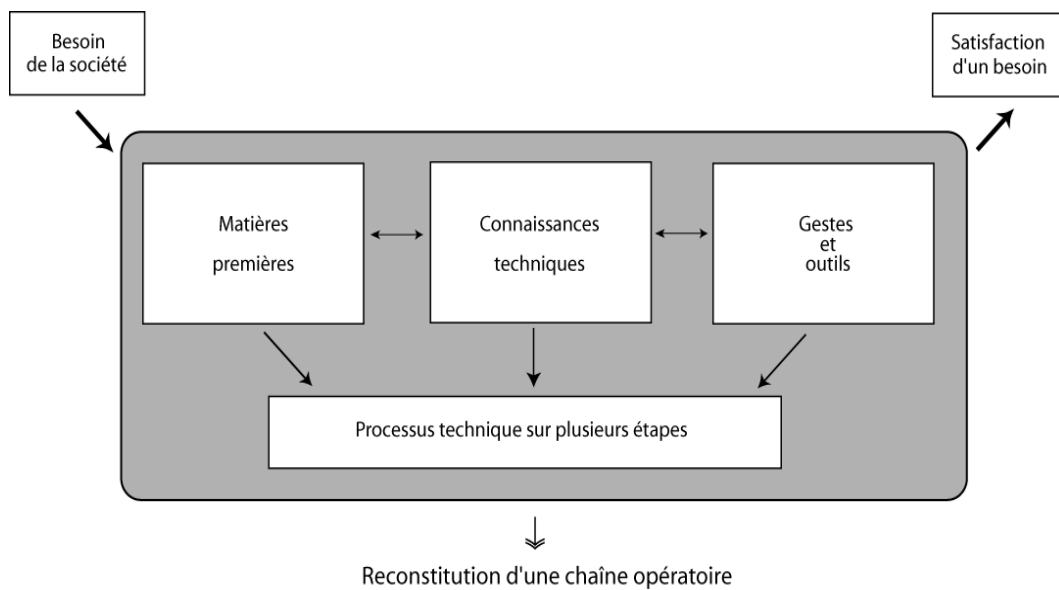


Fig. 1 : Schématisation du concept de chaîne-opératoire. [D.R.]

Ainsi, l'objet a eu une vie et s'est transformé dans les mains des ses utilisateurs successifs. Cela lui a donc laissé des stigmates, jusqu'à ce qu'il perde son statut de bien, soit par la destruction ou par son abandon. Lorsque l'objet archéologique est découvert, il a subi les marques de l'environnement dans lequel il fut enfoui mais il possède alors un intérêt historique pour les individus qui l'étudieront, comme l'archéologue.

L'Histoire, comme le grand public pense la connaître, se baserait sur des peuples civilisés qui connaissent l'écriture et les textes. Ainsi, l'archéologie serait alors une étude des objets des peuples sans écriture, donc non civilisés. Ce n'est évidemment pas tout à fait la réalité historique. La Protohistoire se définit comme une rupture par rapport à la période précédente : la Préhistoire. La protohistoire est la période qui regroupe l'ensemble des connaissances sur les peuples sans écriture, contemporains des premières civilisations historiques.

Pour l'Europe, elle concerne principalement les deux millénaires précédant l'ère chrétienne et correspond aux classiques âges des métaux : Chalcolithique, ou âge du cuivre, âge du bronze et âge du fer (fig. 2). Mais il existe différentes « écoles » pour lesquelles, soit la maîtrise des métaux constitue la source majeure de cette rupture, soit la phase de sédentarisation de l'homme justifie ce passage de la préhistoire à la protohistoire. Certes, le développement de l'artisanat du métal est une étape importante dans l'histoire de nos sociétés, mais cela n'a pas entraîné de changement fondamental au sein de celles-ci. En revanche, la sédentarisation de l'homme, qui se fixe, cultive, élève du bétail marqua bel et bien son mode de vie. Néanmoins, lorsque les populations ont choisi d'utiliser le métal dans leur consommation quotidienne, celui-ci devint un matériau fondamental.

| Dates | Appellations courantes | Système français |
|--------|------------------------|---|
| - 5800 | Néolithique ancien | Terminologies régionales (France et Europe) |
| - 4200 | Néolithique moyen | |
| - 3800 | Néolithique récent | |
| - 2800 | Néolithique final | |
| - 2200 | Bronze ancien | Bronze ancien I |
| - 1600 | | Bronze ancien II |
| | Bronze moyen | Bronze moyen I |
| - 1350 | | Bronze moyen II |
| - 1100 | Bronze final | Bronze final I/IIa |
| - 950 | | Bronze final IIb/IIIa |
| - 800 | | Bronze final IIIb |
| - 630 | Premier Âge du fer | Hallstatt ancien |
| - 530 | | Hallstatt moyen |
| - 475 | | Hallstatt final |
| - 400 | Second Âge du fer | La Tène Ia |
| - 350 | | La Tène Ib |
| - 275 | | La Tène Ic |
| - 200 | | La Tène IIa |
| - 130 | | La Tène IIb |
| - 75 | | La Tène IIIa |
| - 52 | | La Tène IIIb |

Fig. 2 : Tableau chronologique de la protohistoire européenne selon Anne Lehoërff. [Extrait du guide de visite de l'exposition *Entre Flandre et Somme, il y a 3500 ans. Les collections régionales de l'âge du bronze* organisée au Palais des Beaux-Arts de Lille du 13 octobre au 13 avril 2008, sous la direction de Florence Gombert et Anne Lehoërff].

1. Le matériau métallique : pourquoi ?

Le métal occupe une place particulière : il est rare, il brille, il est utilisé pour des objets du quotidien ou à caractère exceptionnel. On peut réaliser des formes d'objets diverses. Durant cette période, les objets qui auparavant étaient réalisés en pierre, argile cuite et bois, comme l'armement ou la vaisselle, le sont désormais en métal. Par conséquent, comme le souligne J.-P. Guillaumet, l'objet métallique, de par sa forme, ses techniques de fabrication, sa composition est un témoin et un marqueur des changements techniques et sociaux¹.

Les objets métalliques ont très tôt intéressé les érudits, qui les collectionnaient à la manière des antiquaires des XVIII^e et XIX^e siècles. Parmi les études qui ont été entreprises, la typochronologie, a été développée par C. Thomsen puis O. Montelius. Elle se base sur des comparaisons d'objets. Tout comme la zoologie classe les animaux en familles, en genres et en espèces dotés de caractéristiques communes, O. Montelius (1843-1921) élabore un classement des outils protohistoriques. Il a isolé le mobilier le plus ancien du plus récent afin d'observer une évolution et de faire des parallèles entre les évolutions biologiques et celle des artefacts. Il cherche les continuités et les ruptures au sein d'une culture, en s'appuyant sur une observation morphologique de l'objet.

Afin que l'historien comprenne et interprète les artefacts métalliques, il doit les classer. Pour cela, différentes méthodologies existent : le classement selon des typologies déjà établies comme la *Typologie des objets de l'âge du bronze en France*²; ou un classement selon d'autres points de vue, qui tentent de se rapprocher de l'artisan ou de l'utilisateur de l'objet, en ayant par exemple recours à l'archéologie expérimentale. Cette dernière cherche, à partir des vestiges d'objets fabriqués par une société ancienne, à en reconstituer l'usage et le mode de fabrication en reconstituant ces objets et en les comparant avec les objets originaux.

L'objectif est double : comprendre comment tel objet a été fabriqué et utilisé, puis comment s'est-il transformé dans le temps et dans l'espace.

¹ GUILLAUMET 2003, p. 9. J.-P. Guillaumet prend l'exemple du couteau. À l'âge du bronze, le couteau a une lame au tranchant de section en triangle isocèle, lisse et affûtée. Depuis une quinzaine d'années apparaissent des couteaux dont la lame a une section en triangle-rectangle sur laquelle apparaissent de petites dents arrondies et striées, qui déchiquette, scie au lieu de couper et qui par ailleurs ne s'adapte qu'aux individus droitiers. C'est précisément l'étude de ces objets métalliques, qui permet de rendre compte de tous ces aspects et permet de connaître les civilisations du métal qui sont apparues depuis plus de 5000 ans. Voir également KAURIN 2008.

² Editée en plusieurs fascicules par la Commission du bronze de la Société Préhistorique Française, depuis les années 1970.

Ces techniques de fabrication employées peuvent être décrites par le biais d'une chaîne opératoire qui rassemble des informations sur les matières, les outils et les gestes lors de la réalisation d'un objet³.

2. Le concept de « chaîne-opératoire »

On pourrait imaginer qu'étudier l'artisanat des sociétés anciennes serait aisé avec des découvertes comme les outils, déchets de fabrications, ou des objets en cours de réalisation, voire les ateliers eux-mêmes. Mais nous ne disposons que rarement de ce type de découvertes. Les vestiges qui nous permettent d'arriver à certaines hypothèses sont les produits finis eux-mêmes, soit la matière première complètement transformée. C'est pourquoi, nous utilisons le concept de la chaîne-opératoire (fig. 1 et 3).

La chaîne-opératoire est l'histoire d'un matériau depuis son état de matière première jusqu'à son état de produit fini brut. Cette chaîne-opératoire s'applique à tous types de matériaux, qu'ils soient végétal, minéral, métallique. Elle se découpe en plusieurs étapes. À chaque étape correspondent des gestes, des outils qui ont été utilisés pour transformer cette matière première.

³ LEHOËRFF 1999.

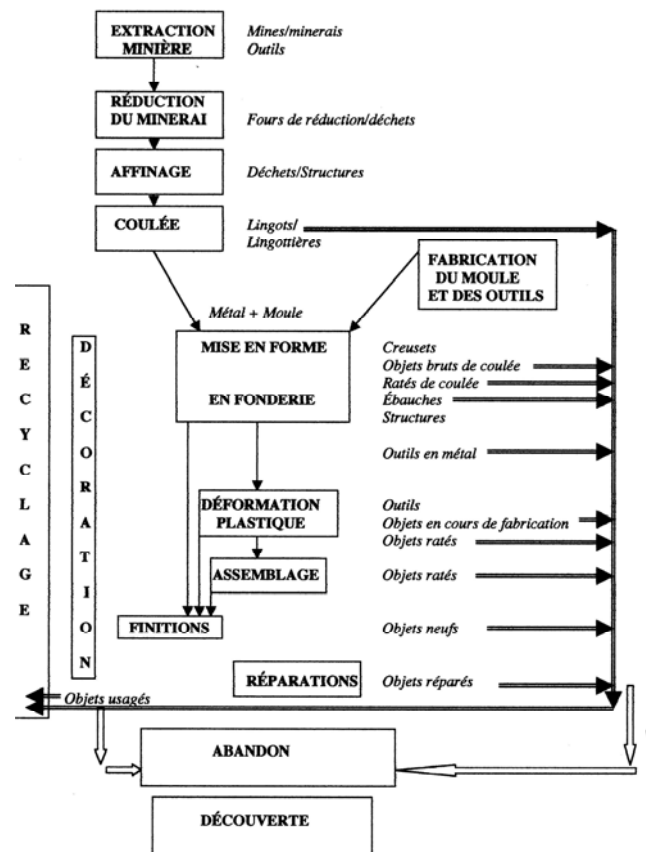


Fig. 3 : Chaîne-opératoire de la métallurgie selon Anne Lehoërf [LEHOËRFF 2007].

Pour un historien des techniques, la chaîne-opératoire est un outil de base. Elle permet de visualiser les différentes opérations techniques, artisanales et de se poser les questions suivantes : quels sont les gestes employés ? Quels sont les outils utilisés ? La chaîne-opératoire retrace ainsi l'histoire d'un objet. Lorsque nous sommes en présence d'un objet archéologique nous essayons de déceler sur celui-ci toutes les traces qui correspondent à ces différentes étapes.

3. L'archéologie et le microscope : le protocole d'étude des métaux cuivreux anciens⁴

L'archéométaballurgie consiste en l'étude des activités métallurgiques des sociétés anciennes. Le métal garde en mémoire certaines informations qui témoignent de l'activité thermo-mécanique de l'objet : martelage, coulée, recuit... Les observations, complétées par

⁴ Nous parlerons ici notamment du « bronze » qui est un alliage de cuivre et d'étain, mais globalement les techniques utilisées sont les mêmes pour l'or ou le fer.

des analyses de composition de l'alliage, permettent d'identifier les procédés de fabrication, d'évaluer le savoir-faire technique de l'artisan et de reconstituer les chaîne-opérateurs.

L'archéoméallurgie s'appuie donc sur les connaissances de l'archéologie d'une part et les méthodes de la science des matériaux d'autre part. La métallurgie du bronze aux âges des métaux peut être comprise et connue à travers les informations liées à la microstructure du métal, en étudiant la structure superficielle et interne des métaux et de leurs alliages. Il faut donc partir de l'objet lui-même pour reconstituer des gestes et des savoirs.

3.1. Observations du mobilier et premières hypothèses

Le premier outil qui peut être utilisé est la loupe binoculaire couplée aux observations à l'œil nu. Elle permet d'examiner la surface de l'artefact, d'identifier les zones fortement corrodées, de faire un bilan de l'état de conservation et bien sûr d'identifier des témoins, des traces de la fabrication ou de l'utilisation de l'objet (fig. 4).



Fig. 4 : Photographies d'une hache à talon de l'âge du bronze en cours d'analyses. On peut observer sur le cliché de droite un petit bourrelet formant une ligne qui est la conséquence de la coulée de l'alliage dans un moule en deux parties. Ces traces n'ont pas été enlevées par l'artisan [Clichés : Ewa Wyremblewski].

3.2. Elaboration d'une fiche-type

Cette fiche est à la fois la « carte d'identité » de l'objet et son historique. La fiche-type permet de rassembler toutes les informations nécessaires sur un objet afin de l'étudier dans sa globalité. L'objet doit en premier être identifié : de quel objet s'agit-il ? La désignation de l'objet permet ainsi de le rapprocher d'une catégorie : outil, arme, parure. L'objet est ensuite rattaché à une typologie, par exemple : hache à talon (fig. 4). Des renseignements concernant le contexte de découverte de l'objet tels que la date de découverte, la zone géographique et le contexte archéologique (habitat, funéraire, dépôt, hors contexte...) doivent être signalés. La description de l'objet se fait ensuite avec des informations concernant d'abord l'état de conservation de l'artefact, ses dimensions conservées et le poids. L'état de conservation peut être important lorsqu'on le met en relation avec les analyses de composition par exemple. Les alliages cuivreux présentent une couche de corrosion plus ou moins importante. L'état de surface correspond à la description de cette couche. Elle est appelée « patine » ou « corrosion », mais c'est ce dernier terme qui est employé quand il s'agit d'études techniques. La composition de l'alliage avec la détermination des éléments mineurs, majeurs et traces sont des informations sur les conditions d'élaboration de l'objet outre l'origine des minerais. Un dessin ou une photographie est ajouté à cette fiche. Pour le dessin de l'objet, il est réalisé à l'échelle un-demi, la norme pour les objets métalliques.

3.3. Prélèvements

Sans prélèvement, des observations peuvent déjà être effectuées, mais le prélèvement de matière dans l'objet permet de porter les analyses plus loin et vers d'autres directions (fig. 5).

| Prélèvement sur l'objet | Techniques d'étude | Type d'observation |
|-------------------------|--|--|
| Sans prélèvement | <ul style="list-style-type: none"> • Examen visuel à l'œil nu • Examen rapproché avec loupe • Examen radiographique | <ul style="list-style-type: none"> • Typologie • Etat de conservation • Procédés de mises en forme |
| Avec prélèvement | <ul style="list-style-type: none"> • Analyse de composition • Analyse de microstructure | <ul style="list-style-type: none"> • Minerais • Condition d'élaboration • Procédés de mise en forme • Fonction(s) et nature de l'objet |

Fig. 5 : Tableau comparatif des techniques d'étude et types d'observation obtenues avec ou sans prélèvement [Tableau : Ewa Wyremblewski].

Les analyses de la microstructure des métaux requièrent une découpe de l'objet. Ce prélèvement peut être fait à l'extérieur du laboratoire. Un fragment de 2 mm² suffit (fig. 6). Des croquis d'observation de l'objet doivent accompagner cette étape de l'étude. Les parties prélevées sont mises en évidence. La localisation se doit d'être précise et des photographies peuvent être faites avant et après le prélèvement. Les prélèvements sont ensuite numérotés, puis consignés avec rigueur. Le rebouchage du prélèvement est possible avec du plâtre coloré, rendant la marque du prélèvement quasiment invisible.



Fig. 6 : a. Photographie présentant les outils utilisés pour ce type de travail dont la scie d'horloger.
 b. Photographie présentant la taille d'un prélèvement.
 c. Photographie présentant l'enregistrement des prélèvements dans un pilulier [Clichés : Ewa Wyremblewski].

3.4. Enrobage

Une fois le prélèvement effectué, il est préparé pour une commodité de manipulation uniquement. Le prélèvement est alors enrobé dans une résine synthétique. Il est ensuite mis dans un petit moule puis recouvert de résine de synthèse thermodurcissable. Cet échantillon est ensuite exposé à la polymérisation pendant une trentaine de minutes, à l'aide d'une machine prévue spécialement à cet effet dite à polymériser.

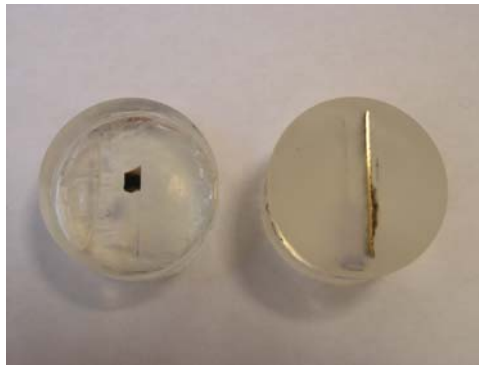


Fig. 7 : Enrobage de deux prélèvements dans la résine thermodurcissable [Cliché : Ewa Wyremblewski].

3.5. Polissage et observations microscopiques

L'échantillon prêt, la surface à observer doit être soigneusement polie. Il s'agit d'une étape délicate dont l'objectif est d'atteindre une surface dite « miroir », appelée coupe métallographique. La surface doit rester plane et il faut garder une trajectoire identique pour essayer d'avoir des « rayures » dans un même sens. On utilise des disques abrasifs dont la granulométrie est de plus en plus fine, afin d'enlever des microcopeaux de métal. Le polissage se fait en plusieurs séquences de une à deux minutes, pour chaque disque. Entre chaque séquence, la surface est régulièrement examinée au microscope. Il convient de noter les observations faites pendant cette étape de l'étude avant de procéder à une attaque chimique.

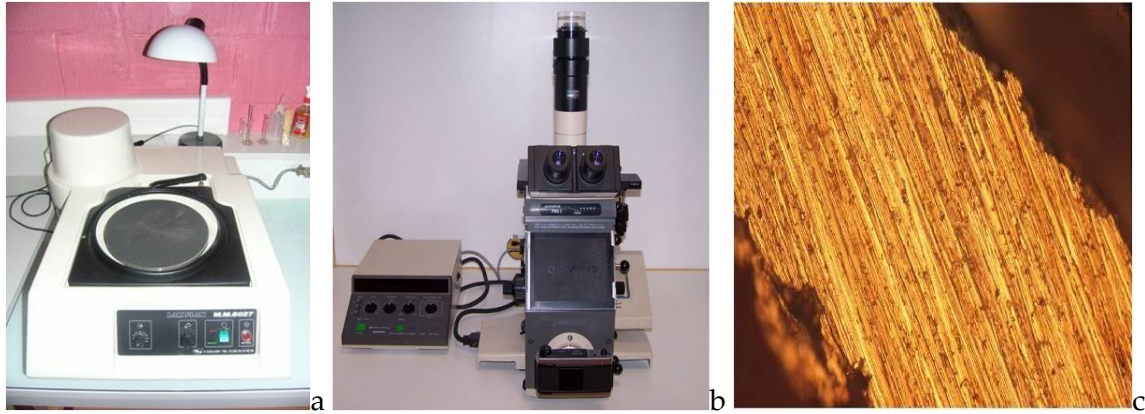


Fig. 8 : a. Photographie de la polisseuse avec disque rotatif et papier abrasif. b. Photographie du microscope optique relié à un système photographique. c. Photographie microscopique d'un échantillon en cours d'analyse, montrant les micro-rayures d'enlèvement de copeaux métalliques [Clichés réalisés par Ewa Wyremblewski au laboratoire d'étude des métaux cuivreux anciens dirigé par Anne Lehoërf].

3.6. Attaque chimique

Le polissage des échantillons ne fait pas tout apparaître. Pour rendre les grains visibles, le métal est attaqué avec une solution chimique, bien qu'elle ne soit pas toujours requise. Cette solution est à base de perchlorure de fer, d'éthanol et d'acide chlorhydrique. Cela consiste à oxyder la surface des grains. Les échantillons de résine polis sont donc attaqués par réactif au perchlorure de fer. Ainsi, certaines particularités de la microstructure du métal peuvent être mieux observées (macles, joints de grains...).



Fig. 9 : Photographies microscopiques d'échantillons présentant un état brut de coulé avant (a) et après attaque chimique (b) [Clichés : Ewa Wyremblewski].

3.7. Composition des alliages

Outre les problèmes de provenance des minerais, les résultats de cette analyse sont essentiels dans la compréhension de la stratégie artisanale employée. L'alliage élaboré a-t-il été un choix volontaire de l'artisan ? Si l'on peut déterminer les éléments majeurs (+ 5%), mineurs (- 3%) et traces (0,1%) de l'objet métallique, cela donne des informations quant aux conditions d'élaboration. En effet, le martelage est plus facile à 10% d'étain qu'à 15%, mais le moulage se réalise mieux avec plus d'étain. Plus un bronze contient de l'étain, plus il sera fragile et dur après refroidissement. Par conséquent, si l'artisan veut travailler par martelage, cela signifie qu'il sait ce qu'il va mettre dans son creuset. Ainsi, la composition de l'alliage ne sera pas la même si l'artisan doit réaliser une arme ou un élément de parure. Pour connaître la composition d'un alliage, on utilise la microscopie électronique à balayage. Le principe est basé sur l'incidence d'un faisceau d'électrons émis par le microscope, sur la surface de l'échantillon étudié, et donc sur l'interaction électrons-matières. Le microscope couplé à un système d'analyse de rayons X, permet d'étudier la composition chimique de l'échantillon. L'impact des électrons ionise les atomes. L'analyse de ces rayons permet d'obtenir des informations sur la nature chimique de l'échantillon.

3.8. Description des microstructures

Il existe trois états métallurgiques principaux (fig. 10) :

- Brut de coulée, qui présente des formes dites dendritiques. Lorsque les alliages se solidifient lors du refroidissement, la morphologie du métal est arborescente, en dendrite.
- Recuit, qui présente des macles thermiques.
- Déformée, qui présente des macles mécaniques.

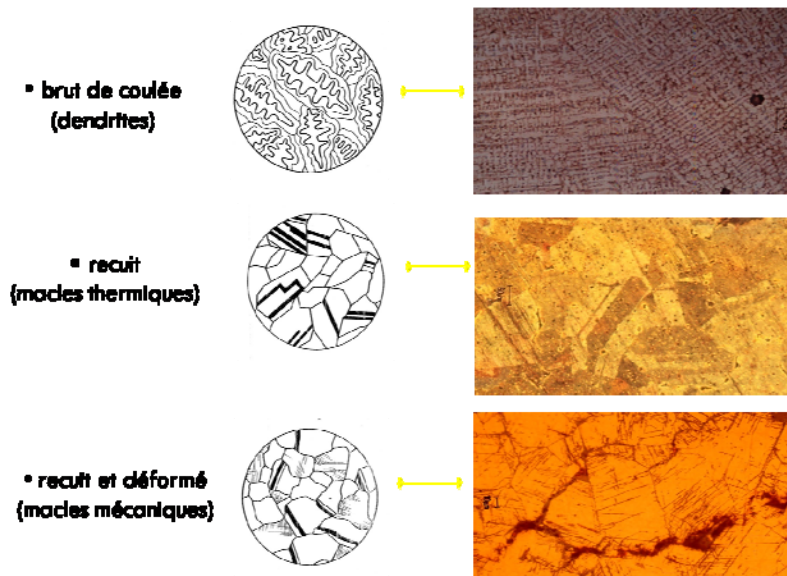


Fig. 10 : Illustrations des trois états métallurgiques principaux.

Un objet brut de coulée se forme lorsque l'artisan verse l'alliage dans le moule. Il s'agit d'un objet qui est resté dans l'état brut après sa sortie du moule. Il n'a par exemple pas été martelé. La déformation plastique s'effectue essentiellement par glissement des cristaux qui composent le métal qui est un matériau dit « polycristallin ». Ces derniers changent de plan. Il y a alors formation de macles mécaniques.

Le recuit consiste à chauffer un matériau polycristallin jusqu'à dépasser une certaine température sans atteindre celle de la fusion. Dans ces conditions, le matériau se restaure, c'est-à-dire qu'une recristallisation s'effectue par germination et croissance de nouveaux cristaux. En comparaison avec les alliages anciens, les alliages actuels sont dépourvus d'impuretés. Or, ces inclusions comme le soufre ou le plomb ont leur importance dans l'étude des métaux cuivreux anciens. Lors d'un recuit, le plomb globulise, mais les sulfures ne changent pas de morphologie. En revanche, la taille des sulfures change lorsqu'il y a martelage de l'objet et cela permet d'estimer la déformation de l'objet.

Conclusion

Les informations que les matériaux métalliques conservent constituent une documentation essentielle. Les vestiges liés à l'artisanat du métal dans les sociétés protohistoriques sont infimes, par conséquent, l'objet fini est la source à exploiter. L'objet

peut, en effet, être étudié sous un angle technique, en rassemblant les informations liées à la chaîne-opératoire. Les outils, ratés de fabrication et objets finis, qui sont des vestiges matériels, ne sont en revanche pas découverts de façon proportionnelle. Quant aux gestes de l'artisan, c'est-à-dire son savoir, ils ne sont pas palpables. Toutefois, ces gestes ont été « enregistrés » par le matériau métallique qui garde en mémoire toutes les actions thermo-mécaniques qu'il a subies. Ainsi, les hypothèses formulées à partir des observations visuelles peuvent être dépassées, par un protocole technique appliqué au matériau. Il permet d'identifier des procédés de mise en forme d'objets en alliage base cuivre et apporte des éléments de connaissances sur les pratiques artisanales aux âges des métaux.

La science des matériaux est donc quelque chose qu'il faut apprendre et qui est le fruit d'une longue expérience. Il faut désacraliser cette science qui fait partie des sciences de l'homme. Ces recherches se basent certes sur celles des sciences de la métallurgie actuelle. Cependant, on est loin de l'obscurité des sciences dures, et l'histoire ainsi que les archéologies expérimentales (ethnologie, reconstitutions archéologiques) servent autant, sinon plus, à cette discipline.

Bibliographie

BALFET 1991 : H. BALFET (éd.), *Observer l'action technique : des chaînes opératoires, pour quoi faire ?*, Paris, 1991.

GUILLAUMET 2003 : J.-P. GUILLAUMET, *Paléomanufacture métallique : méthode d'étude*, Dijon-Quetigny, 2003.

KAURIN 2008 : E. KAURIN, « Approche fonctionnelle des couteaux de la fin de l'âge du fer. L'exemple de la nécropole orientale de l'oppidum du Titelberg (G.-D. de Luxembourg) », *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 38 (4), 2008, p. 521-536.

LEHOËRFF 1999 : A. LEHOËRFF, « Le travail en laboratoire au service de l'histoire de l'artisanat métallurgique du début du premier millénaire avant notre ère en Italie. Quelques résultats sur les mobiliers de Tarquinia Veio et des collections villanoviennes britanniques », *Mélanges de l'École française de Rome*, III (2), 1999, p. 787-846.

LEHOËRFF 2007 : A. LEHOËRFF, *L'artisanat du bronze en Italie centrale (1200-725 avant notre ère). Le métal des dépôts volontaires*, Rome, 2007, Bibliothèques des écoles françaises d'Athènes et de Rome, 335.

PERNOT 1994 : M. PERNOT, « Le bronze, ce n'est pas vert ! », *Actes des IX^{es} journées des Restaurateurs en Archéologie tenues les 14 et 15 juin 1993 à Soissons, Bulletin de liaison n° 11 : moulages, copies, fac-similés*, Paris, 1994, p. 149-167.

PERNOT, LEHOËRFF 2003 : M. PERNOT, A. LEHOËRFF, « Battre le bronze il y a trois mille ans en Europe occidentale », *Technè*, 18, 2003, p. 43-48.

SCHNAPP 1993 : A. SCHNAPP, *La conquête du passé. Aux origines de l'archéologie*, Paris, 1993, plusieurs rééditions.