



Identification des métaux dans les objets archéologiques

Introduction

« De quoi est-ce fait? » Cette question est l'une des premières – et l'une des plus fréquentes – que l'on pose au moment de la découverte d'un objet. Comme la composition d'un objet est étroitement liée à sa fonction, cette information est essentielle à la recherche archéologique. La détermination de la composition d'un objet constitue également le premier pas qui permet de proposer un traitement de conservation ou des mesures préventives en ce domaine.

Il peut malheureusement être très difficile d'établir la composition d'objets archéologiques. La plupart du temps, on n'en retrouve que des fragments et l'enfouissement altère souvent leur composition. De plus, les fragments qui restent ne représentent que les matériaux qui ont le mieux résisté aux conditions chimiques particulières du site où ils se trouvent. En outre, la plupart des objets en métal sont constitués de plus d'un type de métal, ce qui complique les choses, puisque les caractéristiques uniques de chaque métal se combinent à celles des autres. Il sera plus facile de déterminer la nature d'un objet si l'on connaît les caractéristiques particulières de divers métaux, l'époque où ils ont été produits et les façons dont ils ont été utilisés (la bibliographie propose de bonnes sources d'information à cet égard).

Dans cette Note, on décrit une série de caractéristiques qui permettent de distinguer différents métaux.

L'identification *in situ* des métaux

La fonte et le fer forgé, le cuivre et ses alliages (le laiton, le bronze), le plomb, l'étain et leurs alliages (le potin, le métal anglais), ainsi que le zinc (sous forme de placage ou d'alliage avec du cuivre ou du plomb) constituent les métaux que l'on déterre le plus souvent dans des sites archéologiques. On peut trouver des métaux

précieux, tels l'argent et l'or, plaqués sur des métaux communs, ou encore, sous forme de pièces de monnaie ou de bijoux. La probabilité de trouver un métal ou un alliage particulier dans un site donné dépend du contexte culturel de ce site. Il est peu probable, par exemple, qu'un métal argenté découvert dans un dépôt étanche sur un site datant du XVI^e siècle soit de l'aluminium. Si l'analyse révèle qu'il s'agit bel et bien d'aluminium, on pourrait alors conclure que le site a été perturbé.

Il est possible d'identifier la plupart des métaux, dans une certaine mesure, à l'aide des observations énumérées dans les prochains paragraphes. Même s'il est peu probable de distinguer certains alliages sur le terrain, on peut généralement classer les objets en fonction du type d'alliage dont ils sont composés. Par la suite, on peut effectuer une analyse élémentaire détaillée en laboratoire, à l'aide d'instruments simples comme un aimant et une loupe à faible grossissement.

Type d'objet

Les propriétés d'un métal, telles que la dureté, la résilience, la malléabilité, le poids, la réactivité chimique, le point de fusion et l'apparence, déterminent la façon de l'utiliser. Si on réussit à identifier un objet et on connaît sa fonction, on peut plus facilement déterminer sa composition métallique. Par exemple, il est parfois difficile de distinguer la fonte du fer forgé, mais si l'on connaît la fonction de l'objet, il est plus facile de déterminer le type de fer présent. Des objets très durs et résilients, tels que des lames d'épée et des têtes de haches, sont fabriqués d'acier et de fer forgé. Par contre, des objets destinés à éclater, comme des obus non chargés (p. ex. : des obus de mortier et des grenades), ou des objets dont la fragilité n'est pas un problème (p. ex. : des marmites), sont faits de fonte.

Dans certains cas, c'est la situation inverse qui se présente et c'est alors l'identification du métal



qui contribue à déterminer la nature de l'objet. Par exemple, avant d'établir qu'une pièce de monnaie brisée et fortement corrodée découverte dans un site au Canada datant du XVI^e siècle était faite d'argent, il a été impossible de l'identifier avec certitude.

Les métaux blancs sont particulièrement difficiles à différencier sur le terrain, car l'étain, le zinc, l'argent, le chrome et le nickel ont tous servi de placage à des époques différentes. En déterminant la nature de l'objet, il est donc plus facile d'établir la composition de son placage. Par exemple, il est fort probable qu'un métal blanc recouvrant une casserole en cuivre soit de l'étain.

Corrosion

Presque tous les métaux enfouis se corrodent. Les produits de corrosion peuvent former des couches minces et homogènes, ou des croûtes épaisses, qui déforment l'objet et en dissimulent les détails. Ils peuvent protéger le métal sous-jacent, ou encore, contenir des sels qui aggraveront la corrosion de l'objet une fois celui-ci déterré. Pour en savoir plus sur la corrosion, voir le n° 9/1 des Notes de l'ICC : *Comment reconnaître la corrosion active*. Les produits de corrosion ont des couleurs bien distinctes et, dans certains cas, très intenses. Ils constituent le premier indice visuel permettant de déterminer la composition et la nature du métal qu'ils recouvrent, en plus d'indiquer la composition chimique du sol.

La corrosion du fer se manifeste généralement par la présence de « rouille », terme générique désignant les oxyhydroxydes de fer, ou les minéraux produits à la suite de la réaction du fer métallique avec l'oxygène et la vapeur d'eau, créant une croûte brune, brun rougeâtre, jaune ou orange. Dans un sol à forte teneur en phosphate, il est possible que de la vivianite (phosphate de fer bleu) se forme sur le fer. Un objet en fer brûlé peut aussi présenter une couche d'hématite (un oxyde de fer) rouge foncé à même la surface métallique. Par ailleurs, une mince couche foncée homogène de magnétite (également un oxyde de fer) peut couvrir directement le fer. Sur un objet en fer, la magnétite ressemble beaucoup à la patine foncée qui se forme sur du cuivre. Cependant, comme le métal ferreux légèrement corrodé est magnétique et le cuivre ne l'est pas, il est facile de distinguer ces deux métaux à l'aide d'un aimant.

La corrosion du cuivre se caractérise généralement par une croûte dont la couleur varie dans les tons de bleu et de vert (carbonates de cuivre, azurite et malachite), recouvrant une couche rouge et pulvérulente ou compacte et foncée. Il peut également y avoir des taches de corrosion vert pâle et plus ramollie dans les couches. Le cuivre et ses alliages peuvent être légèrement corrodés, présentant en surface une mince patine

foncée. Le laiton (un alliage de cuivre et de zinc) peut, quant à lui, présenter des barbes blanches composées de produits de corrosion de zinc. Cependant, un tel phénomène est plutôt rare sur le laiton d'objets archéologiques, puisque les produits de corrosion du zinc se dissolvent sous terre, laissant une surface riche en cuivre. Les bronzes à forte teneur en plomb peuvent également être parsemés de taches blanches de carbonate de plomb, là où le plomb s'est séparé en petites concentrations.

Sur le plomb, les produits de corrosion – normalement du carbonate de plomb blanc – créent une couche adhérente, peu résistante et relativement uniforme à la surface du métal. On trouve parfois de l'oxyde de plomb rouge sur des objets archéologiques, mais une telle présence est rare. Le potin (un alliage d'étain et de plomb à forte teneur en étain) et le métal anglais (un autre alliage à forte teneur en étain composé d'étain, d'antimoine et de cuivre et ressemblant beaucoup au potin) peuvent présenter des loupes de corrosion ou des croûtes épaisses et craquelées, qui déparent l'objet. Au contact du sol, la couche extérieure de corrosion sur le plomb pur et les alliages d'étain se décolore.

Les objets en argent peuvent avoir une apparence argentée au moment où on les déterre. Lorsque leur surface est exposée à la lumière, elle devient toutefois gris violet, en raison de la présence de chlorure d'argent photosensible, un produit de corrosion commun sur les objets archéologiques en argent. L'argent et l'or sont souvent alliés avec le cuivre, qui présente une corrosion verte ou rougeâtre, indiquant du métal précieux à valeur diminuée.

Couleur du métal

Si la couleur d'un métal fournit de bons indices quant à sa composition, elle ne peut, en soi, l'établir avec certitude. Il ne faut donc examiner la couleur qu'en présence de surfaces découvertes. Ne jamais gratter la couche de corrosion d'un objet, car on pourrait y laisser une marque permanente.

Débarrassé des produits de corrosion, le fer a une coloration argentée ou grise. Si le sol contient du cuivre dissous, il peut y avoir un dépôt de cuivre métallique sur le fer pendant l'enfouissement. Le cuivre pur a une teinte rougeâtre, et le laiton, quant à lui, est plutôt jaune. L'or pur est également jaune, mais son éclat diffère de celui du laiton. La couleur du bronze varie entre un ton doré plus chaud que celui du laiton et un brun doré, selon la teneur en étain et en plomb. La couleur seule ne permet pas de déterminer la nature des alliages. Les alliages d'or, d'argent et de cuivre se caractérisent par divers tons de jaune, de rouge, de blanc et d'argenté, d'où les appellations « or rouge » pour désigner un alliage d'or et de cuivre, et « or blanc » pour un alliage d'or

à forte teneur en argent. L'argentan, également connu sous d'autres noms, est un alliage de cuivre, de zinc et de nickel, qui ne contient pas d'argent, mais en possède la couleur.

Structure cristalline

Tous les métaux sont cristallins, et la corrosion a tendance à se former d'abord sur les arêtes du cristal (ou grain). La forme des cristaux dépend de la composition et des procédés de fabrication du métal. Pour examiner la structure cristalline d'un objet, on peut observer ses arêtes brisées et ses surfaces découvertes.

Les métaux débarrassés des produits de corrosion par des moyens chimiques semblent souvent « gravés ». Au nombre des structures identifiables, il y a notamment des dendrites des alliages de cuivre coulés, qui se forment lors du refroidissement du métal dans le moule et se séparent en phases à forte teneur en cuivre, en zinc ou en étain. La corrosion du fer forgé survient principalement le long des inclusions de silice dans le métal, ce qui lui donne un aspect fibreux. La fonte peut facilement subir une fracture et, aux ruptures, on peut observer des cristaux effilés, perpendiculaires à la surface de l'objet.

Attraction magnétique

Les objets en fer (ou ceux contenant du fer) sont attirés par un aimant. L'intensité de cette attraction révèle la quantité et l'emplacement du fer présent dans l'objet. Même un objet en fer entièrement corrodé exerce une faible attraction sur un aimant. Le nickel est un autre métal possédant des propriétés magnétiques. Résistant à la corrosion, il est principalement utilisé comme placage et dans la fabrication d'alliages résistants à la corrosion (où sa concentration peut être trop faible pour permettre de le détecter avec un aimant). L'argentan, quant à lui, n'est pas magnétique.

Placage

Le placage (l'application d'un métal sur un autre) s'effectuait à l'aide de méthodes diverses et pour différentes raisons. On plaquait, par exemple, des marmites de cuivre avec de l'étain et des boîtes en fer-blanc (fer étamé) pour des raisons utilitaires, tandis que le placage de boutons, de médailles et de bijoux était strictement décoratif. Avant le XIX^e siècle, c'était normalement l'étain, l'argent et l'or qui servaient au placage. Au nombre des métaux de base, il y avait notamment le cuivre, les alliages de cuivre et le fer. Les produits de corrosion de ces métaux dissimulent souvent le placage. D'anciennes méthodes de placage consistaient à tremper le métal de base dans un bain de métal en fusion, ou encore, à fusionner des feuilles de métal au métal de base. L'électrodéposition, une technique mise au point au XIX^e siècle, assure un placage plus mince et uniforme que les anciennes méthodes. La « galvanisation », technique qui s'est

répandue au XIX^e siècle, désigne le placage de zinc sur le fer. Un placage qui présente un aspect pailleté indique que le fer a été galvanisé en trempant des feuilles de fer dans du zinc en fusion. On n'obtient pas cet aspect pailleté lors de l'électrodéposition du zinc, car il est propre au trempage dans le zinc chaud.

Poids, masse volumique et dureté relative

Il est parfois possible de distinguer des métaux d'apparence similaire au moyen de différences sur le plan du poids, de la masse volumique et de la dureté relative. Au moment d'évaluer ces facteurs, il est cependant important de ne pas gratter la surface de l'objet et de ne pas effectuer d'essais destructifs.

L'aluminium et le plomb ont tous les deux une teinte gris argenté, mais l'aluminium est beaucoup plus léger que le plomb. Les bronzes à forte teneur en plomb sont plus lourds que le laiton et le cuivre. Le fer forgé fortement corrodé est plus léger que le métal intact, et la corrosion peut déformer les objets faits de ce métal. En revanche, la fonte grise fortement corrodée est très légère, s'égratigne facilement (en raison de la présence de carbone sous forme de flocons de graphite résistant à la corrosion) et conserve les dimensions initiales de l'objet.

Procédé de fabrication

Les traces de fabrication ou d'usure offrent une mine de renseignements quant à l'histoire d'un objet. Du métal coulé peut présenter des lignes de bavure provenant du moulage; la structure cristalline peut également correspondre à la séparation de phases du métal lors de son refroidissement. Le martelage, ainsi que d'autres techniques de finition de la surface – par exemple, le passage d'un objet sur un tour – peuvent y avoir laissé des marques. Au cours de l'étude des métaux, il est donc très utile d'apprendre à reconnaître les marques que laissent les outils sur des objets. La forme prise par la corrosion peut également en dire long sur la méthode de fabrication, car les métaux travaillés mécaniquement et dont le recuit n'était pas suffisant pour éliminer les contraintes dans la structure cristalline, présentent des traces de corrosion dans les zones de contraintes.

Les objets en fer et en cuivre étaient fréquemment retravaillés de façon mécanique. Des preuves de ce genre de recyclage existent dans les sites nord-américains, où les peuples autochtones avaient accès aux objets importés d'Europe.

Marques d'origine

Les marques d'origine indiquent avec précision le type de métal utilisé. À l'aide de catalogues des marques d'origine des fabricants, il est possible de les identifier correctement. Les objets en or, en argent, en potin et les objets plaqués argent portent normalement ces marques.

Essais en laboratoire

Les analyses élémentaires effectuées en laboratoire peuvent aider à compléter l'information obtenue sur le terrain. Elles permettent de déterminer la nature exacte des éléments présents, mais ne peuvent fournir d'information précise concernant la structure métallique. S'il est nécessaire d'avoir une analyse détaillée des méthodes utilisées dans la fabrication d'un objet, il faut alors demander l'aide d'un métallurgiste.

Analyses chimiques ponctuelles et essais au touchau

Pour effectuer une analyse ponctuelle, il faut une surface métallique propre, des produits chimiques spécialisés et un ensemble de métaux de référence de composition connue. On doit d'abord dissoudre, par des moyens chimiques ou électrolytiques, une minuscule portion du métal que l'on désire identifier. Par la suite, on met le métal dissous en présence d'un réactif chimique, afin de produire une couleur qui est propre au métal analysé (processus semblable à provoquer la formation de produits de corrosion, qui sont des composés colorés). On peut ensuite déterminer la nature du métal en comparant les résultats obtenus avec l'étalon de référence. Malheureusement, les métaux d'objets archéologiques corrodés sont souvent composés de nombreux types de métal, ce qui peut fausser les résultats. De même, on constate parfois à la surface du métal la présence de sels dissous dans le sol du site d'enfouissement. Ces sels peuvent réagir avec le réactif, ce qui peut avoir des incidences sur les résultats.

Les essais au touchau consistent à frotter le métal sur une pierre de touche, qui possède une surface dure, blanche et mate. La couleur de la rayure que laisse un métal sur la surface révèle les métaux présents. Comme cette technique est plutôt imprécise, son efficacité est limitée.

Analyse instrumentale

La radiographie constitue la meilleure méthode de documentation visuelle d'un ensemble de métaux, puisqu'elle offre une mine de renseignements, dont la forme réelle de l'objet et l'emplacement et l'importance de la corrosion. Sur une radiographie, les différents métaux apparaissent sous forme de zones à densité variée. Les placages (d'or, d'argent ou d'étain) se manifestent sous forme de traits brillants à la surface de l'objet; les produits de corrosion plus denses que le métal sous-jacent (par exemple, la magnétite dense sur du fer corrodé) prennent également l'aspect d'une couche distincte. La fissuration sous contrainte due à la corrosion est visible, tout comme les joints de soudure et les traces de brasure. La radiographie permet également de lire les écritures sur les pièces de monnaie et, s'il y a lieu, les marques d'origine.

Pour obtenir de l'information plus précise sur la nature des métaux, on a souvent recours à la spectrométrie de rayons X (également appelée spectrométrie par rayons X à dispersion d'énergie). Cette technique non destructive consiste à bombarder de rayons X une petite zone à la surface d'un objet. Les atomes du métal émettent alors des rayons X secondaires (sous forme d'énergie) propres aux éléments présents. La spectrométrie de rayons X ne permet d'analyser que la surface des objets, ce qui, dans les alliages, correspond rarement à la véritable composition du métal sous-jacent. (La surface des alliages est pauvre en métaux sujets à la corrosion – par exemple, dans le cas d'un objet de laiton, la surface est pauvre en zinc. D'autres métaux peuvent également se déposer sur l'objet enfoui, ce qui fausse les résultats de cette analyse.) Dans le cas d'objets plaqués, la spectrométrie de rayons X ne permet pas de distinguer le placage du métal sous-jacent. Cette technique permet d'évaluer sommairement la quantité relative de métaux contenus dans les objets, mais il est impossible de déterminer avec précision la composition d'objets aux formes irrégulières, ou de ceux dont la surface ne représente pas l'ensemble de l'objet. En dépit de ces inconvénients, la spectrométrie de rayons X fournit des réponses adéquates à la plupart des questions touchant la composition d'objets archéologiques. Elle permet, par exemple, de déterminer si un objet est fait de bronze ou de laiton, de potin ou de métal anglais. Si ces renseignements ne suffisent pas, il faut percer un petit trou dans le métal afin d'exposer une surface non corrodée, ou encore en extraire un petit fragment et préparer une section polie, qui servira à l'analyse métallographique (analyse de la structure cristalline) et à la microanalyse aux rayons X.

L'analyse par activation neutronique permet de déceler des éléments traces et d'obtenir des données quantitatives précises. On prélève d'abord un petit échantillon de métal non corrodé, qui est ensuite irradié dans un réacteur nucléaire. Le réacteur émet des neutrons qui réagissent avec le noyau des éléments de l'échantillon, provoquant ainsi l'émission de rayons gamma. La mesure de l'intensité de ces rayons permet de déterminer la nature des éléments présents, ainsi que leur quantité. Cette analyse a déjà servi à examiner des échantillons de cuivre et d'alliages de cuivre prélevés sur des objets provenant de sites nord-américains. La précision de la technique permet de distinguer les objets composés de cuivre métallique, de « cuivre natif » (présent à l'état naturel) et de cuivre obtenu par fusion de minerai.

Conclusion

Lorsque l'on travaille sur un chantier ou que l'on prévoit traiter une collection d'objets archéologiques, il suffit souvent de connaître les types de métaux

présents (c.-à-d. du fer, du cuivre ou des alliages de cuivre, du métal blanc, des alliages de plomb ou d'étain). En cas de doute, il ne faut jamais identifier un métal comme étant un alliage particulier. Il est plus trompeur de fournir des renseignements erronés que de donner une identification générale imprécise, mais juste.

L'identification des métaux d'objets archéologiques contribue à établir les traitements et l'entretien appropriés pour les objets en métal. Ceux-ci demeureront ainsi des ressources valables pour les recherches futures.

Bibliographie

CHILD, R. E. et J. M. TOWNSEND (dir.). *Modern Metals in Museums*, Londres (R.-U.), Institute of Archaeology Publications, 1988.

CORBEIL, M.-C. « La spectrométrie de rayons X à l'ICC », *Bulletin de l'ICC*, n° 17, mars 1996, p. 5-6.

HANCOCK, R. G. V. et coll. « Distinguishing European Trade Copper and North-eastern North American Native Copper », *Archaeometry* 33, 1 (1991), p. 69-86.

HODGES, H. *Artifacts*, New York (NY), Praeger, 1984.

LIGHT, J. D. « A Field Guide to the Identification of Metal », *Studies in Material Culture Research*, sous la dir. de K. Karklins, California (PA), Society for Historical Archaeology, 2000, p. 3-19.

LIGHT, J. D. et H. UNGLIK. *Forge d'un poste de traite sur la frontière 1796-1812*. Études en archéologie, architecture et histoire, Ottawa (ON), Direction des lieux et des parcs nationaux, Parcs Canada, Environnement Canada, 1984.

ROGERS, B. A. *The Nature of Metals*, Cambridge (MIT), The M.I.T. Press, 1964.

TITE, M. S. *Methods of Physical Examination in Archaeology*, Londres (R.-U.), Seminar Press, 1972.

WATKINSON, D. (dir.). *First Aid for Finds*, Londres (R.-U.), The British Archaeology Trust, 1987.

par Judy Logan

Première date de publication : 2002
Révision : 2007

*Also available in English.
Également publié en anglais.*

© Ministre, Travaux publics et Services
gouvernementaux Canada, 2007
N° de cat. : NM95-57/4-1-2007F
ISSN : 1191-7237

Imprimé au Canada