

LES DÉPÔTS DE PARURES DE L'ÂGE DU BRONZE MOYEN DE PRAT (CÔTES-D'ARMOR) : DU TERRAIN AU LABORATOIRE

MARILOU NORDEZ, STÉPHANE LEMOINE, JANE ECHINARD

Résumé Le site de Kerouarn à Prat (Côtes-d'Armor) a livré une occupation de l'âge du Bronze moyen 2 (1450-1300 avant notre ère) tout à fait particulière : caractérisée par un espace semi-circulaire délimité par deux puissants fossés séparés l'un de l'autre par une entrée, trois dépôts métalliques ont été mis au jour à l'intérieur, composés au total de 88 parures annulaires en bronze. Les conditions problématiques de découverte d'une partie d'entre eux (au détecteur de métaux) nous a privés d'une partie importante de l'information, mais ils ont pu être replacés dans leur contexte archéologique par plusieurs opérations de terrain entre 2021 et 2022. La post-fouille, réalisée pour partie au laboratoire Arc'Antique à Nantes, a permis un dialogue fructueux entre conservateurs-restaurateurs et archéologue.

Mots-clés âge du Bronze, corrosion, dépôts, métal, parures

Introduction

Le site de Kerouarn à Prat (Côtes-d'Armor) est exceptionnel à plus d'un titre. Sondé en octobre 2021 puis fouillé en septembre 2022 sous la direction de M. Nordez, il a livré plusieurs occupations qui s'étendent du Néolithique moyen à aujourd'hui, avec notamment un important habitat enclos de la fin du premier âge du Fer. Mais la phase d'occupation la plus surprenante, et qui retiendra notre attention ici, est celle de l'âge du Bronze moyen 2 (1450-1300 avant notre ère), qui a notamment livré deux tronçons d'un puissant fossé semi-circulaire séparés par une entrée, à l'intérieur duquel ont été mis au jour trois dépôts métalliques composés exclusivement de parures en alliage à base de cuivre. Ce sont au total 88 bracelets qui y ont été mis au jour. Bien que les conditions de découverte initiales d'une partie d'entre eux (au détecteur de métaux) nous aient privés d'une partie importante de l'information, ils ont néanmoins pu être replacés dans leur contexte archéologique grâce aux moyens investis par le service régional de l'Archéologie de Bretagne. Les fouilles, la mise en état pour étude du mobilier ainsi que les analyses et l'étude qui ont suivi ont ainsi pu être réalisés dans d'excellentes conditions : la post-fouille a en effet été en partie accueillie au laboratoire Arc'Antique à Nantes, ce qui a facilité un dialogue constant entre conservateurs-restaurateurs et archéologue, permettant notamment de proposer ou conforter des hypothèses de terrain.

Le contexte archéologique des dépôts de parure

Ce que nous nommons dépôt correspond à une pratique caractéristique de la Protohistoire (bien que plus ancienne), qui consiste à enfouir un ou plusieurs objets volontairement, soit dans un contenant (vase, sac ou boîte), soit en pleine terre, généralement sans lien directement perceptible avec un habitat ou un contexte funéraire. Le Bronze moyen atlantique 2 correspond à un moment particulier de cette pratique, au cours duquel la masse métallique sélectionnée pour être ainsi enfouie croît considérablement, principalement sous la forme de haches et de bracelets. Les dépôts de Prat s'inscrivent parfaitement dans le cadre de cette pratique, mais ils représentent une quantité et une masse de bracelets (15 kg!) jamais égalée jusqu'alors.

Deux dépôts pillés ou comment « sauver les meubles » par la fouille

Afin de mieux comprendre les motivations de cette pratique, ce sont sans aucun doute les contextes archéologiques de ces ensembles métalliques qui sont les plus éclairants. Malheureusement, ils sont en première ligne des pillages au détecteur de métaux et viennent quotidiennement alimenter le marché noir des objets archéologiques. À Prat, une soixantaine de bracelets (**fig. 1**) ont échappé à ce destin grâce à la réactivité du cultivateur et de la propriétaire de la parcelle, qui ont rapidement signalé la découverte au service régional de l'Archéologie. Ce dernier a préconisé la réalisation de prospections géophysiques sur la parcelle (INRAP, B. Fores), suivies d'un sondage (Nordez, 2022) et d'une fouille (Nordez, en préparation; sous presse). À l'issue de ces opérations de terrain, il a été possible de déterminer que cette soixantaine de bracelets provenait de deux dépôts distincts (désignés ici comme les dépôts N° 1 et 2 formant le lot A), dont l'emplacement d'origine a pu être retrouvé. Au moins l'un d'entre eux était initialement dans un vase, alors même que le détectoriste déclare n'avoir constaté aucun contenant : des tessons non ramassés se trouvaient encore dans la fosse du dépôt N° 1 lors du sondage de 2021, avec des fragments de bracelets.



Figure 1 Les bracelets et fragments ramassés par le détectoriste dans les dépôts N° 1 et 2 de Kerouarn à Prat (Côtes-d'Armor) constituant le lot A. © GPLA Arc'Antique.

Le dépôt en place N° 3 : de la fouille au laboratoire

Ce sondage de 2021 a également permis la mise au jour d'un troisième dépôt encore en place (**fig. 2A**) ayant échappé au détectoriste. Son environnement immédiat a ainsi pu être fouillé finement, mettant en évidence la position basculée du vase et le glissement de son couvercle

en céramique. Il a ainsi pu être prélevé en bloc puis tomographié au Centre de ressources techniques de Morlaix (**fig. 2B**), avant de fouiller son contenu au laboratoire Arc'Antique (**fig. 2C**).

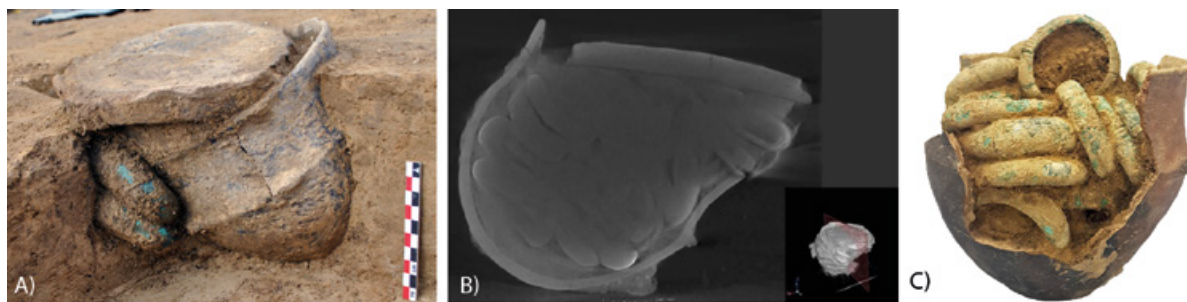


Figure 2 Le dépôt N° 3 de Prat, découvert en place lors du sondage 2021. A) Le vase à couvercle *in situ*. B) Tomodensitométrie du vase laissant entrevoir la densité de bracelets qu'il contient. C) Le vase en cours de fouille au laboratoire Arc'Antique. © A et C : M. Nordez; B : G. Bourbouze (CRT Morlaix).

Ce dépôt N° 3 est composé d'un amas très serré de 30 bracelets (**fig. 2B** et **C**), dont quatre qui avaient glissé hors du vase au moment de son dépôt (**fig. 2A**). Ceux-ci sont d'ailleurs en très mauvais état par comparaison à ceux situés à l'intérieur du vase. Le couvercle a été constitué à partir du fond épais d'une céramique qui devait être de dimensions importantes (plutôt de stockage), tandis que le vase biconique contenant le dépôt est en céramique fine. Il est doté au niveau de l'épaule de 5 mamelons horizontaux répartis sur son pourtour.

Du fait de leur corrosion, la surface des objets métalliques peut parfois « fossiliser » des vestiges de matériaux organiques disparus (fibres ligneuses, feuillage, graines, plumes textiles, etc.). Encore faut-il être en capacité de distinguer si cette association est fortuite, délibérée, incidente (contact avec d'autres objets) ou bien s'il s'agit de perturbations plus ou moins récentes (systèmes racinaires de végétaux). Dans le cas de Prat, aucun vestige de cette nature n'a pu être identifié à la surface des bracelets. En revanche, pour deux d'entre eux, situés en haut du vase et figés en équilibre entre son bord et le couvercle, des lignes parallèles apparaissent dans le sédiment au contact de la surface (**fig. 3B**), pouvant aller dans le sens d'un élément textile retenant à la fois le vase et les bracelets. Cette recherche a été menée car la position basculée du vase et la présence de bracelets plaqués contre sa panse (**fig. 3A**) pose question, sachant que les bords de la fosse qui le contenait n'ont pas pu être identifiés à la fouille. Il se pourrait qu'un sac ait initialement contenu le vase et les bracelets, mais les indices demeurent trop ténus pour l'affirmer.

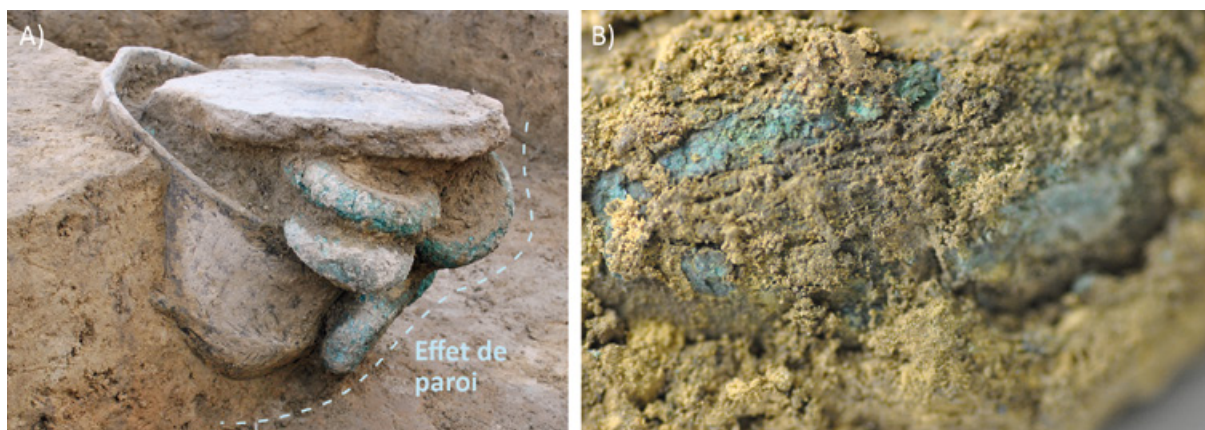


Figure 3 Indices d'un potentiel contenant souple en matière organique disparu recueillant à l'origine le vase et les bracelets du dépôt N° 3. A) Effet de paroi. B) Possible trame textile à l'interface entre la surface du bracelet N° 7 et le sédiment. © M. Nordez

Regards croisés sur les parures de Prat

L'importance numérique du corpus de parures de Prat se prête particulièrement à un ensemble d'examen : typologique (formes, profils, décors), mais aussi technologique (mode d'obtention, composition) et altération (mode de corrosion). Ces trois aspects peuvent être corrélés afin de dégager constantes et disparités. En parallèle, des analyses de composition élémentaire ont été réalisées; dès lors que le dépouillement des résultats aura été effectué, elles permettront de confronter la typologie et les types de corrosion observés aux compositions élémentaires quantifiées.

De l'état (général et de surface) des bracelets au contexte initial d'enfouissement

Précisons que le lot A, constitué par les dépôts N° 1 et 2 ramassés par le détectoriste, a été apporté sous la forme de 41 bracelets complets et de 42 fragments. S'y ajoutent 14 autres fragments de bracelets collectés lors des fouilles en 2021 et 2022, eux-aussi issus de ces deux premiers dépôts. Toutes les cassures sont fraîches et provoquées par l'action du détectoriste lors de leur récupération. Des remontages ont pu être réalisés entre les fragments retrouvés lors des fouilles dans leur fosse d'origine et des fragments collectés par le détectoriste, permettant ainsi de réattribuer quatre individus à l'un ou l'autre de ces deux dépôts. Le nombre minimum de bracelets contenu dans ce lot A est évalué à 58 individus, mais ce chiffre peut être amené à évoluer légèrement lors de la poursuite de l'étude, si de nouveaux remontages sont retrouvés.

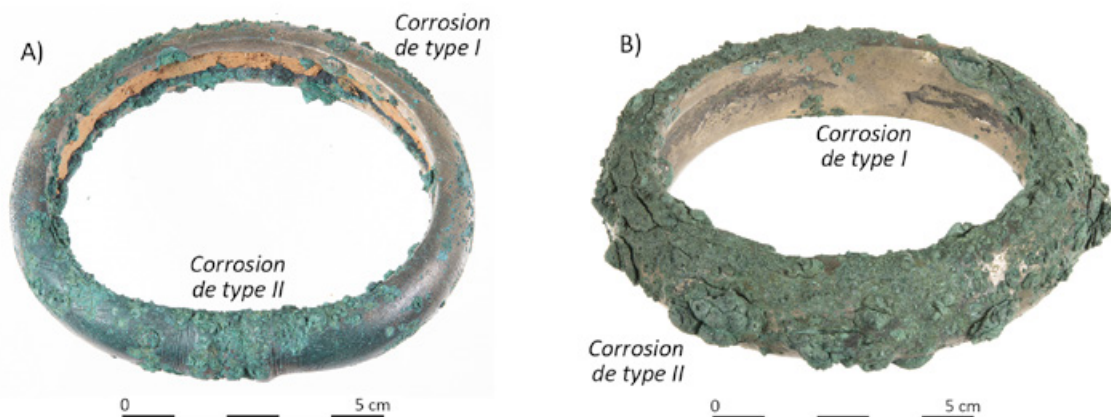


Figure 4 Les deux principaux groupes de patines du dépôt N° 3 et les corrosions différentielles coexistant sur un même objet. A) Bracelet N° 32 à patine bleutée, alternant surfaces brillantes et parfaitement préservées avec des zones à corrosion en excroissances. B) Bracelet N° 35 à patine dorée à verte, dont la face interne est recouverte d'excroissances tandis que la face externe est lisse et brillante.

© GPLA Arc'Antique.

À l'issue de la mise en état pour étude, les surfaces apparentes peuvent être qualifiées de façon relativement binaire : soit ces dernières sont parfaitement préservées et la corrosion n'a transformé ni la forme ni l'éclat de surface (patine de type I dite « noble » ou protectrice); soit la corrosion a conduit à une disparition de la surface originale (patine de type II dite « vile » : Robbiola *et al.*, 1998; Robbiola, 2015). Notons que ces deux faciès coexistent fréquemment sur un même exemplaire (fig. 4). Dans ce cas, il peut être considéré que la corrosion de type II correspond à une évolution de la patine protectrice. Cette évolution

peut révéler des traitements hétérogènes de l'objet lors de sa fabrication ou de son utilisation (déformation plastique, écrouissage, polissage, etc.), mais elle est plus probablement imputable à des interactions différentielles avec des paramètres du (ou des) milieu(x) d'enfouissement (humidité, oxygène, acidité).

La corrosion de type II peut se manifester sous différentes formes. Tout d'abord, une corrosion intergranulaire a été constatée sur certains exemplaires, conduisant à d'importantes fissurations dans toute l'épaisseur (**fig. 5B**), aboutissant parfois à des ruptures « spontanées » (**fig. 5A**). En résultent des cassures dont l'aspect conduirait à les considérer au premier abord comme étant anciennes (**fig. 5A**), alors même qu'il est quasiment certain que tous les bracelets étaient initialement entiers et complets. Si la question de chocs violents peut se poser pour le lot A, elle est totalement à écarter pour le dépôt N° 3, car aucune action mécanique ni véritable contrainte n'a pu conduire à ces fragmentations au sein du vase, lui-même intact. Il s'agit donc bien d'altérations inhérentes la corrosion.



Figure 5 Les manifestations des corrosions de type II. A) Bracelet N° 22 du dépôt N° 3, brisé du fait de la corrosion intergranulaire et dont résulte un aspect ancien des cassures. B) Réseaux de fissures causés par la corrosion. C) Dômes du bracelet N° 35 du dépôt N° 3. © GPLA Arc'Antique.

Dans le lot A collecté par le détectoriste, comme au sein du dépôt N° 3, on relève des différences notables de teinte des produits de corrosion : certains objets/fragments sont de teinte verte (**fig. 4B**), d'autres affectent une couleur tirant sur le bleu (**fig. 4A**). Pour le lot A, il a d'abord été tenté de rattacher cette différence à deux contextes d'enfouissement sensiblement différents, correspondant à deux dépôts distincts. Mais le fait que ces deux teintes coexistent au sein du dépôt N° 3 invite à plutôt regarder d'autres paramètres, probablement étroitement imbriqués : composition de l'alliage, gestes de la fabrication ou de l'utilisation ayant des conséquences sur la microstructure; expositions différentielles à l'oxygène, l'humidité ou l'acidité, liées à la position au sein du dépôt, etc. Les exemplaires du dépôt N° 3 retrouvés hors de la céramique (N° 6 à 8) et ceux situés les plus haut dans le vase (n° 9 et 11) présentent une corrosion générale et profonde, avec des fissures ayant provoqué des cassures multiples (**fig. 5B**). Nous savons par le sondage de 2021 que les bracelets du dépôt N° 1 se trouvaient initialement dans un vase, brisé sans avoir été vu par le détectoriste pour récupérer le métal. Les bracelets se sont donc corrodés plutôt en espace clos, du moins pour la majeure partie de ceux appartenant à ce dépôt N° 1. Il est possible que le dépôt N° 2 ait été dans le même cas, sans qu'aucun indice archéologique ne permette de l'attester : aucun tessou n'a été retrouvé dans la fosse qui le contenait, où se trouvaient encore des fragments de bracelets.

Le développement d'une corrosion de type I tend à faire penser qu'il existe une période de quelques dizaines d'années durant laquelle les surfaces n'ont connu qu'un contexte atmosphérique, à l'air libre ou en milieu confiné. Ensuite, la corrosion de type II montre un changement des conditions d'abandon qui implique un contexte non plus aérien mais sédimentaire, cette fois. L'altération peut aussi prendre la forme d'excroissances marquées, en forme de cônes ou de dômes (**fig. 5C**), nommées aussi « patelles ». Dans ce cas, la surface est alors irrémédiablement détruite.

En définitive, l'observation et la caractérisation fines des produits de corrosion conduites par les scientifiques peuvent venir éclairer les caractéristiques du milieu d'abandon. Un retrait hâtif des produits de corrosion en brouillerait la lecture et les possibles interprétations.

Objectifs et choix de la mise en état pour étude

Deux objectifs sont ici assignés : en premier lieu, il s'agit de garantir la matérialité des vestiges en prenant les mesures de conservation adéquates, puis de mettre au jour les surfaces significatives - celles qui sont conservées - porteuses des informations stylistiques et technologiques; pour cela un nettoyage de l'ensemble des surfaces est nécessaire. Le constat d'état préalable permet de relever les éventuels vestiges associés (organiques ou pseudo-organiques, terre de fusion) avant de statuer sur leur maintien ou leur retrait. Il accompagne aussi la description des différents faciès de corrosion.

Les objectifs de la mise en état pour étude définis, une observation détaillée des surfaces permet de prédire s'ils sont atteignables et d'en définir les moyens. Suivant cette finalité, les choix techniques ont en fait été extrêmement simples, avec pour but d'éliminer l'intégralité des dépôts de sédiment. En effet, là où s'est développée une corrosion en volume, le décor a généralement disparu; il est donc vain d'y rechercher de quelconques informations dans les strates corrodées (**fig. 6**). Ont été écartés tous les moyens humides : le trempage dans des solvants ou dans des solutions chimiques, d'action inégale, aurait été également susceptible

d'altérer les surfaces métalliques et, surtout, d'endommager les fragiles vestiges conservés de terre de fusion.

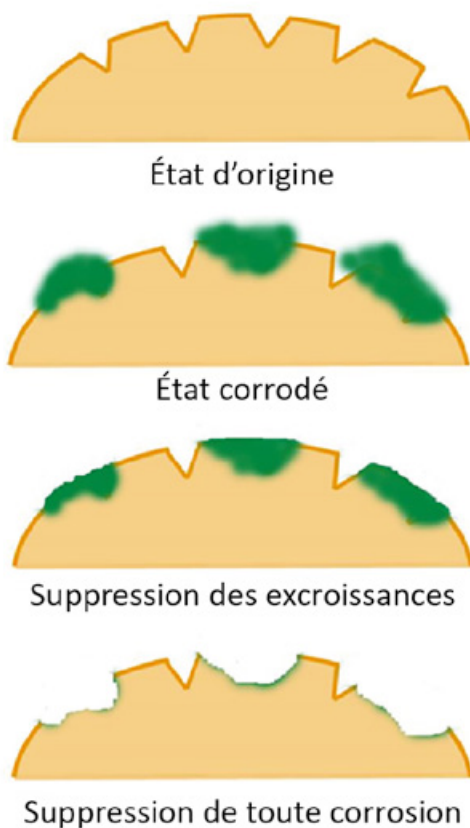


Figure 6 Les corrosions en excroissances de type II et leur traitement : le retrait de la corrosion n'apporte rien, la surface étant détruite sous les excroissances. © DAO J. Echinard.

Les méthodes mécaniques, par brossage au pinceau ou microtour (brossettes montées sur un outil rotatif) ne sont pas efficaces en raison de l'irrégularité géométrique des produits de corrosion, des surfaces décorées et des faces internes. Ces dernières sont généralement irrégulières du fait du soin moindre apporté aux finitions ainsi qu'à la présence fréquente de défauts de coulée.

Ainsi, c'est l'abrasion par micro-sablage qui s'est imposée. Encore convenait-il de sélectionner l'abrasif, la pression et le diamètre de buse (d'où s'échappe le jet abrasif). Sans entrer dans les détails de ces paramètres, disons qu'une buse d'un diamètre de l'ordre du millimètre proportionnée à la dimension des objets était indiquée. La pression d'air délivrée pouvant être variable (entre 1 et 5 bars relatifs), c'est le choix de l'abrasif qui demeure le facteur déterminant et sa sélection repose sur trois critères : dureté, dimension et géométrie de la particule projetée. Dans la gamme des composés existants, c'est l'un des plus doux qui a été retenu : la poudre végétale (noyaux de l'industrie confiturières, fruits à coques, etc.) dans une gamme granulométrique allant de « l'impalpable » à 100µm.

Outre cette combinaison de facteurs, c'est la technique en elle-même qui offre de nombreux avantages. Elle permet une observation continue sous loupe binoculaire des surfaces qui sont constamment dépoussiérées avec le jet d'air sous pression. La progression est homogène,

s'affranchissant de la géométrie fine et complexe des pièces : bulles de coulée, excroissances de corrosion, décors (et reprise de décor). Cette abrasion « douce » est en outre respectueuse des teintes de l'alliage – il est naturellement rougi ou noirci sur les secteurs sans réparation – et des restes de terre de fusion existants, sans les modifier.

Cette mise en œuvre nécessite un équipement adapté qui assure la sûreté des intervenants et des objets : cabine et espace de travail dédiés (afin d'éviter la dispersion de l'abrasif et des produits retirés) équipés d'une aspiration puissante, alimentation constante en air comprimé déshuilé et sec (compresseur), emploi d'une micro-sableuse, sélectionnée pour sa robustesse et sa précision, et toute la maintenance nécessaire.

Ajoutons ici que, dans le cas de corrosions intergranulaires ayant provoqué la rupture des tiges de bracelet, les collages n'ont généralement pas été pratiqués, car les tranches des sections brisées sont autant de sites tout indiqués pour effectuer des prélèvements de matière en vue d'analyse.

Les techniques de fabrication des parures

Les parures de Prat ont livré des informations particulièrement informatives sur les techniques mises en œuvre pour leur fabrication. Si l'usage généralisé de la technique de la fonte à la cire perdue ne fait aujourd'hui plus de doute pour la production de ce type d'objet (Nordez, 2019), les preuves directes de son utilisation sont rarement aussi nettes et abondantes qu'au sein de cet ensemble. Elles peuvent être déclinées en plusieurs catégories.

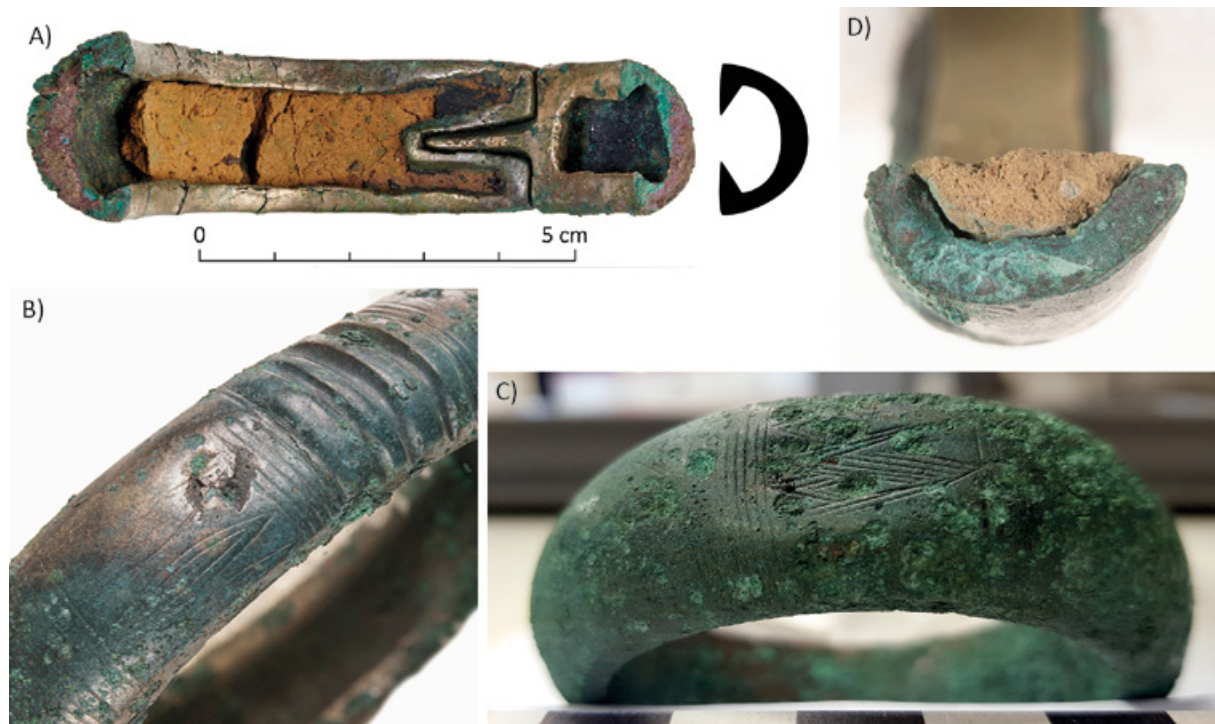


Figure 7 Indices macroscopiques de l'usage de la technique de la fonte à la cire perdue. A) Bracelet N° 46-47 du lot A à forme à contre-dépouille et terre ignée conservée dans la face interne (noter, à droite, l'aspect noir de la surface interne laissée brute de fonte alors que les méplats ont été retravaillés); B) Défaut de coulée recoupant le décor sur le bracelet N° 34 du dépôt N° 3. C) Zone aplatie sur le bracelet N° A-21, correspondant à une déformation du modèle malléable avant application du décor. D) Terre ignée du moule conservée dans la face interne du bracelet N° 18 du dépôt N° 3. © A, B et D : GPLA Arc'Antique; C : M. Nordez.

Tout d'abord, des indices macroscopiques indiquent nécessairement l'usage de cette technique. De nombreux bracelets possèdent des formes à contre-dépouille, c'est-à-dire que leur morphologie présente des reliefs et des creux ne pouvant avoir été obtenus que par le démoulage direct de la pièce. Une morphologie telle que celle du bracelet N° 30 (**fig. 7A**) implique nécessairement le modelage d'une matière malléable, ensuite moulée finement dans de l'argile, puis le bris du moule pour récupérer l'objet ainsi fondu. Des décors en relief, nécessairement obtenus à la fonte, agrémentent la plupart des bracelets, notamment des renflements simulant des extrémités alors que la quasi-totalité des bracelets sont des anneaux fermés (**fig. 7B**). Ensuite, d'assez nombreux défauts de coulée recoupant le décor ont pu être repérés (**fig. 7B**), indiquant que le décor a été réalisé avant la fonte. Plus rarement, des traces de modelage sont aussi visibles (**fig. 7C**) : dans le cas présent, le replat indique la déformation d'une matière molle, puis l'application du décor après cette déformation mais avant la coulée. Et enfin, paramètre inédit jusqu'à aujourd'hui, des restes de terre ignée appartenant au moule ont été retrouvés sur la face interne de 16 exemplaires (**fig. 7A et D**) alors que leurs faces externes ont connu une soigneuse réparation – on s'interroge d'ailleurs sur les moyens mis en œuvre pour aboutir à une telle perfection dans cette ultime étape de finition (**fig. 7A**). Le fait de ne pas avoir retiré ces vestiges de moule soulève même la question de la fonction réelle de ces objets : sont-ce vraiment des parures ? Ont-elles réellement été portées ? Ou bien ont-elles été produites pour l'enfouissement en dépôt ?

Ces indices se situent également au niveau quasi-microscopique : les dendrites de solidification sont visibles sur les surfaces sub-métalliques de certains bracelets, indiquant que celle-ci est brute de coulée. Leur agencement épouse totalement les surfaces décorées (**fig. 8A**). Cette parfaite continuité, s'affranchissant donc de la géométrie des surfaces, prouve selon Luc Robbiola et Gildas Guillemot que les décors étaient présents sur le modèle malléable original et qu'ils n'ont donc pas été réalisés après la fonte par déformation plastique. Ensuite, l'observation au microscope de la morphologie des incisions permet de déterminer qu'elles sont la plupart du temps en U, à fond arrondi (**fig. 8B**). Un décor créé par déformation plastique formerait des angles beaucoup plus aigus. On notera également qu'aucun fluage de matière (bourrelets formés par le tracé) n'est pour autant visible de part et d'autre des sillons formés.

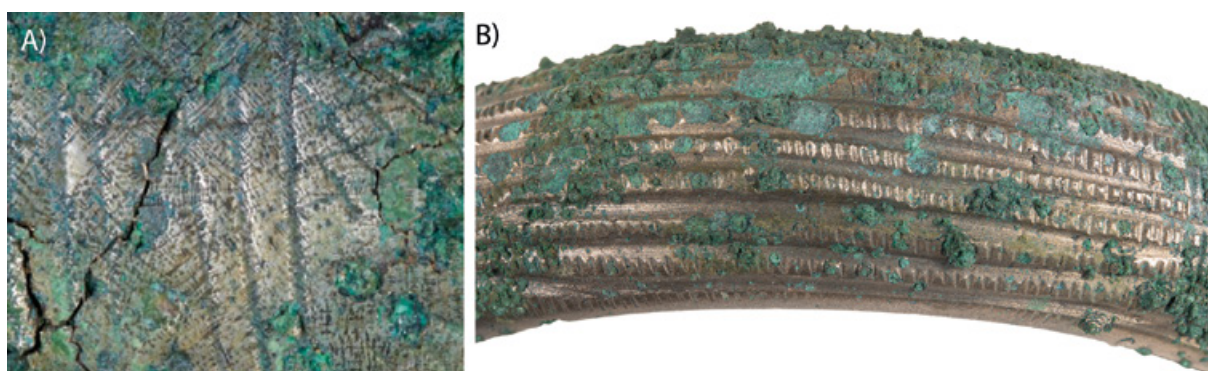


Figure 8 Indices microscopiques de l'usage de la fonte à la cire perdue. A) Surface dendritique continue entre les surfaces ornées et non ornées, indiquant la venue du décor à la fonte. B) Sillons profonds du décor au fond arrondi, indiquant leur réalisation sur un modèle malléable.

© GPLA Arc'Antique.

Des analyses de composition élémentaire sont en cours (Cécile Le Carlier) sur un large échantillonnage de bracelets des trois dépôts. Les premiers résultats indiquent des alliages très riches en étain, dont il résulte une importante dureté des surfaces, qui contribue à écarter

une réalisation du décor par déformation plastique. En revanche, aucune différence significative de composition n'explique les groupes de patine constatés. Ces problématiques seront développées dans les mois à venir (Nordez, en préparation).

Conclusion : une collaboration fructueuse

Les échanges constants ont été facilités par la proximité des différents intervenants au sein des locaux d'Arc'Antique. Une aide au traitement des données tomodensitométriques a été notamment apportée par Angèle Dequier, alors responsable imagerie au laboratoire. Une installation permettant la documentation photographique et photogrammétrique du dépôt au fil de sa fouille a été mise en place. Les échanges ont été fréquents entre Marilou Nordez, Stéphane Lemoine et Sylvie Labroche afin de collecter tous les indices d'éventuels contenants ou matériaux périssables autour et à l'intérieur du vase. De même, des consolidations ou précautions à prendre ont pu être signalées par les restaurateurs et restauratrices tout au long de la fouille qui a, par conséquent, été menée dans d'excellentes conditions.

L'observation attentive des surfaces au cours de la mise en état pour étude des bracelets a permis de repérer des indices en amont de l'étude, concernant aussi bien les traces de fabrication (surfaces dendritiques, défauts de coulée, terre ignée dans certaines faces internes) que les remontages et les faciès de corrosion. Le regard de Jane Echinard est venu éclairer ces considérations sur le lien entre faciès de corrosion et contexte potentiel d'enfouissement, dans le cas des bracelets ramassés au détecteur. Tous ces éléments ont constitué une base à l'étude techno-typologique des bracelets, ensuite réalisée par Marilou Nordez.

Par ailleurs, les infrastructures du laboratoire Arc'Antique sont parfaitement adaptées à ce type d'étude collaborative. Le service photographique et imagerie permet de documenter les objets dans leur globalité, aussi bien en photo qu'en radiographie (ici peu concluante du fait de la massivité des bronzes), ainsi que de produire des clichés de détail. Les espaces dédiés à l'accueil des chercheurs et chercheuses permettent d'installer des dispositifs adaptés, comme ce fut le cas pour la documentation photogrammétrique de la fouille du dépôt N° 3, ou encore pour le développement d'un protocole d'acquisition photogrammétrique automatisé des bracelets. Le dessin technique manuel de 88 bracelets décorés étant en effet extrêmement long et fastidieux, Valentin Grimaud et Marilou Nordez, en collaboration avec Emmanuelle Collado (INRAP) et Angèle Dequier (GPLA Arc'Antique), se sont attelés au développement méthodologique d'un protocole photogrammétrique permettant de contourner le problème de l'éclat métallique empêchant la reconstruction photogrammétrique des bracelets (Grimaud, dans Nordez 2022). Une fois les solutions trouvées, le *protocol for employing three-dimensional representations in archaeology* (PETRA) développé par Valentin Grimaud, a été appliqué sur les modèles 3D ainsi acquis afin de produire des déroulés des décors qui soient géométriquement fidèles à la réalité (Grimaud *et al.*, 2023).

La cohabitation dans un même lieu d'archéologues et de restaurateurs permet une collaboration continue et la confrontation des observations, qui s'établit et s'entretient tout au long de la chaîne opératoire archéologique, permettant ainsi à la fois de produire une documentation d'excellente qualité et d'atteindre un niveau interprétatif supérieur à ce que nous aurions obtenu sans concertation.

Références bibliographiques

- Nordez M.** (2019), *La parure en métal de l'âge du Bronze moyen atlantique*, Paris, Société préhistorique française (Mémoires, 65), 404 p.
- Nordez M.** (2022), *Sondage 2021 sur le site à dépôts multiples et à enclos protohistoriques de Kerouarn à Prat (Côtes-d'Armor)*, Rennes, service régional de l'Archéologie de Bretagne, rapport de sondage, 139 p.
- Nordez M.** (sous presse), « Metallic hoards in a ritual space? The Atlantic Middle Bronze Age site of Kerouarn, Prat (Côtes-d'Armor, France) », *Antiquity*.
- Nordez M.** (en préparation), *Les occupations protohistoriques du site de Kerouarn à Prat (Côtes-d'Armor) : un site à dépôts métalliques de l'âge du Bronze moyen 2 et un habitat de la fin du Premier âge du Fer*, Rennes, service régional de l'Archéologie de Bretagne, rapport de fouille 2022.
- Robbiola L.** (2015), « Patines naturelles des bronzes – Quelques développements majeurs », dans Clerbois S., Cappucci C., Moulin J., Nonne L., Piermarini S., Schumacher M.-H. (éd.), *La conservation-restauration des métaux archéologiques : des premiers soins à la conservation durable*, actes du colloque (Bruxelles, 8-9 mai 2014), Namur, Institut du patrimoine wallon (Les dossiers de l'IPW, 15), p. 45-50.
- Robbiola L., Blengino J.M., Fiaud C.** (1998), « Morphology and mechanisms of formation of natural patinas on archaeological Cu-Sn alloys », *Corrosion Science*, Vol. 40, N° 12, p. 2083-2111. Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/S0010-938X\(98\)00096-1](https://doi.org/10.1016/S0010-938X(98)00096-1)

Les auteurs

Marilou Nordez Post-doctorante CReAAH (UMR 6566, Rennes), docteure de TRACES (UMR 5608, Toulouse) Université Toulouse-Jean Jaurès, Maison de la Recherche, 5 allées Antonio Machado, F-31058 Toulouse cedex 9, marilou.nordez@gmail.com

Stéphane Lemoine Conservateur-restaurateur; Arc'Antique - Grand Patrimoine de Loire-Atlantique 26, rue de la haute forêt, 44300 Nantes, Stephane.LEMOINE@loire-atlantique.fr

Jane Echinard Conservatrice-restauratrice, cheffe de service Arc'Antique - Grand Patrimoine de Loire-Atlantique 26, rue de la haute forêt, 44300 Nantes, Jane.ECHINARD@loire-atlantique.fr