Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 37 (1987)

Artikel: Auvernier 1968-1975 : le mobilier métallique du Bronze final : formes et techniques
Autor: Rychner, Valentin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-835419

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 29.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Auvernier 1968–1975
le mobilier métallique du Bronze final

formes et techniques



cahiers d'archéologie romande

Couverture: hache, faucille et bracelet d'Auvernier/Nord (pl. 5/1, 21/7 et 26/3).
Photo de Jean-Jacques Luder, graphisme de Karin Bosserdet.

Auvernier 1968-1975
le mobilier métallique du Bronze final

cahiers d'archéologie romande
collection dirigée par Colin Martin
N° 37

Auvernier 6

Valentin Rychner

Auvernier 1968–1975 le mobilier métallique du Bronze final

formes et techniques

avec un appendice
de Heinz Lüthy et Rex Pressl-Wenger

Bibliothèque historique vaudoise
Lausanne 1987

Mode de citation préconisé:

Valentin Rychner

Auvernier 1968-1975: le mobilier métallique du Bronze final. Formes et techniques. Lausanne, Bibliothèque historique vaudoise, 1987 (Cahiers d'archéologie romande, 37; Auvernier, 6).

Publié avec l'aide du Fonds national suisse de la recherche scientifique

ISBN 2-88028-037-0

Les commandes et les demandes d'échange pour le présent ouvrage doivent être adressées à la Bibliothèque historique vaudoise, M[e] Colin Martin, Petit-Chêne 18, CH-1002 Lausanne

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous les pays.

© 1987 by Bibliothèque historique vaudoise, Lausanne

Pour Anne-Marie

Avertissement

Entre le dépôt du manuscrit, en janvier 1984, et le début de sa mise en composition, en octobre 1986, l'état des recherches en paléométallurgie de l'âge du Bronze a notablement progressé, en même temps que s'adaptait notre manière d'aborder les problèmes. Plutôt que de remanier complètement le troisième chapitre, nous avons préféré le laisser dans son état d'origine, en l'enrichissant cependant d'un «addendum 1986», qui replace Auvernier/Nord dans notre vision actuelle de la métallurgie suisse du Bronze moyen et du Bronze final. Les éventuelles contradictions existant entre cet addendum et le chapitre originel n'ont pas été systématiquement gommées.

Dans le même laps de temps, ont paru des livres importants, dont certains publient même une part non négligeable des matériaux d'Auvernier/Nord (Pászthory 1985; Primas 1986). Si, dans une certaine mesure, nous avons pu en tenir compte dans le catalogue, leur mention dans le texte, en revanche, n'a pu se faire que de façon très superficielle.

Remerciements

Nous exprimons notre très sincère gratitude envers tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce livre, de près ou de loin:

Michel Egloff, conservateur du Musée cantonal d'archéologie et directeur du Séminaire de préhistoire de l'Université de Neuchâtel, qui nous a confié l'étude des bronzes d'Auvernier, et a fait en sorte qu'elle se déroule dans les meilleures conditions;

Yves André, Béat Arnold, Karin Bosserdet, Heinz Egger, Patrick Gassmann, Beat Hug et François Schifferdecker, nos camarades neuchâtelois, qui nous ont prodigué leur aide matérielle ou de précieux conseils;

Willy Form, directeur de l'Institut de métallurgie structurale de l'Université de Neuchâtel, qui a manifesté un grand intérêt pour la paléométallurgie d'Auvernier, ainsi que ses collaborateurs Heinz Lüthy et Rex Pressl-Wenger, qui ont effectué les analyses microstructurales;

Madeleine Hours, alors directrice du Laboratoire de recherche des musées de France, à Paris, qui a accepté de prendre en charge une partie des analyses spectrographiques, réalisées par Jacques Françaix, Loïc Hurtel, Guy Delsarte et Marcel Menu;

la fonderie Boillat S.A., à Reconvilier, en la personne de Hans-Peter Isler, qui a accepté d'effectuer l'autre partie des analyses spectrographiques, réalisées par Bernard Comte;

Pascal Cassagne (Métaux Précieux S.A., Neuchâtel), Axel Hartmann (Württembergisches Landesmuseum, Stuttgart), Balazs Magyar (Ecole polytechnique fédérale, Zurich), Emmerich Pászthory (Höchst AG, Frankfurt am Main) et Alexandre Voûte (Musée national suisse, Zurich), qui ont collaboré aux analyses préliminaires et complémentaires des bronzes d'Auvernier;

Jacqueline Moret, conseillère en statistiques à la Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel, qui nous a introduit aux mystères de P-STAS, CLAS et ANAFAC;

Marino Maggetti (Université de Fribourg), Werner Schoch (Institut fédéral de recherches forestières, Birmensdorf) et François Schweizer (Musée d'art et d'histoire, Genève), qui nous ont accordé leur concours pour l'étude technique de quelques points précis;

Ernst Blaser (Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, Dübendorf), qui a réalisé des radiographies, en collaboration avec le Musée national suisse et le conservateur de sa section de préhistoire, René Wyss;

Jean Rychner et Alphonse Egloff, qui ont collaboré à la correction des épreuves;

le Fonds national suisse de la recherche scientifique et le Département des travaux publics de l'Etat de Neuchâtel, qui ont financé l'impression;

Colin Martin, l'éditeur dévoué et toujours enthousiaste des Cahiers d'archéologie romande, qui a bien voulu accepter le manuscrit dans sa collection;

l'Imprimerie Attinger, en la personne de René Emmenegger, et les Clichés Villars, à Neuchâtel, dont la compétence aimable et diligente a beaucoup facilité la fabrication de ce livre.

Nous nous excusons d'avance auprès de ceux que nous oublions de mentionner par leur nom. Qu'ils veulent bien accepter, eux aussi, le témoignage de notre gratitude.

Illustrations:

Yves André: fig. 1 et 46
Béat Arnold: fig. 2 et 3
EMPA: fig. 11, 34 et 37/1-2
Patrick Gassmann et Valentin Rychner: fig. 15 à 18
Jean-Jacques Grezet: fig. 10, 12 à 14, 19 à 22, 26, 28, 29, 32, 33, 36 (photo), 39 à 41, 43, 47 et 49
Institut de métallurgie structurale: figures de l'annexe
Verena Loeliger: pl. 8/10, 8/11, 8/13, 12/4-11 et 35/1
Jean-Jacques Luder: photo de couverture
Le reste de l'illustration est de l'auteur

Abréviations

BM Londres	British Museum, Londres
Bz	Bronze, au sens chronologique
Ha	Hallstatt, au sens chronologique. A ce propos, signalons que la phase B du Hallstatt, dans notre esprit, ne comprend que deux sous-phases et non pas trois. Dans les pages qui suivent, Ha B2 est donc synonyme de Ha B final.
L.R.M.F.	Laboratoire de recherche des musées de France, Paris
MCA Neuchâtel	Musée cantonal d'archéologie, Neuchâtel
MCAH Lausanne	Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne

Table des matières

Avertissement 7
Remerciements 7
Abréviations 8

1. Introduction et résumé 11

2. Circonstances des découvertes 15
2.1. Auvernier/Nord 15
2.1.1. Les récoltes de 1969 15
2.1.2. Les récupérations de 1971 15
2.1.3. Les fouilles subaquatiques de 1971 à 1974 18
2.1.4. Les fouilles en polder de 1974 à 1975 18
2.1.5. Les conditions de sédimentation . 18
2.2. Auvernier/Brena 19

3. Les analyses spectographiques 21
3.1. Introduction 21
3.1.1. Démarche suivie 21
3.1.2. Les échantillons 22
3.1.3. Corrélation des analyses du L.R.M.F. et de Boillat S.A..... 22
3.2. Résultats globaux 22
3.3. Classification automatique des résultats . 28
3.3.1. Hiérarchie selon étain et plomb .. 28
3.3.2. Hiérarchie selon étain, plomb, arsenic, antimoine, nickel et cobalt .. 28
3.3.3. Hiérarchie selon arsenic, antimoine, nickel et cobalt..... 30
3.3.4. Hiérarchie des compositions aberrantes 31
3.4. Comparaisons, origines des métaux 32
3.5. Addendum 1986 36

4. Description et discussion du matériel 39
4.1. Aspect extérieur des objets 39
4.2. Epingles 40
4.2.1. Epingles à tête vasiforme 40
4.2.2. Epingles à tête globulaire 42
4.2.3. Epingles à tête enroulée 42
4.2.4. Epingles céphalaires 42
4.2.5. Epingles diverses 44
4.2.6. Composition chimique des épingles 45
4.3. Bracelets 46
4.3.1. Forme 1 46
4.3.1.1. Variante 1 46
4.3.1.2. Variante 3 47
4.3.1.3. Variante 2 47
4.3.1.4. Variante 4 48
4.3.1.5. Variante 5 48
4.3.1.6. Technique de décoration des bracelets de forme 1 . 49
4.3.2. Forme 11 53
4.3.3. Formes 2-3 54
4.3.4. Forme 4 54
4.3.5. Forme 5 54
4.3.6. Composition chimique des bracelets 55
4.4. Anneaux 55
4.5. Parures diverses 56
4.6. Phalères 56
4.7. Armes 62
4.8. Couteaux 63
4.9. Rasoirs 65
4.10. Faucilles 65
4.11. Haches 71
4.12. Outils divers 74
4.12.1. Marteaux 74
4.12.2. Ciseaux 74
4.12.3. Ciselets 74
4.12.4. Poinçons 74
4.12.5. Hameçons 75
4.13. Divers 75
4.14. Déchets de fonderie 75
4.14.1. Lingots, surplus de coulée 75
4.14.2. Moules en terre cuite 77
4.14.3. Moule en bronze 78
4.15. Récapitulation 81
4.15.1. Chronologie 81
4.15.2. Appartenance culturelle 81
4.15.3. Technique 81

Zusammenfassung 83
Summary 85

Index des noms de lieux 87
Bibliographie 89
Annexes 1-11 97
Catalogue et planches 1-35 109

Appendice:
Métallographie de quelques objets en bronze d'Auvernier
par Heinz Lüthy et Rex Pressl-Wenger 183

Dépliants 1-3

1. Introduction et résumé

Notre thèse de doctorat, publiée en 1979, était consacrée au mobilier de l'âge du Bronze final récolté à Auvernier entre la découverte du site en 1854 et la reprise des recherches systématiques en 1968. Le présent travail n'en est pas seulement la rallonge mais aussi le complément. En effet, il a pour but non seulement d'enrichir le capital déjà publié du lot en lui-même très important des quatre cent trente-deux objets de bronze exhumés depuis 1968, mais encore d'en élargir l'étude, limitée jusque-là aux questions de typologie et de chronologie. Par le biais de l'analyse chimique du bronze et de la métallographie, mais aussi par la description de certains aspects formels, il propose donc une étude davantage orientée vers la technique, et permet ainsi de confronter typologie interne et typologie externe traditionnelle.

Ces objets de bronze n'ont naturellement pas été trouvés seuls, mais associés à des restes fauniques et végétaux, à des objets en matières organiques, à des instruments de pierre, mais surtout à une céramique tellement abondante que sa publication ne pouvait être entreprise en même temps. La figure 52 donne une idée des formes de poterie les plus typiques d'Auvernier/Nord.

Le matériel métallique trouvé à Auvernier/Nord entre 1968 et 1975 constitue de toute évidence un ensemble typologiquement très homogène se rattachant au Hallstatt B final (B2 ou B3 suivant les terminologies; Bronze final IIIb) et qu'il n'est pas possible de trier plus finement. Le plan partiel des maisons proposé par Béat Arnold ne révèle d'ailleurs aucune modification notable, et les abattages d'arbres identifiés par la dendrochronologie se répartissent régulièrement entre 878 et 850 avant J.-C. Les couches trop minces et trop rapprochées ne permettent pas non plus d'affiner la typologie chronologique, mais jettent en revanche une lumière nouvelle sur les conditions de sédimentation des objets. Il semble, en effet, que la quasi-totalité des matériaux archéologiques trouvés à Auvernier/Nord n'aient pas été abandonnés lors de la fuite précipitée et définitive des habitants, mais bel et bien enfoncés accidentellement par piétinement dans la craie lacustre à l'occasion d'une forte inondation, avant l'abandon définitif du site.

Le mobilier d'Auvernier/Nord a été récolté en quatre étapes successives, caractérisées chacune par des techniques différentes et de plus en plus fines: suceuse à air comprimé en 1969, ramassage subaquatique en 1971, fouilles subaquatiques de 1972 à 1974 et enfin fouilles à l'air libre, en polder, de 1974 à 1975. Les ultimes fouilles en polder et, dans une moindre mesure, les recherches subaquatiques de 1972 à 1974, ont seules fourni des renseignements précis sur la situation topographique et stratigraphique des objets. Malheureusement, plus de la moitié du matériel métallique d'Auvernier/Nord a été trouvée entre 1969 et 1971. Cette moitié est essentiellement constituée du «dépôt» de cent nonante-quatre objets découvert en 1971. Cet ensemble, qui mêle le neuf, l'usagé et le rebut, et qui contient surtout des faucilles, des haches et des bracelets, se rapproche de la catégorie des *Brucherzhorte gemischten Inhalts* connue à cette époque en Europe centrale et occidentale.

La station d'*Auvernier/Brena*, située à l'ouest de la station Nord, n'a été explorée que partiellement et en plongée. La documentation à son sujet fait presque entièrement défaut et il n'est donc pas possible de préciser les relations, en particulier chronologiques, qu'entretient ce village avec son voisin Auvernier/Nord.

Les *analyses spectrographiques* constituent la partie la plus originale de l'ouvrage puisque Auvernier/Nord est le premier ensemble du Bronze final suisse à être soumis à un programme d'analyses si important (cent trente-deux objets analysés, soit à peu près le tiers de l'inventaire total). Le principal enseignement des analyses, réalisées par spectrométrie d'émission atomique, est que la métallurgie du Bronze final palafittique n'est pas le pot-pourri que l'on pouvait craindre, produit aléatoire de la refonte successive de matériaux de tous âges et de toutes provenances, mais qu'elle se révèle au contraire comme le fruit homogène d'une recette technique et d'un matériau de base bien définis. Les bronzes d'Auvernier sont en effet caractérisés, dans leur grande majorité, d'une part par une proportion constante d'étain et de plomb, intentionnellement ajoutés au cuivre, d'autre part par un cortège très stable d'impuretés, image probable d'une source unique d'approvisionnement en cuivre. Il est donc parfaitement possible de définir le cuivre et l'alliage moyens d'Auvernier/Nord (tableau 1, p. 26). Quelques objets, au contraire, se signalent par un alliage et/ou un cuivre aberrant(s). Leur aspect extérieur

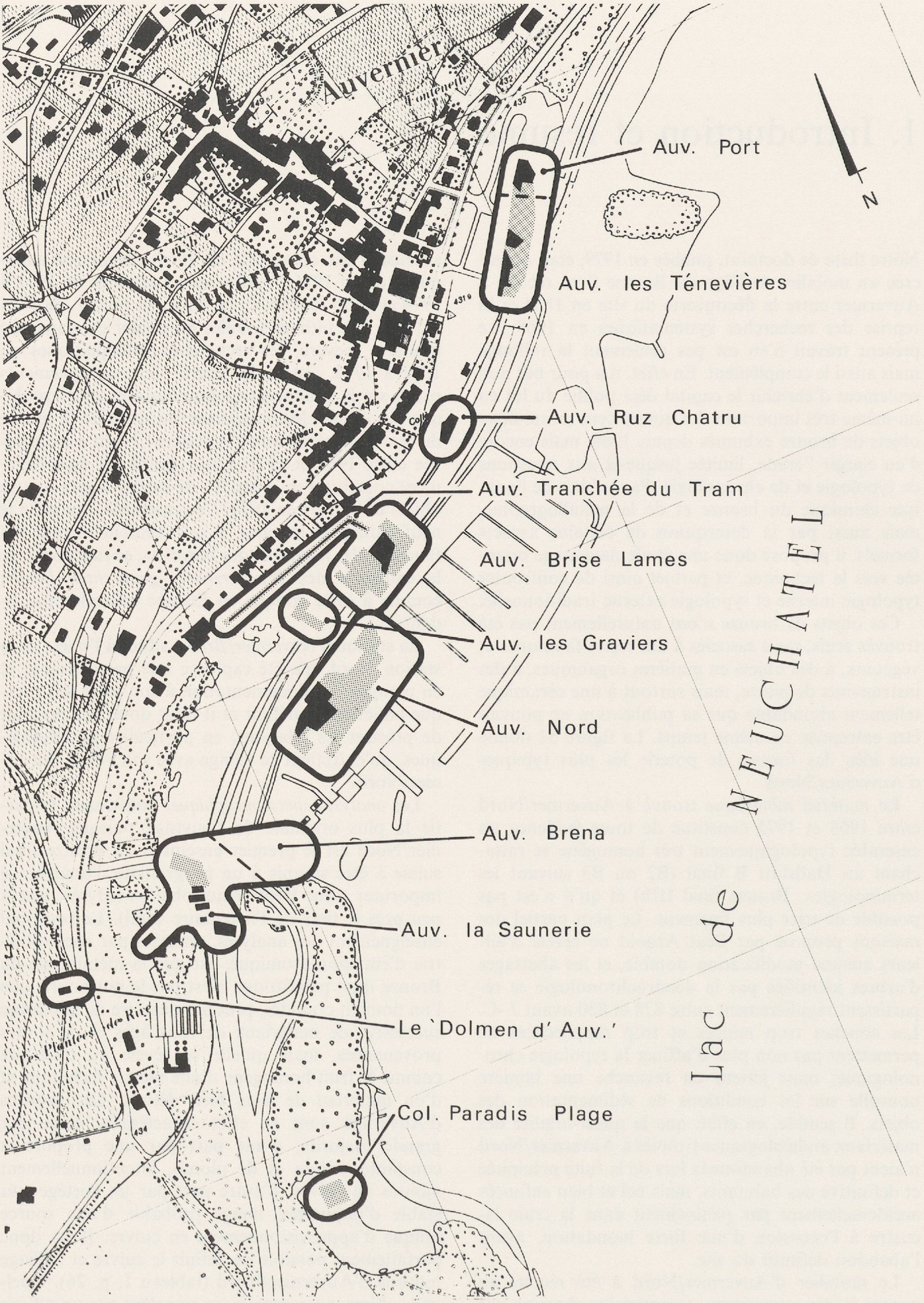


Fig. 1 Situation d'Auvernier/Nord et d'Auvernier/Brena dans le contexte des gisements préhistoriques d'Auvernier (district de Boudry, canton de Neuchâtel, Suisse).

n'en confirme pas toujours le caractère d'intrus à Auvernier. Il apparaît également qu'à l'exception des phalères, spécialement pauvres en plomb, l'alliage ne varie pas en fonction du type d'objet (tableau 4, p. 27).

La classification automatique des analyses par hiérarchie ascendante débouche sur trois dendrogrammes (dépliants 1-3) qui rassemblent les objets par groupes de composition et qui représentent donc la typologie interne des bronzes d'Auvernier/Nord. Il convient de la nuancer par l'étude des différents schémas d'impuretés (voir addendum 1986, p. 36).

Cette nouvelle approche, en effet, depuis l'achèvement du manuscrit, a permis de préciser la place d'Auvernier/Nord dans la métallurgie de l'ouest du Plateau suisse au Bronze final. En synchronie, le cuivre de loin le mieux représenté à Auvernier/Nord, de schéma Sb > As > Ni > Co ou Sb > As = Ni > Co, peut passer pour typique du Ha B final, comme l'a montré l'analyse d'objets de Corcelettes, de Morges et de Genève. En diachronie, des liens entre Auvernier/Nord et le Ha B1 sont indiqués par une faible minorité d'objets de schéma Sb > Ni > As > Co, typique de cette période plus ancienne. Quant à l'origine du cuivre utilisé, elle est encore loin d'être fixée. Une hypothèse vraisemblable la placerait volontiers en Valais.

La *description et la discussion du matériel* s'appuient très largement sur les résultats de l'étude des anciennes collections, en particulier pour la chronologie, ce qui permet commodément d'éviter l'énumération fastidieuse de toutes les comparaisons possibles. Nous avons choisi le parti de ne pas réserver aux aspects techniques un chapitre particulier, mais de les intégrer chaque fois le plus étroitement possible à la description morphologique, divisée en autant de chapitres qu'il y a de catégories d'objets. Les plus fournies et les plus classiques sont celles des épingles, des bracelets, des couteaux, des faucilles et des haches, qui représentent ensemble 50% de tous les objets, mais le groupe des vingt et une phalères trouvées en 1972 mérite une mention particulière. Les rapprochements les plus poussés entre composition interne et morphologie externe sont réalisés pour les faucilles et les haches, qui ont presque toutes été analysées.

D'une façon générale, l'inventaire d'Auvernier/Nord se signale par la rareté des témoins directs de l'activité des bronziers. Pas trace, par exemple, de fours ou de creusets. Quant à la matière première, elle est essentiellement représentée par les très nombreux objets brisés destinés à la refonte et par quelques rares surplus de coulée ou fonds de creusets. On ne peut signaler que deux minuscules fragments de lingots de cuivre, du type plano-convexe, tandis que l'étain et le plomb à l'état pur manquent complètement. Une valve brisée de moule en bronze pour haches à ailerons est d'un type connu, mais les restes, évidemment brisés, de moules en terre cuite pour la fonte à cire perdue d'un bracelet et d'épingles vasiformes sont plus intéressants.

Au point de vue de la *chronologie*, cinq objets seulement sont plus anciens que le Hallstatt B final. Trois d'entre eux (3/4; 24/15-16) sont des fragments de rebut privés de signification et le quatrième est une épingle du Bronze ancien trouvée hors stratigraphie (3/7). Seule une épingle à tête cylindro-conique (3/6), trouvée en place et datant du Hallstatt A2-B1, est à considérer comme une véritable antiquité dans le village d'Auvernier/Nord. La relation chronologique entre Auvernier/Nord et Auvernier/Brena, station que nous avions un peu vite attribuée au Hallstatt B1, est à revoir à partir d'autres éléments que ceux fournis par la métallurgie. Parmi les huit objets de bronze identifiables livrés par cette station, un seul, en effet, se rapporte sans discussion à cette phase plus ancienne, et il ne s'agit encore que d'un fragment minuscule donc sans grande signification (20/11).

L'*homogénéité culturelle* d'Auvernier/Nord est au moins aussi forte. Une pointe de lance atlantique du type de Vénat est en effet le seul objet intact de forme étrangère à la Suisse occidentale (18/4).

En définitive, les bronzes d'Auvernier/Nord n'ajoutent pas grand-chose à l'inventaire des formes de l'extrême fin du Bronze récent. Leur importance tient bien plutôt au fait qu'ils constituent un ensemble de référence bien daté, le plus vaste de Suisse et même le seul de toute la partie occidentale du pays. Sa description par l'intérieur, en confirmant son homogénéité, renforce encore sa valeur et laisse entrevoir la somme de connaissances potentielles que recèlent les matériaux palafittiques exhumés le siècle passé.

2. Circonstances des découvertes

2.1. Auvernier/Nord

2.1.1. Les récoltes de 1969

A la fin de l'hiver 1968-1969, l'expertise d'Ulrich Ruoff concernant la station de l'âge du Bronze d'Auvernier était négative. Après douze sondages subaquatiques effectués en divers endroits, il était arrivé à la conclusion que le site, dépourvu d'intérêt stratigraphique et topographique, ne méritait plus de fouilles sérieuses et qu'il suffirait de récupérer les objets encore accessibles. C'est à cette tâche que se consacra une équipe de plongeurs sportifs du Centre d'études et de sports subaquatiques de Neuchâtel, armés d'une suceuse à air comprimé, au printemps 1969. Les surfaces explorées (fig. 2) sont au nord des zones fouillées ultérieurement. Michel Egloff (1970) a déjà publié une partie du matériel récupéré, qui comprenait une grande quantité de poteries et dix-sept objets de bronze. Neuf d'entre eux furent trouvés groupés sur quelques décimètres carrés: trois faucilles (22/4; 23/3,7), deux bracelets en tôle complets (5/1-2), le fragment d'un troisième (6/3), deux haches (27/1-2) ainsi que le fragment d'une troisième (28/4). On ne sait malheureusement rien de plus de cet ensemble, qu'il est cependant possible de situer sur le plan, à proximité du flanc sud-ouest de la plus petite des zones explorées (fig. 2).

2.1.2. Les récupérations de 1971

Après que la limpidité des eaux de décembre 1970 eut permis à Michel Egloff de reconnaître sur le fond du lac, à l'emplacement de la station, une

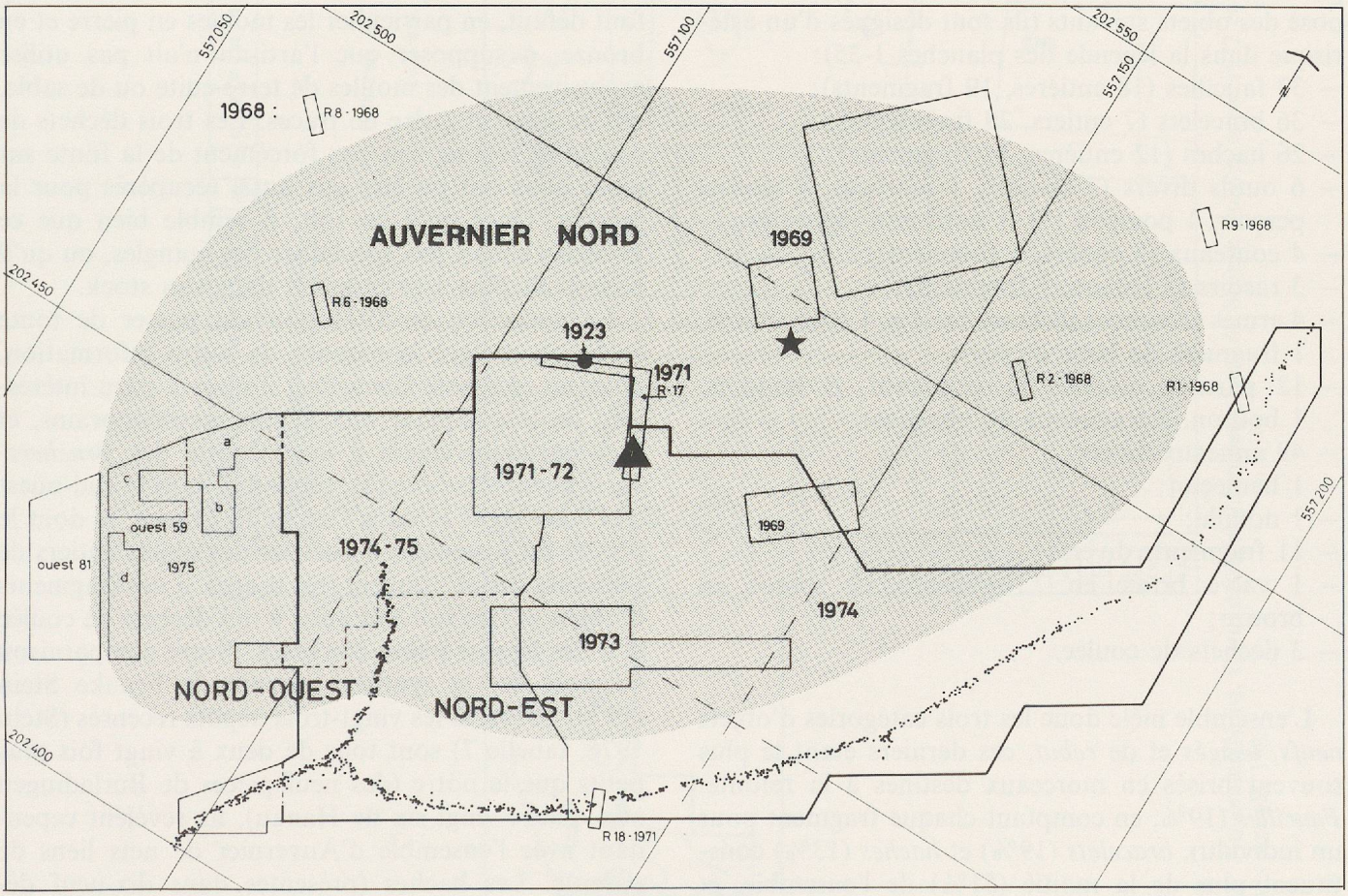


Fig. 2 Situation des diverses fouilles effectuées à Auvernier/Nord (d'après Arnold 1983). Etoile = petit ensemble de 1969; triangle = grand «dépôt» de 1971.

surface jonchée de grandes poutres, délimitée au large par une palissade et encore parsemée de poteries intactes, une nouvelle campagne de sondages fut organisée au printemps 1971 et confiée une nouvelle fois à l'équipe zurichoise d'Ulrich Ruoff. Bien que moins brutaux que les précédents, ces travaux, néanmoins, n'atteignirent pas le niveau de précision des fouilles ultérieures. Malencontreusement, mais aussi heureusement puisque c'est la richesse de ces découvertes qui montra la nécessité de fouilles exactes, les plongeurs tombèrent à cette occasion sur une exceptionnelle accumulation d'objets de bronze, groupés dans un secteur restreint d'environ 3 m × 3 m, à l'extrémité de leur «Feld 17». Celui-ci épousait la forme d'une vaste équerre de 13 m × 4 m (branche nord-sud) et de 12 × 1.5 m (branche est-ouest) (fig. 2-3). Bien qu'il n'existe aucun relevé de cette trouvaille, on sait pourtant qu'elle occupait une importante dépression plongeant à partir du niveau Bronze final (couches IB-V) pour atteindre le sommet de la craie lacustre VIII. Un récipient en écorce, vannerie et tissu, ainsi que quelques objets de bois accompagnaient les bronzes, alors qu'une très importante quantité de céramiques, souvent très bien conservées, provient aussi de ce «Feld 17», sans que l'on puisse reconstituer exactement la situation des objets les uns par rapport aux autres.

Cet ensemble de cent nonante-quatre pièces, qui représente la moité du matériel d'Auvernier/Nord publié ici (quatre cent vingt-neuf pièces), était composé des objets suivants (ils sont désignés d'un astérisque dans la légende des planches 1-35):

- 37 faucilles (18 entières, 19 fragments);
- 36 bracelets (7 entiers, 29 fragments);
- 26 haches (12 entières, 14 fragments);
- 6 outils divers (2 ciseaux, 1 marteau, 1 ciselet-perçoir, 1 poinçon (?), 1 outil non identifié);
- 4 couteaux (3 entiers, 1 fragment);
- 3 rasoirs (2 entiers, 1 fragment);
- 4 armes (2 pointes de lance brisées, 1 épée entière, 1 fragment de lame d'épée);
- 12 parures diverses (1 pendentif, 8 boudins, 1 bouton, 2 fragments de phalères);
- 49 anneaux divers;
- 1 hameçon;
- 1 douille;
- 11 fragments divers;
- 1 valve brisée en 2 morceaux de moule en bronze;
- 3 déchets de coulée.

L'ensemble mêle donc les trois catégories d'objets *neufs, usagés* et de *rebut*, ces derniers étant le plus souvent brisés en morceaux destinés à la refonte. *Faucilles* (19%, en comptant chaque fragment pour un individu), *bracelets* (19%) et *haches* (13%) constituent plus de la moitié (51%) de l'ensemble, et encore bien plus (69%) si nous mettons de côté les anneaux. La prédominance des haches et des faucilles, outils les plus répandus et sans doute les plus nécessaires, n'étonne guère, pas plus, d'ailleurs, que celle des bracelets, parures si prisées du Bronze le plus final de Suisse occidentale (Rychner 1979, 113). Si l'on compare cet ensemble à l'inventaire des fouilles ultérieures ainsi qu'à celui des anciennes collections, on ne peut qu'être frappé, en revanche, par l'absence quasi totale des épingles, qui y sont représentées seulement par quatre petits fragments de tige, alors que quarante-sept exemplaires entiers ont été trouvés plus tard à Auvernier/Nord, et que les anciennes collections comprennent plus de quatre-vingts épingles de cette époque. A l'exception du bracelet 6/1, on remarquera, d'autre part, une autre absence: celle des objets en tôle martelée neufs ou en bon état, pourtant si répandus à Auvernier et en général dans les palafittes. Le dépôt de 1971 ne reflète donc pas l'ensemble de la production locale.

Quelle interprétation convient-il d'en donner? Dans une note préliminaire, Michel Egloff (1972, 4) émet l'avis que la présence simultanée d'objets bruts, usagés et de récupération indique que la collection correspond à un *atelier de fondeur*. Il paraît évident, en effet, que nous avons entre les mains la production d'un artisan, pratiquant plus la fonte que le martelage, ainsi que des objets remis en état (faucilles et haches réaffûtées) ou destinés à la refonte. Pour notre part, nous interpréterions plutôt cette collection comme un *stock* que comme l'atelier lui-même, en remarquant que les outils du fondeur y font défaut, en particulier les moules en pierre et en bronze, à supposer que l'artisan n'ait pas utilisé exclusivement des moules de terre cuite ou de sable, qui ne laissent guère de traces. Les trois déchets de coulée ne témoignent pas forcément de la fonte sur place mais ont pu être eux aussi récupérés pour la refonte. Quoi qu'il en soit, il semble bien que ce bronzier n'était pas spécialiste des épingles, ou qu'il n'en avait plus à ce moment dans son stock.

La collection de 1971 pouvant passer de toute évidence, malgré la carence de notre information, pour un *ensemble homogène*, il nous a paru intéressant de le comparer aux dépôts contemporains, et plus particulièrement à la catégorie des *Brucherzhorte gemischten Inhalts*, répandus dans le sud-ouest de l'Allemagne et dans l'est de la France, et dont le propre est justement d'associer des objets entiers de plusieurs sortes, souvent très usagés, à des fragments d'objets et très souvent aussi à des déchets de coulée et à des lingots plano-convexes. Notre comparaison s'appuie sur la synthèse récente de Frauke Stein (1976; 1979). Si les vingt-trois dépôts recensés (Stein 1976, tabelle 7) sont tous de deux à vingt fois plus petits que le nôtre (des neuf pièces de Burladingen aux quatre-vingt-six de Hanau), ils révèlent cependant avec l'ensemble d'Auvernier de nets liens de parenté. Les haches (présentes dans dix-neuf dépôts), les bracelets (dix-huit dépôts) et les faucilles (quatorze dépôts) y sont en effet les objets les plus

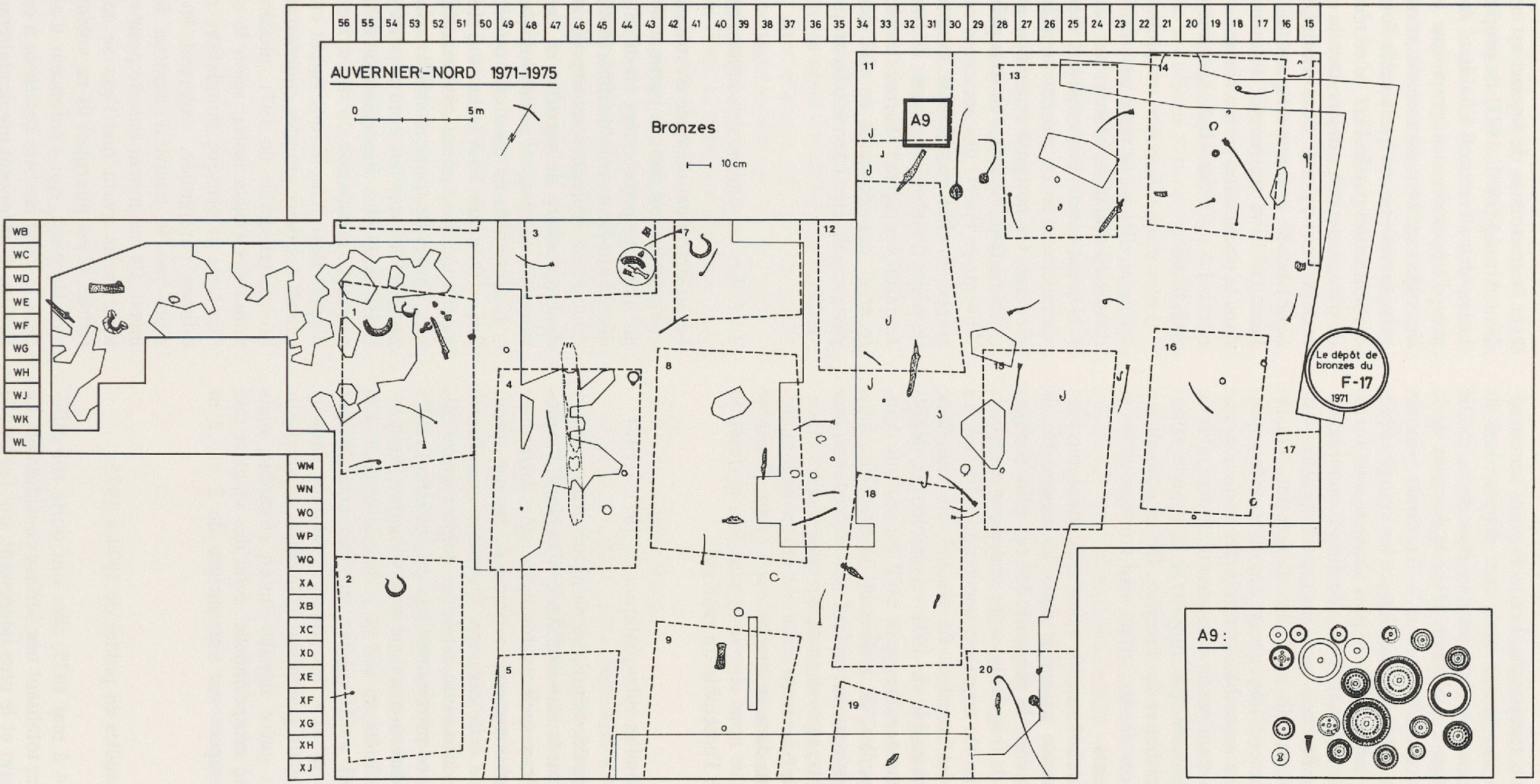


Fig. 3 Auvernier/Nord. Carte de répartition des objets de bronze trouvés entre 1972 et 1975, avec les emplacements du grand «dépôt» de 1971 et de l'ensemble des phalères de 1972 (d'après Arnold 1983).

régulièrement représentés. Les trois types sont associés les uns aux autres dans onze dépôts, dont ils constituent en moyenne un peu plus de la moitié (54%), comme à Auvernier. Dans le domaine de la parure, on constate, comme à Auvernier, un net déséquilibre entre les bracelets et les épingles, présentes dans huit dépôts, le plus souvent sous forme de fragments et jamais à plus de quatre exemplaires. Le dépôt de Brebach, avec ses quatre épingles vasiformes entières, fait ici figure d'exception. On remarquera encore, toujours en accord avec le «spectre» de notre ensemble, la rareté des couteaux, qui peuvent pourtant passer eux aussi pour des outils de première nécessité, par rapport à la grande abondance des haches et des faucilles. On ne connaît, en effet, dans ces dépôts, qu'un seul couteau entier et trois fragments.

Une différence sensible existe cependant entre les dépôts et notre ensemble dans la mesure où ils contiennent dans la majorité des cas plus d'objets entiers que de fragments, voire seulement des objets entiers, du moins en ce qui concerne les haches, les faucilles et les bracelets. En résumé, on peut donc dire que l'ensemble de 1971 ressemble aux dépôts mixtes contemporains parce qu'il est surtout composé de faucilles, de haches et de bracelets, mais qu'il s'en distingue cependant par la prédominance des fragments, surtout en ce qui concerne les bracelets. Resterait à savoir s'il a été enfoui volontairement ou non dans la cuvette où il gisait. Il semble que non, mais nous reprenons plus loin la question à propos de l'ensemble du matériel.

2.1.3. Les fouilles subaquatiques de 1971 à 1974

Durant ce laps de temps, les plongeurs réalisèrent en particulier, sur la station d'Auvernier/Nord, l'exploration de deux secteurs totalisant une surface de 640 m^2. Cent vingt-quatre objets de bronze furent mis au jour à cette occasion. Quarante-cinq d'entre eux, décrits dans notre catalogue comme «trouvailles isolées», ne proviennent pas des secteurs fouillés mais des zones sans couche archéologique, lessivées par le lac, situées au sud et à l'est de ceux-ci. Les septante-neuf autres objets ont été recueillis par zones de 8 m^2 (i.e. les secteurs indiqués dans le catalogue), mais généralement localisés exactement. On ne peut guère signaler qu'un ensemble, mais d'une qualité exceptionnelle: celui des vingt et une phalères groupées sur une surface de 2 m × 2 m (fig. 3).

2.1.4. Les fouilles en polder de 1974 à 1975

D'août 1974 à mai 1975, elles ont porté sur différents secteurs totalisant une surface considérable. Le plus important et le plus intéressant, qui fut fouillé avec le maximum de finesse, est celui qui permit à Béat Arnold (1981, 1983) de proposer une interprétation des structures d'habitat. A cinq exceptions près, la position stratigraphique et topographique des objets est bien assurée. Au contraire des fouilles précédentes, on ne peut cette fois relever aucune concentration particulière, si ce n'est le groupement de quatre modestes objets dans le coin sud-est de la maison 3: une pointe de couteau (20/9), une faucille (23/1) brisée, le fragment proximal d'une pointe de lance (18/6) et un perçoir emmanché (qui figurera dans la publication consacrée aux matériaux organiques). Le reste des objets gisaient épars sur la surface fouillée.

Les surfaces fouillées en plongée et en polder, même si elles ne se sont pas révélées spécialement denses en objets de bronze, ont cependant considérablement enrichi l'inventaire de l'ensemble de 1971, spécialement en ce qui concerne les épingles et les phalères. On constate cependant que l'ensemble de notre matériel n'est pas en tous points comparable à l'inventaire Ha B2 des anciennes collections. On est frappé, en effet, par la faible quantité de pendentifs, de perles d'ambre et de verre, de boutons, de flèches. La rareté ou même l'absence des pièces de harnachement et des récipients en tôle de bronze, d'autre part, semble être une caractéristique générale d'Auvernier.

2.1.5. Les conditions de sédimentation

La stratigraphie détaillée d'Auvernier/Nord, observable seulement dans la partie nord du gisement, le lac ayant trop fortement érodé la partie sud, a été décrite par Béat Arnold (1983, 92-95). Nous n'avons donc pas à reprendre cet exposé, mais il est cependant nécessaire de rappeler ici ce qui concerne la situation du matériel archéologique.

L'«ensemble de couches» ou le «niveau Bronze final» (couches IB-V), de 10 à 15 cm d'épaisseur maximum, donc mince, est caractérisé par au moins sept phases de transgression lacustre, dont l'une, la première à avoir laissé un dépôt important (couche IIIB), est la plus importante de celles qui survinrent pendant l'occupation du site. C'est à cette occasion, d'après Béat Arnold, que furent enfouis accidentellement les deux grandes concentrations d'objets de bronze (ensemble de 1971, phalères) ainsi que de nombreux objets isolés, selon le scénario suivant: une forte et brusque inondation, dont on ne peut estimer l'amplitude, surprend les habitants, qui n'ont pas le temps d'emporter leurs réserves en métal. Ils reviennent ensuite pour récupérer du matériel, mais avant que l'eau se soit complètement retirée. C'est pourquoi ils ne voient pas où ils mettent les pieds, qui s'enfoncent d'ailleurs fortement dans la craie lacustre resaturée à cette occasion. Ce faisant, ils enfoncent involontairement beaucoup des

objets, bronze et poterie, qui se trouvaient à la surface du sol d'habitation et qui émigrent donc en profondeur, sous le niveau Bronze final. Après le retrait des eaux, qui nivela la surface piétinée, les lacustres reviennent habiter leur village. Ils n'ont plus l'idée ou, probablement, la possibilité, de récupérer les objets enfouis. La sédimentation d'autres objets de bronze remonte à cette phase postérieure à la grande inondation mais encore antérieure à l'abandon. C'est le cas, par exemple, du petit groupement de la maison 3. Ces objets, peu nombreux, furent probablement eux aussi perdus dans le fumier lacustre. Un seul objet, le bracelet 8/2, est attribuable avec certitude au niveau d'abandon définitif du village, qui correspond à la couche IB. Il apparaît donc, et la conclusion est importante, que la presque totalité des objets de bronze du secteur nord d'Auvernier/Nord n'ont pas été laissés sur place lors de l'abandon définitif du village, qu'ils n'ont pas été non plus enfouis volontairement, mais simplement perdus accidentellement au cours des phases d'habitation.

Dans quelle mesure, maintenant, cette interprétation des faits est-elle extrapolable dans l'espace et dans le temps, nous n'en savons, à vrai dire, pas grand-chose, mais il y a naturellement bien des chances que les abondants matériaux Ha B2 des anciennes collections aient été enfouis dans les mêmes conditions, dans d'autres secteurs du village, probablement les secteurs sud et est, où toute la couche archéologique y compris la craie I était complètement érodée. C'est, en effet, la seule zone où les objets ont pu se trouver sur le fond du lac ou à proximité immédiate, à portée des pinces à objets et des dragues à main du siècle passé. Les mêmes conditions de sédimentation ont peut-être aussi prévalu dans d'autres gisements contemporains et antérieurs installés sur la craie lacustre, mais en attendant la preuve du contraire, il nous paraît quand même difficile d'expliquer la richesse des palafittes dans son ensemble par le seul piétinement des lacustres dans leurs villages inondés. La part du matériel perdu à l'abandon définitif des sites devrait, en moyenne, avoir été plus importante. Remarquons, d'autre part, que l'enfouissement observé à Auvernier/Nord, par exemple celui des phalères, pourrait aussi ne pas avoir été accidentel mais bel et bien volontaire (voir à ce propos la légende de la pl. 13).

Si, comme nous venons de le voir, on peut distinguer trois temps dans le dépôt des objets de bronze d'Auvernier/Nord (1. au cours de la transgression IIIB; 2. entre la transgression IIIB et l'abandon; 3. à l'abandon), il n'est, en revanche, pas possible d'exploiter cette superposition pour l'affinement de la typologie chronologique du Bronze final. La quantité d'objets sûrement attribuables à une phase postérieure à la transgression IIIB est en effet beaucoup trop faible; les mêmes types se retrouvent, d'autre part, dans les deux horizons principaux, et, enfin, la dendrochronologie a prouvé que le «niveau Bronze final» correspond à une seule phase de construction, donc à une période sans doute trop brève pour qu'une évolution des formes y soit sensible. Le remontage de la poterie a montré d'autre part que les tessons d'un même récipient peuvent provenir indistinctement de l'ensemble des diverses couches composant le niveau Bronze final.

En conclusion, nous sommes donc autorisés à considérer les bronzes d'Auvernier/Nord comme un tout, comme un *ensemble homogène* déposé entre 878 et 850 av. J.-C. (Egger/Gassmann 1985, 53; Egger/Gassmann/Burri 1985, 188) et attribuable en bloc à la case Ha B2 du schéma chronologique traditionnel, même si quelques objets – le contraire serait étonnant – ont une apparence plus ancienne et sont donc probablement hérités d'une phase chronologique antérieure.

2.2. Auvernier/Brena

Le secteur de Brena, situé nettement à l'ouest d'Auvernier/Nord, a été exploré uniquement en plongée, partiellement et de façon discontinue entre la fin de septembre 1971 et le début de juin 1972 (Arnold 1977). Six des sept tranchées de sondage ont livré vingt-six objets de bronze dont huit sont significatifs. La tranchée 5 n'a produit aucune pièce métallique. Une épingle vasiforme provient en outre de la palissade de cette station. La question de la situation chronologique de Brena par rapport à la station Nord est reprise plus loin (p. 81).

3. Les analyses spectrographiques

3.1. Introduction

3.1.1. Démarche suivie

Alors que les alliages du Bronze final font depuis longtemps l'objet d'analyses spectrographiques aussi bien dans la frange atlantique de l'Europe (Bretagne, Grande-Bretagne) qu'en Autriche – pour ne citer que trois des principales écoles (Härke 1978, avec bibliographie exhaustive) – la zone centre-occidentale de la culture des Champs d'Urnes, correspondant à peu près à l'extension du groupe Rhin-Suisse, demeure curieusement à l'écart de ce courant de recherche malgré la richesse légendaire de ses matériaux palafittiques et la grande abondance de ses dépôts. Sous l'influence du groupe de Stuttgart, cette période tardive de la métallurgie préhistorique du bronze s'est, en effet, trouvée délaissée au profit du Chalcolithique et du Bronze ancien qui offraient, pensait-on, de meilleures perspectives de mise en évidence de groupes métallurgiques bien individualisés et non encore abâtardis par la refonte successive du métal.

Puisqu'ils constituaient, pour une fois, un véritable ensemble homogène, les bronzes d'Auvernier/Nord offraient une excellente occasion de tester l'intérêt éventuel des analyses spectrographiques appliquées à ce genre de matériel, et de compléter ainsi l'étude exclusivement typologique qu'on en avait proposé jusqu'alors. Le but principal de ces analyses est en effet la description des objets par l'intérieur ainsi que la confrontation de ces données techniques et de celles fournies par la typologie traditionnelle.

Notre première démarche fut de confier successivement la même série de cinq objets à cinq laboratoires pratiquant des méthodes plus ou moins différentes les unes des autres: le Laboratoire de Recherche des Musées de France (ci-dessous L.R.M.F.), du Louvre à Paris (spectrométrie d'émission atomique, source à plasma DCP, Spectraspan IIIB); la fonderie Boillat S.A. à Reconvilier (émission atomique, plasma ICP, ARL 34000); le Chemisch-Physikalisches Labor du Württembergisches Landesmuseum de Stuttgart (émission atomique, source à arc, appareil Fuess); le Musée national suisse de Zurich (fluorescence X); la firme Höchst de Francfort (analyse chimique traditionnelle). Tous les laboratoires ont travaillé sur des prélèvements qu'ils ont eux-mêmes effectués. Le L.R.M.F., Stuttgart, Boillat S.A. et Höchst ont travaillé sur des solutions acides, Zurich sur des copeaux agglomérés.

Les résultats, regroupés dans l'annexe 1 (p. 97), montrent, comme on pouvait s'y attendre, des divergences parfois assez sérieuses. En ce qui concerne les principales impuretés que sont l'arsenic, l'antimoine, le nickel et le cobalt, il existe cependant un bon accord entre le L.R.M.F., Boillat S.A. et Stuttgart, qui pratiquent tous l'émission atomique, et surtout entre le L.R.M.F. et Boillat S.A., qui utilisent tous deux une source à plasma d'argon. Pour l'étain et le plomb, la concordance est très bonne entre le L.R.M.F. et Boillat S.A., mais les autres mesures divergent sensiblement, de façon systématique (Stuttgart) ou non. Le principal enseignement de ces essais préliminaires est que les objets sont chacun de *composition homogène*, et que les 10 ou 20 mg analysés sont donc représentatifs de l'objet entier. Cette constatation fondamentale, condition première du sens des analyses présentées ici, ressort des deux mesures différentes pratiquées chaque fois par le L.R.M.F., ainsi que celles du Musée national sur la faucille 24/4, pratiquées l'une à l'extrémité proximale l'autre à l'extrémité distale. Les analyses répétées des mêmes objets (annexe 2, p. 98) confirment cette importante constatation, que d'autres auteurs avaient d'ailleurs déjà formulée (Pittioni 1957, 6-7).

Nous tenions à soumettre à l'analyse une série d'objets importante et vraiment représentative de l'ensemble du matériel, mais aucun des laboratoires disposés à nous aider n'était en mesure de la prendre en charge entièrement. C'est pourquoi nous avons finalement réparti les analyses entre le L.R.M.F. et la fonderie Boillat S.A. Le L.R.M.F. a effectué trente-neuf analyses en avril 1980, Boillat S.A. quarante en avril 1980, cinquante en novembre 1981 et quatre en août 1982. Six objets ont été analysés deux fois. Avec les cinq échantillons préliminaires, ce sont donc finalement cent trente-deux objets qui ont été analysés. Ils représentent exactement un tiers des bronzes d'Auvernier/Nord et sont ainsi répartis quant à leur typologie: cinq épingles, vingt-trois bracelets, neuf phalères, deux lances, une épée, seize couteaux, quarante faucilles, une serpe, vingt-quatre haches, trois ciseaux, trois marteaux, un poinçon, deux lingots, deux déchets. L'impossibilité d'opérer

un prélèvement suffisant sans les défigurer explique pourquoi les épingles sont très largement sous-représentées.

3.1.2. Les échantillons

Nous avons procédé nous-même au prélèvement des échantillons. Pour les objets massifs, il s'agit de copeaux ou de poudre récoltés par forage au moyen d'une mèche de 1 mm de diamètre et d'environ 5 mm de long, d'un acier ne contenant aucun des éléments recherchés (sauf le fer). Nous nous sommes efforcé, dans la mesure du possible, d'opérer la ponction toujours au même endroit: sur le côté des haches, au milieu de l'objet; sur le dos des couteaux, à proximité de la soie; à l'emplacement du jet de fonte, au milieu du dos, pour les faucilles. De menus fragments ont été détachés des objets trop minces pour être forés, comme les tiges d'épingles, les bracelets en tôle et les phalères. Le caractère plus défigurant du procédé explique la présence presque exclusive de pièces cassées parmi les objets analysés de ce genre.

Le matériau prélevé (environ 30 mg par forage) a été ensuite attaqué à l'acide. Le L.R.M.F. en a dissout 10 mg dans 1 ml de solution composée de deux parties d'acide nitrique concentré (HNO_3), une partie d'acide chlorhydrique concentré (HCl) et une partie d'eau distillée. Boillat S.A. a utilisé 25 mg de bronze, dissous dans 1.5 ml de HNO_3 1:1 et 1 ml de HCl 1:1, la solution obtenue étant ensuite diluée au volume de 10 ml.

3.1.3. Corrélation des analyses du L.R.M.F. et de Boillat S.A.

La première publication (Rychner 1981), qui portait sur les analyses du L.R.M.F. et sur la fournée 1980 de Boillat S.A., signalait déjà les divergences systématiques existant entre les deux séries de mesures à propos de l'argent, du bismuth et du zinc. Afin de les intégrer dans les mêmes calculs, nous avions arbitrairement «calibré» les résultats de Boillat S.A. en fonction de ceux du L.R.M.F., en les multipliant par le quotient des moyennes du L.R.M.F. sur celles de Boillat S.A. (facteurs 7.05 pour l'argent, 0.10 pour le zinc, 0.72 pour le bismuth). Nous avons jugé opportun d'égaliser aussi les mesures d'arsenic, les deux pics du L.R.M.F. et de Boillat S.A. étant légèrement décalés. Les valeurs mesurées par Boillat S.A. en 1980 ont donc été multipliées par le facteur 1.34.

La série 1981 de Boillat S.A. confirme les difficultés présentées par l'argent, le bismuth et le zinc, dont les valeurs s'écartent des résultats de 1980, comme l'indique le tableau ci-dessous:

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn
Boillat S.A. 1980	7.22	1.54	0.38	0.55	0.02	0.33	0.08	0.15	0.02
Boillat S.A. 1981	6.90	1.30	0.36	0.51	0.04	0.28	0.04	0.13	0.05

Nous avons donc à nouveau opéré une calibration en fonction des résultats du L.R.M.F., avec les facteurs suivants: As 1.42, Ag 4.25, Bi 1.78, Zn 0.066. De sérieux problèmes semblent donc exister à propos de l'argent, du zinc et du bismuth, sans que nous puissions savoir lequel des deux laboratoires est le plus près de la vérité. Dans l'analyse préliminaire des cinq objets, les résultats de Stuttgart, Zurich et Höchst concernant l'argent sont plutôt en faveur de ceux du L.R.M.F. tout en donnant des valeurs un peu inférieures. Des analyses complémentaires de deux des cinq objets témoins (24/4, 28/8) ont été réalisées en 1983 (voir annexe 1, p. 97). L'usine Métaux Précieux S.A. de Neuchâtel a mesuré l'argent par spectrométrie d'émission atomique et a obtenu des valeurs plus basses que celles de tous les autres laboratoires. Le laboratoire de chimie inorganique de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (professeur B. Magyar) a mesuré l'argent et le zinc par spectrométrie d'absorption atomique. Les valeurs d'argent se rapprochent de celles du Musée national et pourraient donner raison à Boillat S.A. contre le L.R.M.F. Celles de zinc, en revanche, se situent plutôt dans les ordres de grandeur donnés par le L.R.M.F. La question de l'argent et du zinc, cependant, reste ouverte. Les divergences concernant le bismuth sont déjà moins graves. Là encore, il est difficile de décider qui a raison. On peut seulement observer que lors des essais préliminaires, le L.R.M.F., Boillat S.A. et Stuttgart étaient en accord pour trois objets (8/12, 20/8, 24/14), que Boillat S.A. s'écartait des deux autres laboratoires pour 24/4 et 28/8, tandis que Höchst donnait des valeurs systématiquement beaucoup plus fortes que tous les autres. On remarquera aussi que les valeurs mesurées du bismuth se répartissent de façon très gaussienne, ce qui paraît exclure l'éventualité d'une ségrégation accentuée de ce métal dans le cuivre, ségrégation contre laquelle Slater et Charles (1970) mettent en garde les archéologues.

3.2. Résultats globaux

L'annexe 3 (p. 99-101) donne les résultats complets des analyses, dans l'ordre des objets sur les planches. C'est sur cette liste que se fondent tous les calculs effectués. On indique chaque fois le numéro d'inventaire de l'objet, le numéro de l'analyse pour celles de L.R.M.F. ou son millésime pour celles de Boillat S.A. Quant un objet a été analysé par les deux laboratoires, c'est l'analyse du L.R.M.F. qui est donnée et c'est la première des deux mesures du L.R.M.F. qui est donnée pour les cinq analyses préliminaires. Pour 19/8, seule l'analyse de la lame

est prise en compte dans les calculs. Les valeurs <0.001 données quatre fois pour le zinc sont comptées dans les calculs comme 0.0005. Les mesures de Boillat S.A. sont corrigées pour l'arsenic, l'argent, le bismuth et le zinc (voir ci-dessus). Les mesures brutes de Boillat S.A. sont données dans l'annexe 4 (p. 102).

Les analyses sont regroupées en deux tableaux. Le premier (fig. 4) est le classique graphique du modèle proposé par Waterbolk et Butler (1965), qui permet de rassembler tous les éléments dans la même échelle logarithmique. Il est avant tout conçu pour la comparaison entre eux de plusieurs ensembles considérés en bloc. Le second (fig. 5-6) propose lui aussi des histogrammes de fréquence, mais cette fois personnalisés et conçus selon des échelles linéaires et différentes selon les éléments. Il permet de situer chaque objet par rapport aux autres. L'un et l'autre graphiques mettent bien en valeur la caractéristique première et essentielle des résultats de l'étain, du plomb, de l'arsenic, de l'argent, du nickel, du bismuth et du cobalt, qui est leur *très grande homogénéité*, traduite par la forme gaussienne régulière des courbes de

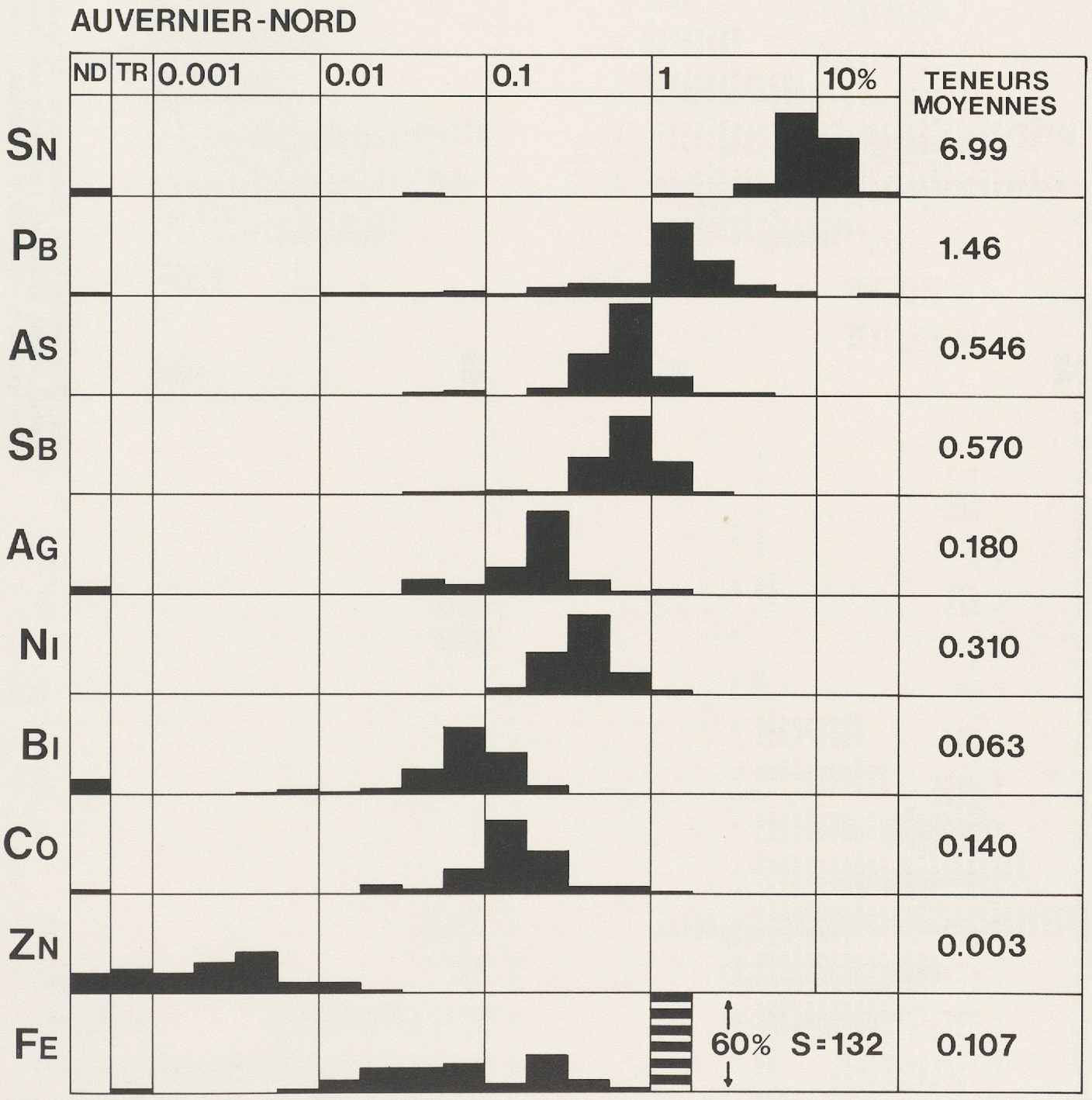
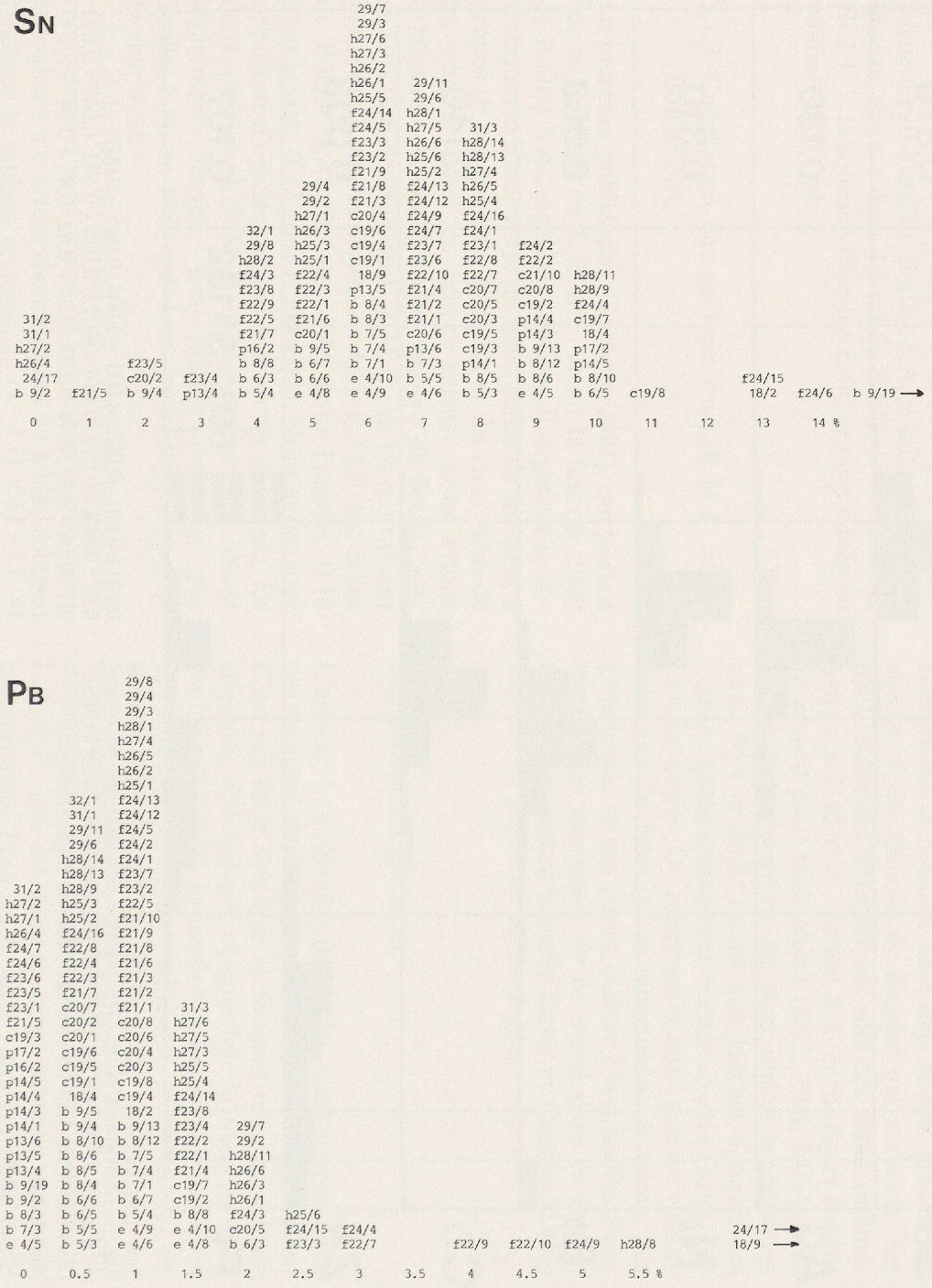
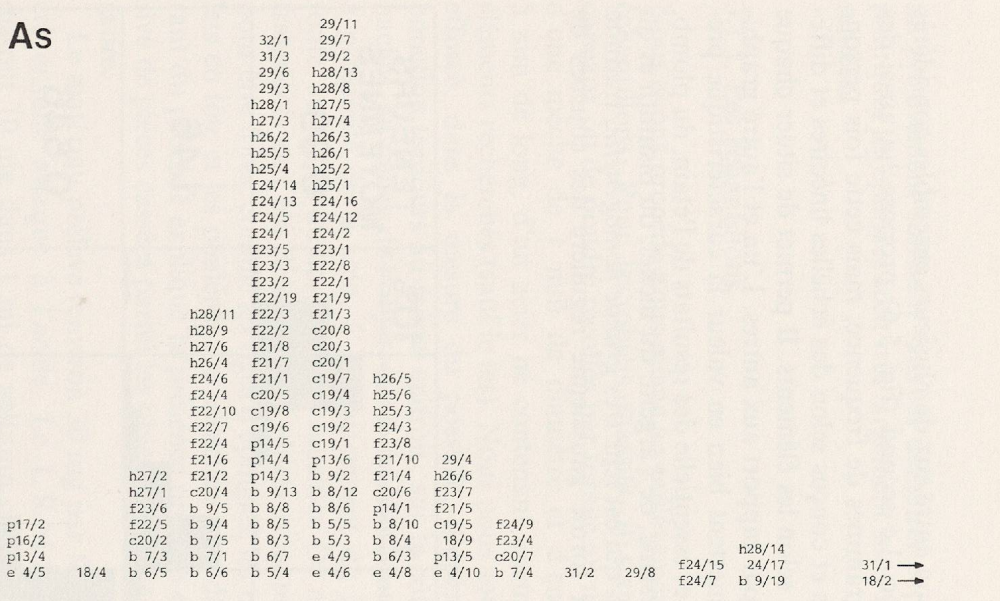


Fig. 4 Auvernier/Nord. Diagramme des analyses de bronze, d'après le modèle proposé par Waterbolk et Butler (1965). Les intervalles sont les suivants (échelle logarithmique):
ND = non détecté
TR = traces

0.001: 0.001, 0.002, 0.003 - 0.004, 0.005 - 0.007
0.01: 0.008 - 0.013, 0.014 - 0.023, 0.024 - 0.042, 0.043 - 0.074
0.1: 0.08 - 0.13, 0.14 - 0.23, 0.24 - 0.42, 0.43 - 0.74
1: 0.75 - 1.3, 1.4 - 2.3, 2.4 - 4.2, 4.3 - 7.4
10: 7.5 - 13.3, 13.4 - 23.7





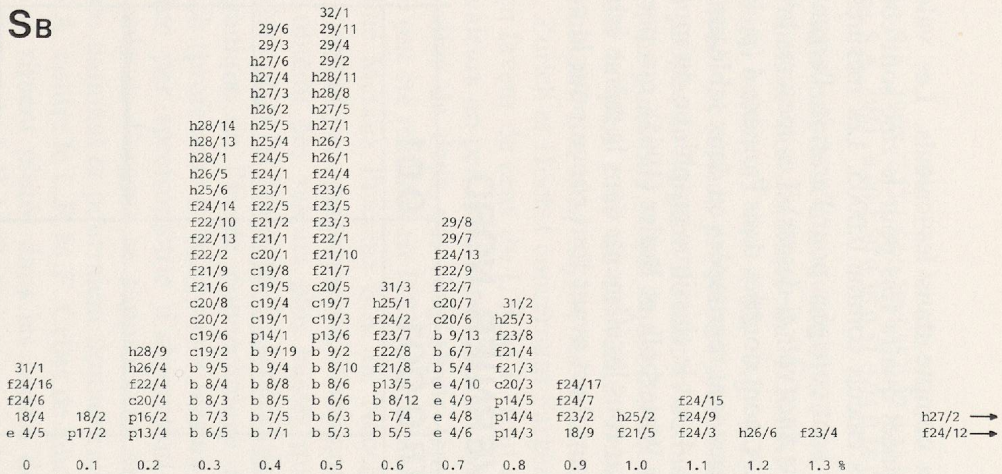


Fig. 5 Auvernier/Nord. Histogrammes de fréquences des analyses de bronze (étain, plomb, arsenic, antimoine). Les échelles sont linéaires et différentes suivant les éléments. e = épingles, b = bracelets, p = phalères, c = couteaux, f = faucilles, h = haches.

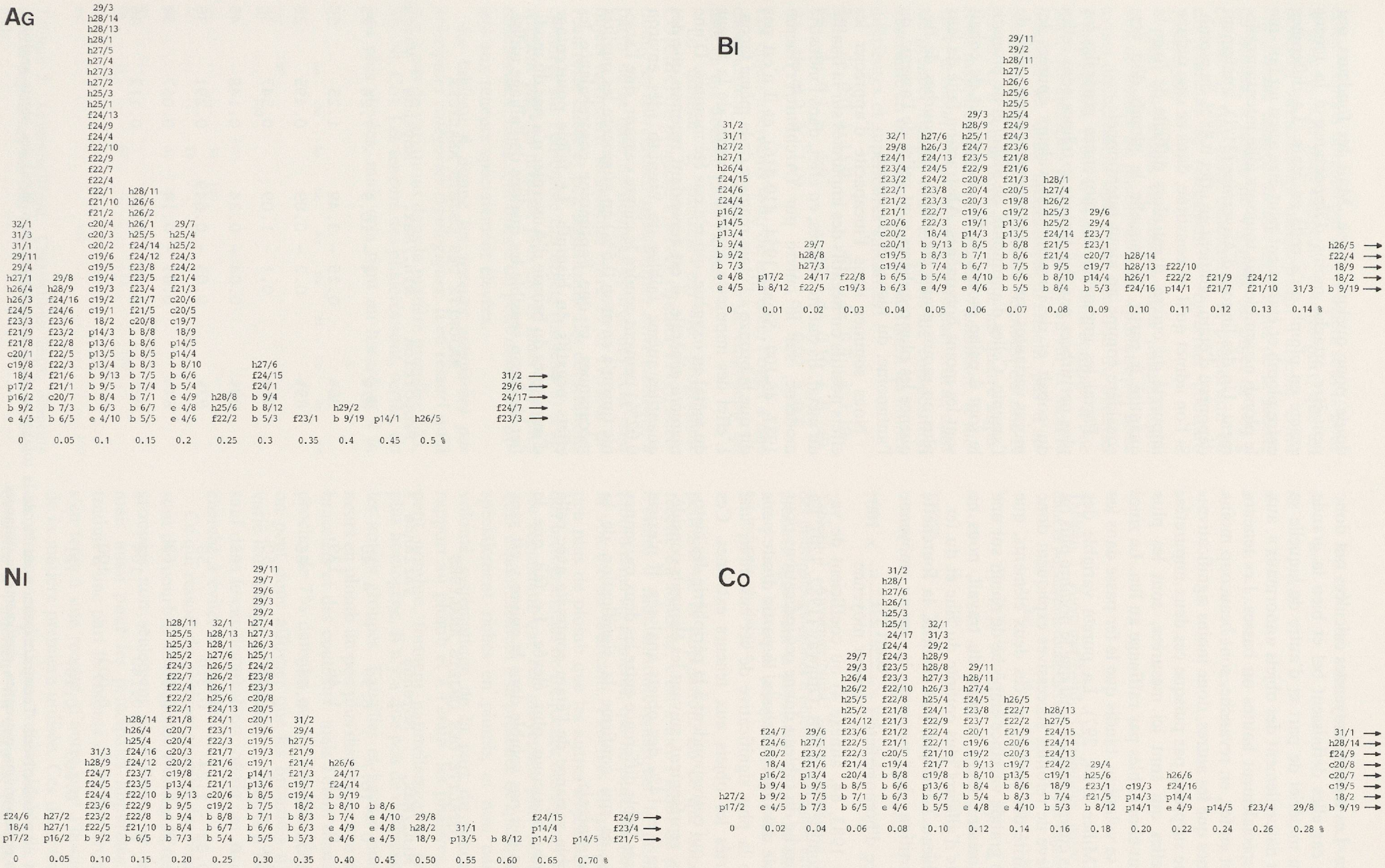


Fig. 6 Auvernier/Nord. Histogrammes de fréquence des analyses de bronze (argent, nickel, bismuth, cobalt). Voir fig. 5.

fréquence. Les teneurs moyennes calculées ont donc un sens, car elles définissent bel et bien la grande masse du matériel de part et d'autre de laquelle se signalent naturellement des objets «anormaux», aux teneurs spécialement hautes ou basses. Les teneurs en zinc et en fer, en revanche, sont beaucoup moins homogènes que les autres, donc moins significatives. Ce qui ne surprend pas puisque ces deux impuretés, parmi celles qui sont ici mesurées, sont les plus facilement éliminables par raffinage au feu. Le zinc, en effet, se volatilise, tandis que le fer passe dans les scories (Miller 1954, 297). La pureté variable des différents cuivres utilisés ainsi que le nombre plus ou moins élevé de refontes successives expliquent donc l'irrégularité des teneurs en ces deux éléments, que leur trop grande variance empêche de réunir sur une échelle linéaire. Dans la suite du travail, nous ne tiendrons d'ailleurs plus compte du zinc et du fer.

Le tableau 1 indique, par élément, la fourchette de répartition des mesures, la teneur moyenne et l'indice d'homogénéité ($\frac{\text{écart type}}{\text{teneur moyenne}} \times 100$; Rychner 1983, 84, annexe 4) ou coefficient de variance, comme l'appelle B. Ottaway (1982, 120). La partie gauche du tableau donne ces indications pour l'ensemble des objets analysés, la partie droite pour la partie la plus significative de cet ensemble, une fois écartés les objets aux teneurs extrêmes. Ces derniers, qui correspondent à la périphérie des histogrammes, représentent, suivant les éléments considérés, entre 7 et 14% des objets analysés. Il n'existe qu'une très faible différence entre les deux moyennes calculées, ce qui confirme la signification de la moyenne générale.

La faible variance de l'étain contraste avec celle du plomb, beaucoup plus élevée. Le fait que le plomb ne soit pas soluble dans le cuivre y est sans doute pour quelque chose. Mais les fondeurs ont peut-être attaché moins d'importance à la teneur exacte en plomb qu'à celle en étain. La différence entre plomb et étain tient peut-être aussi au fait que le plomb ne semble pas toujours allié intentionnellement. Un des lingots d'Auvernier (31/1), totalement dépourvu d'étain, contient en effet 0.88% de plomb. Si l'on admet qu'il ne constitue, dans ce cas, qu'une impureté du cuivre, il est alors difficile de fixer la quantité à partir de laquelle le plomb doit être considéré comme un ajout intentionnel.

Parmi les impuretés, les moyennes générales les plus perturbées par des teneurs extrêmes sont celles du cobalt et de l'argent. Les valeurs épurées les moins variantes (ou les plus groupées) sont celles de l'arsenic. Celles d'antimoine, de nickel et de bismuth le sont à peine moins. Celles d'argent et de cobalt sont les moins homogènes. Abstraction faite de leur plus ou moins grand étalement, les courbes de fréquence les plus régulières sont celles de l'arsenic, de l'antimoine, du nickel et du cobalt.

Nous sommes dans l'incapacité d'apprécier les effets positifs ou négatifs des impuretés sur la qualité du métal. Ils ont été étudiés, en effet, dans l'industrie moderne, sur le cuivre pur (Archbutt/Prytherch 1937, 46-109; Smart 1954, 410-416), et il n'est pas dit que le bronze à l'étain réagisse de la même façon. L'effet des impuretés dépend en outre de la teneur du métal en oxygène, qui n'a pas été mesurée. D'une manière générale, il est cependant reconnu que des quantités même faibles de bismuth (dès environ 0.02%) peuvent rendre le cuivre cassant, que l'arsenic (jusqu'à environ 0.5%) en augmente les qualités mécaniques, et que l'antimoine contrebalance les effets négatifs du bismuth. Le faible pourcentage d'impuretés du bronze d'Auvernier n'a pas dû modifier de façon sensible les qualités de l'alliage utilisé,

	TOTALITE DES OBJETS ANALYSES			MAJORITE DES OBJETS ANALYSES			
	Min./Max.	Moyenne	Variance	Proportion	Min./Max.	Moyenne	Variance
Sn	0 - 16.7	6.99	40	87%	4 - 10.9	7.26	23
Pb	0 - 18	1.46	139	86%	0.25 - 3.49	1.25	50
As	0.03 - 3.5	0.546	66	89%	0.2 - 0.89	0.495	28
Sb	0.03 - 1.9	0.570	50	91%	0.1 - 1.09	0.547	36
Ag	0 - 1.06	0.180	93	88%	0.04 - 0.34	0.148	45
Ni	0.02 - 1.24	0.310	55	93%	0.05 - 0.649	0.291	38
Bi	0 - 0.180	0.063	62	84%	0.01 - 0.14	0.067	39
Co	0 - 1.29	0.140	104	92%	0.02 - 0.26	0.112	46
Zn	0 - 0.015	0.003	100				
Fe	0 - 0.663	0.107	121				

Tableau 1 Auvernier/Nord. Teneurs, exprimées en %, de la totalité et de la majorité (environ 90%) des objets analysés: minimums et maximums, moyennes, coefficients de variances.

et les résultats obtenus par les bronziers sont là pour le prouver. On peut rappeler, d'autre part, que les tablettes sumériennes mentionnent l'arsenic et/ou l'antimoine comme un des ingrédients de la recette du bronze, à raison de 4 g pour un objet de 600 g (=0.66%) soit assez exactement la proportion où ces éléments se retrouvent à Auvernier (Bottéro 1964, 654).

Dans nos essais de classification automatique, afin de limiter au maximum leur «pollution», nous avons délibérément opéré une sélection du matériel à disposition. Nous n'avons pas tenu compte, d'une part, des éléments peu homogènes ou sur la mesure desquels les deux laboratoires n'étaient pas d'accord, c'est-à-dire de l'argent, du bismuth, du zinc et du fer, et n'avons donc retenu que les quatre impuretés majeures que sont l'*arsenic*, l'*antimoine*, le *nickel* et le *cobalt*. Nous avons d'autre part écarté, dans un premier temps, tous les objets de composition aberrante en un élément ou plus, en fixant les limites inférieures et supérieures suivantes:

Sn	de	2.0	à	11.9	Sb	de 0.2 à 1.19	
Pb	de	0.1	à	5.9	Ni	de 0.10 à 0.749	
As	de	0.2	à	1.09	Co	de 0.02 à 0.3	

Les objets aberrants font, de leur côté, l'objet d'une classification. Ils sont au nombre de vingt-sept. La liste en est donnée dans l'annexe 8.

Le tableau 2, produit par le programme COR.SIG du progiciel P.STAT (Buhler 1979), sélectionne les *corrélations significatives entre éléments*, à partir de la base de données épurée des cent cinq objets normaux. Echelonné entre 59 et 19, leur niveau reste faible et peu significatif. Les corrélations calculées sur l'ensemble des objets (tableau 3) n'atteignent pas des niveaux plus élevés mais sont plus nombreuses. Elles sont dues à un petit nombre d'objets aux teneurs spécialement élevées.

Le tableau 4 donne les *teneurs comparées par principales catégories typologiques*. Il en ressort qu'il n'y a pas de variations dans la matière première (As, Sb, Ni, Co). Les teneurs des phalères sont, certes, un peu plus élevées, mais cela tient au hasard et à la petitesse de la population. En ce qui concerne la recette du fondeur, c'est-à-dire l'ajout de plomb et d'étain, il faut surtout remarquer la faiblesse du plomb dans les phalères, qui ne peut résulter que de la volonté du fabricant. Faucilles et haches ont un peu plus de plomb que les autres objets. L'examen des histogrammes de fréquence des figures 5-6 montre cependant que ces moyennes plus élevées sont dues essentiellement à la présence de quelques pièces spécialement riches en plomb, et non pas à une volonté systématique de la part du fondeur. Par rapport au plomb et à l'étain, les phalères, vu leur petit nombre, forment naturellement le groupe le plus homogène. Il n'y a que peu de différences entre les autres groupes. Faucilles et haches ont des teneurs en plomb un peu plus dispersées que celles des bracelets et des couteaux, mais l'étain demeure très proche de 7% dans les quatre familles. En résumé, on peut donc affirmer que les bronziers n'ont pas varié leur alliage en fonction des objets à fabriquer, sauf dans le cas des phalères, où ils ont visiblement cherché à éviter le plomb.

Ce qui ressort du premier examen des résultats, ce sont des courbes de fréquence très régulières et bien groupées non seulement pour l'étain et le plomb mais aussi pour les principales impuretés, ce qui traduit d'une part la volonté claire des bronziers de s'en tenir à une recette, d'autre part l'homogénéité de la matière première utilisée. Ces deux traits fondamentaux rendent peu vraisemblable la mise en évidence à l'intérieur du corpus, par des moyens

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
Sn	100									
Pb	...	100								
As	...	...	100							
Sb	...	...	35	100						
Ag	...	...	19	...	100					
Ni	...	...	41	26	...	100				
Bi	...	...	...	...	20	...	100			
Co	31	...	59	...	...	53	...	100		
Zn	...	...	...	...	...	...	...	...	100	
Fe	...	...	...	...	-26	...	...	...	...	100

Tableau 2 Auvernier/Nord. Corrélations entre éléments dans la population des cent cinq objets de composition normale.

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
Sn	100									
Pb	...	100								
As	...	...	100							
Sb	-21	23	...	100						
Ag	...	24	21	25	100					
Ni	...	18	36	35	...	100				
Bi	32	...	...	...	...	...	100			
Co	34	...	63	...	...	32	37	100		
Zn	...	...	18	...	...	...	30	36	100	
Fe	...	...	...	...	-23	...	...	19	25	100

Tableau 3 Auvernier/Nord. Corrélations entre éléments dans la population totale des cent trente-deux objets analysés.

		Sn		Pb		As	Sb	Ni	Co
Bracelets	21	6.97	*30*	1.02	*40*	0.463	0.514	0.325	0.107
	23	7.09		0.95		0.501	0.516	0.321	0.130
Phalères	6	8.37	*16*	0.29	*26*	0.520	0.685	0.548	0.187
	9	7.66		0.26		0.364	0.513	0.400	0.131
Couteaux	14	7.65	*30*	1.10	*49*	0.485	0.477	0.289	0.131
	16	7.81		1.12		0.516	0.483	0.289	0.168
Faucilles	32	6.82	*26*	1.54	*66*	0.457	0.580	0.240	0.107
	40	7.02		1.55		0.519	0.656	0.297	0.121
Haches	19	7.26	*23*	1.72	*64*	0.494	0.509	0.275	0.112
	24	6.72		1.49		0.507	0.566	0.256	0.127

Tableau 4 Auvernier/Nord. Teneurs moyennes comparées des principales catégories d'objets. Pour chaque catégorie, la première ligne décrit la population épurée des éléments les plus déviants, la seconde la population complète. La variance est indiquée en italique.

plus sophistiqués, de groupes d'objets nettement différenciés du point de vue de leur composition. Nous avons malgré tout tenté l'expérience en nous aidant de l'ordinateur du Centre de calcul de l'Université de Neuchâtel (Digital VAX 780/VMS) et du programme de classification hiérarchique ascendante CLAS réalisé par le Groupe de recherche en méthodes quantitatives de la même université (Faculté de droit et des sciences économiques). Les critères de distance et d'agrégation que nous avons choisis sont le carré de la distance euclidienne et le chaînage complet. Afin de ne pas donner plus d'importance à l'étain et au plomb qu'aux impuretés, toutes les valeurs ont été réduites par le programme SCAN du progiciel P.STAT.

3.3. Classification automatique des résultats

3.3.1. Hiérarchie selon étain et plomb

Le dendrogramme du dépliant 1 classe les cent cinq objets retenus en fonction de l'étain et du plomb. La liste de l'annexe 5 (p. 103) donne les analyses dans l'ordre de la hiérarchie.

On peut distinguer trois groupes de volumes décroissants. Le premier (64% des objets) comprend les objets se situant dans la moyenne de l'étain ou au-dessous. Le deuxième, deux fois moins nombreux (33%) comprend ceux qui dépassent la moyenne d'étain. Le troisième (3%) comprend les trois objets isolés qui présentent la particularité de contenir étain et plomb en quantités équivalentes. A l'intérieur des deux grandes familles, des groupes se distinguent les uns des autres en fonction de la proportion relative d'étain et de plomb (tableau 5).

Il est difficile de savoir si la volonté de l'artisan a toujours influencé la teneur en étain et en plomb, ou si celle-ci dépendait essentiellement de celle des déchets de bronze refondus. Dans un cas comme dans l'autre, les groupes découpés par la hiérarchie pourraient correspondre à différents lots d'objets, fabriqués par le même fondeur au cours du temps ou simultanément par différents artisans. Les principales catégories typologiques se répartissent en tout cas également tout au long de cette hiérarchie. Remarquons aussi que les trois objets les plus spéciaux au point de vue de leur alliage (faucilles 22/9-10, hache 28/8) ne présentent aucune caractéristique typologique particulière.

Il est surtout important de constater que cette hiérarchie ne parvient pas à isoler dans le matériel d'Auvernier des groupes d'objets nettement distincts quant à la recette du fondeur, et qu'elle ne fait que transposer les histogrammes de fréquence des figures 4-6, en exprimant elle aussi la grande homogénéité interne du matériel étudié. Si l'on considère l'étain, on peut dire que le groupe 1 de l'arbre

	Sn		Pb	
1.1.	7.10 - 7.80	(7.40)	0.840 - 1.280	(1.07)
1.2.	6.40 - 6.90	(6.69)	1.000 - 1.177	(1.06)
1.3.	7.10 - 7.60	(7.34)	1.470 - 1.609	(1.56)
1.4.	5.90 - 6.90	(6.40)	1.300 - 1.640	(1.49)
1.5.	5.42 - 5.95	(5.71)	0.850 - 1.370	(1.08)
1.6.	5.90 - 7.20	(6.54)	0.160 - 0.760	(0.48)
1.7.	4.70 - 4.93	(4.81)	1.936 - 2.400	(2.12)
1.8.	5.50 - 6.11	(5.65)	1.830 - 2.160	(2.03)
1.9.	6.20 - 6.70	(6.45)	2.370 - 2.600	(2.48)
1.10.	4.40 - 5.09	(4.76)	0.780 - 1.120	(0.96)
1.11.	4.03 - 4.40	(4.18)	1.380 - 1.500	(1.45)
1.12	2.40 - 2.93	(2.64)	0.489 - 0.940	(0.70)
2.1.	8.25 - 9.50	(8.77)	0.710 - 1.350	(1.05)
2.2.	7.90 - 9.00	(8.62)	0.210 - 0.440	(0.30)
2.3.	10.16 - 10.73	(10.35)	0.220 - 0.810	(0.60)
2.4.	11.80		1.020	
2.5.	8.60 - 9.40	(9.02)	1.510 - 1.800	(1.73)
2.6.	10.61 - 10.80	(10.70)	1.790 - 2.094	(1.94)
2.7.	7.50 - 8.20	(7.85)	2.300 - 2.500	(2.40)
2.8.	8.44		3.125	
2.9	10.14		3.210	
3.1.	4.64		4.170	
3.2.	7.00		4.500	
3.3.	4.23		5.790	

Tableau 5 Auvernier/Nord. Teneurs minimums, maximums et moyennes des groupes définis par la hiérarchie selon l'étain et le plomb (voir dépliant 1 et annexe 5, p. 103).

comprend le centre et la partie gauche de l'histogramme, le groupe 2 la partie droite de celui-ci. Quant au plomb, sa quantité ne dépend pas de celle de l'étain. On le retrouve donc dans des teneurs équivalentes dans les groupes 1 et 2 de la hiérarchie. Plomb et étain n'étaient donc pas mélangés entre eux avant d'être ajoutés au cuivre, comme cela a pu être le cas à Grandson/Corcelettes (Rychner 1983, 81).

3.3.2. Hiérarchie selon étain, plomb, arsenic, antimoine, nickel et cobalt

Ce dendrogramme (dépliant 2) représente la synthèse de la typologie interne des bronzes d'Auvernier/Nord. On y distingue quatre groupes ou sous-arbres principaux dont les sommets se situent entre les niveaux 31 et 38. Le troisième et le quatrième rassemblent la petite minorité de pièces éloignées de la grande masse du matériel contenue dans les groupes 1 et 2 (86% des objets). Le tableau 6 donne les teneurs moyennes des quatre groupes. Comme on pouvait s'y attendre, 1 et 2 sont entre eux très voisins et très proches des moyennes générales, 1 étant un peu au-dessus de celles-ci pour les impuretés, 2 un peu au-dessous. Le tout petit groupe 3 se

	Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co	Var. moyenne
1.	6.74	1.30	0.546	0.609	0.323	0.122	
	21	*41*	*16*	*30*	*25*	*29*	*27*
2.	7.23	1.11	0.385	0.442	0.231	0.083	
	31	*38*	*22*	*24*	*25*	*35*	*29*
3.	6.89	4.16	0.378	0.607	0.240	0.109	
	36	*26*	*25*	*29*	*63*	*20*	*33*
4.	8.35	0.73	0.585	0.608	0.468	0.222	
	19	*102*	*31*	*33*	*40*	*18*	*40*
1.1.	6.10	1.56	0.529	0.666	0.303	0.105	
	19	*32*	*19*	*18*	*23*	*22*	*22*
1.1.1.	6.59	1.33	0.605	0.761	0.323	0.116	
	17	*16*	*16*	*9*	*28*	*24*	*18.3*
1.1.2.	5.70	1.75	0.468	0.590	0.287	0.097	
	18	*33*	*13*	*16*	*15*	*15*	*18.3*
1.2.	7.50	1.00	0.566	0.493	0.360	0.145	
	19	*39*	*16*	*24*	*21*	*21*	*23*
1.3.	6.23	1.50	0.541	1.071	0.198	0.073	
	21	*52*	*10*	*8*	*25*	*23*	*23*
2.1.	9.48	1.33	0.435	0.472	0.190	0.111	
	14	*35*	*20*	*32*	*21*	*22*	*24*
2.2.	6.70	1.02	0.369	0.418	0.265	0.072	
	14	*35*	*18*	*17*	*18*	*21*	*20*
2.2.1.	6.87	1.17	0.404	0.448	0.286	0.075	
	12	*22*	*8*	*9*	*10*	*16*	*12.8*
2.3.	3.01	0.89	0.308	0.468	0.193	0.054	

Tableau 6 Auvernier/Nord. Teneurs moyennes et variances (en italique) des principaux groupes et sous-groupes définis par la hiérarchie selon étain, plomb, arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir dépliant 2 et annexe 6, p. 104).

	Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co	Moyenne par objet
8/12	99.1	87.8	94.2	99.8	89.1	83.3	92 (92)
20/8	91.3	87.9	93.3	92.9	96.8	84	91 (92)
21/4	77.8	95.1	93.9	87.5	94	79	88 (89)
22/8	86.3	96.4	92.5	94.8	99.4	82	92 (92)
24/4	94.7	90.7	92.1	95.1	92.2	67.4	89 (87)
24/14	99.7	92.7	95.4	97.6	92.1	79.5	93 (91)
24/16	99.8	88.6	83.4	80.9	98.2	97.1	91 (90)
25/4	97.7	100	97.6	95.5	94.7	84.6	95 (93)
26/4			73.8	90.9	99.3	54.8	(80)
27/4	100	95.7	93.1	97.6	90	86.7	94 (92)
28/8	91	95.9	96.4	99.3	88.9	72.7	91 (89)
Moyennes	93.7	93.1	91.4	92.6	94.1	79.2	91.6 (89.6)

Tableau 7 Auvernier/Nord. Corrélations entre deux mesures d'un même objet (voir annexes 1-2, p. 97-98). Entre parenthèses sont données les moyennes caculées sur les quatre impuretés seulement, compte non tenu de l'étain et du plomb. Le coefficient de corrélation est établi selon la formule: plus petite valeur sur plus grande valeur, fois cent.

signale par ses hautes teneurs en plomb, le groupe 4 par ses teneurs hautes en étain et basses en plomb. Les groupes 1 et 2, qui culminent exactement au même niveau, possèdent en outre la même structure interne. Ils contiennent chacun, en effet, deux sous-groupes principaux de volumes comparables (1.1 et 1.2, 2.1 et 2.2) et un troisième petit sous-groupe très éloigné du reste (1.3 et 2.3). Le tableau 6 donne les teneurs moyennes de ces sous-groupes, dont l'homogénéité est déjà plus accusée que celle des groupes supérieurs. L'annexe 6 (p. 104) donne les analyses dans l'ordre de la hiérarchie.

En descendant vers l'extrémité de l'arbre, d'autres sous-groupes, toujours plus homogènes (ou moins variants), se laissent facilement identifier. Les dernières branches regroupent les objets qui se ressemblent le plus. A partir de quel degré de ressemblance peuvent-ils être considérés comme de composition identique, c'est-à-dire issus de la même coulée? Pour mieux approcher cette notion de proximité, nous avons calculé la corrélation existant chaque fois entre les deux analyses des onze objets examinés à plusieurs reprises au L.R.M.F. et chez Boillat S.A. (annexes 1-2, p. 97-98). Le coefficient de corrélation est donné pour chaque élément par le quotient de la plus petite valeur mesurée par la plus grande, fois cent. La moyenne des six corrélations élémentaires donne pour chaque paire de mesures une corrélation moyenne. Le tableau 7 donne les corrélations minimum et maximum observées ainsi que la corrélation moyenne. L'étain, le plomb, l'arsenic, l'antimoine et le nickel ont des corrélations moyennes très voisines mais les plus groupées sont celles du nickel. Celles du cobalt sont nettement moins élevées que les autres. Les deux meilleures corrélations moyennes sont celles de 25/4 et 27/4, analysés deux fois chez Boillat S.A. Celles de 25/4 sont particulièrement bonnes. C'est le seul cas où tous les coefficients sont supérieurs à la moyenne. En définitive, il apparaît que deux mesures du même objet corrèlent en moyenne à 91.6 (de 88 à 95).

En calculant de la même manière les écarts existant entre les fusions les plus basses de la hiérarchie, nous avons dressé la liste des paires d'objets les plus voisins quant à leur composition (tableau 8). A quelques exceptions près, on peut admettre que ceux présentant une corrélation moyenne égale ou supérieure à 90 ont été coulés ensemble ou qu'ils proviennent du même lingot fondu en plusieurs fois sans modification. On remarquera qu'aucune paire ne montre de coefficients égaux ou supérieurs à la moyenne pour les six éléments. La meilleure corrélation moyenne est celle des phalères 14/3-4, où seules les teneurs en plomb restent peu compatibles. On notera que la troisième phalère identique, très voisine des deux premières, en est cependant légèrement éloignée.

Les objets de composition identique ne sont pas forcément du même type. Le produit d'une coulée a pu donner aussi bien une hache et un ciseau, un bracelet et un perçoir, une épingle et une faucille, que plusieurs faucilles, plusieurs haches ou plusieurs bracelets.

Des paires comme 20/5 — 23/3 et 26/5 — 28/13, où les corrélations d'étain et de plomb sont très au-dessous de celles des impuretés, montrent, comme on le verra mieux dans la hiérarchie suivante, que l'artisan a utilisé pour les deux objets le même matériau de base, mais en variant l'alliage.

Les terminaux du dendrogramme montrent que les objets de composition identique se groupent le plus souvent par deux, quelquefois par trois (14/3-5, 21/1-2 — 28/1, 25/5 — 26/2 — 27/6), mais jamais

plus semble-t-il. Des groupes entiers peuvent cependant montrer des compositions sinon identiques du moins extrêmement voisines. Les treize objets de 6/6 à 28/1, formant le sous-groupe 2.2.1. de la hiérarchie, constituent à cet égard le groupe le plus homogène (coefficient de variance moyen de 12.8). Il est difficile d'admettre que cette extrême similitude de composition, dans ce cas, soit le fruit du seul hasard. Elle nous semble plutôt indiquer que les objets en question correspondent à un lot fabriqué dans un très court intervalle de temps. Il est alors intéressant de constater que le groupe contient à la fois des objets bruts de fonte (faucilles 21/1-2), des objets finis en bon état (faucille 22/3, haches 25/5, 26/2, 28/1, ciseau 29/3, marteau 29/6) et des fragments destinés à la refonte (bracelets 6/6, 7/1, 7/5, 8/5). Il se pourrait donc que nous ayons affaire d'une part aux objets finis, d'autre part aux restes du matériau de base employé. Onze objets sur treize appartiennent d'ailleurs à l'ensemble de 1971. Seules les haches 27/6 (ébréchée) et 28/1 (en bon état mais certainement réaffûtée) ont été trouvées ailleurs dans le village.

Faute d'arguments supplémentaires, nous n'irons pas jusqu'à considérer, d'une façon générale, l'arbre hiérarchique des analyses comme une sorte de schéma de l'activité des bronziers d'Auvernier/Nord, ni les groupes définis comme des lots fabriqués en même temps.

3.3.3. Hiérarchie selon arsenic, antimoine, nickel et cobalt

Elle cherche avant tout à proposer un classement du cuivre utilisé à Auvernier/Nord, abstraction faite des alliages en étain et en plomb. Ont été retenus les cent cinq objets normaux dans les six éléments, plus les quatre objets aberrants en étain et en plomb mais normaux en arsenic, antimoine, nickel et cobalt (9/2, 18/9, 26/4, 31/2).

A la hauteur du niveau de fusion 30 (dépliant 3), on peut distinguer trois groupes principaux. Le troisième (10% seulement du tout) est très éloigné des deux premiers, dont les sommets se situent assez exactement au même niveau. Le groupe 1 contient quatre sous-groupes principaux, le groupe 2 en comprend trois. Les sommets des sous-groupes se situent entre les niveaux 4 et 9. Le tableau 9 donne les teneurs moyennes et l'homogénéité des sous-groupes et groupes. L'annexe 7 (p. 105) donne les analyses dans l'ordre de la hiérarchie. Le groupe 2, qui com-

			Moyenne	Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co
33-34	14/3 - 14/4	phalères	95	100	90	91.7	98.8	98.5	90.9
106-122	26/3 - 29/2	hache - ciseau	94.3	100	97.2	92.6	87.9	97.1	90.9
3-5	4/8 - 4/10	épingles	94.1	98.3	96.3	90.5	96	97.8	85.7
13-58	7/1 - 21/2	bracelet - faucille	93.9	86.8	95.2	98.5	95.5	89	98.7
105-123	26/2 - 29/3	hache - ciseau	93.8	95.8	99.4	100	94.8	79.7	93.3
8-128	5/5 - 29/11	bracelet - perçoir	93.7	91	99	94.4	86	100	91.7
63-132	21/7 - 32/1	faucille - déchet	93.3	93.6	83.9	95.3	100	96.2	90.9
57-58	21/1 - 21/2	faucilles	93.2	97.4	95.7	90.7	91.1	95.6	88.9
53-78	20/5 - 23/3	faucilles	93.2	75.6	88.5	100	98.2	96.8	100
43-76	19/3 - 23/1	couteau - faucille	93.2	97.8	79.4	100	98	93.5	90.5
2-59	4/6 - 21/3	épingle - faucille	93.2	91.5	93.4	94.4	90	90	100
57-116	21/1 - 28/1	faucille - hache	93	97.4	79.6	100	95.1	86.2	100
20-22	8/6 - 8/10	bracelets	93	89.8	97.8	96.7	95	90.3	88.5
13-123	7/1 - 29/3	bracelet - ciseau	92.7	100	90.5	92.1	93.5	91.8	88.6
59-98	21/3 - 25/1	faucille - hache	92.5	89.2	100	100	82.5	94.4	88.8
105-115	26/2 - 27/6	haches	92.5	91.6	87.2	88.4	99	95.1	93.7
105-13	26/2 - 7/1	hache - bracelet	91.9	95.8	90	92.1	88.7	90.1	94.9
42-68	19/2 - 22/2	couteau - faucille	90.9	97.9	100	92.9	79.5	82.1	92.9
102-115	25/5 - 27/6	haches	90.8	88.6	94.2	94.8	85.1	97.2	85
15-124	7/4 - 29/4	bracelet - ciseau	90.7	90.6	90.6	97.5	85.2	85.7	94.4
67-104	22/1 - 26/1	faucille - hache	90.5	90	90.4	98.4	95.8	87.3	80.9
102-105	25/5 - 26/2	haches	90.1	96.7	82	93	86	92.4	90.7
7-12	5/4 - 6/7	bracelets	90	84.9	83	95.7	90	95.9	90.8
13-16	7/1 - 7/5	bracelets	89.8	98.1	93.2	83.8	92.9	100	70.9
35-33	14/5 - 14/3	phalères	89.8	88.2	81.5	90.9	97.6	97.1	83.3
26-62	9/5 - 21/6	bracelet - faucille	89.5	98.2	83	91.8	98.4	81	84.7
51-93	20/3 - 24/13	couteau - faucille	89.4	89.9	87.7	92	94.6	86.5	85.9
58-116	21/2 - 28/1	faucille - hache	89.3	100	76.2	90.7	86.7	93.1	88.9
2-98	4/6 - 25/1	épingle - hache	89.2	81.6	93.4	94.4	91.7	85	88.9
108-120	26/5 - 28/13	haches	89	94	63.8	97.2	99.2	88.7	90.9
16-125	7/5 - 29/6	bracelet - marteau	89	92.2	76.5	83	98.5	94.7	89.3
35-34	14/5 - 14/4	phalères	89	88.2	73.3	83.3	98.8	98.6	91.7
16-123	7/5 - 29/3	bracelet - ciseau	88.5	98.1	84.5	77.2	99.4	91.8	80
13-125	7/1 - 29/6	bracelet - marteau	85	90.4	71.4	99	91.5	94.7	63.3

Tableau 8 Auvernier/Nord. Les meilleures corrélations de composition entre paires d'objets, rapprochés par la hiérarchie selon étain, plomb, arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir dépliant 2). Le coefficient de corrélation est établi selon la formule: plus petite valeur sur plus grande valeur, fois cent.

	Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co	Var. moyenne
1.	6.13	1.80	0.565	0.742	0.285	0.110	
			25	*19*	*39*	*32*	*29*
2.	7.08	1.28	0.441	0.442	0.272	0.105	
			24	*22*	*25*	*40*	*28*
3.	7.91	1.26	0.578	0.655	0.531	0.203	
			30	*25*	*23*	*28*	*26*
1.1.	6.33	1.49	0.491	0.730	0.265	0.109	
			20	*11*	*26*	*23*	*20*
1.2.	6.43	0.82	0.592	0.611	0.162	0.083	
			15	*7*	*10*	*54*	*21*
1.3.	6.23	1.50	0.541	1.071	0.198	0.073	
			10	*8*	*25*	*23*	*16*
1.4.	5.36	3.40	0.773	0.711	0.449	0.141	
			12	*20*	*16*	*24*	*18*
2.1.	8.25	1.03	0.567	0.461	0.310	0.171	
			8	*24*	*16*	*13*	*15*
2.2.	7.08	1.40	0.458	0.464	0.288	0.100	
			13	*17*	*19*	*24*	*18*
2.3.	6.13	1.17	0.300	0.373	0.200	0.066	
			17	*25*	*28*	*36*	*26*

Tableau 9 Auvernier/Nord. Teneurs moyennes et variances (en italique) des principaux groupes définis par la hiérarchie selon arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir dépliant 3 et annexe 7, p. 105).

prend 60% des objets, se situe très près des moyennes générales pour tous les éléments. De part et d'autre de ce groupe moyen, le groupe 1 (31% des objets) se signale par des valeurs plutôt fortes en arsenic et antimoine, et faibles en nickel, le petit groupe 3 par des valeurs fortes dans les quatre éléments.

Les objets de composition aberrante ayant été auparavant écartés, il est une nouvelle fois totalement illusoire de chercher dans la hiérarchie proposée des groupements vraiment significatifs, et en particulier les indices d'utilisation de plusieurs cuivres nettement différents les uns des autres. Elle ne nous montre guère plus que ce que montraient déjà les histogrammes, à savoir de légères variations de teneurs de part et d'autre de moyennes vraiment significatives dans un ensemble très homogène. La hiérarchie rapproche cependant les pièces les plus voisines et nous fait ainsi reconnaître, à l'extrémité de l'arbre, celles que l'on peut considérer comme identiques selon les critères définis ci-dessus. Un bon nombre le sont pour tous les éléments, étain et plomb compris. Ce sont les objets issus de la même coulée, énumérés ci-dessus. D'autres, qui nous intéressent ici, sont identiques au point de vue des impuretés mais différents quant à l'alliage en étain et en plomb. Le tableau 10 donne la liste des meilleures corrélations. Les corrélations moyennes sont calculées pour les quatre impuretés. L'examen du tableau 7 montre que deux mesures du même objet corrèlent en moyenne à 89.6% pour l'arsenic, l'antimoine, le nickel et le cobalt. Les objets de cuivre identique se groupent la plupart du temps par paires mais aussi quelquefois en groupes plus importants (5/5 – 13/6 – 29/2 – 29/11). Leur similitude peut s'expliquer par le fait qu'ils ont été fabriqués à partir de la même matière première, le bronzier variant chaque fois la quantité d'étain et de plomb. On remarquera à ce propos que, à trois exceptions près, la teneur en étain varie moins que celle en plomb, comme si l'artisan avait eu une prise plus directe sur le plomb, dont la proportion lui importait au fond assez peu, que sur l'étain, dont la relative constance peut en partie tenir à la refonte de vieux objets à la teneur elle-même constante. La présence de cuivre pur à Auvernier/Nord, et de cuivre identique à celui d'objets alliés en étain et en plomb (voir par exemple la paire 22/10 – 26/4, groupe 2.3), montre cependant que la teneur moyenne d'étain d'environ 7% n'est pas seulement le fruit aléatoire de la refonte de vieux bronzes, mais qu'elle correspond aussi au dessein des fondeurs.

3.3.4. Hiérarchie des compositions aberrantes

Le dendrogramme de la figure 7 regroupe les vingt-trois objets écartés de la hiérarchie précédente à cause de leurs teneurs aberrantes en arsenic, antimoine, nickel et cobalt. Les quatre objets écartés

			Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co	Moyenne
74-131	22/9 - 31/3	faucille-déchet	52.1	36.2	98.3	89	84.3	90.9	90.6
31-122	13/6 - 29/2	phalère - ciseau	76.4	19	92.6	98.3	100	100	97.7
11-53	6/6 - 20/5	bracelet - couteau	68.4	38.7	93.5	89.6	99.7	100	95.7
86-99	24/3 - 25/2	faucille - hache	66.2	41.3	87.3	95	97.4	82.2	90.5
8-122	5/5 - 29/2	bracelet - ciseau	70.5	45.8	94.4	89.2	100	100	95.9
17-65	8/3 - 21/9	bracelet - faucille	96.4	21.2	90.4	89	98.3	95.9	93.4
122-128	29/2 - 29/11	ciseau - poinçon	77.5	45.4	100	96.6	100	91.7	97.1
18-108	8/4 - 26/5	bracelet - hache	74.6	49.6	99.3	86.3	96.8	86.7	92.5
54-83	20/6 - 23/8	couteau - faucille	54.8	76	97	91.2	82.4	92.9	90.9
6-47	5/3 - 19/7	bracelet - couteau	81.5	55.3	98.1	93	97.4	93.7	95.5

Tableau 10 Auvernier/Nord. Hiérarchie des analyses selon arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir dépliant 3). Exemples d'objets très voisins (voir tableau 8) au point de vue des impuretés mais nettement différents quant à l'alliage. La corrélation moyenne ne concerne ni l'étain ni le plomb.

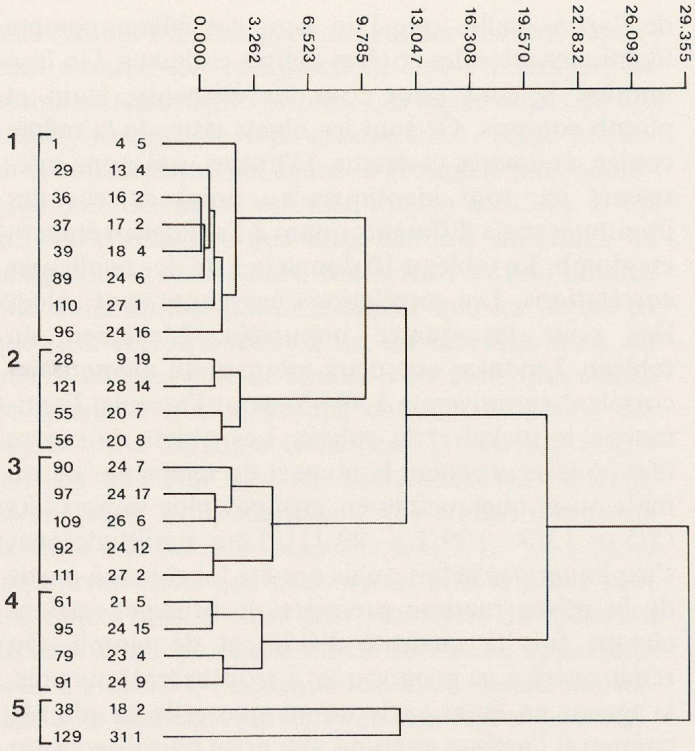


Fig. 7 Auvernier/Nord. Compositions chimiques aberrantes en arsenic, antimoine, nickel et cobalt. Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante. Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet.

uniquement à cause de leur étain ou de leur plomb ne sont pas pris en considération (9/2, 18/9, 26/4, 31/2). L'annexe 8 (p. 106) donne les analyses dans l'ordre de la hiérarchie.

Cinq groupes se laissent clairement isoler:

1. 4/5 – 24/16 huit objets;
2. 9/19 – 20/8 quatre objets;
3. 24/7 – 27/2 cinq objets;
4. 21/5 – 24/9 quatre objets;
5. 18/2 – 31/1 deux objets.

Les groupes 2 et 3 sont très proches l'un de l'autre tandis que les distances séparant 1 de 2 et 3, 2 et 3 de 4 et 4 de 5 sont à peu près identiques. Le groupe 1 rassemble les objets faibles en au moins deux éléments, mais le plus souvent en trois ou quatre. Presque toutes les teneurs sont inférieures à la moyenne. Cinq objets sur sept sont également spécialement pauvres en plomb. Tous les autres objets sont au contraire caractérisés par une ou plusieurs fortes teneurs. Le groupe 2 rassemble les objets normaux en antimoine et nickel mais nettement au-dessus de la moyenne en arsenic et cobalt. Le groupe 3 rassemble des objets supérieurs à la moyenne en arsenic et antimoine, normaux en nickel et cobalt. Le groupe 4 rassemble les objets au-dessus de la moyenne dans tous les éléments. Les deux objets du groupe 5 sont très forts en arsenic et en cobalt, normaux en nickel et très faibles en antimoine.

Les compositions uniformément faibles ou fortes (groupes 1 et 4) ne sont pas vraiment aberrantes car elles conservent le même schéma d'impuretés que la majorité des objets. Ce genre de cuivre provient donc très vraisemblablement du même type de minerai mais d'une veine peut-être plus pure ou au contraire plus polluée. Il se peut aussi que les refontes successives du métal l'aient raffiné toujours plus. Cette dernière hypothèse nous paraît cependant moins vraisemblable car le nickel, l'arsenic, l'antimoine et le bismuth passent pour des impuretés très tenaces, impossibles à éliminer en conditions normales dans un raffinage par le feu (Miller 1954, 297; Lorenzen 1965, 37). Les compositions des types 2 et 3, fortes en deux éléments, normales dans les deux autres, sont déjà plus remarquables. Mais les deux objets les plus spéciaux sont 18/2 et 31/1 car ils combinent deux très fortes teneurs et une très faible. Typologiquement, on ne peut malheureusement rien en dire puisque 31/1 est un lingot tandis que 18/2 est une pointe de lance comme on peut en trouver à cette époque partout en Europe, y compris au bord des lacs suisses. Plus généralement, on remarquera d'ailleurs que parmi les vingt-trois objets aberrants dans leur composition, seuls quatre le sont aussi au point de vue typologique: la lance 18/4 dans le groupe 1, le bracelet 9/19 dans le groupe 2, la serpe 24/17 dans le groupe 3 et la faucille 24/15 dans le groupe 4.

3.4. Comparaisons, origine des métaux

Au Ha B final, la série d'analyses de la station palafittique de Grandson/Corcelettes (treize haches, douze faucilles, douze bracelets), à environ 25 km à vol d'oiseau d'Auvernier, sur la même rive du lac de Neuchâtel, constitue pour l'instant le seul ensemble de comparaison pour la région des Trois-Lacs (Rychner 1983). Les différences les plus sensibles avec Auvernier concernent la recette du fondeur, qui utilise nettement moins d'étain (5.05 contre 7.10%) et un peu plus de plomb (1.99 contre 1.53%), la somme totale de l'alliage restant moindre qu'à Auvernier. Comme à Auvernier, il n'y a pas de différences entre les compositions des trois types d'outils. Le matériau de base de Corcelettes est fondamentalement le même que celui d'Auvernier puisqu'il est caractérisé lui aussi par des quantités décroissantes d'antimoine, d'arsenic, de nickel, d'argent, de cobalt et de bismuth. Toutes les teneurs sont cependant un peu plus faibles qu'à Auvernier, les plus fortes différences concernant le bismuth et le cobalt. Les différences de composition entre Auvernier et Corcelettes sont beaucoup trop minimes pour permettre l'attribution à un atelier ou à l'autre d'un objet isolé, sans compter que les autres ateliers du lac de Neuchâtel ont dû eux aussi employer le même matériau de base.

Quelques objets provenant des fouilles de 1979 à Vinelz/Ländti, dans un palafitte de la rive sud du lac de Bienne, à proximité de la grande station de Mörigen, ont été analysés par fluorescence X au Musée national de Zurich (Gross 1986, pl. 72/11-13 et p. 107). Trois objets au moins sont typiques du Ha B final (une épingle vasiforme, deux bracelets côtelés). Quoique le nombre d'analyses soit beaucoup trop restreint et que la différence entre les méthodes d'analyses interdise des comparaisons trop poussées, il est clair, cependant, qu'il s'agit d'un cuivre très comparable à celui d'Auvernier, avec arsenic, antimoine, nickel, cobalt, argent et bismuth, faiblement allié en étain et en plomb. Cinq objets chronologiquement atypiques présentent le même type de composition.

Quelques analyses réalisées par le groupe de Stuttgart, dont les résultats sont en principe bien comparables aux nôtres (voir annexe 1), laissent à penser que le métal utilisé en Valais à la même époque (Ha B final), est le même qu'au bord des Trois-Lacs jurassiens (Junghans/Sangmeister/Schröder 1968 et 1974, abrégés ci-dessous SAM 2/3 et SAM 2/4). Toute une série de torques torsadés, forme locale caractéristique et inconnue dans les palafittes du pied du Jura, révèlent en effet une composition en tous points identique au standard d'Auvernier, aussi bien en ce qui concerne l'alliage que le cuivre (SAM 2/3, 4174-4176, 4206-4214, 4244-4246; Bocksberger 1964, fig. 29/34-35, 38-40).

Quant à la région lémanique, nous n'avons pour l'instant aucun renseignement sur sa métallurgie à la fin de l'âge du Bronze.

Pour les phases antérieures du Bronze final, les analyses sont encore plus rares. Celles de Neuchâtel/Le Crêt constituent le seul ensemble de référence (Rychner 1981) de sorte que l'on ne peut pas savoir dans quelle mesure il est représentatif. Les onze objets analysés forment en tout cas un tout homogène et cohérent, très clairement attribuable à la phase typologique immédiatement antérieure à celle représentée par Auvernier/Nord, soit le Ha B1. Le plomb (0.99%) peut vraisemblablement déjà être considéré comme un élément de l'alliage, tandis que la quantité d'étain utilisée n'atteint même pas la moitié de la moyenne d'Auvernier (3.14%). Le cuivre est de la même sorte qu'au Ha B final. Il est aussi caractérisé, en effet, par la prédominance de l'antimoine, de l'arsenic et du nickel, mais les teneurs sont beaucoup plus hautes (Sb 1.93, As 0.78, Ni 0.95). Celles d'argent et de cobalt, en revanche, sont comparables à celles mesurées à Auvernier/Nord. Remarquons en passant que dans de telles proportions l'antimoine devait déjà fragiliser le bronze (Maréchal 1962, 153).

La typologie de deux objets de Vinelz/Ländti (Gross 1986, pl. 72/1, 2, 8 et p. 61) les rattache très clairement à la phase Ha B1. Le couteau richement décoré montre lui aussi des teneurs prononcées en arsenic (0.5%), antimoine (1.5%) et nickel (0.6%), normales en argent et en cobalt, et pourrait donc se rattacher au type métallurgique de Neuchâtel/Le Crêt. Ce n'est pas le cas de l'épingle céphalaire, riche en arsenic (1.0%) mais relativement pauvre en antimoine (0.4%) et en nickel (0.2%). Les deux objets sont pauvres en étain (4 et 3%). Quant à l'épingle de type Binningen dégénérée à trois côtes, du même site, typologiquement plus ancienne, elle se signale par sa grande pauvreté en antimoine ainsi que par des teneurs basses également en arsenic et en nickel.

Il est difficile de remonter plus haut dans l'âge du Bronze la piste du cuivre Ha B final défini dans la région des Trois-Lacs et en Valais. Il ne nous paraît pas exclu, cependant, que son origine puisse être valaisanne. Au Bronze ancien, en effet, un poignard de Conthey ainsi que cinq épingles à tête discoïde provenant de Conthey, d'Ayent et de Sion (SAM 2/3, 4184-4186, 4192-4193; Bocksberger 1964, fig. 22) ont une composition très voisine du type Neuchâtel/Le Crêt, à antimoine, nickel, arsenic et argent dominants (dans l'ordre, environ 2, 1, 0.7 et 0.7%), mais surtout caractérisée par la présence du *cobalt* (0.06%) rarissime sur le Plateau suisse avant le Bronze final. Ce type de cuivre pourrait être considéré comme l'ancêtre de celui du lac de Neuchâtel et du Valais au Bronze final. Dans sa composition générale, il rappelle le cuivre utilisé pour les haches Bronze ancien de type Salez (Bill 1977; 1985, fig. 3; SAM 2/3, 2779-2784), qui se distingue par des quantités telles d'arsenic, d'antimoine et de nickel, d'argent dans une moindre mesure, qu'elles évoquent un enrichissement intentionnel. Deux objets isolés du Bronze ancien, en dehors du Valais, se rattachent de façon indiscutable à ce type de cuivre valaisan, à Ollon et à Schmitten (SAM 2/3, 7239, 7164).

Au Bronze ancien et au Bronze moyen, sur le Plateau suisse, seuls trois autres objets, dans l'état actuel de nos connaissances, sont caractérisés par le schéma d'impuretés As-Sb-Ni-Co. Ce sont des haches à rebords trouvées précisément dans la région des Trois-Lacs, et dont les teneurs s'inscrivent parfaitement dans les moyennes d'Auvernier, sauf pour l'argent, qui n'est présent qu'en traces. L'une provient d'Aarberg. C'est un représentant bien typique du type Grenchen (Granges) (SAM 2/3, 3071; Abels 1972, N° 575), qui date du Bronze moyen (Bz C). La deuxième a été draguée dans le canal de l'Aar à Hagneck (SAM 2/3, 2792; Abels 1972, N° 540). Elle appartient au type de Habsheim, typologiquement situé entre les types de Langquaid et Grenchen, et datant des débuts du Bronze moyen (Bz B). Le troisième est un fragment de hache de type Neyruz trouvé à La Neuveville/Schaffis. Elle date des débuts du Bronze ancien (Bz A1) (SAM 2/3, 3079; Abels 1972, N° 103).

Il est, à nos yeux, peu vraisemblable que ces rares objets, en bronze à l'étain, soient à considérer comme les descendants d'un petit groupe d'objets en

cuivre pur du Chalcolithique et des débuts du Bronze ancien, constituant le *copper cluster* 5 défini par B. Ottaway (1982, 118-119). Douze des vingt et un objets en question proviennent du lac de Neuchâtel ou de ses environs immédiats, quatre du Léman, le reste d'Allemagne, d'Autriche et de Hongrie. Dans la région du nord-ouest des Alpes, aux débuts de la métallurgie, ce groupe est le seul à contenir du cobalt en quantité significative, c'est-à-dire au moins 0.01%. Ils sont en outre caractérisés par l'antimoine dominant, précédant l'arsenic, le nickel, l'argent, le cobalt et le bismuth, soit exactement le même schéma qu'à Auvernier, les teneurs étant cependant un peu plus basses. Ces valeurs ne sont toutefois que des moyennes assez peu significatives puisque les coefficients de variance, dans ce cluster, ne sont jamais inférieures à 84 (Bi) et atteignent 179, précisément pour le cobalt. Il n'est donc pas très étonnant qu'aucun des seize objets suisses n'ait des teneurs comparables aux moyennes du groupe! Le plus proche, relativement, de la composition moyenne, est un poignard d'Auvernier, totalement dépourvu d'arsenic mais contenant, en ordre décroissant, de fortes quantités d'antimoine, de nickel, d'argent, de cobalt et de bismuth. Seuls sept objets sur seize ont du cobalt en quantité égale ou supérieure à 0.01%, et deux seulement sur ces sept en ont plus de 0.1% (0.14 et 0.15%, à Auvernier et à Concise, au bord du lac de Neuchâtel).

Quant aux objets rassemblés dans le *bronze cluster* C du même auteur (Ottaway 1982, 164, 166 et 346), ils n'ont, de toute évidence, rien à faire dans le Bronze ancien et datent du Bronze final. Leur compositon moyenne, avec 8.31% d'étain et 0.76% de plomb, mais aussi le schéma classique As-Sb-Ni-Co + Ag-Bi démontrent en effet leur âge très tardif. Il s'agit d'ailleurs d'objets typologiquement insignifiants (six ciselets, un poinçon, un tube en tôle de bronze), provenant de Chevroux, Concise et Colombier, stations du lac de Neuchâtel qui ont aussi connu une occupation au Bronze final.

Il apparaît donc que le cuivre au cobalt en général, et plus particulièrement le cuivre du type Bronze final As-Sb-Ag-Ni-Co est d'une grande rareté aux débuts de la métallurgie sur le Plateau suisse. Les trois haches citées plus haut d'Aarberg, de Hagneck et de La Neuveville en constituent jusqu'à présent les plus anciennes traces dans la région qui nous intéresse. Sa généralisation au Bronze final représente certainement un important changement technique, mais aussi économique, puisqu'il implique probablement la mise à profit d'une nouvelle source d'approvisionnement. La combinaison As-Sb-Ni, sans cobalt, dans des proportions très comparables à celles mesurées à Auvernier/Nord, paraît, en revanche, courante dès le Bronze ancien et au Bronze moyen dans la région des Trois-Lacs (SAM 2/3, 2938, 2949, 3060, 3074, 3080, 3105; SAM 2/4, 16525, 18413; Ottaway 1982, analyses 46, 48, 93).

On peut aussi se demander si la présence régulière de cobalt au Bronze final n'est pas en relation avec l'usage de l'étain ou surtout du plomb, pratiquement inconnu au Bronze ancien et au Bronze moyen. Pour le moment, l'une et l'autre de ces corrélations nous paraissent difficiles à établir. En effet, les objets Bronze ancien et Bronze moyen de la région des Trois-Lacs que nous venons de citer, à schéma As-Sb-Ni, ont beaucoup d'étain et pas de cobalt, ce qui exclut la corrélation étain-cobalt, à moins qu'un nouvel étain, riche en cobalt, soit apparu au Bronze final. D'autre part, les six objets du Bronze ancien valaisan cités plus haut, à fortes teneurs As-Sb-Ni-Ag, ont du cobalt mais sont dépourvus de plomb. A Auvernier même, nous avons vu qu'il n'existe aucune corrélation régulière et significative entre étain et cobalt et entre plomb et cobalt, mais une corrélation possible, en revanche, entre arsenic et cobalt (voir en particulier les groupes 1 et 2 de la hiérarchie des compositions aberrantes).

Quant à la recette du fondeur, on ne peut pas affirmer, dans la région des Trois-Lacs, que la diminution des teneurs en étain du Bronze moyen au Bronze final soit une règle absolue. On observe, en effet, que très nombreux sont les objets du Bronze ancien et du Bronze moyen dont la proportion d'étain se situe entre 3 et 8%, identique à celle observée au Bronze final (SAM 2/3, 2788, 2970, 3034, 3035, 3047, 3060, 3071, 3072, 3080, etc.). La proportion d'objets contenant 10% et plus d'étain semble cependant plus élevée au Bronze ancien et au Bronze moyen qu'au Bronze final.

Des comparaisons à plus longue distance, c'est-à-dire entre la région des Trois-Lacs et les provinces culturelles voisines, sont encore loin d'être à l'ordre du jour puisque nous ne disposons d'aucune analyse ni pour la région lémanique et la Savoie, ni pour la Franche-Comté et ses grands dépôts, ni pour l'Alsace, ni pour la vallée du Rhin allemande, ni pour la Suisse orientale. En Autriche, en revanche, la métallurgie de l'âge du Bronze, et en particulier celle du Bronze final, a été étudiée de façon intensive. Il en est résulté de très importantes séries d'analyses spectrographiques ainsi qu'une abondante littérature, facilement accessible, dorénavant, au travers du résumé très concis et de la bibliographie fournis par R. Pittioni (1980/1, 33-37; 1980/2, 82-92). Comme on le sait, la méthode employée n'a fourni que des résultats semi-quantitatifs, exprimés, pour chaque élément mesuré, par les symboles Sp = trace, + = faible, ++ = modéré, +++ = fort, HM = principal (Neuninger/Pittioni/Preuschen 1960, 4), sans qu'aucune clé ait jamais été fournie pour la transposition de ces symboles en valeurs numériques. La comparaison, pour une même série d'objets, entre les résultats quantitatifs de l'équipe de Stuttgart et les résultats semi-quantitatifs de l'école de Vienne (Neuninger/Pittioni 1962; Ottaway 1982, 175-177) a démontré l'impossibilité d'englober ces

derniers dans une étude 100% quantitative. La comparaison entre le cuivre utilisé dans la région des Trois-Lacs au Bronze final et les quatre types principaux de cuivre définis en Autriche (Pittioni 1980/2, 85-86) ne peut donc être qu'approximative et très boiteuse. Le cuivre du Mitterberg (Salzbourg) se distingue de celui d'Auvernier par l'absence d'antimoine. Le cuivre de type salzbourgeois méridional (autour de Bischofshofen) est surtout caractérisé par l'argent et le nickel, l'arsenic, l'antimoine et le cobalt n'étant présents que sous forme de traces. Les deux autres cuivres typiques sont d'origine tyrolienne. Le type Kupferplatte-Kelchalm (Kitzbühel) ne contient pas non plus d'antimoine, tandis que le type Alte Zeche-Bertagrube (Schwaz) contient de bonnes quantités d'argent et d'arsenic, moins de nickel, d'antimoine et de cobalt. C'est encore celui qui se rapprocherait le plus de celui des Trois-Lacs.

Un tel rapprochement n'aurait de sens, cependant, que si l'on pensait pouvoir situer l'origine du cuivre des Trois-Lacs dans le Tyrol, connu pour l'exploitation préhistorique quasi industrielle de ses minerais. Or les éléments d'une discussion sérieuse du problème de *l'origine du cuivre* utilisé à Auvernier et dans la région au Bronze final font encore totalement défaut. Il nous manque surtout la carte exhaustive des gisements de cuivre les plus proches ayant pu être exploités à cette époque, ainsi que des séries d'analyses précises de ces minerais. Ces conditions seraient-elles remplies, on sait alors les difficultés qu'il y a à mettre en relation minerais et objets finis (Schulz 1983; Tylecote 1970). Les hypothèses possibles relèvent donc du seul bon sens. Il est ainsi raisonnable d'admettre que les ressources en matière première d'une zone productrice d'objets finis mais dépourvue de minerais locaux avaient pour origine les zones métallifères les plus proches. Pour la région des Trois-Lacs et la Suisse occidentale en général, celles-ci sont à situer dans le Valais (val d'Hérens, val d'Anniviers), dans les Alpes centrales et dans les Grisons (Schmutz 1986; Kündig/de Quervain 1953, 130-134). Comme on l'a souligné depuis longtemps, le développement d'une métallurgie florissante et dans le Valais et dans les Grisons, au Bronze ancien, s'appuie sans doute sur l'exploitation des minerais locaux et sur le commerce du métal extrait. Sans qu'elle puisse se fonder encore sur aucune base solide, l'hypothèse de l'origine essentiellement valaisanne du cuivre d'Auvernier nous paraît renforcée par l'utilisation du même cuivre à la même époque en Valais, et par l'existence en Valais d'un cuivre du Bronze ancien qui pourrait être l'ancêtre de celui du Bronze final. La trinité arsenic-antimoine-argent, d'autre part, qui caractérise les cuivres du Bronze final dont nous nous occupons, indique très vraisemblablement que le minerai de base était une chalcopyrite *(Kupferkies)* ou un cuivre gris *(Fahlerz)* (Coghlan/Butler/Parker 1963, 12-14). Or ces types de minerais se rencontrent dans les trois principales zones cuprifères de la Suisse (Kündig/de Quervain 1953, 130-134).

L'origine du cuivre reste, certes, une question centrale dans l'étude de la métallurgie du bronze. Contrairement à Pittioni (1980/2, 83), nous ne pensons pas, cependant, que l'intérêt de l'analyse d'objets en bronze préhistoriques dépende entièrement de la possibilité ou non d'établir la relation minerai – objet fini. Celle-ci, en effet, ne peut être déterminée avec certitude qu'au moment où existent dans les gisements des traces d'exploitation ancienne et datable, ce qui est rarement le cas. La démonstration définitive de l'origine des métaux utilisés nous paraît donc constituer le but idéal, ultime, d'une recherche comme la nôtre, mais si lointain et peut-être même inaccessible qu'il ne doit pas masquer l'énorme intérêt, immédiat, qu'il y a à définir par l'intérieur l'expression métallurgique d'une culture, à la comparer de ce point de vue à d'autres cultures, et à mettre simplement en évidence, avant même de les expliquer, les changements intervenant dans la nature des matières premières utilisées.

L'origine de l'étain est encore beaucoup plus difficile à élucider que celle du cuivre, mais elle n'est pas non plus forcément très lointaine. Certes, ce métal a très bien pu arriver des zones stannifères classiques que sont la Cornouailles anglaise et le sud-ouest du Devonshire, la Bretagne, la Galice et le nord du Portugal ainsi que les Monts Métallifères *(Erzgebirge)*, entre Saxe et Bohême (Muhly 1973, 251-256; Ramin 1965, 20-26; Penhallurick 1986; Franklin/Olin/Wertime). Mais si l'on accepte l'idée d'une part que les centres métallurgiques se fournissaient de préférence aux sources les plus proches, d'autre part que les gisements les plus faciles à exploiter l'ont été en premier, on peut alors imaginer que l'étain des palafittes de Suisse occidentale provenait des nombreux gisements alluvionnaires connus dans le Massif central français (Ramin 1965, 21). Aucune preuve, cependant, ne pourra jamais être apportée aux différentes hypothèses sur ce sujet tant que les différentes sources d'étain n'auront pas été individualisées au point de vue de leurs éventuelles impuretés et aussi longtemps que nous ne connaîtrons aucune trace directe d'exploitation protohistorique de l'étain en filon (l'exploitation alluvionnaire, quant à elle, ne laisse naturellement aucune trace). Il faut savoir, d'autre part, que l'étain sous sa forme métallique est extrêmement rare dans tous les centres métallurgiques importants de l'Europe préhistorique. Dans les palafittes, par exemple, on ne connaît guère que les lamelles décorant de rares poteries, et un nombre très limité de petits objets (Rychner 1979, pl. 98/6, 130/4). La double présence de lingots et d'objets de cuivre pur et d'objets finis en bronze montre cependant que les bronziers locaux – par exemple ceux d'Auvernier – fabriquaient eux-mêmes leur alliage et devaient donc disposer d'étain. Or les rares objets d'étain pur qui

nous sont parvenus indiquent que d'éventuels lingots de ce métal n'ont pas pu être entièrement rongés par la «peste» de l'étain. Il se pourrait donc que l'étain ait été ajouté au cuivre en fusion, en milieu réducteur (par exemple sous une couche de charbons), sous sa forme native et oxydée de concentré de cassitérite (SnO_2). La cassitérite alluvionnaire (grains arrondis de couleurs variées, le plus souvent inférieurs à 1 cm), en effet, peut fort bien passer inaperçue dans une fouille archéologique (Maréchal 1962, 170-171; Forbes 1972, 154-155; Charles 1975 et 1977).

Quant à *l'origine du plomb* utilisé en Europe centre-occidentale au Bronze final, elle n'a encore fait l'objet, à notre connaissance, d'aucune recherche ni d'aucune hypothèse. Encore faudrait-il être sûr que le plomb a toujours été allié volontairement et qu'il ne représente pas simplement une impureté du cuivre, dont il peut parfois constituer une part importante, comme le montre l'analyse moyenne des cuivres du Tyrol ou de Transylvanie (Pittioni 1980/2, 86), ainsi que celle d'un lingot d'Auvernier même (31/1) contenant 0% d'étain et 0.88% de plomb. Les objets à haute teneur en plomb, cependant (18/9, 22/7, 24/4, 24/9, etc.), ainsi que la variation de cette teneur entre des objets identiques quant à leur cuivre montrent que le plomb devait bien être disponible sous forme de métal ou de galène dans les ateliers de fondeurs, ce que confirme la présence d'un poids en plomb dans les anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 130/11). Comme pour la cassitérite l'ajout direct de la galène (sulfure naturel de plomb, PbS) au cuivre, en fusion réductrice, était parfaitement possible, pour peu qu'elle ait été auparavant grillée, c'est-à-dire oxydée (Maréchal 1964, 328). Le plomb est très largement répandu dans le massif alpin (Kündig/de Quervain 1953, 122-130) et dans toutes les régions de France (Maréchal 1962, 222-223).

3.5. Addendum 1986

Depuis janvier 1984, la poursuite de nos recherches en paléométallurgie a permis de définir, au moins provisoirement, les principaux types de cuivre utilisés à l'ouest du Plateau suisse et dans le Bassin lémanique, entre le Bronze moyen et la fin du Bronze final. Il est apparu qu'ils se distinguaient les uns des autres non seulement par le niveau absolu des différentes teneurs en impuretés, mais aussi, et peut-être plus encore, par l'importance relative des impuretés les unes par rapport aux autres. C'est ainsi que des périodes typologico-chronologiques ont pu être caractérisées par un ou plusieurs «schémas de composition», mis en évidence par des classifications hiérarchiques ascendantes utilisant comme critère de distance le chi-carré et non le carré de la distance euclidienne, comme nous l'avons fait pour Auvernier. Ces travaux ont confirmé le rôle prépondérant de l'arsenic, de l'antimoine, du nickel et du cobalt. A la lumière de nos dernières recherches, le but de ce petit addendum est donc de reconsidérer sommairement l'ensemble d'Auvernier/Nord, sans doute moins monolithique que nous le pensions, et dont les différentes composantes apparaissent dès lors plus clairement. Nous nous référons dans cet exposé à nos publications des matériaux de Morges (1986 a), d'Echallens (1984 b), de Genève/Les Eaux-Vives (1986 b) et de la région des Trois-Lacs (1986 c).

Relevons, pour commencer, l'erreur que nous avons probablement commise en décidant d'aligner artificiellement les mesures de Boillat SA sur celles du L.R.M.F., au moins en ce qui concerne l'arsenic. La base de cette «calibration» (voir ci-dessus, p. 22) était en effet l'évaluation chiffrée de la divergence, importante, constatée entre les deux laboratoires dans leurs séries de mesures de 1980 (Rychner 1981). En fait, si l'on examine les analyses comparées des cinq objets témoins (annexe 1, p. 97), on constate que le L.R.M.F. mesure, certes, plus d'arsenic que Boillat SA, mais que la différence moyenne n'atteint que 6.72% relatifs. S'il fallait «calibrer», le facteur de multiplication 1.07 avait donc des chances d'être plus adapté que ceux que nous avons utilisés (1.34 et 1.42). Or, la suite des analyses comparées de ces cinq objets témoins (nous en rendrons compte ailleurs), en particulier à l'EMPA de Dübendorf (émission atomique), au British Museum de Londres (absorption atomique) et au Max-Planck-Institut de Heidelberg (activation neutronique), a montré que les teneurs d'arsenic mesurées par Boillat SA se situaient parfaitement dans la moyenne des cinq laboratoires principaux (L.R.M.F., Boillat SA, EMPA, British Museum, Max-Planck-Institut), alors que les valeurs du L.R.M.F. la dépassaient toujours un peu. Nous avons donc certainement faussé nos résultats en prenant le L.R.M.F. comme étalon. En tout état de cause, il convient donc, pour l'arsenic, de prendre en considération les mesures brutes de Boillat SA, données en annexe 4 (p. 102). C'est sur elles, en tout cas, que nous nous appuyons dans cet addendum. Quant à l'argent, élément à propos duquel les divergences entre Boillat SA et le L.R.M.F. étaient les plus frappantes, les vraies valeurs semblent devoir se situer à peu près à mi-chemin entre celles des deux laboratoires.

Le schéma de composition de loin le plus important à Auvernier/Nord est $Sb > As > Ni > Co$. Il concerne 55.3% des cent trente-deux objets analysés. C'est le schéma typique du Ha B final en Suisse occidentale, bien mis en évidence à Morges, et auquel se rattache la totalité des objets de Corcelettes analysés par le L.R.M.F. Ce schéma apparaît cependant dès avant le début du style Ha B2, comme le montrent certains objets de Morges (100, 103). La présence, aussi bien à Auvernier même (9/2, 27/2, 31/2)

qu'à Corcelettes (Rychner 1984 a, fig. 1/2-3 et p. 77), de lingots et d'objets finis de ce type de cuivre pur est importante. Elle montre, en effet, que l'apparition, vers la fin du Bronze final, de ce nouveau schéma d'impuretés, a toutes les chances de correspondre à l'arrivée d'un nouveau type de matière première, et non à la simple usure par refonte des cuivres typiques du Ha A2-B1.

Le deuxième type de composition en importance est *Sb > As = Ni > Co* (treize objets, 9.8%), où nous comptons comme égales des valeurs différentes jusqu'à 5% relatifs (remarque valable également pour les autres schémas mentionnés). Nos recherches actuelles montrent que ce schéma, très apparenté au premier, revêt la même signification chronologique. Il est surtout attesté au Ha B final, par exemple à Genève/Les Eaux-vives (203, 204, 231) et à Morges (139, 134, 140 et 132, dans le groupe 2.3), mais apparaît lui aussi dès le Ha A2-B1 (Morges, 91).

Le schéma *Sb = As > Ni > Co* (sept objets: 6/3, 8/6, 8/10, 14/1, 19/2, 25/5, 27/4) est de toute évidence à considérer comme un avatar du type Sb > As > Ni > Co . Il n'y a rien à dire de spécial de la morphologie des objets correspondants.

Le schéma *Sb > Ni > As > Co* , à Auvernier/Nord, concerne lui-aussi 9.8% des objets analysés. C'est un des deux plus fréquents au Ha A2-B1, aussi bien à Morges (surtout groupe 2.2) que dans la région des Trois-Lacs. Des treize compositions concernées, cinq sont en fait à rattacher au groupe Sb > As = Ni > Co à cause de leur trop faible rapport Ni > As (5/3, 13/5, 20/2, 21/6, 23/3). Le bas niveau de ses teneurs relie la phalère 16/2 au groupe 2.2 des Eaux-Vives, qui est en majorité antérieur à Ha B2. Des sept autres objets, pour autant qu'ils soient morphologiquement caractéristiques, aucun n'évoque le Ha A2 ou le Ha B1 (7/3, 14/3-5, 23/4, 21/5, 24/9). On peut juste remarquer que le bracelet 7/3 (forme 1, variante 5) est typologiquement un des plus anciens de son genre.

La relative abondance (21 objets, 15.9%) des objets à *arsenic dominant*, rares dans le Bronze final palafittique, nous apparaît comme une des originalités métallurgiques d'Auvernier/Nord. Le schéma le plus courant est As > Sb > Ni > Co , qui concerne douze objets: 8/4, 18/4, 19/1 22/2, 24/6, 24/7, 25/5, 25/6, 26/4, 28/9, 28/13, 29/4. La composition de 24/6, avec antimoine, nickel et cobalt faibles, est caractéristique du Bronze moyen, ce que confirme la teneur en plomb inférieure à 0.1% (Rychner 1986 c). Cette faucille, qui est à coup sûr du Bronze final, résulte donc probablement de la refonte d'un objet Bronze moyen. La lance 18/4 (type Vénat), à teneurs uniformément basses, est un des rares objets «étrangers» à Auvernier/Nord (voir p. 62 et 81). Dans ce cas, l'examen interne de l'objet confirme donc le diagnostic morphologique. Des autres objets à arsenic dominant, on ne peut, en revanche, rien dire de particulier. Ils s'inscrivent parfaitement dans le style Ha B2 des bronzes d'Auvernier/Nord. Il en va de même de l'unique objet de schéma As > Sb > Ni = Co (19/5) et des deux objets de schéma As > Ni > Sb > Co (8/3, 21/9). Les six dernières compositions à arsenic dominant (9/19, 18/2, 20/8, 24/16, 28/14, 31/1) sont spécialement peu orthodoxes dans la mesure où le cobalt, d'ordinaire la plus faiblement représentée des quatre impuretés retenues, dépasse l'antimoine (31/1) ou même le nickel et l'antimoine (9/19, 18/2, 20/8, 24/16, 28/14). Cette composition surprenante correspond dans deux cas (bracelet 9/19, faucille 24/16) à une morphologie curieuse. Mais la présence dans ce lot d'un des deux seuls fragments de lingot plano-convexe d'Auvernier/Nord, nous paraît importante. Bien que son schéma ne soit pas exactement celui des autres objets (As > Co > Ni > Sb, avec très forte dominance de l'arsenic et grande faiblesse de l'antimoine), ce fragment pourrait tendre à montrer, en effet, que ce type de composition correspond lui-aussi à l'utilisation d'une matière première bien définie et non pas au recyclage de plusieurs types de cuivres plus anciens. Une autre remarque paraît s'imposer: 9/19, 18/2, 20/8, 24/16, et 28/14 sont tous des fragments destinés à la refonte. Les formes de 9/19 et 24/16 sont franchement étrangères à la Suisse occidentale, celle de 18/2 est pour ainsi dire paneuropéenne, et on ne peut rien dire de celles de 20/2 et 28/14. Il est donc tout à fait possible de considérer l'ensemble de ces fragments de composition aberrante non comme des déchets de l'activité d'un bronzier local, mais comme un lot de matière première inhabituelle, peut-être arrivé de l'est des Alpes, comme l'indiquerait la forme de la faucille 24/16 (voir p. 65).

Les cuivres à arsenic dominant ne représentent à Morges et à Genève/Les Eaux-Vives que 7.4 et 8.1% des objets analysés. Un des deux objets de Morges, de schéma As > Co > Sb = Ni (137), correspond parfaitement à la série d'Auvernier que nous venons d'évoquer. Il s'agit d'une hache à ailerons de type Ha B2 parfaitement normal. L'autre objet (142) est une hache à douille à bords pincés, donc un intrus au point de vue typologique. Les quatre impuretés sont toutes inférieures à 0.1%. Le même type de composition se retrouve dans un couteau Ha B1 des Eaux-Vives (223). Les deux autres objets à arsenic dominant de ce site genevois sont une faucille difficilement datable (218) et un couteau Ha B2 (228). Le type à cobalt très fort n'y est pas attesté. Les schémas à arsenic dominant sont également connus dans le dépôt d'Echallens (6, 7, 21, 22). Il s'agit de deux lingots et de deux haches à douille de type launacien, mais les teneurs sont extrêment basses et le cobalt nul, en tout cas inférieur à 0.1%.

Deux objets seulement relèvent des schémas à *nickel dominant*. La phalère 13/4 n'a pas grand chose de commun avec les compositions à nickel dominant du Ha A2 des Trois-Lacs et du Léman, caractérisées par d'assez fortes teneurs, y compris de

cobalt. La composition de 4/5, quant à elle, avec le plomb inférieure à 0.1% et son schéma Ni > As > Sb > Co à arsenic, antimoine et cobalt faibles, représente l'autre grand type de composition du Bronze moyen (Rychner 1986 c).

Le schéma Ni = As > Sb > Co du fragment de faucille 24/14 est à rapprocher indifféremment du groupe à nickel dominant ou de celui à arsenic dominant.

En conclusion, il apparait que le matériel d'Auvernier/Nord est avant tout caractérisé par les types de composition Sb > As > Ni > Co et Sb > As = Ni > Co, ce qui correspond bien à sa morphologie essentiellement récente, de type Ha B2. La présence encore marquée de cuivre Sb > Ni > As > Co, qui nous paraît pour le moment caractéristique du Ha A2-B1, sans compter celle de deux compositions franchement Bronze moyen, pourrait indiquer qu'Auvernier/Nord représente dans le Ha B2 un stade moins avancé que Corcelettes, dont les trente-sept objets analysés se rattachent exclusivement au schéma Sb > As > Ni > Co. Déjà soulevée (Rychner 1984 b, 367; 1986 a, 128; 1986 d; Rychner/Ruoff 1986, 79, 152), cette hypothèse se marie bien avec la date dendrochronologique d'Auvernier/Nord (de 878 à 850 av. J.-C.), trop haute d'un siècle si l'on estime que l'abandon d'Auvernier/Nord doit correspondre à celui des palafittes en général et à la fin de l'âge du Bronze, située historiquement vers 750 av. J.-C.

4. Description et discussion du matériel

4.1. Aspect extérieur des objets

Les objets en bronze d'Auvernier/Nord comme, du reste, la plupart de ceux trouvés dans les lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat, sont dans un excellent état de conservation. En majorité, ils ont une couleur brun mat sans aucun encroûtement, ou parsemée de petites taches noires. D'autres, au contraire, sont plus ou moins colorés selon les produits de corrosion qui les recouvrent et dont nous avons distingué trois sortes principales (fig. 8). Les analyses, par diffraction X, sont de A. Duval, L.R.M.F., Paris.

1. Gris moyen uni, plus ou moins brillant, très mince et adhérant parfaitement au bronze, en plages de grandeurs variables mais ne recouvrant jamais l'objet entier. L'analyse de la surface de la faucille 21/4 a révélé du cuivre et du soufre combinés en un sulfure de cuivre non identifié. Un produit d'apparence similaire, gris brillant, en couches toutefois plus épaisses, recouvre certaines parties intérieures du moule en bronze 35/1 (anneau, ailerons). Par diffraction X également (F. Schweizer, Musée d'art et d'histoire, Genève), il a été identifié comme un mélange de chalcocite (Cu_2S) et de djurléite ($Cu_{1.93}S$), ce qui confirme bien le premier diagnostic.
2. Jaune-vert uni mat, en croûte mince s'écaillant facilement et pouvant recouvrir l'objet entier, identifié sur la faucille 22/7 comme chalcopyrite ($CuFeS_2$). La même identification a été proposée pour l'encroûtement de même consistance, violet très foncé, de la tige 4/9.
3. Irisé, de bleu à rouge en passant par violet, pouvant également recouvrir l'objet entier. Sur la faucille 22/8, identifié comme itaite (Cu_5FeS_6).

Les types 2 et 3 se combinent souvent sur le même objet, sans qu'il soit possible d'établir une nette distinction entre les deux. Le type 1, en revanche, ne se mélange pas aux deux autres. Les objets peuvent donc parfois présenter toute une gamme de couleurs différentes et c'est pourquoi nous avons renoncé à les décrire individuellement de ce point de vue.

La genèse des produits de corrosion n'est pas encore expliquée en détail mais il est sûr, cependant, qu'ils représentent une combinaison de l'objet lui-même (cuivre) avec le fer et surtout le soufre de son environnement, issu de la décomposition de matières organiques par des thiobactéries (F. Schweizer, rap-



Fig. 8 Auvernier/Nord. Les trois types de produits de corrosion les plus fréquents. 1 = 21/4, 2 = 22/7, 3 = 22/8.

port d'analyse du moule 35/1, voir annexe 11). La surface originelle de l'objet ne se trouve donc ni à la surface de la patine ni à celle du métal sain mais quelque part entre les deux, ce qu'on vérifie facilement dans le cas de décors incisés, légèrement masqués par la patine mais nettement moins visibles sous celle-ci.

Le micro-environnement sédimentaire, plus ou moins riche en matières organiques génératrices de soufre, ne nous paraît pas expliquer à lui seul la grande variation de patine entre les bronzes trouvés pratiquement au même endroit. Le traitement subi par les objets au moment de leur fabrication ou de leur rénovation a aussi pu jouer un rôle. On remarque, par exemple, que les objets bruts de coulée, soit le bracelet 9/3, le plus grand nombre des petits anneaux 11/1-67 et les faucilles 21/1-2 ont un encroûtement mixte prononcé, vert et irisé des types 2 et 3. La faucille 22/8 se trouvait en cours de réaffûtage au moment de son abandon. Là aussi, la patine irisée pourrait être en rapport avec un traitement thermique. De même, l'encroûtement violacé, limité à la lame, de la hache 27/4 pourrait être mis en rapport avec les recuits nécessités par la remise en état de l'outil. De tels rapprochements ne sont cependant pas possibles pour tous les objets à patines des types 2 et 3.

On remarque aussi que les patines vertes et irisées ne concernent pas toutes les familles d'objets. Parmi les bracelets de tôle entiers (forme 1), seul 8/1 est entièrement recouvert d'un encroûtement violacé très foncé, identique à celui de la tige 4/9 ($CuFeS_2$). Tous les autres sont de couleur naturelle brune. Parmi les phalères, seule 17/1 montre une patine de type 2-3. Les faucilles sont rarement de couleur naturelle et la plupart sont recouvertes, totalement ou partiellement, des produits de corrosion 1, 2 et/ou 3. Au contraire, les haches, sauf 27/4 mentionnée ci-dessus, sont toutes de couleur naturelle brune, avec ou sans taches noires.

4.2. Epingles

4.2.1. Epingles à tête vasiforme 1/1 – 2/9

Les épingles à tête vasiforme, type de loin le plus fréquent dans cette collection, représentent plus de la moitié des épingles identifiables (53%). Renonçant à utiliser en premier lieu les variations de forme de la tête, nous continuons à proposer un classement fondé sur le décor de la tige, qui nous paraît être le critère le plus immédiatement perceptible. C'est ainsi que près des trois quarts des individus se rangent dans les deux groupes principaux des tiges à *gravures hélicoïdales* (1/1-9) et *astragalées* (1/10 – 2/1). Quatre épingles (2/2-5) ont un motif en relief d'une autre sorte, alors que trois autres ont une tige non décorée (2/6-8). 2/9 est si profondément corrodée que l'éventuel décor a disparu.

Le décor de la tige semble aller de pair avec d'autres caractéristiques qui concourent à mieux définir ces deux grands groupes. Les disques terminaux ornés de cercles concentriques, par exemple, caractérisent surtout les épingles gravées. Il en va de même pour le col individualisé rectiligne entre le corps de la tête et le disque terminal. Le disque à renflement central, en revanche, ainsi que le col évasé et haut, sont le propre des épingles astragalées.

Le plus grand diamètre de la tête ne permet pas l'identification de groupes distincts (fig. 9). Les valeurs se distribuent très régulièrement entre 4 et 10 mm, surtout entre 6 et 8. De part et d'autre de cette courbe, 1/16 et 1/17 peuvent passer respectivement pour des exemplaires exceptionnellement petit et spécialement grand parmi les épingles à petite tête vasiforme. De par sa taille sortant nettement de la moyenne, 1/1, en revanche, mérite le nom d'épingle

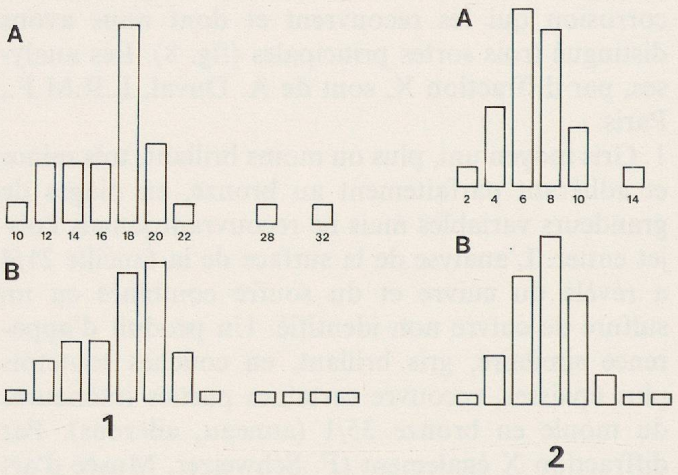
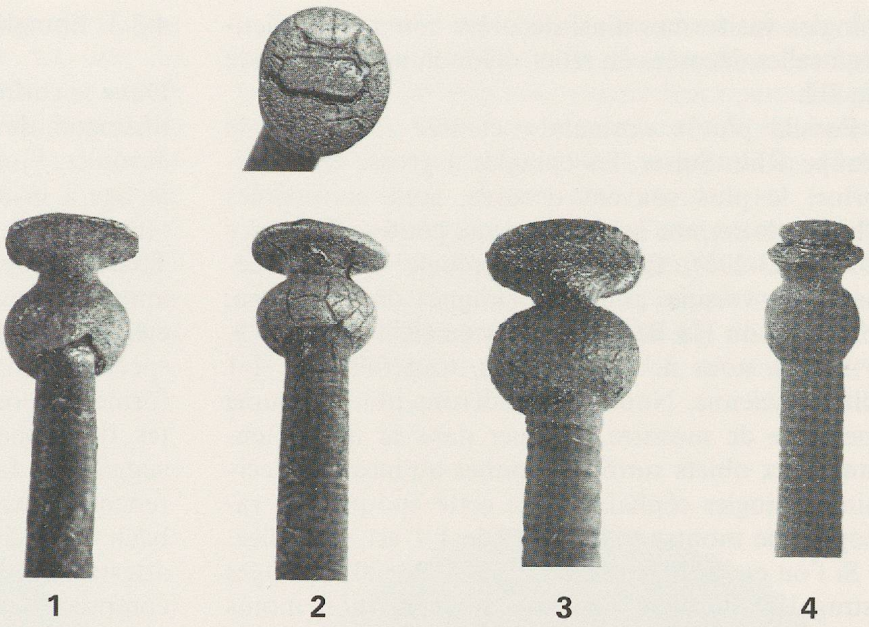


Fig. 9 Auvernier/Nord. Longueur de la tige (1) et diamètre maximum de la tête (2) des épingles vasiformes. B = courbes réguliarisées. Un carré = une unité.

à grosse tête vasiforme, catégorie dans laquelle se rangent, selon la typologie d'Audouze et Gaucher (1981, 111), les exemplaires dont le bulbe atteint et dépasse 10 mm. La longueur des tiges (fig. 9), elle aussi, est régulièrement distribuée entre 12 et 22 cm, avec un pic entre 18 et 20. Les deux plus grosses épingles sont aussi les plus longues. La quasi-totalité des exemplaires ont la tige plus ou moins repliée. Un coup d'œil sur les anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 73-75) confirme les observations typologiques formulées ici.

Au point de vue technique, la majorité des exemplaires sont en deux pièces, la tête ayant été fixée à la tige par surcoulée *(Überfangguss)*. L'examen extérieur de l'objet ne laisse quelquefois aucun doute à ce sujet (fig. 10), mais la jointure est parfois si réussie qu'il n'est pas toujours possible d'interpréter la très mince ligne existant éventuellement à la base de la tête comme la limite entre deux pièces différentes. Le verdict de la radiographie n'est pas toujours

Fig. 10 Auvernier/Nord. Epingles à petite tête vasiforme. 1-3: exemples de têtes surcoulées (1/7, 1/8, 1/10), à jointure col-tête apparente (1-2) ou moins évidente (3). 4: un disque en fer était peut-être serti entre les deux parties du disque terminal (1/13).



décisif (fig. 11). 1/9, 1/12, 1/14 et 2/2 sont, en effet, probablement en deux pièces, sans qu'on puisse cependant l'affirmer avec une totale certitude. Remarquons que les disques à cercles concentriques sont le propre des têtes surcoulées.

La tête de 1/13 se termine par deux disques superposés entre lesquels pourrait avoir été assujetti un troisième, celui-ci rapporté (fig. 10/4). Les épingles vasiformes à disque en bronze rapporté sont données pour caractéristiques de la Savoie (Audouze/Courtois 1970, 51 et N° 478), où certains exemplaires, ayant perdu leur disque, ressemblent beaucoup à 1/13. J. Speck (1981b, fig. 4/3-6) présente des têtes en tous points semblables provenant de Zurich/Alpenquai et suppose qu'elles portaient à l'origine des disques en fer.

La fabrication à Auvernier même des épingles vasiformes est attestée par les restes d'un moule en terre cuite (34/2), dans lequel ont été coulées des épingles d'une seule pièce. Il est d'ailleurs permis de se demander pourquoi les bronziers se sont parfois astreints au procédé plus délicat de la surcoulée pour fabriquer de minuscules têtes d'épingles, alors que la fonte en une pièce, assurément plus simple, donnait les mêmes résultats.

Il n'y a pas lieu de s'étendre longuement sur la datation de ces épingles, qui sont en effet considérées depuis longtemps comme un fossile directeur du Ha B final (Rychner 1979, p. 64), pouvant même, à l'occasion, apparaître associé à de la poterie de style Ha C (Kubach 1977, pl. 129 C). Quelques exemplaires, cependant, à supposer qu'ils méritent vraiment tous le nom d'épingle vasiforme, appartiennent à des ensembles nettement plus anciens. Aux Gours-aux-Lions (Mordant 1970, 73, fig. 34/5) et à Worms (Kubach 1977, pl. 126 B), la céramique de type Rhin-Suisse qui les accompagne n'est typologiquement pas plus récente que Ha B1. La poterie de Cappel (Kubach 1977, pl. 80/1302) est moins typique, mais une datation plus haute que Ha B2 ne paraît pas faire de doute. Quant à l'épingle d'Elgg (Ruoff 1974, pl. 12/11), en Suisse, elle est associée à une vaisselle dépourvue de formes franchement récentes, que ses décors pseudo-excisés et poinçonnés en arêtes de poisson datent du Ha B1, la forme du couteau décoré indiquant peut-être un moment tardif de cette phase. Les trois premières citées de ces épingles anciennes ont une tête en deux parties seulement, dépourvue de col intermédiaire entre le corps et le disque terminal. Celle d'Elgg a une tête plus familière, en trois parties, dont le corps est cependant nettement plus large que le disque. Toutes ont une tige non décorée. Nous n'avons pas, dans notre collection, d'exemplaires aussi «primitifs» que ceux des Gours-aux-Lions, de Worms et de Cappel, mais il n'est pas exclu que l'un ou l'autre des exemplaires non décorés, comme 2/8, très proche de celui d'Elgg, soit plus ancien que les autres. La majorité des trouvailles montrent, en tout cas, qu'au moment de l'abandon d'Auvernier, la mode était aux tiges décorées et aux disques terminaux plus larges ou au moins aussi larges que le corps de la tête. Rappelons aussi que le décor de lignes hélicoïdales n'est pas nouveau à Ha B2. Il est en effet typique de plusieurs formes d'épingles datables de Ha B1 ou de Ha A2 (Rychner 1979, pl. 79-81). Aucun indice ne permet cependant de considérer les

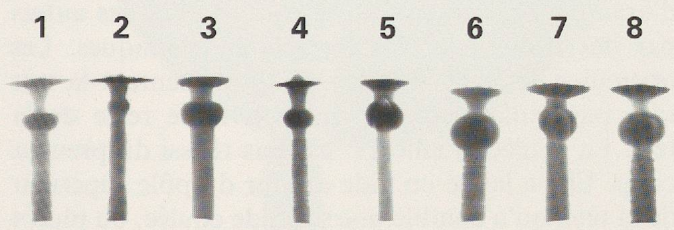


Fig. 11 Auvernier/Nord. Radiographie de quelques épingles à petite tête vasiforme.
1-4: épingles coulées d'une pièce: (1/15, 2/4, 2/6, 2/1)
5-8: têtes surcoulées (2/7, 1/10, 1/3, 1/18)

épingles vasiformes ainsi décorées comme antérieures à celles décorées en relief, selon la nouvelle mode Ha B2.

Fossile plutôt «oriental» et très rare dans le groupe Rhin-Suisse, les épingles à grosse tête vasiforme, le plus souvent décorée, sont considérées d'habitude comme antérieures aux petites (Rihovsky 1979, 203-205). Quoiqu'une épingle typologiquement très voisine, mais très éloignée dans l'espace, soit datée du Ha B1 à Baumgarten (Rihovsky 1979, N° 1593), nous ne croyons pas, toutefois, que 1/1 soit si ancienne. Nous la considérons plutôt comme une sorte de monstre, à situer dans la même tendance aux objets surdimensionnés qu'incarnent certaines épingles céphalaires de cette époque. La radiographie montre que la tête de 1/1 est surcoulée.

Si l'on en croit Kubach (1977, 517, 520), les tiges astragalées auraient une aire de répartition moins étendue que les tiges nues ou gravées. Elles seraient propres à l'Allemagne du sud-ouest et à la zone alpine occidentale, au sein de laquelle une étude exhaustive des matériaux ferait certainement apparaître des particularités régionales ou locales. On peut déjà remarquer que le décor de zigzag entre ou sous les lignes gravées, fréquent en Bavière, en Autriche et en Moravie sur les épingles vasiformes, n'apparaît pas en Allemagne du sud-ouest ni dans les palafittes occidentaux (Kubach 1977, 513), où on le trouve cependant quelquefois en relation avec des épingles plus anciennes (Rychner 1979, pl. 81/22-23). En considérant leur rareté dans l'ensemble du matériel d'Auvernier, on peut se demander si les têtes à sommet franchement conique, sous-type 7 d'Audouze et Courtois (1970, N° 467-474), ne constituent pas une caractéristique lémanique et savoyarde sous l'influence, peut-être, d'épingles italiennes (Carancini 1975, pl. 60-62).

4.2.2. Epingles à tête globulaire 2/10-13

Les quatre épingles de ce type sont étroitement apparentées aux épingles vasiformes par le décor de la tige, astragalé ou à incisions hélicoïdales. Si l'une est vraiment courte, les trois autres s'inscrivent parfaitement dans la moyenne des épingles vasiformes. Les quatre exemplaires sont coulés d'une pièce. Une épingle de ce type appartient aux anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 83/6), avec une tête surcoulée et un décor composé d'un seul groupe d'incisions horizontales.

Un petit nombre d'épingles semblables ou comparables proviennent de Savoie (Audouze/Courtois 1970, N° 176, 181), mais nous n'en connaissons, au nord des Alpes, qu'un seul exemplaire dans un ensemble bien daté, dans la couche supérieure de Zurich/Alpenquai (Ruoff 1974, pl. 22/13). Il confirme la datation au Ha B2. Des épingles du nord de l'Italie, très comparables aux nôtres, sont datées du 8e siècle (Carancini 1975, N° 2199-2210 et p. 288).

4.2.3. Epingles à tête enroulée 2/14-21

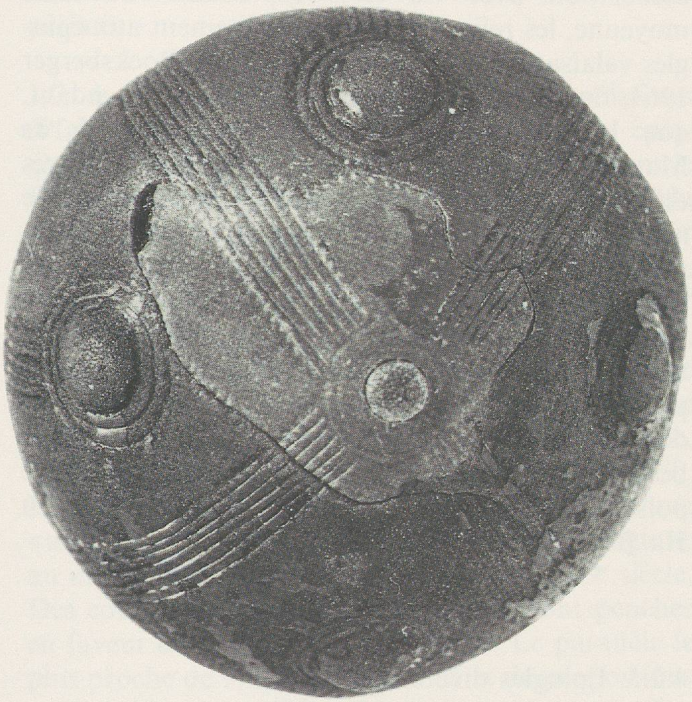
Dans le cadre de la Hesse, Kubach (1977, 534-546) distingue deux grands groupes d'épingles à tête enroulée, l'un caractérisé par le passage rectiligne de la tige à la tête, l'autre par un passage sinueux, la tête étant en quelque sorte déportée vers l'arrière. Toutes les épingles trouvées récemment à Auvernier appartiennent au premier groupe, alors que les anciennes collections contiennent aussi de nombreux spécimens du second. Il n'est donc pas exclu que la forme rectiligne soit plutôt typique, dans les palafittes, de la phase finale Ha B2, ce que pourrait aussi suggérer le fait que la forme sinueuse, en Hesse, se rencontre exclusivement entre Bz D et Ha A2 (Kubach 1977, 544), alors que la forme rectiligne y est attestée dès le Bronze ancien et jusqu'au Ha C y compris (Kubach 1977, N° 1352, 1362). Dans le même ordre d'idée, on remarquera que les nonante et une épingles à tête enroulée du dépôt de Villethierry, remontant au Ha A, sont toutes de forme sinueuse (Mordant/Prampart 1976, 118-121). En Hesse toujours, les épingles à tête enroulée sont en général beaucoup moins fréquentes dès la fin du Bronze final (Ha B1/B2) qu'aux périodes précédentes. La même remarque vaut aussi pour Auvernier, et sans doute aussi pour les autres palafittes. En effet, alors que dans les anciennes collections cette forme d'épingle était la plus fréquente, elle l'est ici trois fois moins que l'épingle à tête vasiforme. S'il ne nous est pas possible d'affirmer catégoriquement que tous les exemplaires présentés ici sont bien aussi tardifs que le reste du matériel, il nous paraît cependant vraisemblable de l'admettre. Le lac du Bourget montre un cas d'association directe d'épingle à tête enroulée et d'épingle à petite tête vasiforme (Audouze/Courtois 1970, N° 257).

De taille nettement plus réduite que les épingles vasiformes, les épingles à tête enroulée sont obtenues très simplement par martelage d'une tige de section ronde. Il faut remarquer que la face extérieure de l'enroulement est très souvent concave.

4.2.4. Epingles céphalaires 3/1-4

3/1-3 ont en commun leur tête exceptionnellement volumineuse, creuse, coulée à cire perdue sur noyau d'argile, mais elles se distinguent les unes des autres par des traits à la fois formels et techniques. Les opercules des huit alvéoles de 3/1 présentent la très rare particularité d'être coulés avec le reste de la tête. La coulée, d'ailleurs, n'a pas réussi du premier coup. Elle a laissé un vide autour du pôle supérieur de la tête, qu'a comblé une seconde coulée, ou plutôt surcoulée, de couleur nettement différente. La limite entre les deux, très nette, est bordée d'une ligne de points identiques à ceux qui encadrent les faisceaux de traits (fig. 12). Un trou (tache noire sur le dessin)

est à considérer comme un autre défaut de la première coulée. Il n'a pas été obturé. La tête est aujourd'hui vide, le noyau d'argile ayant été évacué, ce qui ne pouvait se faire que par les orifices polaires et ce qui n'avait un sens que si la tête, coulée séparément, était ensuite sertie sur la tige, à laquelle elle est encore parfaitement assujettie. Un fragment de tête d'épingle très voisin de 3/1, muni lui aussi d'opercules coulés, fait partie du dépôt de Dreuil-lès-Amiens, dans la Somme (Gaucher 1982, 178 et fig. 5/132).



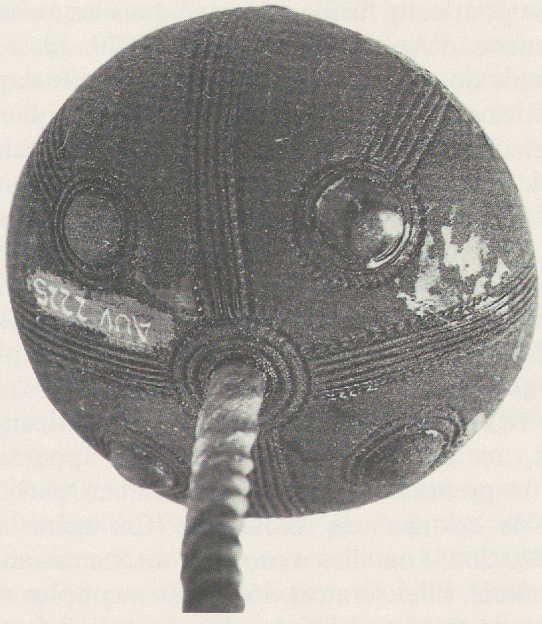


Fig. 12 Auvernier/Nord. Epingle céphalaire 3/1. Remarquer la surcoulée de complément au sommet de la tête, ainsi que les «opercules» massifs, coulés d'un bloc avec la tête.

3/2-3 ont une tête encore plus grosse, encore remplie du noyau de terre cuite. Sur les deux exemplaires, quelques alvéoles ont encore leur opercule originel, petit rectangle de très mince tôle de bronze, bombé et serti entre l'alvéole et le noyau (fig. 13-14). Aujourd'hui, ils se détachent en clair sur le fond sombre de la tête, recouverte d'une patine violacée foncée. La tête de 3/2 pivote complètement autour de la tige qui est fixée par simple aplatissement de son extrémité proximale. La tête n'a donc pas l'air d'avoir été coulée sur la tige. 3/3, en revanche, ne

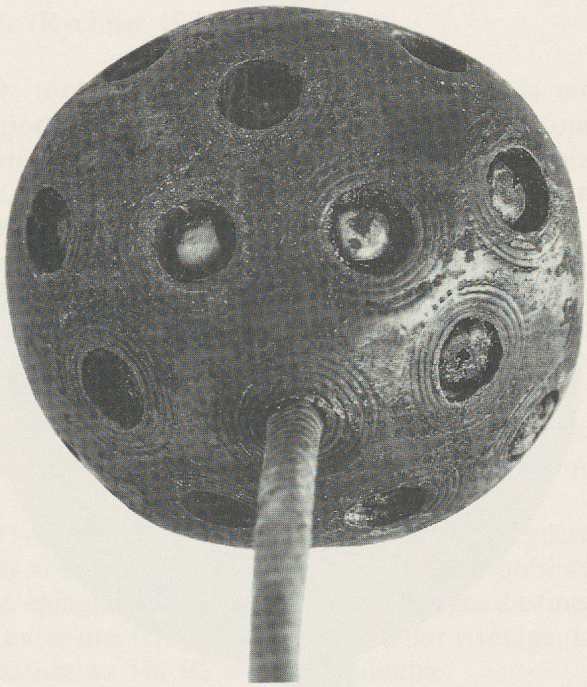


Fig. 13 Auvernier/Nord. Epingle céphalaire 3/2. On distingue le noyau de terre cuite ainsi que les minces feuilles de bronze serties entre le noyau et le bronze et faisant office d'opercules.

révèle aucun jeu entre la tige et la tête. Il nous paraît vraisemblable que la tête a été surcoulée directement sur la tige. Le long de l'«équateur» de la tête, une irrégularité de la surface pourrait correspondre au jet de fonte (fig. 14).

Il est difficile de préciser exactement la technique du décor de ces trois épingles. Ce qui est sûr, c'est qu'à ce point de vue aussi 3/1 s'oppose nettement à 3/2-3. Les cercles concentriques et les faisceaux de traits de 3/1, tout en restant fins, sont cependant gravés profondément et donnent l'impression d'avoir été tracés déjà sur le modèle en cire. Peut-être ont-ils été repris ensuite sur le bronze. Les cercles concentriques et les pointillés de 3/2-3 sont au contraire beaucoup plus fins et surtout moins profondément creusés. Ils sont partiellement effacés par l'usure et nous paraissent avoir été incisés après la fonte. La tête de 3/4, qui est visiblement un raté

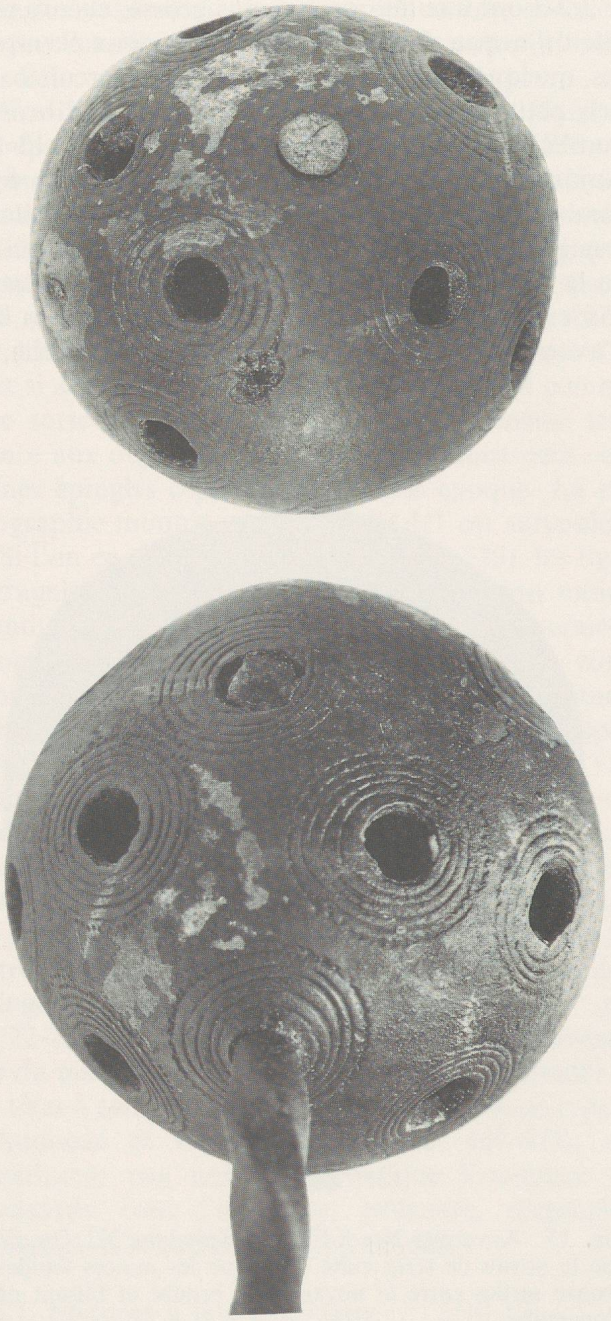


Fig. 14 Auvernier/Nord. Epingle céphalaire 3/3. Les opercules sont du même type que ceux 3/2 (fig. 13). L'irrégularité de la surface visible à «9 heures» sur la vue plongeante correspond vraisemblablement au jet de fonte ou à un évent.

de fabrication, ne révèle aucun décor alors que les épingles céphalaires sont toujours décorées. Elle montre donc que le décor pouvait être tracé directement sur la tête malgré la difficulté constituée par la surface à la fois petite et sphérique. La partie saillante de la face inférieure (sur le dessin) de 3/4 pourrait correspondre au jet de fonte.

L'extrémité des tiges de 3/1 et 3/2 n'est pas pointue, sans que l'on puisse déterminer si cette caractéristique est volontaire ou si elle résulte seulement d'une fracture. De même, on ne peut pas affirmer que la courbure des tiges corresponde à l'état original de ces épingles. De toute façon, à cause de leur poids et de leurs dimensions, il est peu raisonnable de leur attribuer la même fonction qu'aux épingles ordinaires. Celles d'insigne, d'objet rituel ou symbolique ou, plus prosaïquement, celle de clé, comme l'a proposé récemment J. Speck (1981a), nous paraissent plus vraisemblables.

Les considérant comme une dégénérescence des épingles céphalaires de taille moyenne du Ha B1, et nous appuyant sur l'ensemble clos de la maison Torrenté à Sion (Bocksberger 1964, fig. 29/19), nous avons daté les très grosses épingles céphalaires du Ha B final (Rychner 1979, 62-63). 3/1-3 ne sont donc pas à considérer comme des antiquités par rapport au reste du matériel. Les tiges torsadées de 3/3 et 3/1 qui, à Auvernier, n'apparaissent jamais en association avec les têtes céphalaires de taille moyenne, les relient d'ailleurs étroitement aux épingles valaisannes de Sion et de Granges (Bocksberger 1964, fig. 29/20). Il ne nous semble pas, cependant, que la très volumineuse épingle céphalaire de Mayence/Bretzenheim (Kubach 1977, N° 1295), très différente des modèles lacustres, puisse être datée aussi bas. Typologiquement, la forme ovoïde de sa tête et son décor de demi-cercles concentriques l'apparentent en effet aux «Eikopfnadeln» (Kubach 1977, N° 1274-1277) du Ha B1, sans compter que le reste de l'inventaire de Bretzenheim (mis à part, peut-être, le bracelet creux), en particulier les pendentifs (demi-cercles concentriques) et le vase (rebord à deux facettes concaves, décor en arêtes de poisson), ne parlent pas en faveur d'une datation au Ha B final.

4.2.5. Epingles diverses

3/5: nous avions renoncé à proposer une datation précise pour cette forme, présente dans les anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 83/14-15), mais qui ne doit pas être très fréquente dans les palafittes en général. Il semble, cependant, qu'elle se rattache à un groupe d'épingles assez répandues dans le nord, le centre et l'est de l'Europe. Rihovsky (1979, 217-223) les rassemble sous le titre de «jüngere Rippenkopfnadeln» et plus particulièrement dans le sous-groupe «ohne ausgeprägten Kopfabschluss». Elles sont datées par l'auteur de la fin du Bronze final et du Hallstatt, mais les exemplaires les plus proches du nôtre (Rihovsky 1979, N° 1815, 1825, 1836) n'ont pas de contexte précis. Au sud des Alpes, des épingles très comparables apparaissent dans le premier âge du Fer italien, en particulier dans le groupe de Novilara (Carancini 1975, N° 2620-2625) où elles remontent au 8e mais surtout au 7e siècle. Elles seraient donc nettement plus récentes que la fin des palafittes. En résumé, 3/5 semble bien être une forme récente, tout à fait à sa place, chronologiquement, dans l'ensemble d'Auvernier/Nord.

3/6: à tête *cylindro-conique*. Nous avons déjà discuté la chronologie de cette forme d'épingle, courante dans les palafittes, à propos des anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 79/1-14 et p. 65-66). Nous étions arrivé à la conclusion que les exemplaires semblables à 3/6, antérieurs à la phase palafittique finale, dataient de Ha A2, peut-être aussi de Ha B1, dans la mesure où ces deux phases pouvaient être clairement distinguées. La même datation est proposée maintenant par Kubach (1977, 363-366), qui rapporte la majorité des épingles cylindro-coniques au Ha A1-A2. Dans le contexte d'Auvernier/Nord, 3/6 ne peut donc pas être considérée comme contemporaine des autres épingles mais seulement comme le représentant attardé d'une mode périmée.

3/7: à tête *annulaire*. Rarissimes dans les palafittes (Pfahlbauten 2, pl. 2/27, mais très petite), les épingles à tête annulaire sont connues aussi bien dans le Bronze ancien d'Europe centrale, de la Bretagne, du Midi de la France et de l'Italie que dans le premier âge du Fer languedocien. Munies d'un col perforé, on les rencontre au Bronze moyen (Osterwalder 1971, pl. 5/42, 47, 49; Bocksberger 1964, p. 20, fig. 6/12; Carancini 1975, N° 691-702). Il s'agit donc de savoir si l'exemplaire d'Auvernier témoigne d'une influence languedocienne via les palafittes de Savoie, où le type est aussi présent (Audouze/Courtois 1970, N° 297-301), ou s'il s'agit une fois encore d'une «antiquité», privée de signification chronologique au moment de son (second?) abandon au 9e siècle. Des considérations typologiques nous font pencher en faveur de la deuxième hypothèse. Le parallèle le plus proche de 3/7, de dimensions et de proportions presque identiques (96 × 21 mm), provient, en effet, de Goldburghausen, en Bade-Wurtemberg (Junghans/Sangmeister/Schröder 1960, pl. 4/108). Quoique trouvaille isolée, cette épingle, à cause de la composition de son bronze, est rattachée par les auteurs à leur groupe F1 et datée du Bronze ancien A2. L'épingle de Wiesbaden (Kubach 1977, N° 37), elle aussi isolée, est également de forme très voisine de la nôtre (23 × 87 mm). De forts liens de parenté existent aussi entre l'épingle d'Auvernier et celles de Lausanne/Bois-de-Vaux (Junghans/Sangmeister/Schröder 1968, pl. 43/7215) et de Collalbo (Carancini 1975, N° 679) dans le Trentin-Haut-Adige, datant les deux du Bronze ancien. Les épingles du Languedoc (Roudil 1972, fig. 26/1; Giry 1960, 156, fig. 10) et de Savoie (Audouze/Courtois 1970, N° 297-300), du Bronze ancien (souvent en os) et du premier âge du Fer, sont en général plus massives, avec un anneau de section circulaire. L'extrême rareté, pour ne pas dire l'absence, d'objets témoignant d'un courant d'échanges ou d'idées entre les palafittes suisses et le Midi de la France à Ha B2 rend improbable, en outre, que l'épingle d'Auvernier soit un objet d'importation récent ou d'imitation. Il doit plutôt s'agir d'un objet ancien ayant survécu de génération en génération ou repêché par les gens du Bronze final sur l'emplacement du site Bronze ancien. La résurgence au Bronze final d'une forme du Bronze ancien n'est pas non plus à exclure.

3/8: elle appartient au groupe assez peu homogène des épingles à *tête en clou* (Audouze/Courtois 1970, N° 187-209). Fort peu typée, cette forme est difficile à dater exactement, mais il n'est pas exclu qu'elle soit plus répandue avant le Ha B2 (Kubach 1977, N° 1148). L'épingle d'Auvernier provient d'ailleurs du secteur de Brena, qui a livré justement quelques objets nettement Ha B1. Cette forme n'est que peu représentée dans les anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 83/21-24).

3/9: tout à fait atypique, elle n'en est pas moins importante: c'est le seul objet en *fer* de tout le matériel d'Auvernier, anciennes collections comprises. Son âge très récent paraît ne pas faire de doute, bien que ce métal fasse son apparition dès Ha B1, comme le prouvent un couteau de Saint-Aubin NE (Ruoff 1974, pl. 35/10) et une pointe de lance de Nidau (Sprockhoff 1956, fig. 16).

3/10: il y a peu à en dire sinon que sa tête est surcoulée, qu'elle est absolument atypique et totalement insignifiante au point de vue chronologique.

3/11-12: le décor de 3/11, qui n'aurait plus guère de sens si une tête venait le cacher, suggère qu'il s'agit là d'épingles sans tête plutôt que de tiges destinées à recevoir une tête par surcoulée ou par rivetage. Leur datation au Ha B2 est vraisemblable.

3/13-14: ne peuvent guère être autre chose que des épingles cassées. L'extrémité astragalée de 3/14 montre qu'ils s'agissait d'une épingle à tête vasiforme ou éventuellement globulaire.

La fonction d'épingle est également vraisemblable pour les longs fragments pointus 4/2-6, possible pour le petit fragment 4/7 qui a aussi pu servir d'alêne.

La longue tige pointue 4/1, recourbée aujourd'hui en forme de crosse, a pu être destinée à recevoir une tête sphérique creuse comme celles de 3/1-3, mais un autre usage n'est pas non plus à exclure.

L'appartenance de 4/8-11 au groupe des épingles n'est pas assurée.

4.2.6. Composition chimique des épingles

Dans l'impossibilité où nous étions de prélever sur elles une quantité de métal suffisante sans les défi-

rer, nous avons dû renoncer à analyser les épingles intactes et nous contenter de cinq fragments de tiges (4/5-6, 8-10) dont il n'est même pas sûr qu'elles appartenaient toutes à des épingles. Toute comparaison entre forme et composition est donc exclue. Les résultats montrent cependant que les épingles ont toutes les chances d'être constituées du même matériau que le reste des objets. 4/5 compte parmi les vingt-trois objets de composition singulière: étain plutôt fort, plomb seulement en impureté, arsenic, antimoine et cobalt spécialement faibles. Les autres épingles ont une composition parfaitement normale. 4/8 et 4/10 sont issus de la même coulée mais les deux fragments appartenaient peut-être à la même tige.

4.3. Bracelets

Compte non tenu des simples anneaux ouverts ou fermés, les bracelets (au moins cinquante et un exemplaires y compris les fragments) constituent un des quatre types d'objets les plus représentés dans le matériel récemment exhumé d'Auvernier, juste derrière les épingles (cinquante-neuf exemplaires), devant les faucilles (quarante-cinq exemplaires) et les haches (trente-sept exemplaires). Six proviennent des ramassages du C.E.S.S.N.E. en 1968/1969, trente et un des récoltes de U. Ruoff en 1971, sept des fouilles subaquatiques et sept également des fouilles en polder de 1974/1975. 60% de ces parures appartenaient donc au dépôt de 1971. Remarquons, cependant, que ce dernier ensemble ne contenait que sept des vingt bracelets entiers, et que deux des sept étaient très vraisemblablement destinés à la refonte. 5/5 est en effet déchiré et complètement déformé, alors que le décor de 9/10 est très fortement effacé. Toutes les formes tardives définies à propos des anciennes collections sont ici représentées (Rychner 1979, 36-37): forme 1 (5/1 – 8/13), de nouveau largement dominante, forme 2 (9/5), forme 3 (9/6-10), forme 4 (9/11-13), forme 5 (9/14-17) et forme 11 (9/1-4).

4.3.1. Forme 1 5/1 – 8/13

Type Corcelettes de K. Pászthory (1985, N^{os} 1233-1431). Par les dimensions de leur champ décoré et le nombre des combinaisons possibles entre les différents motifs (peu nombreux cependant) qui entrent en jeu, les bracelets de forme 1, les plus nombreux à Auvernier, présentent naturellement une grande variété. On compte en effet au moins vingt décors différents (6/7, 8/8, 8/10-13 sont illisibles) sur les trente-quatre bracelets complets ou en fragments. L'échantillonnage des dernières fouilles d'Auvernier/Nord, cependant, est loin d'offrir un panorama équilibré des bracelets de forme 1. Il frappe, au contraire, par son caractère plutôt monotone, puisque la variante 1, celle des bracelets coulés, fait presque entièrement défaut. Seul le fragment 7/1 peut y être rattaché, et encore révèle-t-il une forte contamination des bracelets martelés classiques qui forment l'essentiel de la collection. Celle-ci est encore caractérisée par la présence, sous forme de fragments, d'une variante (5, ci-dessous) que nous considérons comme la descendante directe des bracelets ocellés massifs du Ha B1 (Rychner 1979, pl. 91/4-7, forme 12). La typologie détaillée des bracelets de forme 1 se doit de déborder du cadre limité d'Auvernier et nécessite l'examen de l'ensemble du matériel disponible. C'est à cette tâche que nous nous sommes attelé dans une autre étude, en cours de réalisation. Ici même, nous nous contenterons de distribuer les derniers exemplaires d'Auvernier dans les différentes variantes définies à propos des anciennes collections.

4.3.1.1. *Variante 1* 7/1

Tout comme dans les anciennes collections, la grande famille des bracelets coulés à cire perdue n'est ici que peu représentée puisque ne s'y rattache qu'un seul fragment, 7/1. On sait que cette variante constitue, en revanche, l'essentiel de l'inventaire de Corcelettes et de Mörigen. Comme nous venons de le dire, 7/1 ne peut être considéré comme un exemplaire classique de cette variante, comme l'étaient certains fragments des anciennes collections (Rychner 1979, pl. 85/2-3). Son décor, en effet, ne comprend qu'un (peut-être deux) panneaux ocellés au lieu des trois ou quatre réglementaires, et il introduit surtout les motifs du triangle hachuré et des chevrons (encore plus rare), exceptionnels pour les bracelets coulés. Sa composition interne, d'autre part, n'est pas différente de celle des autres bracelets.

La rareté du bracelet ocellé coulé à Auvernier a-t-elle une signification chronologique? En d'autres termes, la variante 1 est-elle plus ancienne ou plus récente que les variantes martelées? Cette hypothèse impliquerait que l'abandon définitif des villages lacustres n'ait pas été partout à peu près simultané, comme on le pense d'habitude, ce qui paraît peu vraisemblable puisque les phénomènes climatiques, économiques, épidémiques ou (et) guerriers à l'origine de cet abandon ont dû se faire sentir avec la même acuité tout le long des Trois-Lacs. D'autre part, la typologie comparée des variantes coulées et martelées montre que des contacts ont existé entre les deux groupes. A cause de leur volume, de leur profil fortement replié, de la grandeur des tampons et de l'usage courant du motif du croisillon, le petit groupe homogène des bracelets de la variante 3, par exemple, peut passer pour une tentative d'adaptation martelée des bracelets coulés (la rareté de la variante 3 rend peu vraisemblable une influence

inverse), qui parle en faveur de l'existence simultanée d'ateliers aux traditions ou aux spécialités différentes (voir, cependant, les indices contraires mentionnés dans l'addendum 1986, p. 38).

Les variantes 2, 3 et 4 appartiennent toutes à l'autre grande famille de la forme 1, celle des bracelets *martelés,* qui est, dans l'ensemble, nettement plus peuplée que celle des bracelets coulés (environ cent trente contre cent). Nous commençons à dessein par la variante 3.

4.3.1.2. *Variante 3* 5/1 – 6/10

C'est à elle que se rattachent la grande majorité des bracelets martelés, minces, à profil peu refermé et comportant les habituels panneaux à ocelles, généralement au nombre de deux. On y rencontre une des deux seules séries de bracelets identiques existant dans l'ensemble de la forme 1. Elle comprend neuf pièces entières, façonnées et décorées de façon rigoureusement semblable, que l'évidence ordonne d'attribuer à la main d'un seul artisan. Aux cinq exemplaires de la présente collection (5/1-5) s'ajoutent celui trouvé à Auvernier le siècle passé (Rychner 1979, pl. 86/3), un de Mörigen, un de Concise et un de Corcelettes (Pászthory 1985, N^{os} 1366, 1367, 1390), la provenance exacte des deux derniers n'étant pas assurée. L'ensemble du décor n'est pas très soigneusement exécuté et les ocelles, qui ne sont pas ronds, sont dépourvus de point central, ce qui est rare dans cette variante de bracelets. Ces neufs parures se répartissent en deux groupes suivant leur diamètre. 5/1-2, le N° 86/3 des anciennes collections et celui de Mörigen sont compris entre 102 et 106 mm, 5/3-4, ceux de Corcelettes et de Concise entre 94 et 97 mm. Ces deux groupes correspondent peut-être à deux sortes de pointure, destinées à des porteurs de taille différente, mais ils peuvent aussi s'expliquer par le fait que deux de ces bracelets étaient souvent (ou toujours?) portés à la fois, superposés sur la même jambe ou le même bras, et que l'exemplaire supérieur devait donc être un peu plus large que l'autre. On peut se demander, d'ailleurs, s'il est concevable que ces bracelets aient été portés sur la peau nue. Leurs bords assez coupants, nettement moins arrondis que ceux de la plupart des autres bracelets martelés, auraient certainement blessé leur propriétaire. C'est pourquoi, nous semble-t-il, ils devaient être enfilés par-dessus des vêtements ou sur des membres protégés, par exemple, par des bandes de cuir. Trois bracelets de cette famille ont été analysés (5/3-5). Ils montrent des compositions extrêmement voisines et très typiques d'Auvernier.

Tous les autres bracelets de la variante 3 se distinguent des précédents par la technique des cercles concentriques, qui sont réguliers, tracés par une sorte de compas à partir d'un point central estampé. 6/1, 6/5, 6/6 et 6/9, dans l'état actuel des connaissances, sont des pièces uniques n'ayant nulle part leur exact équivalent. Il n'en va pas de même de 6/4, 6/2 et 6/7. 6/4, pour commencer, reprend exactement le décor d'un ancien bracelet d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 86/4) mais l'exécution en est quelque peu différente. Les ocelles ne comprennent en effet qu'un cercle et les traits, ciselés, sont plus épais et moins serrés. Réserve faite de l'orientation des triangles hachurés dans la troisième bande du séparateur extérieur, le décor de 6/4 est encore identique, dans son organisation, à celui d'un autre exemplaire d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 86/5). 6/2 a été façonné et gravé par l'artisan qui fabriqua aussi une paire de bracelets de Cortaillod (MCAH Lausanne, 2264-2265; n'apparaissent pas dans Pászthory 1985) dont le diamètre est cependant supérieur de 10 mm, phénomène comparable à celui observé à propos des bracelets 5/1-5. Quant à 6/7, si son état fragmentaire nous permet d'en décider, il est identique à un bracelet censé provenir de Saint-Blaise (BM Londres, WG 339). Il est aussi très voisin de 6/6. Si petit qu'il soit, 6/10 révèle une particularité intéressante, qu'il partage d'ailleurs en partie avec 6/5: les faisceaux reliant les ocelles forment un système non seulement oblique mais aussi orthogonal. C'est un trait rare, qui est le propre de trois bracelets de Cortaillod et de Bevaix (Pászthory 1985, N^{os} 1397, 1398, 1400). Le système de 6/5 est un peu moins complexe puisque seuls les faisceaux transversaux coupent les faisceaux normalement obliques. C'est aussi le système des bracelets de Mannheim (Müller-Karpe 1959, pl. 176 A/11) et de Hanau (Richter 1970, N° 1052), qui se distinguent cependant de celui d'Auvernier par l'organisation des séparateurs.

Le fragment 8/9 se rattache fort probablement à la variante 3, de même que 6/3, qui est vraisemblablement à considérer comme une pièce abandonnée en cours de fabrication, avant le traçage des cercles. Si l'absence d'ocelles dans le panneau qui leur est réservé était délibérée, 6/3 serait en effet le seul de cette espèce. Remarquons cependant que des panneaux sans ocelles, identiques dans leur composition, sont connus dès le Bronze moyen et jusqu'à la fin du premier âge du Fer. Nous pensons aux bracelets bretons du type de Bignan (Giot/Briard/Pape 1979, 128) et aux garnitures en or des chaussures du «prince» de Hochdorf (Biel 1982, 80-81, fig. 13-14). Rappelons aussi que la mode même des bracelets ocellés en tôle de bronze a duré elle aussi, en évoluant, jusqu'au Ha D, comme en témoigne le mobilier de la tombe de Vilsingen (Schiek 1956, pl. 44/2-3 et 55/1-2).

4.3.1.3. *Variante 2* 7/2

Elle ne comprend ici qu'un seul exemplaire, mais bien typique (7/2). Toujours martelé, il se distingue

des précédents, au point de vue de la forme, par un profil nettement plus refermé et des tampons plus développés, ce qui le rapproche de la variante 1. Le motif du croisillon, d'autre part, très fréquent dans cette variante, n'apparaît pas dans la variante 3 mais souvent dans la variante 1. Ces bracelets sont surtout connus à Auvernier et vont souvent par paires. On ne connaît pour 7/2 aucun jumeau vraiment identique, mais seul un petit détail le différencie de deux anciens exemplaires d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 86/2; BM Londres, 75.10-6.1): triangles opposés pointes à pointes dans la bande médiane du séparateur central, au lieu de triangles opposés à des losanges. Tous les bracelets de cette variante (Pászthory 1985, N^{os} 1348-1359) ont un décor finement incisé. On remarquera aussi la facette aplatie et sans décor qui borde un des côtés du bracelet, marque d'usure due au frottement de deux bracelets portés l'un sur l'autre.

4.3.1.4. *Variante 4* 8/1-5 (8/6-7?)

Elle comprend les bracelets martelés comme les précédents mais au décor entièrement géométrique, ignorant les panneaux ocellés. Extrêmement rare, le décor de 8/5 est identique à celui d'un bracelet de Corcelettes (Pászthory 1985, N° 1417), le seul connu de ce modèle. La composition de 8/5 est cependant conforme au standard d'Auvernier. Les autres bracelets conservés de variante 4, pour autant qu'on en connaisse l'origine, proviennent tous d'Auvernier. Aux trois exemplaires publiés ici s'ajoutent les deux des anciennes collections (Rychner 1979, pl. 87/1-2) et un exemplaire de provenance inconnue. 8/1 figure sans aucun doute parmi les bracelets de forme 1 les plus parfaitement exécutés. Les lignes très fines du décor ont été tracées d'une main exceptionnellement sûre, sans aucune bavure et avec un souci scrupuleusement respecté de symétrie, simple pour ce qui est des deux moitiés entre elles, oblique à l'intérieur de chaque moitié.

4.3.1.5. *Variante 5* 7/3-6

Typologiquement, ces exemplaires figurent parmi les plus anciens bracelets de forme 1 à cause des liens étroits qui les relient aux bracelets ocellés de forme 12, du Ha B1, ancêtres certains de la forme 1 (Rychner 1979, pl. 91/4-8). Ces liens de parenté s'expriment à travers les ocelles sans point central, à travers les deux ou trois demi-cercles faisant contact entre le panneau et le séparateur et bordant aussi les longs côtés du panneau, ainsi qu'à travers le motif d'arêtes de poisson qui n'intervient sur aucune autre variante de la forme 1. La courbure du profil est semblable à celle des bracelets des variantes 2 à 4, mais les extrémités de ce profil sont le plus souvent nettement épaissies. Ces parures sont aussi plus massives. S'ils ont été façonnés dans un moule, ce que suggère l'épaisseur des tampons, ce n'est cependant pas selon la même technique que la variante 1, car ils ne présentent pas, à l'intérieur, les grumeaux et les bavures caractéristiques. Peu nombreux (huit exemplaires dont un seul complet), ils sont connus à Auvernier mais aussi à Corcelettes (deux exemplaires), à Cortaillod, à Saint-Blaise et à Autavaux (MCAH Lausanne, 9194; Pászthory 1985, N^{os} 1342, 1344; BM Londres, 89.11-1.123; Pászthory 1985, N° 1336). De schéma Sb > Ni > As > Co, la composition chimique de 7/3 correspond bien à son aspect plutôt ancien (voir addendum 1986, p. 37). Celle de 7/4-5, en revanche, ne montre rien de particulier. De par son profil encore très proche des bracelets de forme 12, 8/13 se rattache vraisemblablement à la variante 5.

Les fragments 8/7-6, 10, 12 appartiennent soit à la variante 4 soit à la variante 3, tandis que 6/8, 8/11 et 8/8 sont inidentifiables.

Nous nous sommes déjà exprimé sur la chronologie des bracelets de forme 1 (Ha B2) et sur les rapports qu'entretiennent avec le matériel lacustre les exemplaires trouvés dans le nord et l'est de la Suisse, en Allemagne et en France (Rychner 1979, 71, 109-110). Nous n'avons, pour le moment, rien à ajouter à cet exposé.

Des dix bracelets entiers de forme 1, deux seulement (5/5, 6/1) proviennent de l'ensemble de 1971, et le premier, complètement plié, est de toute évidence destiné à la refonte. Trois exemplaires identiques ont été trouvés ensemble lors des travaux à la suceuse de 1969 (5/1-2, 4), deux autres (5/3, 6/2) sont des trouvailles isolées des fouilles subaquatiques de 1972, et les trois derniers (7/2, 8/1-2) furent découverts en couche dans les fouilles en polder. Exception faite des deux exemplaires importants de 1969 (6/3, 7/4) et des deux trouvés au cours des fouilles subaquatiques (6/8) et en polder (6/9), tous les fragments, en revanche, appartiennent à l'ensemble de 1971.

Reste à savoir pourquoi tant de bracelets sont brisés ou pliés, puisque l'usage normal de ces parures ne semble pas devoir impliquer une usure telle qu'elle les rende finalement inutilisables. D'autre part, les fragments décorés ne peuvent guère être interprétés comme ratés de fabrication. On ne voit pas, en effet, comment le travail de ciselure ou de gravure, qui intervenait après la mise en forme, aurait pu casser un bracelet. Mécontent de son travail, cependant, l'artisan a peut-être brisé parfois son œuvre avant de la terminer, et c'est sans doute le cas de 6/3. Mais tout ne peut pas s'expliquer ainsi. Nous sommes donc amené à penser que les bracelets ne sont pas morts de leur belle mort mais qu'ils ont été, au contraire, volontairement brisés et jetés au rebut. Le phénomène tout simple de la mode, un des principaux moteurs de l'évolution typologique, en est sans doute responsable pour une part. Il est plus

que vraisemblable, en effet, que l'on n'ait pas voulu garder trop longtemps des parures vieillies par les dernières créations des bronziers. Il n'est pas étonnant, à cet égard, que la variante 5, considérée comme «primitive», ne soit connue qu'au travers de fragments. Mais d'autres raisons, moins futiles mais impossibles à élucider, ont aussi dû jouer un rôle. Les bracelets sont tellement différents les uns des autres, dans le détail du décor, tellement personnalisés, précisément, qu'ils devaient être destinés à une personne bien précise, peut-être à une famille dans le cas des séries que nous avons signalées plus haut. On a peine à croire, d'autre part, que l'organisation du décor et le choix des motifs n'aient relevé que de la pure fantaisie et qu'ils n'aient pas, au contraire, revêtu un sens assez précis. Qu'advenait-il, alors, des bracelets à la mort de leur propriétaire? Les trouvailles de Herrlisheim, du Boiron de Morges, de Montet et de Corsalettes (Rychner 1979, 136) montrent qu'ils pouvaient (devaient?) l'accompagner dans la tombe. Faute de documents, il se trouve que nous ne connaissons toujours pas le rite funéraire en vigueur dans les palafittes du lac de Neuchâtel. Si les bracelets de forme 1 n'y ont pas servi de mobilier funéraire au sens habituel du terme, et s'ils n'ont pas été gardés en relique, ce qui est aussi possible, il est imaginable qu'ils aient été alors détruits parce que ne pouvant être hérités, attachés qu'ils étaient à une personne bien particulière. Dans cette hypothèse, les bracelets cassés ne seraient pas seulement des ratés ou des vieilleries démodées mais des parures, parfois très à la mode, volontairement sacrifiées après la disparition de leur propriétaire. On pourrait expliquer de cette façon la présence dans le matériel de récupération d'un bracelet comme 5/5, qui ne paraît pas avarié et qui est identique à quatre bracelets trouvés intacts.

4.3.1.6. *Technique de décoration des bracelets de forme 1*

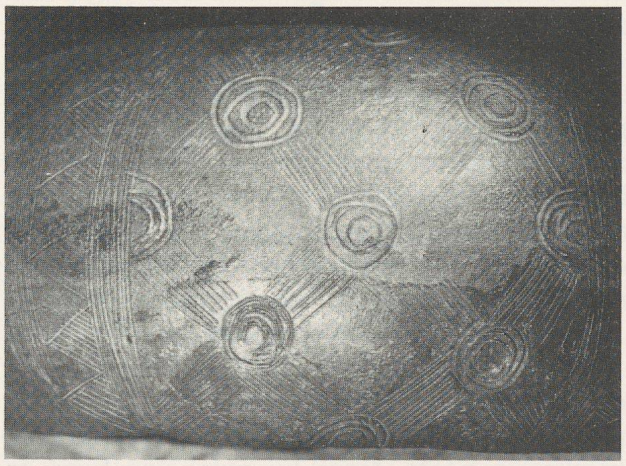
C'est à propos des bracelets de forme 1 que l'on peut discuter le mieux les techniques utilisées par les bronziers d'Auvernier/Nord dans l'application des décors géométriques en creux. Le dernier mot, dans cette discussion, reviendra à l'artisan qui aura reconstitué de telles parures avec les outils de l'époque. Cette reconstitution n'a encore jamais eu lieu. Comme nous n'étions pas qualifié pour l'entreprendre, nous nous sommes contenté d'une observation attentive des décors et des éventuelles traces laissées par les outils, en nous aidant de ce que quelques spécialistes des techniques anciennes ont pu écrire à ce sujet. Telles que nous les avons sous les yeux, ces parures ne sont plus dans l'état où leur fabricant les avait laissées après l'application du décor. Certaines ont pu recevoir un ultime polissage et toutes ont subi les attaques plus ou moins fortes de la corrosion. L'un et l'autre traitement ont gommé en partie les traces d'outil en rendant ainsi plus anonymes les traits du décor. Nous avons limité nos observations à quelques pièces caractéristiques des variantes 3 et 4.

Les bracelets de forme 1, variantes 3 et 4, ont été façonnés par *martelage*. Le décor n'a donc pas été obtenu sur un modèle en cire mais il a été appliqué directement sur le bronze, après la mise en forme du bracelet. Trois techniques, représentées par trois outils différents, ont théoriquement pu être utilisées pour obtenir les lignes droites ainsi que les cercles irréguliers (Lowery/Savage/Wilkins 1971, 172-173):
1. la pointe à tracer (en anglais: *scriber*) permet de tirer des lignes légères à main levée, un peu comme avec un crayon;
2. le burin (*graver*), outil de section quadrangulaire à biseau très tranchant, permet de graver une ligne par enlèvement de matière (Maryon 1949, 116, fig. 19-20; Hodges 1964, 79, fig. 14);
3. le ciselet (*tracer*), petit ciseau à lame non tranchante aux coins arrondis, actionné par un marteau, en percussion posée, trace lui aussi une ligne en creux, sans enlever de matière mais en la repoussant seulement sur les côtés (Maryon 1949, 116, fig. 18; Hodges 1964, 79, fig. 14).

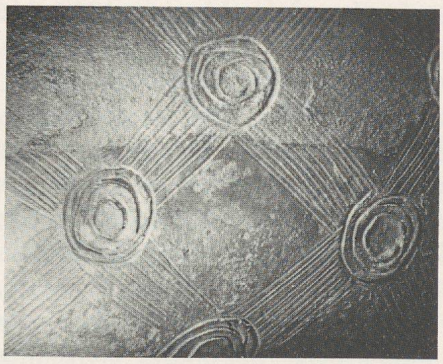
La gravure nécessite un burin d'un matériau beaucoup plus dur que le métal gravé. Les spécialistes, sur la base de leurs essais, s'accordent à reconnaître qu'il est impossible de graver du bronze avec un burin en bronze (Drescher 1957b, 27; Maryon 1938, 243; Maryon 1949, 118). Reste à savoir si la chose est possible avec un burin de pierre dure, par exemple de silex. Maryon (1938, 243) semble avoir d'abord admis cette possibilité, mais il se montre ensuite beaucoup plus catégorique et exclut l'existence d'une véritable gravure à l'âge du Bronze. Et c'est un fait qu'on ne connaît pas encore de burin en pierre de l'âge du Bronze, et que les fouilles récentes, à Auvernier par exemple, n'ont jamais permis la découverte d'un outil de silex pouvant être considéré comme le burin du graveur sur bronze. Il est donc hautement vraisemblable que la technique de la gravure au burin n'ait pas été connue des artisans d'Auvernier, qui ont avant tout pratiqué, nous semble-t-il, l'incision des lignes au ciselet, un outil retrouvé en bon nombre à Auvernier (29/9-10; Rychner 1979, pl. 126/1-14).

Bracelet 5/4 (fig. 15). Les neuf bracelets de ce groupe sont décorés exactement des mêmes motifs dans la même ordonnance et les décors sont tous tracés de la même façon avec le même coup de main et probablement avec les mêmes outils, maniés par un seul et même artisan. Au point de vue du décor, ils sont avant tout caractérisés par les ocelles irréguliers, dont le trait, encore assez frais, a été exécuté au ciselet d'après les bourrelets de matière repoussée quelquefois nettement visibles de part et d'autre du

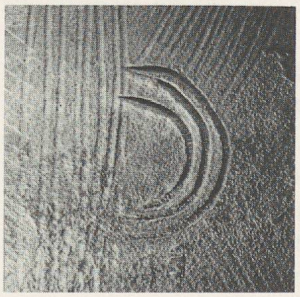
sillon. Plusieurs ocelles révèlent d'autre part les à-coups centrifuges de l'outil, spécialement dans les cercles de plus petit diamètre, quand l'artisan a eu de la peine à suivre régulièrement une courbe accentuée. Le reste du décor, soit les faisceaux obliques reliant les ocelles, les lignes transversales des séparateurs, les triangles hachurés et les chevrons sont incisés moins profondément que les ocelles. Tous les traits en sont identiques, également minces, et ils ont été incisés par le même outil. Ils sont souvent peu réguliers, se perdent ou se recoupent, spécialement dans les séparateurs transversaux. C'est à propos de ce bracelet que l'usage de la pointe à tracer, en bronze ou en silex, pourrait paraître le plus vraisemblable. La photo rapprochée, qui révèle dans ce cas aussi des bourrelets légers mais indiscutables, parle cependant en faveur du ciselet.



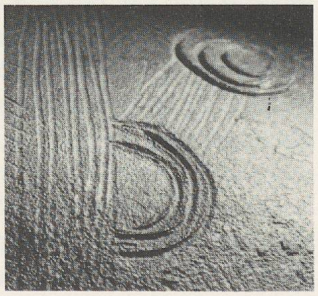
1

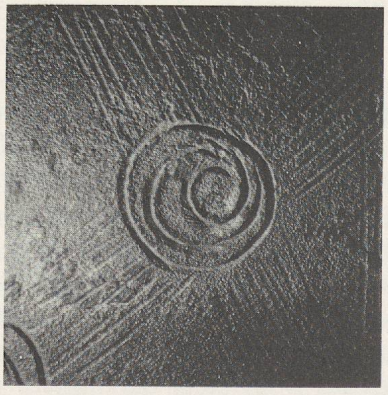


2



3

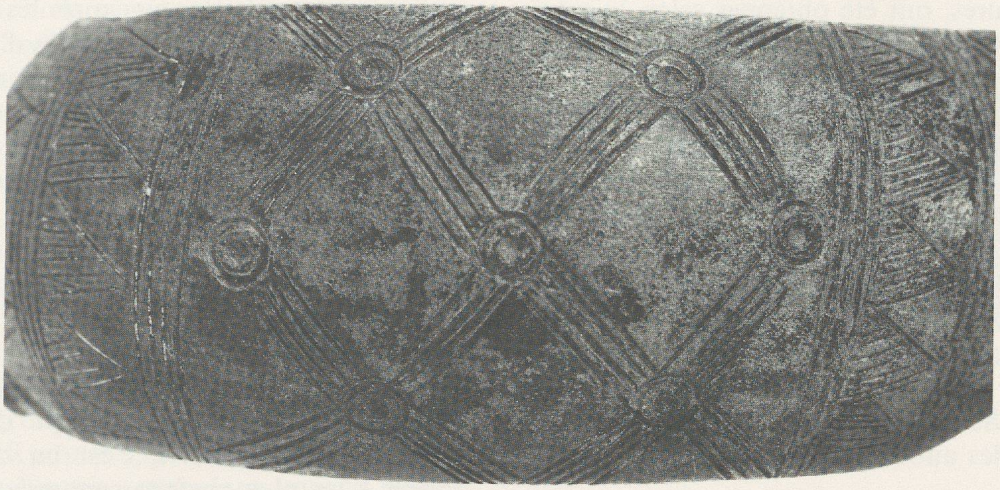




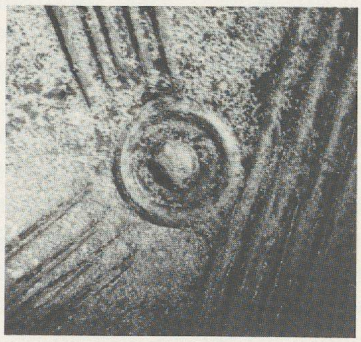
4

Fig. 15 Auvernier/Nord. Bracelet ocellé 5/4.

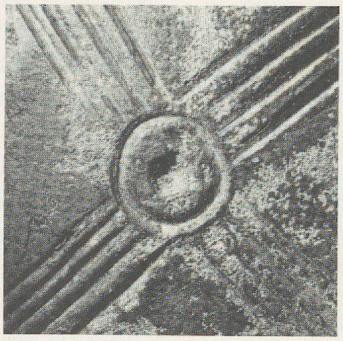
Bracelet 6/4 (fig. 16). Il est d'un aspect tout différent. L'épaisseur est plus régulière, les bords ne sont pas coupants mais parfaitement facettés, les ocelles sont circulaires et les lignes du décor sont pour la plupart beaucoup plus épaisses et profondes. Le point central des ocelles n'a pu être que frappé au poinçon mais aucune trace positive en relief n'est visible au revers. Les cercles eux-mêmes sont profonds, le profil de leur section est en v, le fond paraissant quelquefois comme souligné d'un trait de pointe. On ne voit nulle part de traces de coups de ciselet mais de légers bourrelets sont par endroits visibles autour du point central et à l'intérieur du cercle. Un des cercles n'est pas absolument rond. Les cercles nous paraissent avoir été obtenus soit par estampage au moyen d'une matrice, peut-être en même temps que les points, soit par creusage rotatif au moyen d'un outil centré dans le point central. Les quatre premiers séparateurs transversaux en partant de la cassure, formés chacun de quatre lignes, sont parfaitement réussis. Le cinquième révèle en son milieu de nettes bavures sous forme de stries légèrement obliques par rapport aux faisceaux (fig. 16/5). Elles montrent que l'artisan a éprouvé quelques difficultés à faire se rejoindre exactement les deux moitiés du faisceau tracées chacune depuis les bords en direction du centre. Le séparateur suivant est à ce point de vue complètement raté, les lignes ne se rejoignant que très approximativement (fig. 16/6). L'artisan semble d'ailleurs avoir eu du mal à décorer cette extrémité du bracelet, car les chevrons et la dernière bande de triangles hachurés sont moins soigneusement incisés ici que sur la partie médiane du bracelet. Des bourrelets de métal repoussé ne sont pas visibles le long des lignes du séparateur mais celles-ci portent parfois dans leur creux de nettes stries longitudinales (spécialement sensibles dans le quatrième séparateur) qui évoquent plus un frottement que l'avance d'un ciselet. Les stries, très visibles aux raccords entre les traits, se poursuivent parfois à l'intérieur de chaque trait, même dans les zones proches du bord qui ne sont pas affectées par les ratures (quatrième séparateur). Elles sont également visibles dans les faisceaux de traits obliques du panneau ocellé ainsi que dans les chevrons, là où le bracelet est le moins corrodé (faisceau le plus proche de l'extrémité droite du quatrième séparateur). L'origine de ces stries ne nous est pas claire mais elles montrent que toutes les lignes du décor, sauf les



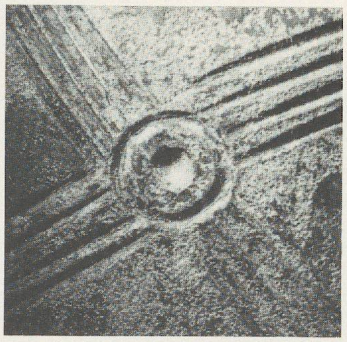
1



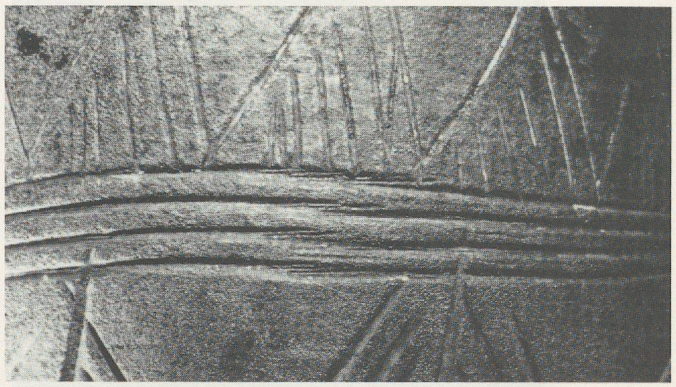
2



3



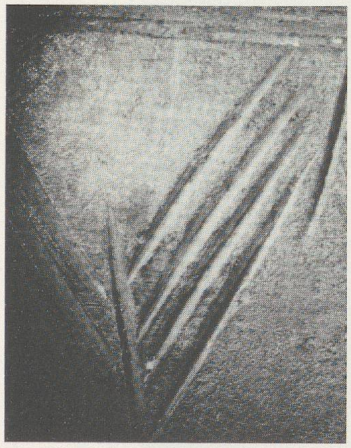
4



5



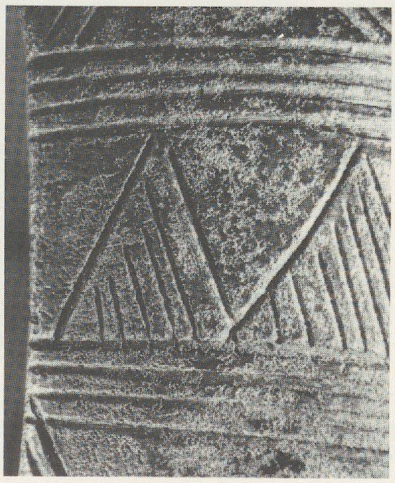
6



7



8



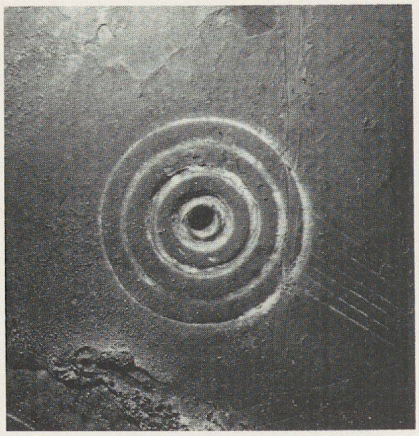
9

Fig. 16 Auvernier/Nord. Bracelet ocellé 6/4.

triangles hachurés, ont été obtenues selon le même procédé. La ciselure paraît indubitable, spécialement pour les lignes des chevrons et des faisceaux obliques. Dès lors, les stries ont pu être provoquées par les inégalités de la partie active du ciselet poussé très régulièrement, soit par une pointe de bronze ou de silex passée dans les lignes ciselées au préalable. Les triangles hachurés ont été incisés plus finement, sans doute avec un autre outil. Les lignes n'ont pas ici l'aspect fusiforme caractéristique des chevrons et des faisceaux obliques. Dans la bande la plus proche de la cassure, les côtés du triangle sur lesquels s'appuient les hachures sont tracés plus larges et plus profonds que les autres éléments du motif.

Bracelet 6/5 (fig. 17). Les lignes du décor, très fines et usées, sont en outre partiellement rongées par la corrosion, de sorte qu'il est difficile d'y repérer les traces éventuelles de l'outil utilisé. Certains des ocelles, en revanche, sont assez bien conservés. Les traces en relief très visibles au revers montrent que le point central a été frappé au poinçon. Les quatre cercles concentriques sont parfaitement circulaires et réguliers. La manière dont ils ont été tracés ne nous apparaît pas de façon claire. Le point central profond a pu servir de point de départ à un outil rotatif creusant les cercles les uns après les autres. Tous les cercles ont aussi pu être estampés d'un seul coup au moyen d'une matrice et d'un marteau, en même temps que le point central. Mais on s'étonne alors que le coup n'ait pas provoqué une dépression marquée à l'avers et que seul le positif du point central soit visible au revers. Il est frappant, d'autre part, de constater l'absence de toute matrice de ce genre dans les palafittes alors que le motif de l'ocelle y est si souvent utilisé.

Bracelet 8/1 (fig. 18). Dépourvu d'ocelles, appartenant à la variante 4, c'est un des bracelets de forme 1 les plus parfaitement exécutés. Les lignes sont à la fois très fines, très soigneusement incisées et parfaitement ordonnées, avec un minimum de bavures. Les plages du bracelet les moins corrodées laissent bien apparaître les bourrelets engendrés par le ciselet de part et d'autre de son chemin, spécialement dans les hachures des triangles et dans les chevrons. Les lignes transversales des séparateurs n'ont pas tout à fait la même allure. Elles sont un peu plus larges et un peu moins profondes. On y décèle par endroits des stries longitudinales comparables à celles de 6/4.


1

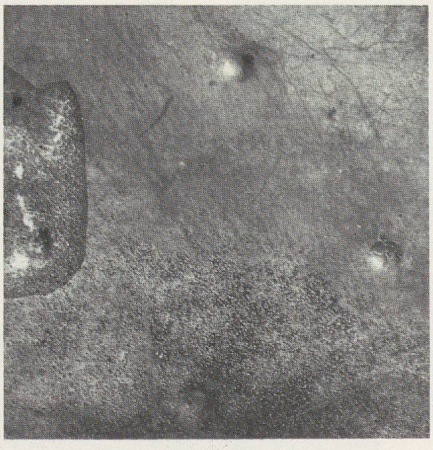
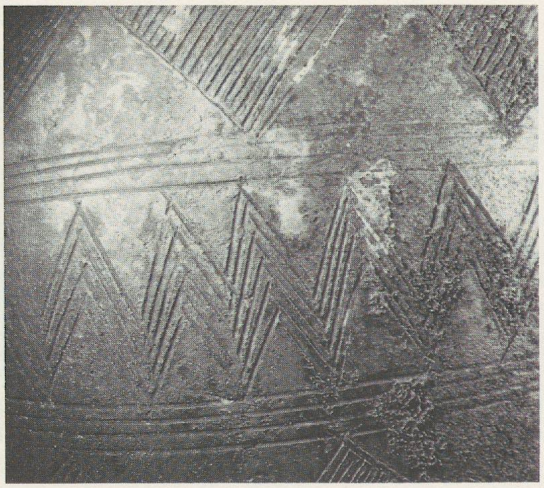

2

Fig. 17 Auvernier/Nord. Bracelet ocellé 6/5. Une ocelle (1) et le revers du bracelet montrant les marques en positif de l'emboutissage du point central des ocelles (2).



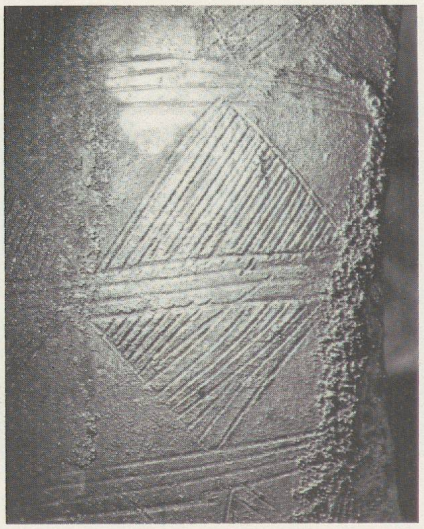


Fig. 18 Auvernier/Nord. Bracelet 8/1.

En conclusion, nous sommes donc porté à croire que tous les bracelets examinés sont décorés par ciselure mais que cette technique, selon les outils qu'elle met en jeu, selon l'habileté du bronzier et la force qu'il prête à son outil, peut donner des résultats très différents.

4.3.2. Forme 11 9/1-3

Type Auvernier de K. Pászthory (1985, N^os^ 1187-1224). Le style gravé tardif se manifeste également sur un second groupe de bracelets, appartenant à notre forme 11 (Rychner 1979, 37, 72, pl. 138-139), beaucoup moins fournie, cependant, que la précédente. Par sa forme et son décor, 9/1 en est un représentant des plus classiques, bien qu'il soit rare de ne pas trouver le motif des triangles hachurés, au moins dans les extrémités d'une telle parure. Malgré un décor tout à fait normal, 9/2 se distingue de la plupart des bracelets de ce groupe par un détail de forme: au lieu de fermer le creux du jonc, le tampon est échancré (opposition tampon plein – tampon creux, fig. 19). La composition chimique de 9/2 est également tout à fait singulière. C'est en effet un des rares objets d'Auvernier en cuivre pur, sans alliage d'étain ni de plomb. Erreur du fondeur ou volonté de conserver la couleur rouge du cuivre? 9/3, trouvé à proximité des restes brisés d'un moule en argile (pl. 33), et encore pourvu de son noyau en terre, ne peut être considéré que comme un bracelet de forme 11 abandonné en cours de fabrication, avant d'être poli et décoré. On ne connaît, en effet, aucun bracelet de cette forme dépourvu de décor, et il est vraisemblable que les côtes en relief des bracelets de forme 3 étaient déjà dessinées sur le modèle en cire (voir, par exemple, le modeste reste de moule dans Rychner 1979, pl. 137/5). La liste générale des bracelets de forme 11 a montré qu'il s'agissait d'une forme propre aux palafittes occidentaux mais fréquente aussi dans le centre et le sud-est de la France, où elle apparaît dans des dépôts qui confirment sa datation très tardive (Ha B2). D'après la concentration des trouvailles, Auvernier peut passer pour le principal centre de fabrication lacustre.

Quant à 9/4, si son décor l'apparente aux bracelets de forme 11, l'extrême minceur de son profil montre par contre qu'il relève d'une autre technique de fabrication, celle de la tôle martelée. Le caractère fragmentaire de l'objet empêche d'ailleurs de reconstituer sa forme originelle et nous ne savons guère de quelle parure connue le rapprocher sinon d'un fragment de forme comparable mais de décor différent provenant de la tombe de Bretzenheim et sur lequel s'appuie Kubach (1977, pl. 129 A/8) pour dater l'ensemble du Ha B final. Nous fondant sur la forme de l'épingle céphalaire et le décor des pendentifs, nous avons exprimé l'avis (ci-dessus, p. 44) que cette sépulture remontait à Ha B1. Il n'est donc pas

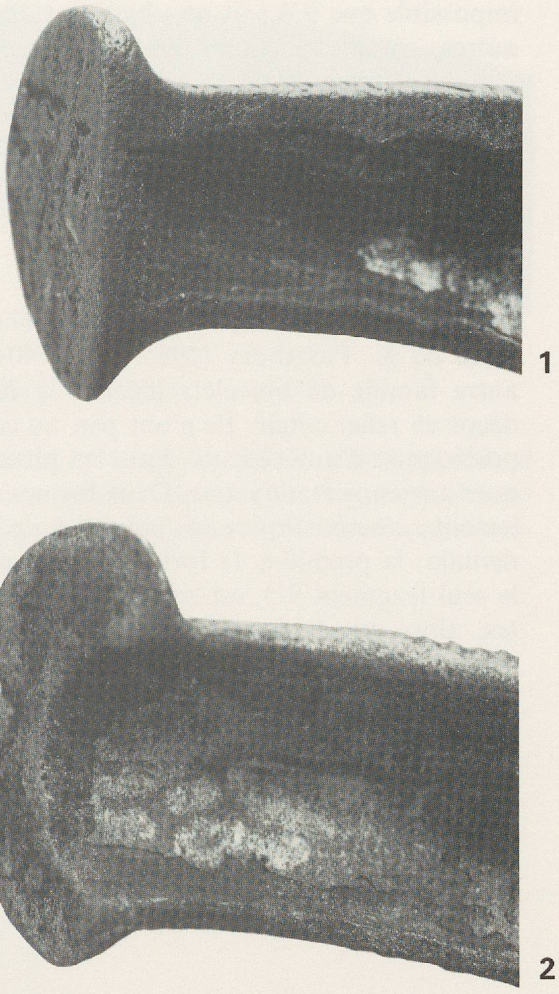


Fig. 19 Auvernier/Nord. Deux constructions différentes de bracelets coulés. 1: à tampons massifs, ou fermés; 2: à tampons échancrés, ou ouverts. Bracelets 9/1 et 9/5.



Fig. 20 Auvernier/Nord. Bracelet 9/1. Vue rapprochée du décor.

impossible que 9/4 soit un objet plus ancien que les autres, comme quelques-uns des fragments provenant de Brena. Mais sa composition chimique ne révèle rien de particulier sinon une faible proportion d'étain.

4.3.3. Formes 2 – 3 9/5-10

(Rychner 1979, 36, 71, 140-141, 146-147). Type Mörigen de K. Pászthory (1985, N^os^ 1540-1698). Une autre famille de bracelets incarne le *Rippenstil*, le décor en relief côtelé. Ils n'ont pas, au contraire des précédents, d'antécédents dans les phases palafittiques ancienne et moyenne. Deux formes sont spécialement caractéristiques des palafittes de Suisse occidentale: la première, la forme 2, représentée ici par le seul fragment 9/5, est surtout connue à Corcelettes, alors que la forme 3 (9/6-10) paraît être une spécialité d'Auvernier. Le profil mince, à rebords, ainsi que les tampons creux de 9/5 et des autres exemplaires de cette forme relient ces bracelets à la variante coulée des bracelets ocellés de forme 1, eux aussi trouvés en masse à Corcelettes. La forme 3, plus massive, est exactement de même construction et de même volume que la forme 11, également caractéristique d'Auvernier. Seul 9/5 a été soumis à l'analyse chimique. Sa composition est conforme à la norme d'Auvernier mais les différences entre les ateliers de Corcelettes et d'Auvernier sont trop faibles pour permettre l'attribution d'un objet isolé à l'un ou à l'autre atelier.



Fig. 21 Auvernier/Nord. Bracelet 9/8. Extrémité fendue réparée par surcoulée.

4.3.4. Forme 4 9/11-13

(Rychner 1979, 37, 72, 142-145). Types Sion (9/11-12) et Balingen (9/13) de K. Pászthory (1985, N^os^ 929-981, 1055-1106). Bien que les bracelets astragalés creux représentent une variante déjà plus «internationale» du style côtelé, propre non seulement aux palafittes (surtout occidentaux) mais aussi aux grands dépôts du sud-ouest de l'Allemagne et de l'est de la France, des détails de forme et de décor confèrent souvent aux parures lacustres un indéniable cachet régional. C'est le cas de 9/11-12, représentants typiques de notre forme 4, variante 1, presque exclusivement caractéristique de Corcelettes, Mörigen et Auvernier. 9/13, en revanche, dépourvu aux extrémités des tampons «suisses» et des décors propres à la variante 2 de forme 4 (astragales ou moulures de la variante 1), évoque davantage la Hesse et la Lorraine que les palafittes suisses, bien que sa composition interne soit parfaitement normale et qu'un bracelet assez voisin appartienne au dépôt de Kerzers (Primas 1977, pl. 2/2).

4.3.5. Forme 5 9/14-17

(Rychner 1979, 37, 72). Les bracelets côtelés massifs de section arrondie sont beaucoup moins caractéristiques et se rattachent à notre forme 5. Les côtes obliques de 9/14 rappellent la forme 3, les astragales de 9/15-16 la forme 4. Le décor asymétrique de 9/15 montre que ce petit bracelet ne représente que le façonnage secondaire d'un jonc plus long à l'origine. 9/17 se rattache au même groupe de bracelets.

Vu la petitesse du fragment et le manque de bonnes pièces de comparaison, l'identification précise de 9/18 s'avère difficile. D'après les arêtes longitudinales encochées et le profil en chevron, il pourrait s'agir d'un bout de «vieux» bracelet du Ha B1, proche d'un exemplaire complet des anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 90/8).

Dans le contexte du Bronze final lacustre, 9/19 paraît encore plus énigmatique (voir aussi Paszthory 1985, N° 1752). L'analyse chimique confirme d'ailleurs très clairement son caractère d'intrus à Auvernier/Nord. Non seulement la quantité d'étain est plus de 100% supérieure à la moyenne, mais le matériau de base se signale aussi par des proportions très fortes d'arsenic et de cobalt.



Fig. 22 Auvernier/Nord. La très forte porosité du bracelet 9/12, coulé à cire perdue, tient vraisemblablement à la deshydratation incomplète du moule en terre cuite et/ou au mauvais échappement des gaz de coulée.

9/20 est un petit bracelet atypique, et il est vraisemblable de considérer 9/22 et 9/21 comme des déchets de bracelets.

4.3.6. Composition chimique des bracelets

La figure 23 donne le dendrogramme de la composition interne de tous les bracelets. 8/6 et 8/10 sont issus du même creuset, 7/1 et 7/5 probablement aussi. Il n'y a pas de différences de composition entre les bracelets coulés et les bracelets martelés. De même que pour les autres objets, on ne sait pas dans quelle mesure la proximité de composition signifie une proximité dans le temps de la fabrication. Vu la grande similitude d'ensemble des compositions, nous ne pensons pas que l'arbre hiérarchique des bracelets soit un reflet des phases de leur fabrication.

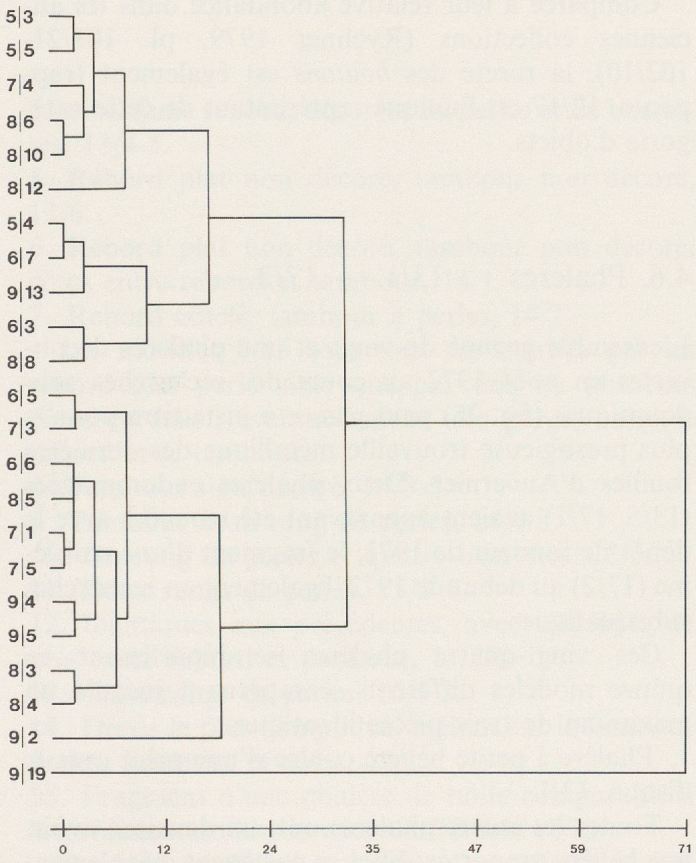


Fig. 23 Auvernier/Nord. Composition chimique des bracelets (Sn, Pb, As, Sb, Ni, Co). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante. Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet.

4.4. Anneaux 10/1 – 11/67

Les circonstances de découverte à Auvernier/Nord ne permettent pas de formuler des hypothèses nouvelles sur la ou les fonctions des simples anneaux.

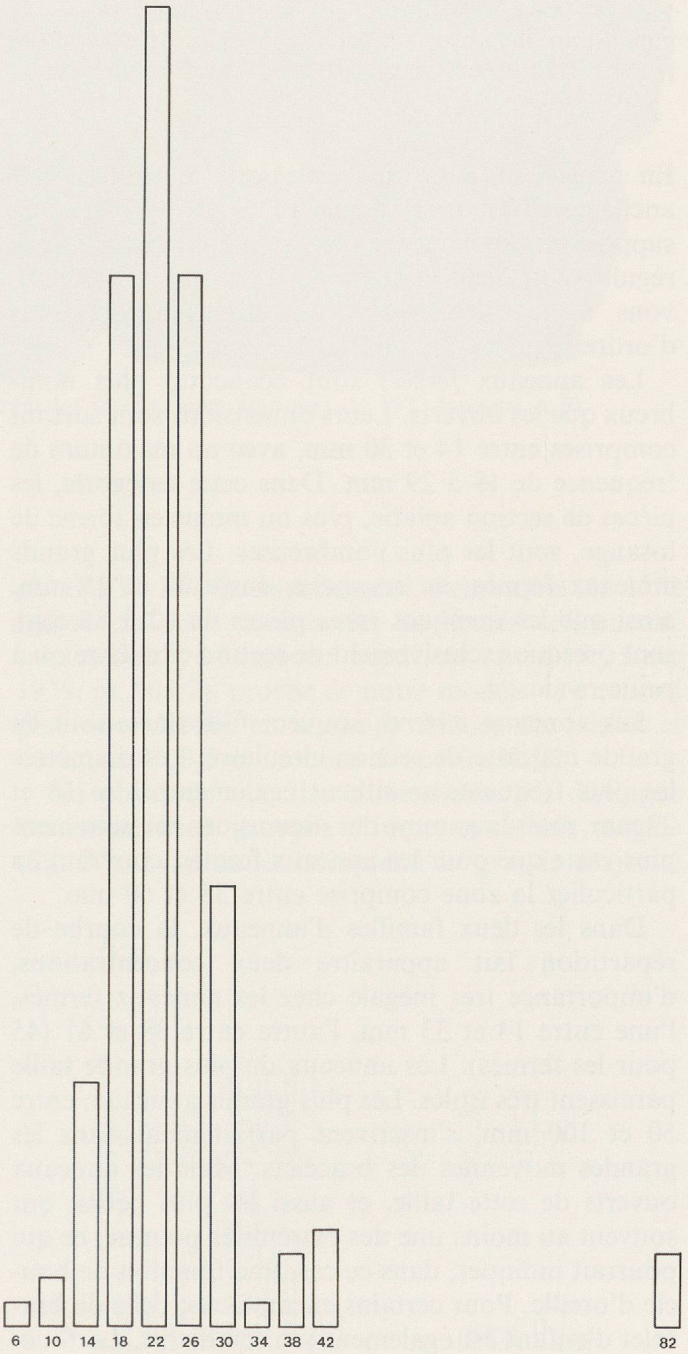


Fig. 24 Auvernier/Nord. Diamètre des anneaux fermés en millimètres, anciennes collections comprises (Rychner 1979, pl. 93-95). Un carré = une unité.

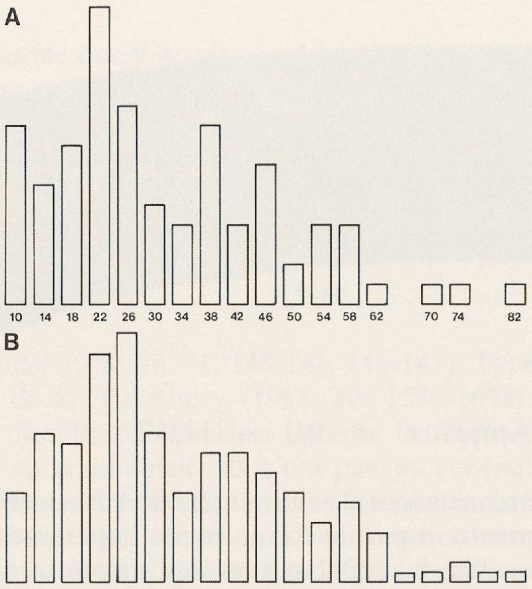


Fig. 25 Auvernier/Nord. Diamètre des anneau ouverts en millimètres, anciennes collections comprises (Rychner 1979, pl. 93-95). B = courbe régularisée. Un carré = une unité.

En englobant dans nos réflexions le produit des anciennes fouilles (Rychner 1979, pl. 93-95), et en supposant que ce genre d'objet a connu une vogue régulière du début à la fin des palafittes, nous pouvons tout juste émettre quelques considérations d'ordre formel (fig. 24-25).

Les anneaux *fermés* sont beaucoup plus nombreux que les ouverts. Leurs dimensions sont surtout comprises entre 14 et 30 mm, avec un maximum de fréquence de 18 à 29 mm. Dans cette catégorie, les pièces de section aplatie, plus ou moins en forme de losange, sont les plus nombreuses. Les plus grands anneaux fermés, en revanche, entre 30 et 45 mm, ainsi que les quelques rares pièces de 82 à 85 mm, sont presque exclusivement de section circulaire ou à peine ovale.

Les anneaux *ouverts*, souvent filiformes, sont en grande majorité de section circulaire. Les diamètres les plus fréquents se situent également entre 18 et 29 mm, mais la gamme des dimensions est nettement plus vaste que pour les anneaux fermés, couvrant en particulier la zone comprise entre 38 et 60 mm.

Dans les deux familles d'anneaux, la courbe de répartition fait apparaître deux concentrations, d'importance très inégale chez les anneaux fermés, l'une entre 14 et 33 mm, l'autre entre 38 et 61 (45 pour les fermés). Les anneaux de plus grande taille paraissent très isolés. Les plus grands anneaux, entre 50 et 100 mm, s'inscrivent parfaitement dans les grandes moyennes des bracelets. Mais les anneaux ouverts de cette taille, et aussi les plus petits, ont souvent au moins une des extrémités pointue, ce qui pourrait indiquer, dans ce cas, une fonction de boucle d'oreille. Pour certains exemplaires, celle de bracelet d'enfant est également vraisemblable. La fonction monétaire, vestimentaire, décorative ou autre, de la grande masse des petits anneaux fermés n'est pas élucidée.

4.5. Parures diverses 12/1-17

L'anneau 12/1, de section plate et large, peut sans doute passer pour une *bague*. Ce serait la seule de la présente collection.

Les *pendentifs* (Rychner 1979, 38, 75-76, pl. 97-98) sont très peu nombreux dans notre collection. Deux exemplaires appartiennent à notre forme 1 des simples pendentifs annulaires de section arrondie, qui ne semble pas plus typique d'une période que d'une autre. L'âge récent de 12/13 est cependant indiqué par le fin décor astragalé, alors que 12/12 reste tout à fait anonyme. La forme 3, en croissant de lune, semble chronologiquement plus sensible. 12/14, non décoré, doit ainsi être considéré comme caractéristique du Ha B2, alors que 12/15 porte un décor d'arcs de cercles concentriques qui parle en faveur d'une datation plus haute, au Ha B1. C'est l'un des objets d'allure ancienne livrés par la station de Brena. Quant à la rouelle (12/16), notre forme 4, sa vogue fut constante à travers tout le Bronze final. Elle ne constitue donc pas un fossile directeur chronologique.

Les *éléments de collier* sont eux aussi très peu nombreux. Mises à part quatre perles d'ambre qui figureront dans une autre étude et les très banals boudins de bronze (12/4-11), on ne peut signaler que deux perles de bronze de très petite taille, provenant les deux de Brena et n'ayant guère de signification chronologique (12/2-3).

Comparée à leur relative abondance dans les anciennes collections (Rychner 1979, pl. 101/21-102/10), la rareté des *boutons* est également frappante. 12/17 est l'unique représentant de cette catégorie d'objets.

4.6. Phalères 13/1 – 17/2

L'ensemble groupé de vingt et une phalères découvertes en août 1972 au cours des recherches subaquatiques (fig. 26) peut passer à juste titre pour la plus prestigieuse trouvaille métallique des dernières fouilles d'Auvernier. Deux phalères endommagées (13/5, 17/1) avaient auparavant été trouvées avec le dépôt de fondeur de 1971, le fragment d'une troisième (17/2) au début de 1972, également en recherches subaquatiques.

Ces vingt-quatre phalères se répartissent en quinze modèles différents, comprenant jusqu'à un maximum de trois pièces identiques:

1. Phalère à petite bélière coulée d'une pièce avec le disque, 13/1.

Toutes les autres phalères ont, ou devaient avoir, une bélière rapportée. Elles se partagent inégalement entre les deux grands groupes des phalères sans (modèles 2-4) et avec rebords (modèles 5-15).

2. Sans rebord, non décorées, 13/2-3.

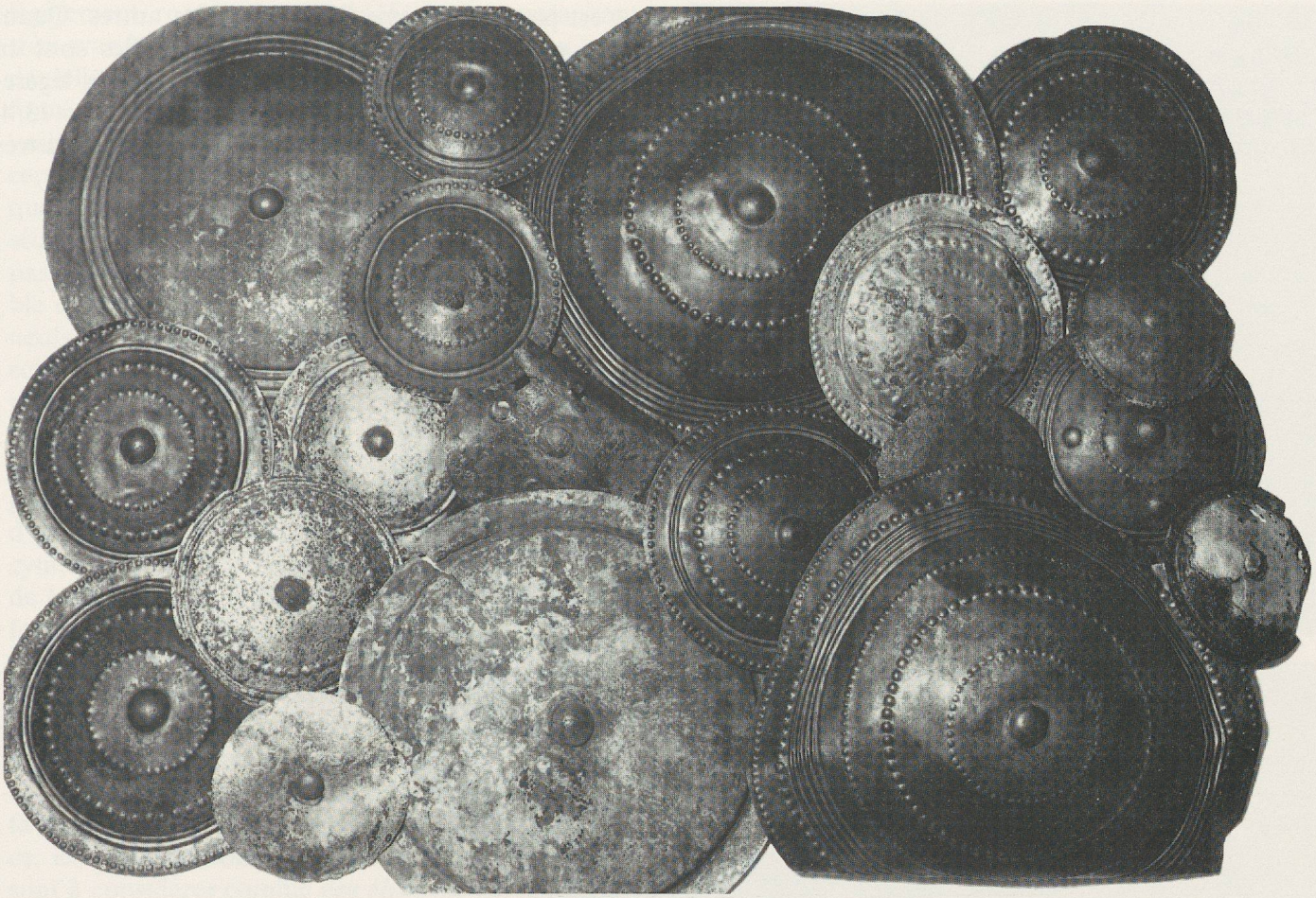


Fig. 26 Auvernier/Nord. L'ensemble de phalères découvert durant les fouilles subaquatiques de 1972 (secteur A 9).

3. et 4. Sans rebord, décorées de perles et de bossettes, 13/4-5.
5. Rebord plat non décoré, tambour non décoré, 13/6.
6. Rebord plat non décoré, tambour non décoré, côtes entre rebord et tambour, 14/1.
7. Rebord côtelé, tambour à perles, 14/2.

Les modèles 8-15 sont tous caractérisés par un rebord plat perlé ainsi que par une ou plusieurs côtes en relief, éventuellement une gorge, entre le rebord et le tambour.
8. Tambour non décoré, 14/3-5.
9. Tambour à un rang de perles, 14/6-8.
10. Un rang de perles et quatre bossettes, 15/1.
11. Deux rangs de perles, 15/2-4.
12. Identiques aux précédentes, avec une côte de plus entre rebord et tambour, 15/5-6.
13. Trois rangs de perles, 16/1-2.
14. Décor le plus compliqué, mêlant sur le tambour perles, bossettes et côtes, 17/1.
15. Fragment d'une phalère de taille comparable à la précédente mais de décor différent, 17/2.

Quoique un décor seulement s'y retrouve identique, le 12, presque tous les modèles figurent dans les anciennes collections d'Auvernier, qui comprennent dix-huit phalères identifiables (Rychner 1979, pl. 102/11-104/5). Inversément, l'ensemble de 1972 ignore certaines formes des anciennes collections: sans rebord, à tambour bordé de côtes (Rychner 1979, pl. 103/2), proche de notre modèle 4; à rebord plat non décoré et tambour décoré de perles et bossettes (103/5-6); rebord à ourlet (104/2, 4-5).

Au point de vue des dimensions, on distingue nettement deux groupes d'importance très inégale (fig. 27). Le premier comprend la grande majorité

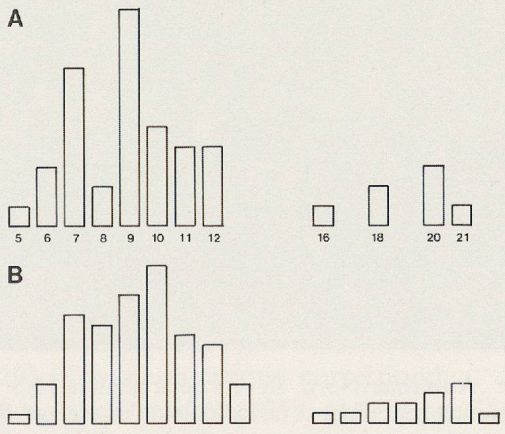
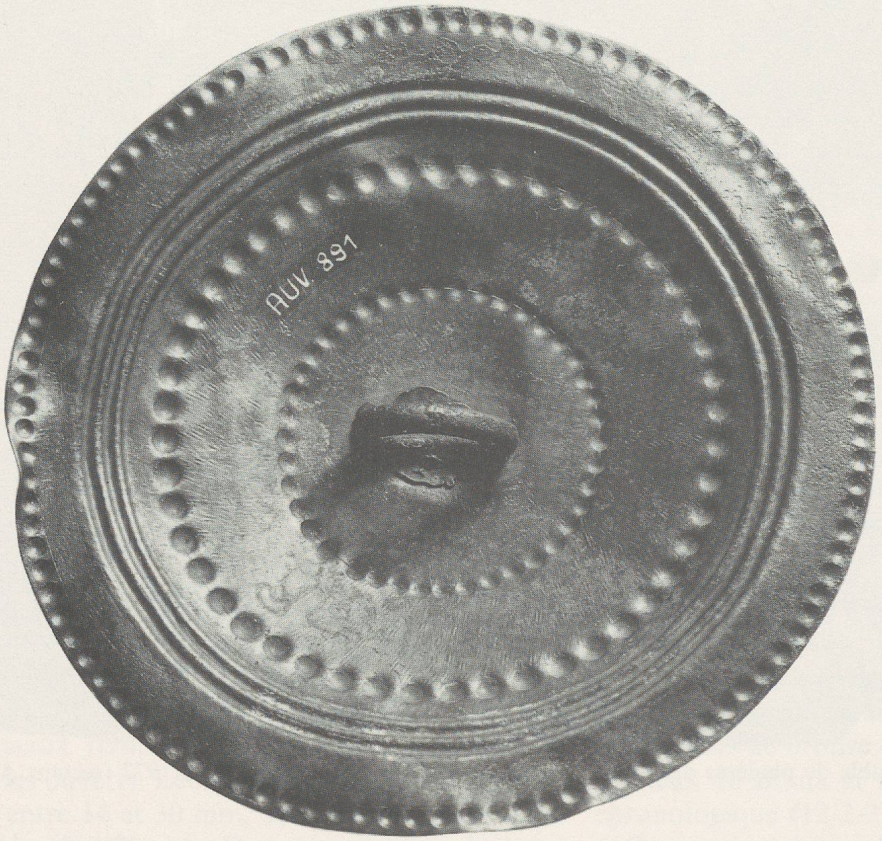


Fig. 27 Auvernier/Nord. Diamètre des phalères en centimètres, anciennes collections comprises (Rychner 1979, pl. 102-104). B = courbe régularisée. Un carré = une unité.

des phalères, entre 5 et 13 cm de diamètre, le second quelques grandes phalères situées entre 16 et 22 cm.

Les trois phalères isolées (13/5, 17/1-2) sont en mauvais état et à considérer comme déchets. 13/5, en outre, plus épaisse et maladroitement décorée, n'est pas de la même facture que les autres. Quant aux phalères de l'ensemble de 1972, elles sont en général en très bon état quoique quelquefois légèrement (14/6, 8; 15/3-5) ou fortement repliées (13/4, 16/2). Quelques autres sont à peine déchirées ou très



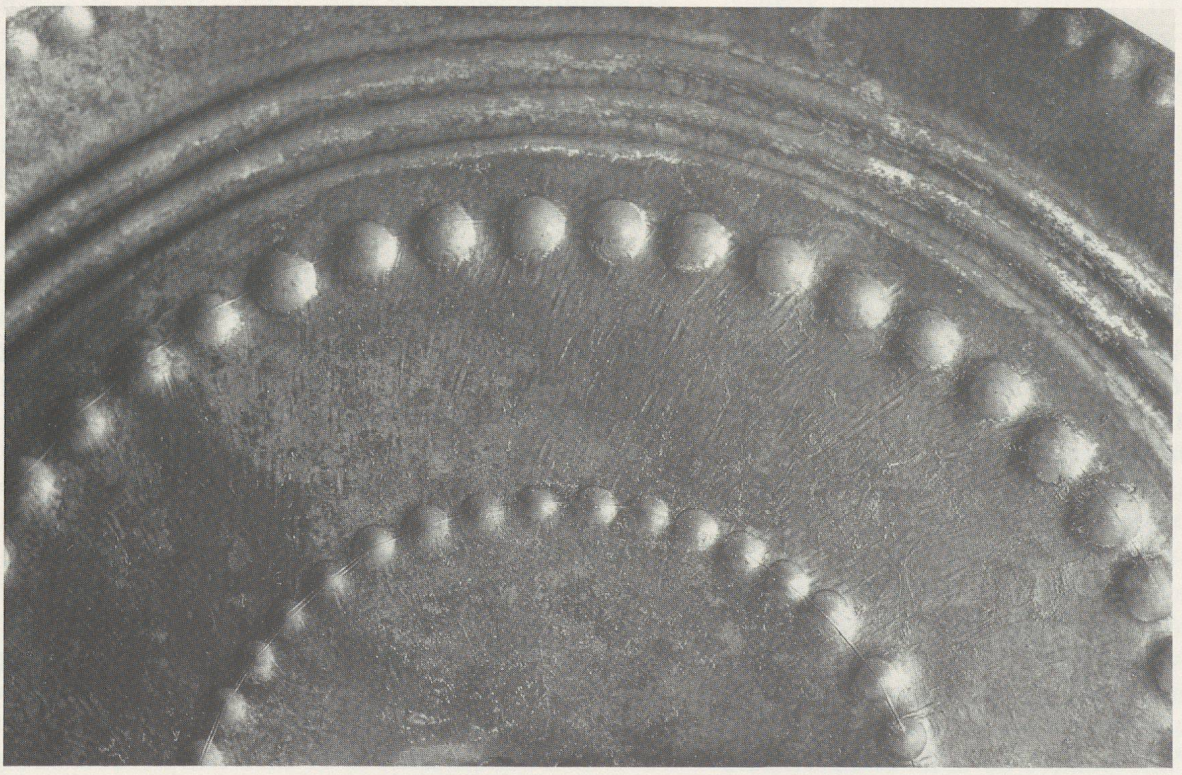


Fig. 28 Auvernier/Nord. Revers de la phalère 15/5. Les traces nettes de chaque coup de l'outil restituent l'organisation centrifuge et hélicoïdale du martelage. Sur le rebord comme sur le tambour, on distingue très bien les cercles gravés au compas, sur lesquels les perles du décor ont été repoussées. On retrouve les traces du même marteau sur les phalères 14/6, 15/2, 15/3, 15/4, 15/6, 16/1 et 16/2, ainsi que sur un exemplaire des anciennes collections (Rychner 1979, pl. 103/6). Aucun des marteaux retrouvés à Auvernier ne semble correspondre à ces traces.

légèrement rongées, seule 14/3 nous apparaissant très avariée. Le pliage est peut-être intervenu accidentellement au moment où les phalères furent enfoncées dans la craie, alors que la corrosion est vraisemblablement responsable du mauvais état de certaines tôles. Quoique nous ne puissions exclure que certaines aient été abîmées dès le début de la sédimentation (13/4 en particulier, dont le décor est passablement effacé), il n'est donc pas invraisemblable qu'il se soit agi au départ d'un groupe d'objets neufs ou en parfait état. Sa signification précise nous échappe cependant, d'autant plus que la trouvaille n'apporte aucune lumière nouvelle sur la ou les fonctions de ces objets, qui, comme on le sait, demeurent controversées. On cite généralement (Snodgrass 1973; O'Connor 1975; Schauer 1982) celles d'ornement de ceinture, de garniture de cuirasse, de cymbale, d'élément décoratif du harnais et d'umbo de bouclier, mais il apparaît de plus en plus que la fonction des phalères, comme leur typologie, varie dans le temps et dans l'espace. Bien que certaines pièces rendent un très beau son (14/1 par exemple), celle d'instrument de musique, dans les palafittes, nous paraît moins vraisemblable que les autres, alors que leur minceur extrême ne parle pas en faveur de celle d'umbo de bouclier. De toute évidence, les phalères comme on les connaît à Auvernier sont à considérer comme des *éléments décoratifs* qui ont pu orner aussi bien le harnais que le costume, ou même autre chose (la fonction d'ornement du vêtement féminin est très probablement attestée au Bronze moyen dans la région de Lunebourg. Bien que plus massives et coulées d'une pièce, ces phalères sont extrêmement voisines de celles des palafittes. A Wardböhmen et à Bleckmar, jusqu'à sept phalères de tailles différentes, en ordre asymétrique, étaient déposées sur le même squelette, entre le cou et la ceinture. Voir Piesker 1958, pl. 19-21, 50-52 et 66/3; Wels-Weyrauch 1975, Beilage 45/2). Comme l'anneau de fixation est toujours grossièrement modelé et laissé plus ou moins brut de fonte, on peut affirmer, en tout cas, que le revers des phalères demeurait caché. Pour en revenir à la trouvaille de 1972, nous dirons simplement que le nombre et la relative disparité des objets excluent, à notre avis, qu'ils constituent un ensemble décoratif homogène dont les composants organiques auraient disparu, mais évoquent plutôt une collection d'objets destinés à être utilisés individuellement, par deux ou par trois. Stock de marchand? Propriété d'un riche personnage? Objets de culte? Nous ne sommes pas près de le savoir (voir addendum, légende de la pl. 13).

Des incertitudes subsistent quant à la façon dont disque et bélière sont assujettis. Cette dernière, de toute évidence coulée à cire perdue, a-t-elle été fabriquée séparément puis fixée ensuite au disque perforé, le bouton externe étant façonné par martelage de la tige, ou a-t-elle été surcoulée sur l'objet même, le bouton étant déjà façonné dans la cire sous sa

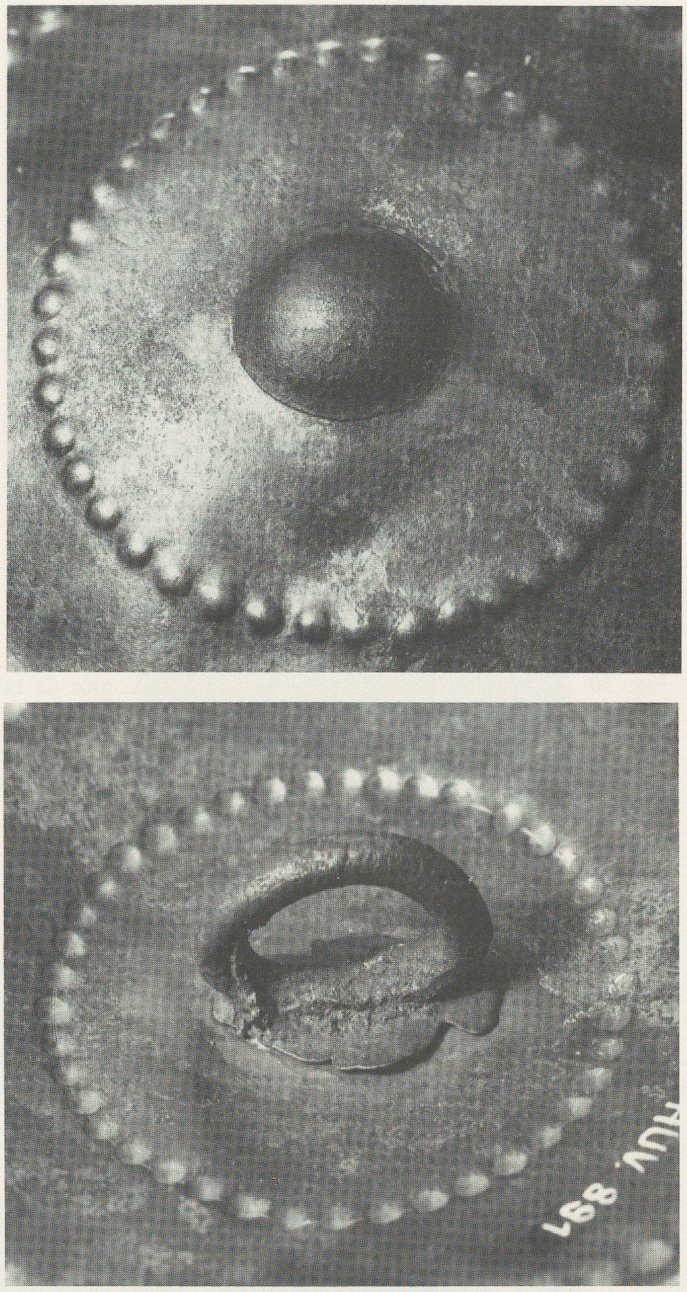


Fig. 29 Auvernier/Nord. Phalère 15/5. A l'avers (1), l'assujettissement de la bélière, surcoulée à la cire perdue à travers un trou (voir 17/1), est parfaitement réussi. Les traces du polissage sont visibles à la périphérie du bouton, complètement soudé au tambour. L'usage de la phalère ne devait pas laisser apparaître le revers (2). C'est pourquoi la bélière est laissée pratiquement brute de fonte. Elle n'est pas non plus polie par l'usage (comparer à 13/5, fig. 33). Comme les autres phalères de l'ensemble de 1972, 15/5 doit donc être considérée comme un objet neuf.

forme définitive, un ultime polissage achevant de le marier parfaitement à la surface du disque? A l'œil nu, on peut remarquer que l'anneau et le pied sur lequel il repose ne sont que grossièrement modelés, et que les traces indiscutables du jet de fonte sont presque toujours bien visibles au milieu de l'anneau (fig. 29). Ces observations correspondent à celles effectuées par Drescher (1958, pl. 8 et pp. 45, 50-52) sur une phalère de type nordique. On peut donc estimer que la reconstitution du moule proposée par cet auteur est aussi valable pour Auvernier et que

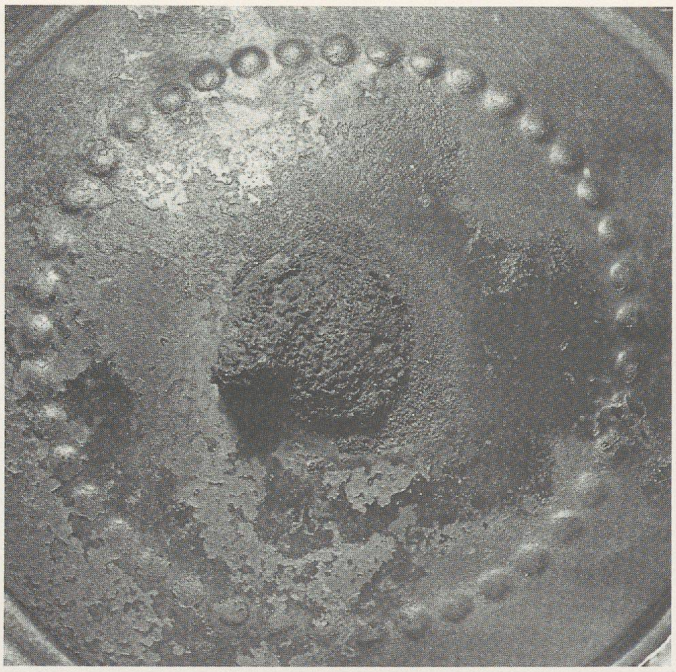


Fig. 30 Auvernier/Nord. Phalère 14/7. La surcoulée de la bélière n'a pas bien réussi. Le bouton est poreux et boursouflé.

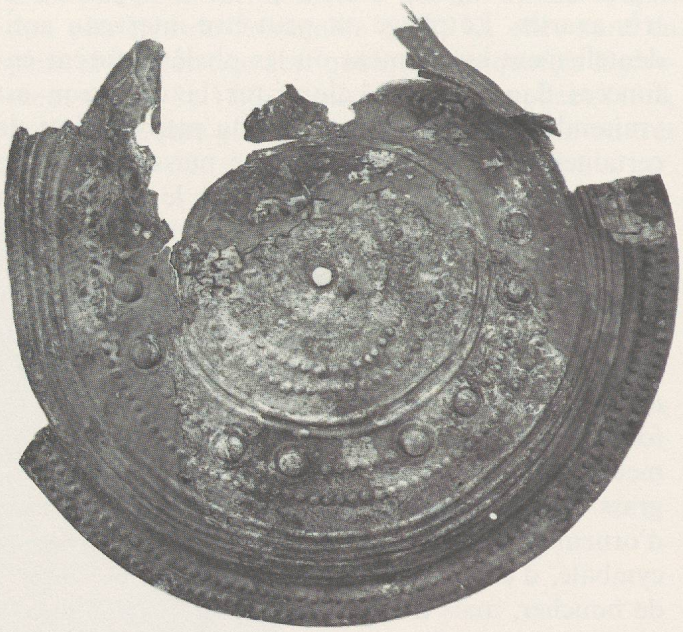


Fig. 31 Auvernier/Nord. Etat originel de la phalère 17/1, découverte avec le «dépôt» de 1971.



Fig. 32 Auvernier/Nord. Revers de la phalère 13/1, coulée d'une pièce avec sa bélière.

bouton et anneau ont donc été coulés d'une pièce, par surcoulée, d'après un modèle en cire. La radiographie de 15/2, sans être décisive, pourrait confirmer ce diagnostic (fig. 34). Des bulles d'air sont en effet bien visibles dans le bouton. Si elles avaient été martelées, elles auraient certainement perdu leur forme bien ronde. D'autre part, le bouton de 14/7, boursouflé, déformé et poreux, ne peut guère être interprété autrement que comme raté de coulée. Les essais de Drescher ont montré que le modelage de l'anneau et du bouton, la fabrication du moule, sa cuisson, la fonte du bronze et la finition de l'objet, nécessitaient en tout environ une heure et quart de travail.

Le dendrogramme des compositions (fig. 35) montre que parmi les neuf analysées trois phalères (13/4, 16/2, 17/2) s'écartent assez fortement des standards dans la mesure où le taux des principales impuretés (arsenic, antimoine, nickel, cobalt) reste très bas. Elles ne révèlent, cependant, aucune particularité typologique. 13/5, qui se signale, elle, par la relative grossièreté de sa facture, correspond en revanche parfaitement au bronze d'Auvernier. 14/3-4, identiques, sont issues de la même coulée. 14/5, de forme identique aux précédentes, est en tout cas du même cuivre, mais avec une proportion d'étain à peine supérieure. Toutes les phalères ont en commun leur pauvreté en plomb, qui ne peut être que voulue par le bronzier. Si celui-ci l'a évité parce qu'il gênait le martelage, on peut s'étonner, d'une part qu'il n'ait pas eu le même souci pour les bracelets de tôle, d'autre part que la teneur en étain, qui influence aussi la ductilité du matériau, n'ait pas été contrôlée avec plus de précision.

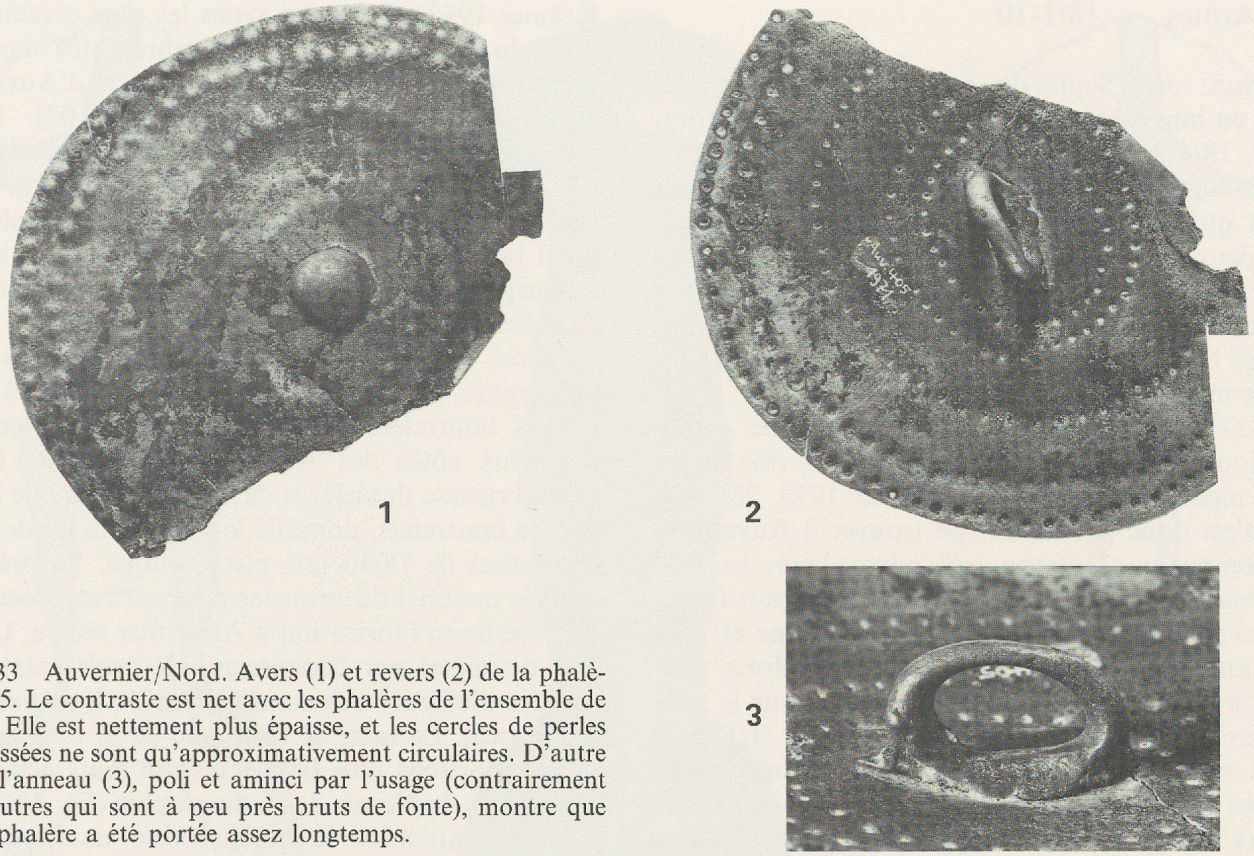


Fig. 33 Auvernier/Nord. Avers (1) et revers (2) de la phalère 13/5. Le contraste est net avec les phalères de l'ensemble de 1972. Elle est nettement plus épaisse, et les cercles de perles repoussées ne sont qu'approximativement circulaires. D'autre part, l'anneau (3), poli et aminci par l'usage (contrairement aux autres qui sont à peu près bruts de fonte), montre que cette phalère a été portée assez longtemps.

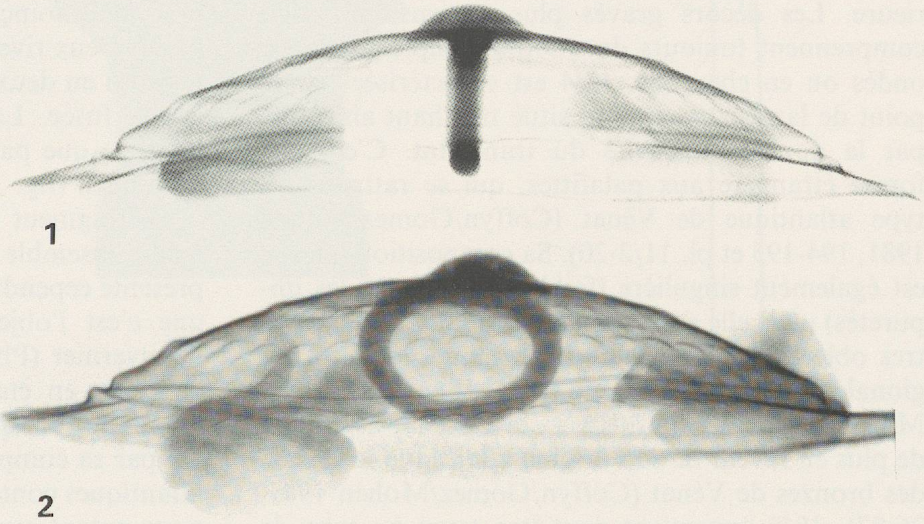


Fig. 34 Auvernier/Nord. Radiographie de la phalère 15/2. La vue 1 révèle assez bien la liaison anneau-bouton. Les petites bulles d'air du bouton, d'autre part, montrent qu'il a été coulé dans sa forme définitive et qu'il n'a pas subi de martelage violent.

Les phalères ont été façonnées au marteau (voir pl. 29/5-8 et fig. 28) à partir, vraisemblablement, d'une galette de bronze coulé. Une telle galette, brute de fonte, large de 70 mm et épaisse de 2.5 mm, faisait partie des anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 102/20). Sa composition (analyse de B. Comte, Boillat S.A., 1982) s'intègre parfaitement aux valeurs d'Auvernier/Nord, mais la quantité de plomb ne correspond pas à celle que l'on observe dans les neuf phalères analysées (Sn 7.7 Pb 1.86 As 0.88 Sb 0.65 Ag — Ni 0.61 Bi — Co — Zn 0.001).

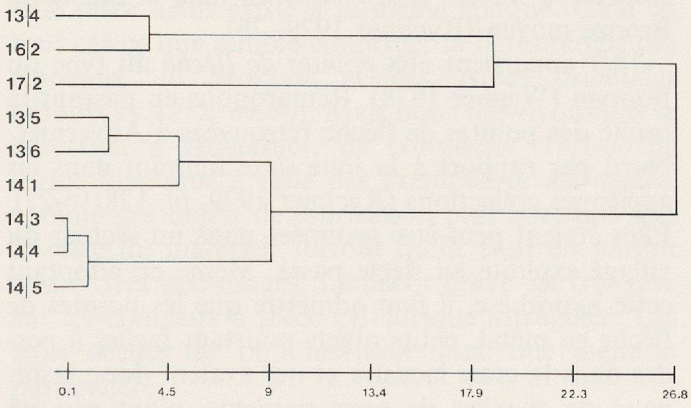


Fig. 35 Auvernier/Nord. Composition chimique des phalère (Sn, Pb, As, Sb, Ni, Co). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante. Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet.

4.7. Armes 18/1-10

Elles sont rares. Seules deux *pointes de lance* complètes et en bon état ont été trouvées, 18/3 à la station Nord, 18/4 à la station Brena. Un troisième exemplaire, complet mais en deux morceaux (18/1), ainsi qu'un quatrième, à l'extrémité cassée (18/2), donc tous deux hors d'usage, appartenaient au dépôt de fondeur de 1971, dans lequel ils sont à considérer comme matériel de récupération. Deux autres fragments, l'un distal (18/5), l'autre proximal (18/6), proviennent encore de la station Nord.

18/2 et 18/6 portent le décor astragalé bien caractéristique du Ha B2. Elles sont d'une forme largement répandue en Europe (Rychner 1979, 78), que l'on n'est donc pas étonné de trouver à Auvernier. La composition interne très particulière de 18/2 surprend d'autant plus. Avec des valeurs très fortes en arsenic et en cobalt, basse en antimoine et normale en nickel, mais aussi avec une très forte proportion d'étain, elle peut même passer pour la plus aberrante d'Auvernier avec celle du lingot 31/1 (voir p. 32 et 37). Les lignes horizontales simplement gravées de 18/1 parlent en faveur de la même datation (Ha B2) car elles n'apparaissent jamais sous cette forme, à notre connaissance, à une phase antérieure. Les décors gravés plus anciens, en effet, comprennent toujours des motifs complémentaires, ondés ou en chevrons. 18/4 est caractérisée par le point de largeur maximum situé très haut ainsi que par la double concavité du tranchant. C'est une forme étrangère aux palafittes, qui se rattache au type atlantique de Vénat (Coffyn/Gomez/Mohen 1981, 194-195 et pl. 11/2-20). Sa composition interne est également singulière (faiblesse de toutes les impuretés) mais elle correspond cependant à celle d'autres objets d'Auvernier dont l'origine locale ou régionale ne fait pas de doute (13/4, 16/2, 17/2, 27/1). Mais elle correspond aussi – et c'est un argument de plus en faveur de son origine atlantique – à celle des bronzes de Vénat (Coffyn/Gomez/Mohen 1981, 26-27). 18/5 appartient peut-être aussi au type de Vénat. Les lances non décorées comme 18/3 se rencontrent à travers tout le Bronze final et même au Bronze moyen (Rychner 1979, 78).

18/7 appartient aux *pointes de flèche* du type du Bourget (Wegner 1978). Remarquons en passant la rareté des pointes de flèche retrouvées à Auvernier/Nord par rapport à la jolie série figurant dans les anciennes collections (Rychner 1979, pl. 128/16-27). Elles étaient peut-être groupées dans un secteur du village exploité au siècle passé. Même en adoptant cette hypothèse, il faut admettre que les pointes de flèche en métal, petits objets pourtant faciles à perdre dans la craie lacustre et qui avaient donc beaucoup de chances de nous parvenir, n'ont pas été fabriquées en aussi grande série que les hameçons.

Après Corcelettes, Auvernier est la plus riche en *épées* des stations lacustres suisses (voir maintenant Krämer 1985). Trois des types les plus caractéristiques du Ha B2 étaient déjà représentés dans les anciennes collections: ceux de Mörigen, d'Auvernier et de Tarquinia (Rychner 1979, pl. 107). 18/10, qui a déjà fait l'objet d'une publication détaillée (Rychner 1977), élargit encore cet inventaire. D'un état de conservation parfait, cette épée n'a probablement jamais servi. On peut d'ailleurs faire la même remarque pour la plupart des épées entières trouvées dans les lacs, qui ont toutes l'aspect du neuf. 18/10 se laisse ranger dans une catégorie d'armes bien déterminée, celle des épées à pommeau rond, à fusée à trois bourrelets et garde campaniforme, connue des deux côtés des Alpes. Des détails de forme (grand ricasso dentelé) et de décor (nombre de lignes sur les bourrelets, pointillé le long de la garde) font cependant de 18/10 une pièce unique. Sa présence dans le matériel du bronzier pourrait renforcer l'hypothèse de sa fabrication à Auvernier même. L'analyse du métal par fluorescence X (voir catalogue) montre d'ailleurs une composition de type parfaitement local. La lame se distingue de la poignée par des proportions plus faibles d'étain mais nettement plus fortes de plomb. La radiographie (fig. 36) montre très clairement la construction de l'épée. La languette de la lame est assujettie à la poignée par un double coinçage, aux niveaux de la garde et de la fusée. Deux rivets complètent cette fixation. La poignée est en deux parties, le pommeau étant surcoulé sur la fusée. La limite entre les deux pièces n'est signifiée que par une très légère ligne à la base du pommeau (fig. 36).

Le fragment distal de lame 18/9 appartenait au même ensemble. Typologiquement insignifiant, il représente cependant une curiosité métallurgique puisque c'est l'objet de loin le plus riche en plomb d'Auvernier (Pb 18%), dont la teneur, en fonction de celles en étain et en nickel, atteint presque le maximum acceptable (Maréchal 1964, 329, fig. 2). De par sa composition, 18/9 évoque donc des types atlantiques contemporains, mais il ne se rattache pas pour autant aux épées en langue de carpe. Sa proportion d'étain et son cuivre, en effet, sont normaux pour Auvernier et tout parle donc en faveur de sa fabrication sur place ou au moins dans la région. La forte quantité de plomb – dont on ne sait d'ailleurs pas si elle était exceptionnelle ou au contraire courante pour ce genre d'objet – devait avoir pour but de rendre le métal plus fluide et de faciliter ainsi la coulée difficile d'un objet long et plat.

Le fragment de poignée 18/8, de type Mörigen, provient, en revanche, de la station Brena. Il ne s'agit pas d'un raté de fabrication car la radiographie révèle l'existence d'un canal d'évent parfaitement masqué à l'extérieur, partant de l'évidement central et longeant le bord du pommeau, à gauche sur le dessin. Les traces de feu (porosité, boursouflures) que présente l'objet sont dues soit à une refonte partielle, soit à un incendie, soit, pourquoi pas, à la

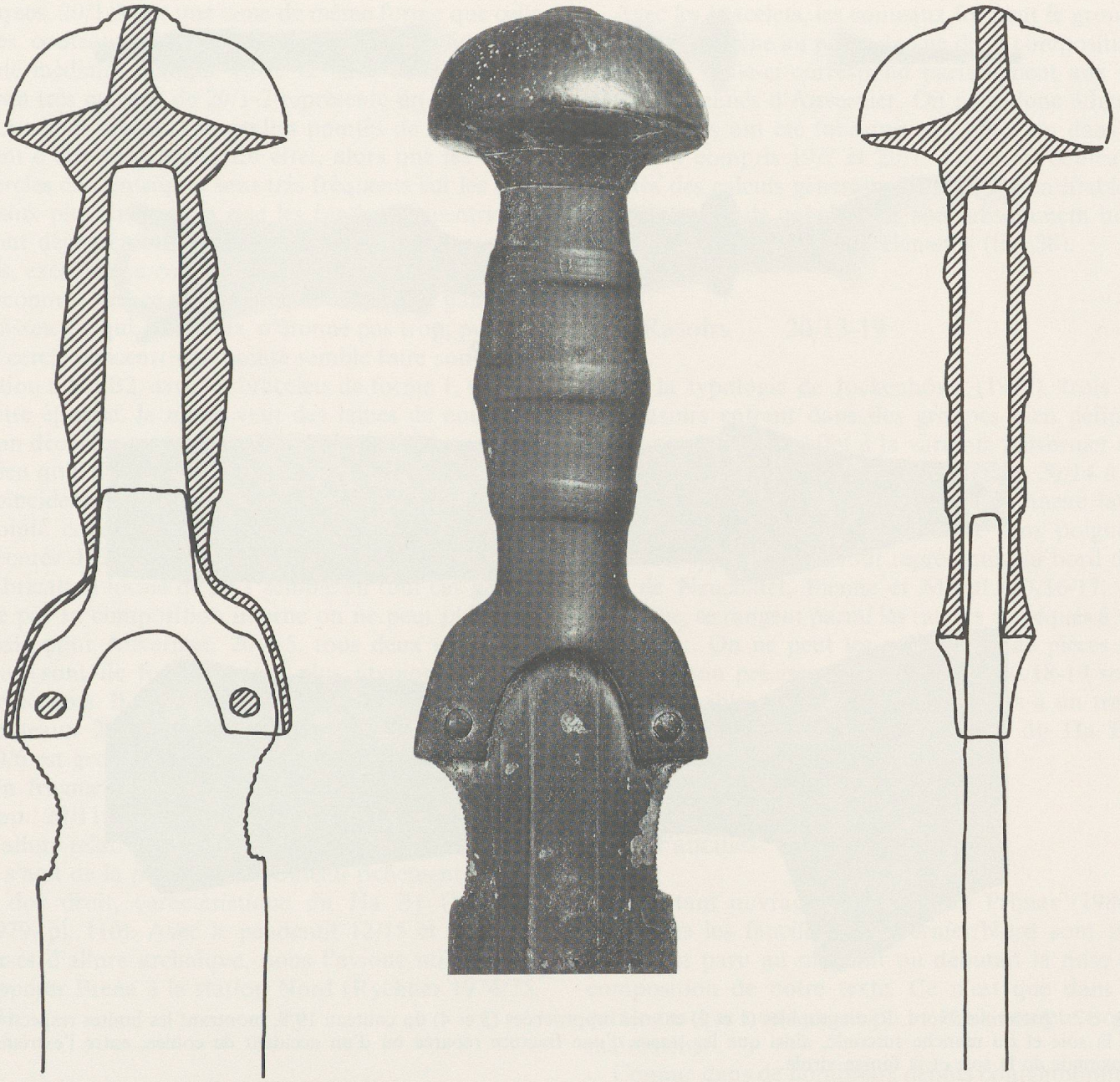


Fig. 36 Auvernier/Nord. Epée 8/10. La poignée et l'interprétation de ses radiographies.

présence de l'arme sur un éventuel bûcher funéraire. L'analyse partielle du bronze (voir catalogue) a montré une composition qu'on peut rapprocher des standards d'Auvernier malgré des teneurs forte en antimoine et plutôt faible en nickel.

4.8. Couteaux 19/1 – 20/12

Huit des treize exemplaires plus ou moins entiers (19/1-8) se laissent rattacher à trois formes caractéristiques dont l'âge très tardif semble acquis (Rychner 1979, 79-80). La mieux représentée est celle à soie droite et pièce cylindrique intermédiaire lisse ou côtelée (19/1-6). Les pièces intermédiaires lisses sont cependant déjà connues sur des couteaux que leur riche décor date sans aucun doute du Ha B1 (Rychner 1979, pl. 111/7-8). Il est donc bien possible que des couteaux non décorés munis d'une telle pièce aient existé à la même époque. C'est en tout cas ce que semble confirmer la chronologie des couteaux de Moravie et des Alpes orientales (Rihovsky 1972, 69-70). Mais nous ne voyons pas la nécessité, à Auvernier, de considérer 19/1-2, de forme identique à celle des exemplaires astragalés, comme des objets de fabrication plus ancienne que le reste du matériel, surtout qu'ils sont en parfait état et très peu usagés. Le décor gravé est très rare sur les couteaux à pièce cylindrique astragalée. Les trois ocelles de 19/3 méritent donc une mention particulière.

Les couteaux à douille (19/7) passent également pour très tardifs mais aussi pour plus spécialement occidentaux au sein des palafittes de Suisse et dans le Bronze final européen en général. Ils ne semblent



Fig. 37 Auvernier/Nord. Radiographies (1 et 2) et vues rapprochées (3 et 4) du couteau 19/8, montrant les limites respectives de la soie et du manche surcoulé, ainsi que les traces d'une fracture réparée ou d'un accident de coulée, entre l'extrémité proximale de la soie et la fausse virole.

pas avoir joui d'une grande vogue à Auvernier ni dans les autres stations des Trois-Lacs, mais ont été beaucoup plus prisés dans les palafittes de Genève.

Les manches en bronze comme celui de 19/8 sont par contre connus aussi bien à Zurich que dans l'ouest de la Suisse. Ils apparaissent sous cette forme tripartite dès le Ha B1, mais l'élément central est alors nettement plus long et les lames richement décorées. Les exemplaires tardifs, dont le décor astragalé confirme généralement l'âge récent, sont caractérisés par la brièveté de cet élément central du manche. Une nette différence de couleur entre le manche et la lame montre déjà que 19/8 est composé de deux pièces. L'analyse du métal confirme que les deux parties sont d'un bronze différent, et la radiographie révèle enfin l'agencement interne de la soie et du manche coulé sur elle par surcoulée (fig. 37). L'extrémité de la soie est située 3 mm avant le début de l'étranglement du manche, dont l'extrémité distale est constituée par la fausse virole. La soudure des deux parties, à la limite distale de la fausse virole, est parfaite. La radiographie montre cependant l'existence d'un défaut à environ 5 mm de la fausse virole, en direction du manche. Une ligne très fine à la surface de l'objet correspond à la limite, de tracé compliqué, entre deux parties de métal, sans que l'on puisse savoir si cette cassure concerne aussi la soie ou seulement le manche, ce qui est plus vraisemblable. On peut donc admettre que la fixation du manche sur la lame, à la suite d'une défectuosité, s'est effectuée en deux surcoulées successives.

Une seconde série de couteaux (20/1-5) sont typologiquement et chronologiquement moins caractéris-

tiques. 20/1-3 ont une lame de même forme que celle des couteaux ci-dessus, mais la pièce cylindrique intermédiaire manque entre la lame et la soie. Le cran très marqué de 20/1-2 représente un autre trait nettement récent. Les ocelles pointés de 20/1 méritent d'être remarqués. En effet, alors que les demi-cercles concentriques sont très fréquents sur les couteaux plus anciens, et que les cercles concentriques sont déjà très rares, les cercles concentriques pointés, exécutés au compas, sont, à notre connaissance, inconnus sur ce type d'objets dans les palafittes suisses. Ce qui, d'ailleurs, n'étonne pas trop, puisque le cercle concentrique pointé semble faire son apparition à Ha B2, avec les bracelets de forme 1, et qu'à cette époque, la mode veut des lames de couteaux non décorées ou seulement garnies de filets en relief. Bien qu'il s'agisse seulement, sans doute, d'une pure coïncidence, rappelons que le cercle concentrique pointé constitue le seul motif des rares couteaux décorés d'Este (Müller-Karpe 1959, pl. 92 C/9). La fabrication locale de 20/1 semble en tout cas garantie par sa composition interne on ne peut plus normale pour Auvernier. 20/4-5, tous deux en parfait état, sont de forme encore plus atypique que les précédents. Il n'y a pas plus à dire des fragments de couteaux 20/6-12. On remarquera seulement que 20/6 est grossièrement retaillé dans une lame brisée. Un fragment, cependant, doit retenir notre attention. 20/11, en effet, est un des très rares objets d'allure relativement ancienne dans notre collection. Il s'agit de la pointe d'un couteau richement décoré à dos droit, caractéristique du Ha B1 (Rychner 1979, pl. 110). Avec le pendentif 12/15 et quelques vases d'allure archaïque, nous l'avions utilisé pour opposer Brena à la station Nord (Rychner 1974/75, 63).

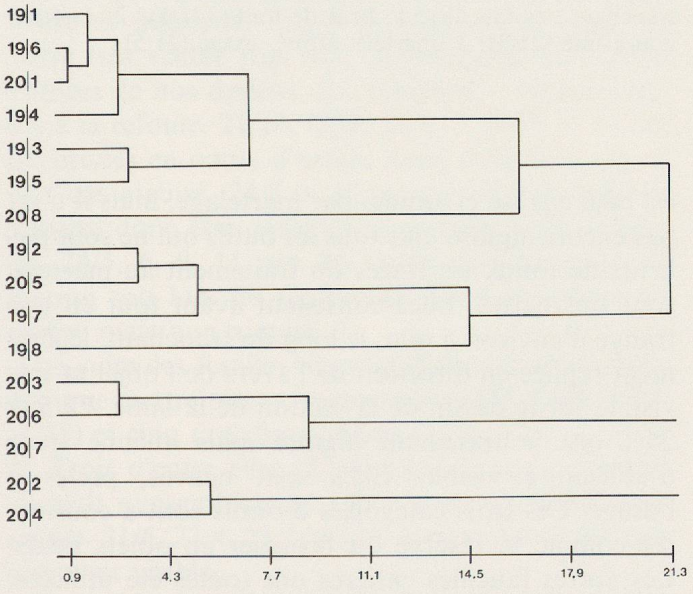


Fig. 38 Auvernier/Nord. Composition chimique des couteaux (Sn, Pb, As, Sb, Ni, Co). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante. Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet.

Avec les bracelets, les couteaux forment le groupe le plus homogène au point de vue de la composition chimique. Celle-ci correspond parfaitement aux teneurs moyennes d'Auvernier. On peut donc admettre que tous ont été fabriqués sur place ou dans la région, y compris 19/7 et 20/1. Les deux couteaux écartés des calculs généraux (20/7-8, inidentifiables) ont beaucoup de cobalt mais sont absolument normaux pour tous les autres éléments (fig. 38).

4.9. Rasoirs 20/13-19

Selon la typologie de Jockenhövel (1971), trois de nos rasoirs entrent dans des groupes bien définis. 20/13 appartient en effet à la variante Auvernier du groupe des rasoirs tardifs à soie latérale, 20/14 à la variante Mörigen des rasoirs tardifs à anneau latéral, 20/15 aux rasoirs trapézoïdaux sans poignée. Les trois types sont surtout représentés au bord des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat. 20/16-17, en revanche, se rangent parmi les rasoirs atypiques à un tranchant. On ne peut les rapprocher de pièces de comparaison précises. Les fragments 20/18-19 sont indéterminables parmi les rasoirs tardifs à un tranchant. Tous ces rasoirs sont typiques du Ha B2. Aucun n'a été analysé.

4.10. Faucilles 21/1 – 24/16

L'important ouvrage de Margarita Primas (1986), où toutes les faucilles d'Auvernier/Nord sont publiées, est paru au moment où débutait la mise en composition de notre texte. Ce n'est que dans le catalogue que nous avons pu en tenir compte, sommairement.

Comme dans de nombreux dépôts contemporains, les faucilles sont le type d'objet le mieux représenté dans l'ensemble de 1971. Il contenait à lui seul trente-cinq des quarante-quatre exemplaires ici réunis, soit plus que n'en comprenaient les anciennes collections d'Auvernier (trente-trois exemplaires).

Au point de vue typologique, on remarque en premier lieu l'absence totale de faucilles à languette perforée, à deux nervures et butée, telles qu'elles apparaissent dans quelques ensembles palafittiques et dans des dépôts du Ha B1 (forme 2 des anciennes collections, Rychner 1979, pl. 116/2-7). Deux fragments, de forme différente, semblent cependant au moins aussi anciens et d'origine étrangère à la région. 24/16, pour commencer, est en effet caractérisée par sa butée massive et sa lame étroite qui dessine un angle très ouvert avec la languette. De telles faucilles se rencontrent surtout dans des dépôts des débuts du Bronze final (Bz D – Ha A), dans la région des Alpes orientales, en Slovénie, en Styrie et en Carinthie (Müller-Karpe 1959, pl. 125 D/5; 127 A/17; 126 A; 130 A), munies le plus

souvent, il est vrai, de nervures encochées. Des faucilles comparables ont aussi été trouvées dans les Terramare d'Italie du Nord (Pfahlbauten 5, pl. 2/6-7). La recherche de pièces de comparaison pour 24/15 conduit dans les mêmes régions. Il s'agit de faucilles également à lame étroite, peu recourbée, qui marque avec la languette un angle plus net et plus aigu que dans le type précédent, un peu comme celui d'une faux avec son manche. On les trouve à la même époque et souvent dans les mêmes dépôts, en Carinthie, en Slovénie et en Styrie (Müller-Karpe 1959, pl. 130 A/8, 9, 13; 131/25, 27; 133/34; 135 A/10, 16). Les deux fragments présentent des particularités de composition et comptent parmi les vingt-sept objets «aberrants» écartés des calculs généraux. 24/15 est caractérisée par son alliage riche en étain et en plomb ainsi que par des teneurs très riches en arsenic, antimoine et nickel. La composition de 24/16 est plus originale. Elle se signale, en effet, par son schéma As > Co > Ni > Sb, très inhabituel à Auvernier (voir addendum 1986, p. 37). Il y a donc des arguments à la fois typologiques et métallurgiques pour considérer 24/16 et surtout 24/15 non pas comme des outils ayant été utilisés à Auvernier au Ha B final mais comme des fragments d'objets plus anciens et étrangers, simples morceaux de matière première amenés sur place par quelque colporteur de métal.

Toutes les autres faucilles identifiables sont bien caractéristiques du Ha B2. Une (23/3) est à languette perforée sans butée, toutes les autres à languette non perforée (forme 3 des anciennes collections, Rychner 1979, pl. 117/4 – 118/10). Fabriquées en grandes séries, les faucilles révèlent cependant, dans le détail de leur forme, une variété assez extraordinaire puisque les quarante-quatre exemplaires identifiables (y compris les anciennes collections) ne se répartissent pas en moins de trente-huit modèles différents, s'identifiant surtout en fonction du nombre et du dessin des nervures. La plupart de ces outils, au moins dans l'assemblage qu'ils forment à Auvernier/Nord, apparaissent donc comme des pièces uniques. Deux modèles seulement (21/1-6, 21/7-10) correspondent à de véritables séries de six et quatre objets. C'est ce qui différencie la faucille de la hache, outil lui aussi fabriqué en grande quantité, mais beaucoup moins personnalisé parce que dépourvu des détails en partie non fonctionnels que sont les nervures de la faucille. Comme le remarque M. Primas (1982, 364), celles-ci, en creux dans le moule, ont pu favoriser la répartition du métal en fusion, spécialement dans les cas où elles montrent des embranchements en connexion directe avec le jet de fonte (22/10, par exemple).

L'ensemble de 1971 contient des faucilles à divers stades de leur existence (fig. 39). 21/1-2 sont brutes de fonte. Leur tranchant n'a pas reçu le moindre aménagement mais le jet de fonte a déjà été brisé. 21/3 et 22/7 sont en cours de finition. Le tranchant

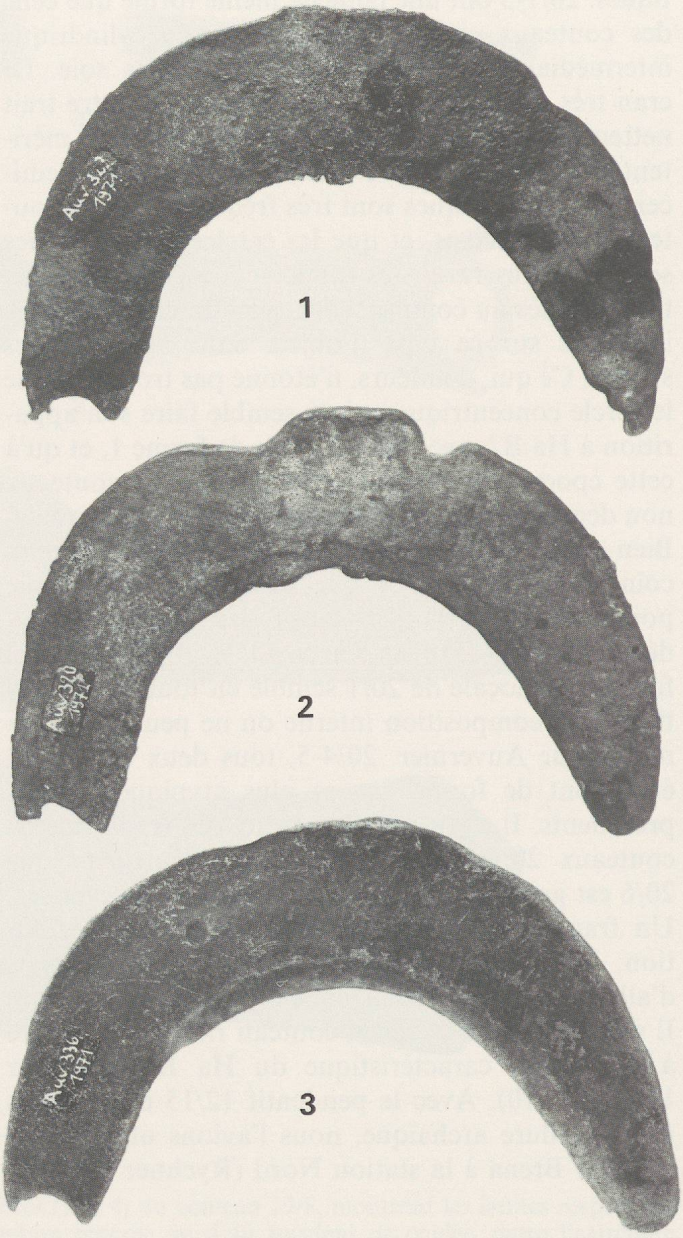


Fig. 39 Auvernier/Nord. Trois stades de l'aménagement du tranchant des faucilles. 1: brut de fonte (21/1); 2: martelé, non affûté (21/3); 3: martelé, affûté, usagé (21/5).

est déjà égalisé et aminci par martelage, mais il n'est pas encore aiguisé. Sur tous les outils qui ne sont pas bruts de fonte, les traces du traitement au marteau sont très nettes. Elles consistent avant tout en une frange d'environ 5 mm, le long du tranchant, légèrement repliée en direction de l'avers de l'objet et très visible sur le dessin de la section de la lame. 22/5 et 24/1 ont le tranchant aiguisé mais aucune trace d'utilisation visible. Elles sont neuves, prêtes à l'usage. Ces trois catégories d'outils sont à considérer comme la réserve du bronzier en objets neufs. Les autres faucilles entières ont toutes été utilisées, nous semble-t-il, et devaient donc se trouver chez le forgeron pour réparation. C'est ainsi que 23/4-5 ont une lame déjà rétrécie et ébréchée, nécessitant un réaffûtage. 22/8, à en juger par l'étroitesse de sa

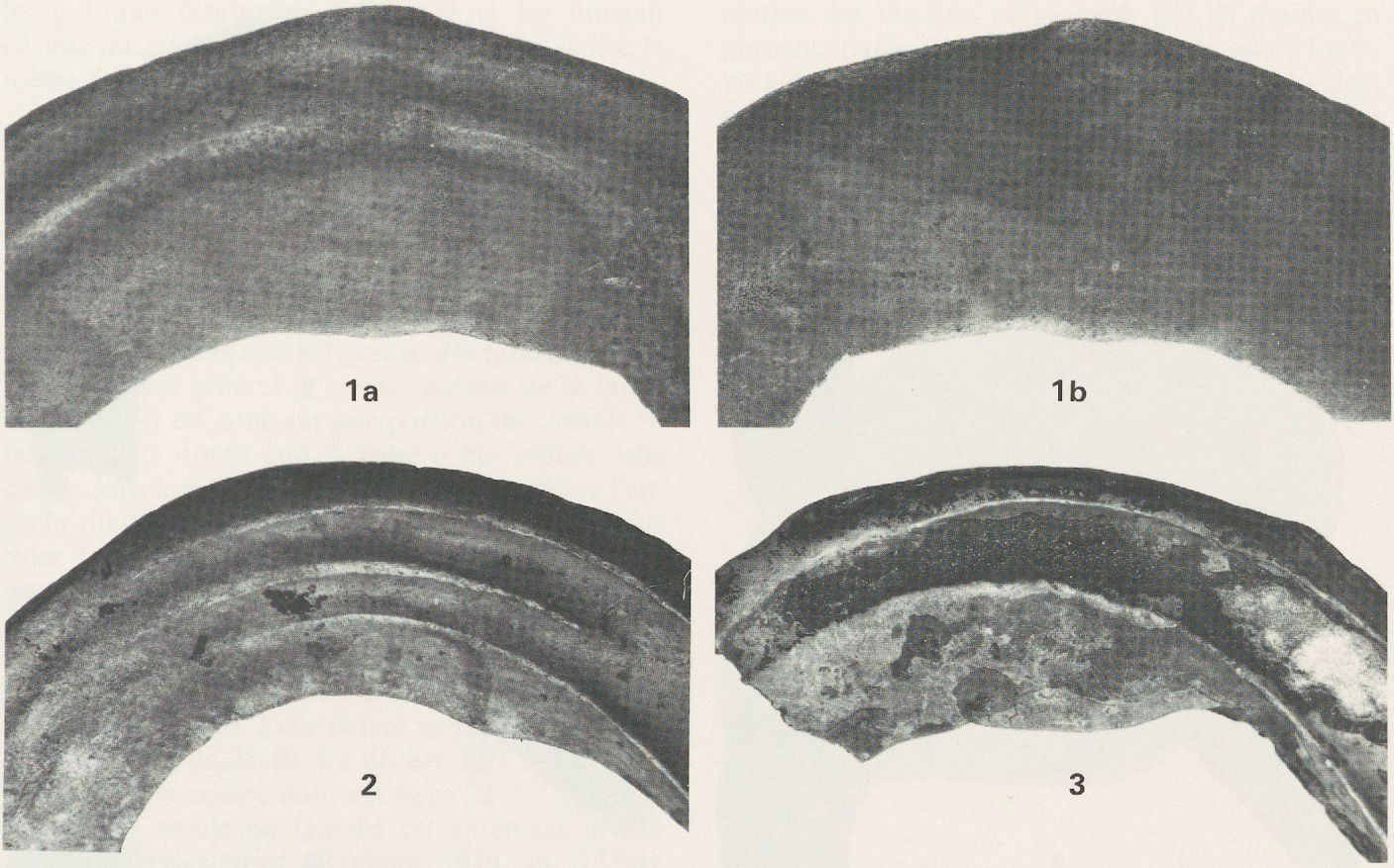


Fig. 40 Auvernier/Nord. Faucilles. Exemples de lustrage par l'usure. 1 a et b: 21/6, bord du tranchant, recto et verso; 2: 22/4, surtout sur les nervures; 3: 23/1, surtout sur les nervures.

lame, a subi un assez long usage. Son tranchant était en train d'être rénové. Il est dans le même état que celui de 21/3 et 22/7: égalisé mais non encore aiguisé. Le reste des faucilles, usagées mais en bon état, venaient sans doute d'être réaffûtées. L'usage a conféré à la plupart des outils, sur les faces supérieure et inférieure d'une portion de la lame, un lustre très visible (fig. 40), qu'indiquent les parties tramées de nos dessins. Les fragments étaient destinés à la refonte. 21/10, 22/9, 23/2, 5, 24/2, 7, 10 ont été brisées en cours d'usage. Leur tranchant est en tout cas aiguisé. 24/8 et 12 sont brutes de fonte et peuvent donc être considérées comme ratés de coulée. 24/5, 6, 9, 11 ont dû casser soit en cours de finition soit lors du réaffûtage. Leur tranchant est égalisé mais non aiguisé.

La suite des fouilles récentes d'Auvernier n'a produit que quatre pièces fragmentaires (22/2, 10; 23/1; 24/15) et cinq faucilles entières (21/6; 22/4, 6; 23/3, 7). Trois d'entre elles (22/4; 23/3, 7) appartenaient au petit «ensemble» de 1968. Tous les objets sont usagés. 21/6, 22/4, 23/1 et 23/3 ont un lustre particulièrement visible.

Il est intéressant d'examiner de plus près la série des six faucilles identiques (fig. 41-42). 21/1-2 sont vraiment identiques. Elles ont exactement le même contour et le même dessin de nervures, elles sont les deux brutes de fonte et l'analyse du bronze montre qu'elles sont issues de la même coulée. L'identité des compositons révèle que le bracelet 7/1 et la hache 28/1 ont été fondues en même temps qu'elles. 21/3-4 ont presque exactement la même forme que 21/1-2, au détail près que la petite nervure oblique surmontant les deux nervures transversales de la languette n'apparaît pas sur 21/3. Au point de vue de la composition, elles ne sont pas absolument jumelles mais forment à nouveau une très bonne paire, légèrement différente de 21/1-2. Tandis que 21/4 est aiguisée et vraisemblablement usagée (lame lustrée), 21/3 se trouve en cours de finition, avec le tranchant martelé mais pas encore aiguisé. Sur la base des analyses, on peut admettre que 21/3 a été coulée en même temps que l'épingle 4/6 et la hache 25/1. 21/5-6 ont l'extrémité de la lame moins repliée et la nervure la plus proche du tranchant moins marquée, particularités qui sont probablement dues à l'usage (lames bien lustrées) ainsi qu'à un ou plusieurs réaffûtages. Leurs compositions sont très différentes. Celle de 21/6 est parfaitement normale, à mi-chemin entre 21/1-2 et 21/3-4. Elle fut probablement coulée avec le bracelet 9/5. Celle de 21/5, en revanche, est spécialement originale, aussi bien au point de vue de la recette du fondeur (pauvreté en étain et en plomb) qu'à celui du cuivre, très riche en arsenic, antimoine



Fig. 41 Auvernier/Nord. La série des six faucilles identiques. 1 = 21/1; 2 = 21/2; 3 = 21/3; 4 = 21/4; 5 = 21/5; 6 = 21/6.

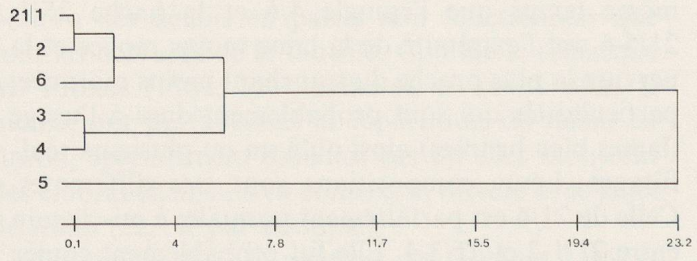


Fig. 42 Auvernier/Nord. Composition chimique des six faucilles identiques (Sn, Pb, As, Sb, Ni, Co). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante. Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet.

et nickel, et qui rappelle donc celle du fragment 24/15. Les six faucilles en question ont donc été fondues en au moins quatre coulées, plus vraisemblablement cinq, mais il est impossible de savoir dans quel laps de temps, même si nous pouvons déterminer que trois d'entre elles n'avaient pas encore servi (21/1-3) et que les autres avaient déjà été utilisées plus ou moins longtemps. On remarquera d'ailleurs que la plus usagée (21/6) ne faisait pas partie de l'ensemble de 1971. Ou bien l'artisan

les a toutes fabriquées à la suite et les finissait ensuite au gré de la demande, ou bien il a répété la même forme en les fabriquant à intervalles.

Les mêmes questions se posent à propos de 21/7-10, qui ont toutes les chances de constituer une série de quatre outils entièrement identiques, même si manque l'extrémité proximale de 21/9-10. 21/7 ne révèle qu'un très léger lustre dans le secteur médian de la lame, aiguisée et encore très large. Elle n'a donc pas servi longtemps. 21/8 montre un lustrage plus accusé. Alors que le lustrage des faucilles entières occupe en général la partie centrale de la lame, celui de 21/9 est situé sur une portion très distale. Il montre sans doute que la lame a été utilisée telle quelle, sans languette. On peut alors considérer l'encoche du dos comme volontairement aménagée pour caler le pouce. 21/10 est également un fragment usagé dont l'encroûtement empêche de distinguer le degré de lustrage. On peut affirmer que les quatre exemplaires ont été fondus séparément, mais que 21/7-8 ne se distinguent l'un de l'autre que par l'étain et le plomb. Leur cuivre se rapproche beaucoup de celui de 21/10. Le déchet 32/1 correspond au reste de la coulée dont est issue 21/7.

Un seul moule de faucille est sûrement attesté pour Auvernier/Nord (Rychner 1979, pl. 135/4). C'est le moule en mollasse trouvé au siècle dernier mais duquel est sortie la faucille 24/1 de l'ensemble de 1971 (fig. 43). Destiné à reproduire des outils n'ayant qu'une face en relief, il ne comporte qu'une valve en creux. Une simple dalle plate tenait lieu de seconde valve. Elle ne nécessitait donc pas de repérage précis par rapport à la première et c'est pourquoi celle-ci n'est munie d'aucun dispositif permettant l'ajustage exact des deux valves requis par les véritables moules bivalves. Pour la coulée, le moule était placé de chant et le métal pénétrait par l'entonnoir débouchant au milieu du dos de la faucille, ce qui correspond bien aux restes du jet de fonte repérables sur toutes les faucilles d'Auvernier. Le moule est muni d'évents sous forme de deux petites rainures de part et d'autre de l'entonnoir, ce qui rend très probable son usage direct pour la fonte du bronze. Sans que l'on puisse décider s'il s'agit d'un aménagement volontaire ou d'une défectuosité du moule, on distingue un creux sous le tranchant, dans le prolongement de l'entonnoir de coulée, qui a pu avoir une fonction, que nous ne déterminons pas, au moment de la coulée. Il se trouve que les deux seules faucilles entières brutes de fonte d'Auvernier/Nord (21/1-2) montrent une cassure au même emplacement, causée par l'enlèvement d'un surplus de métal à cet endroit.

Le contraste entre l'abondance d'objets finis et la rareté des moules est ainsi frappant. La raison commande donc de postuler l'existence de moules périssables, à usage peut-être unique (Primas 1982, 369-370). L'emploi du *sable* (Goldmann 1981; von Brunn 1958) nous paraît ici beaucoup plus vraisemblable qu'à propos des haches, parce que la forme uniface des faucilles ne nécessite pas de moules en plusieurs parties. Les restes martelés du jet de fonte, visibles sur toutes les faucilles au milieu du dos, montrent cependant que les outils n'ont pas simplement été coulés dans une forme creuse déposée à plat (le *Herdguss* des Allemands) mais dans un moule disposé de chant. Si le sable était maintenu dans un châssis de bois, une simple plaque de pierre

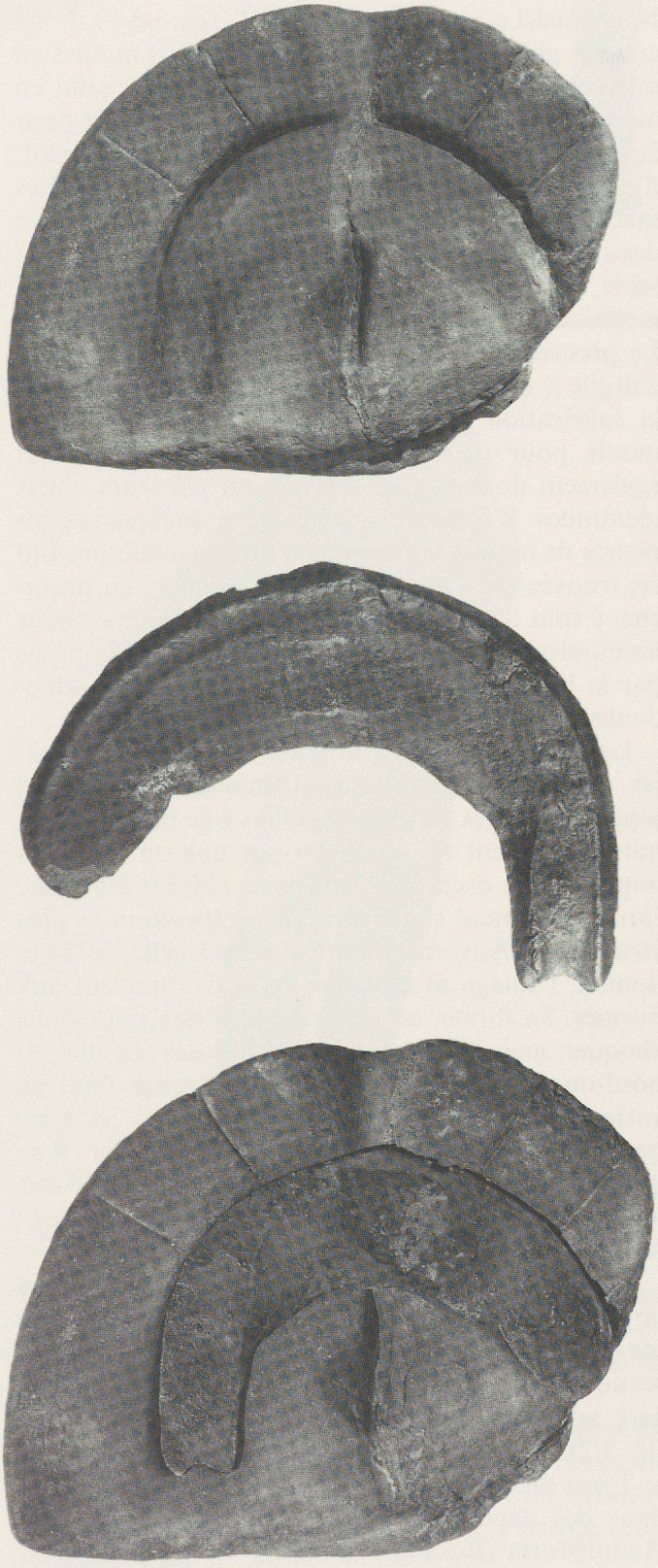


Fig. 43 Auvernier/Nord. La faucille 24/1, qui appartient au «dépôt» de 1971, est issue d'un moule en molasse trouvé le siècle passé à Auvernier (Rychner 1979, pl. 135/4).

pouvait faire office de deuxième valve, comme pour le moule en pierre. L'usage de moules en terre cuite est tout aussi possible mais il laisse cependant plus de traces archéologiques, traces que nous n'avons justement pas. L'emploi d'un modèle, peut-être en bois (Hodges 1954, 67, fig. 3), et de son empreinte dans le sable ou l'argile, permet d'expliquer facilement l'existence d'objets de forme et de composition identiques (21/1-6, 7-10; voir aussi les faucilles de Neuchâtel/Le Crêt, Rychner 1981, fig. 5/5-7). Il est en effet plus pratique de remplir plusieurs moules en une coulée que de remettre le creuset au chaud en attendant que le premier objet soit assez froid pour être démoulé. Il est beaucoup plus facile, également, d'obtenir une empreinte aussi détaillée que celles des faucilles d'Auvernier dans du sable ou de l'argile que dans la mollasse. On remarquera d'ailleurs que la seule faucille d'Auvernier sûrement coulée dans la mollasse est justement une des plus frustes d'aspect. Le procédé de fonte à cire perdue, dans un moule d'argile à usage unique, a aussi pu être utilisé pour la fabrication des faucilles. Si l'on dispose d'un moule pour couler le modèle en cire, il permet également de couler simultanément plusieurs objets identiques. Rappelons, enfin, que si quelques exemplaires de moules en bronze de haches à ailerons ont été trouvés dans les lacs, ceux de faucilles, en revanche, y sont totalement inconnus. La préférence pour les moules périssables nous semble avoir été imposée par le besoin de produire des faucilles plus individualisées que ne l'étaient les haches.

Le dendrogramme de la figure 45 classe les faucilles d'après leur composition chimique. Parmi les sept exemplaires les plus singuliers à ce point de vue, qui se signalent tous sauf un par une ou plusieurs impuretés en excès, un seulement (24/15) est d'une forme également singulière. La composition la plus étrangère à Auvernier/Nord est bien celle de 24/6, dont ni l'alliage ni le cuivre ne correspondent aux normes. Sa forme, en revanche, n'a rien pour nous choquer, mais il est vrai que la forme des faucilles au nord-ouest des Alpes à la fin du Bronze final ne varie que peu d'une région à l'autre. 24/6 est donc peut-être bien d'origine étrangère à Auvernier. Il se peut aussi, comme toujours en pareil cas, qu'elle soit le fruit de la refonte sur place d'un objet de provenance étrangère.

Le fragment de lame brute de fonte 24/17 est trop large et massif pour avoir appartenu à une faucille mais correspond parfaitement (taille, forme de la section) à la *serpe* de Corcelettes, également étrangère aux palafittes, publiée par M. Primas (1982, fig. 3/2), qui signale des pièces de comparaison dans le Tyrol du Sud (Lunz 1973, pl. 23/1, 4) mais aussi dans des dépôts au nord des Alpes, à Hallstatt/Rudolfsturm (Reitinger 1968, fig. 91), à Pfeffingen et à Winterlingen (Müller-Karpe 1959, pl. 164/15; 171 B/1). Les très singulières proportions d'étain et de plomb tendent à confirmer le caractère exogène

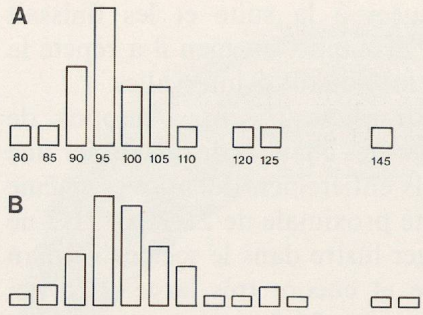


Fig. 44 Auvernier/Nord. Faucilles. Surface du plus petit rectangle enveloppant en centimètres carrés. B = courbe régularisée. Un carré = une unité.

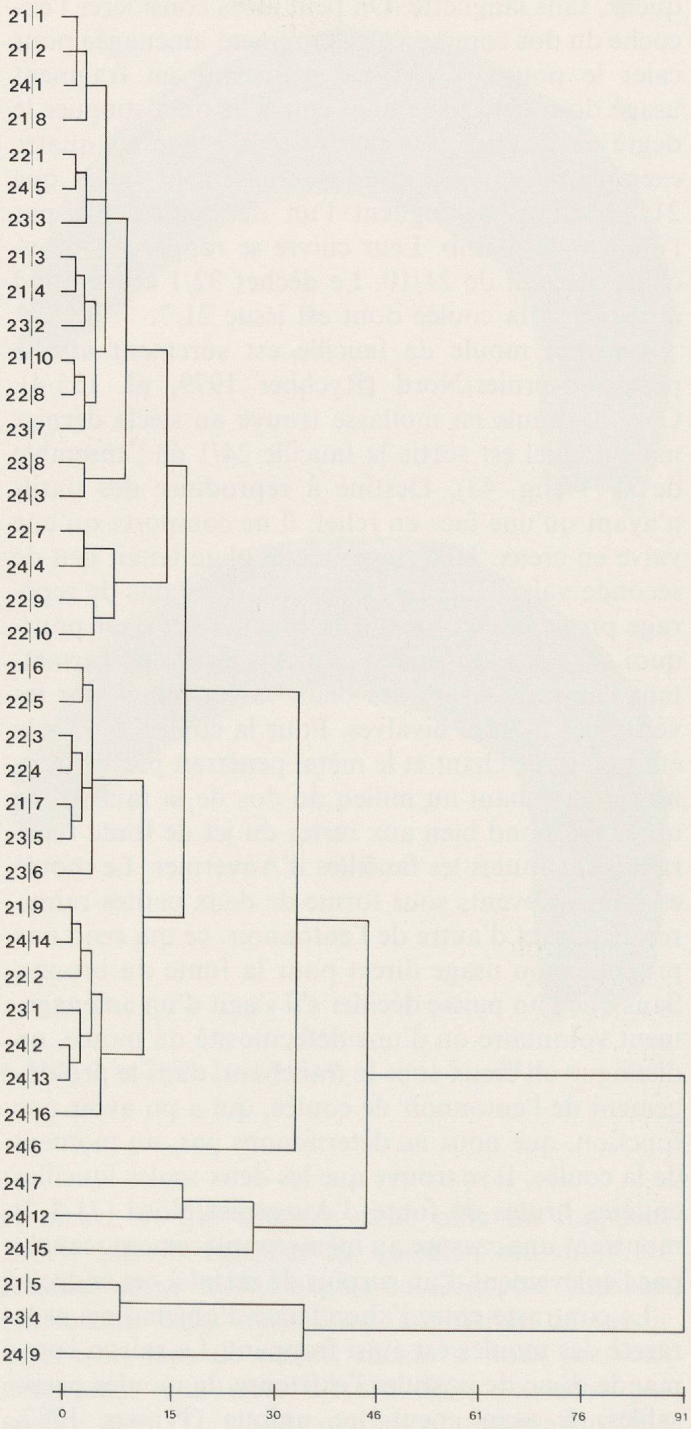


Fig. 45 Auvernier/Nord. Composition chimique des faucilles (Sn, Pb, As, Sb, Ni, Co). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante. Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet.

de l'objet. Il ne s'agit donc pas d'une forme étrangère adoptée à Auvernier mais d'un simple bout de matière première y ayant abouti à la suite, peut-être, de nombreux détours et d'autant de transactions.

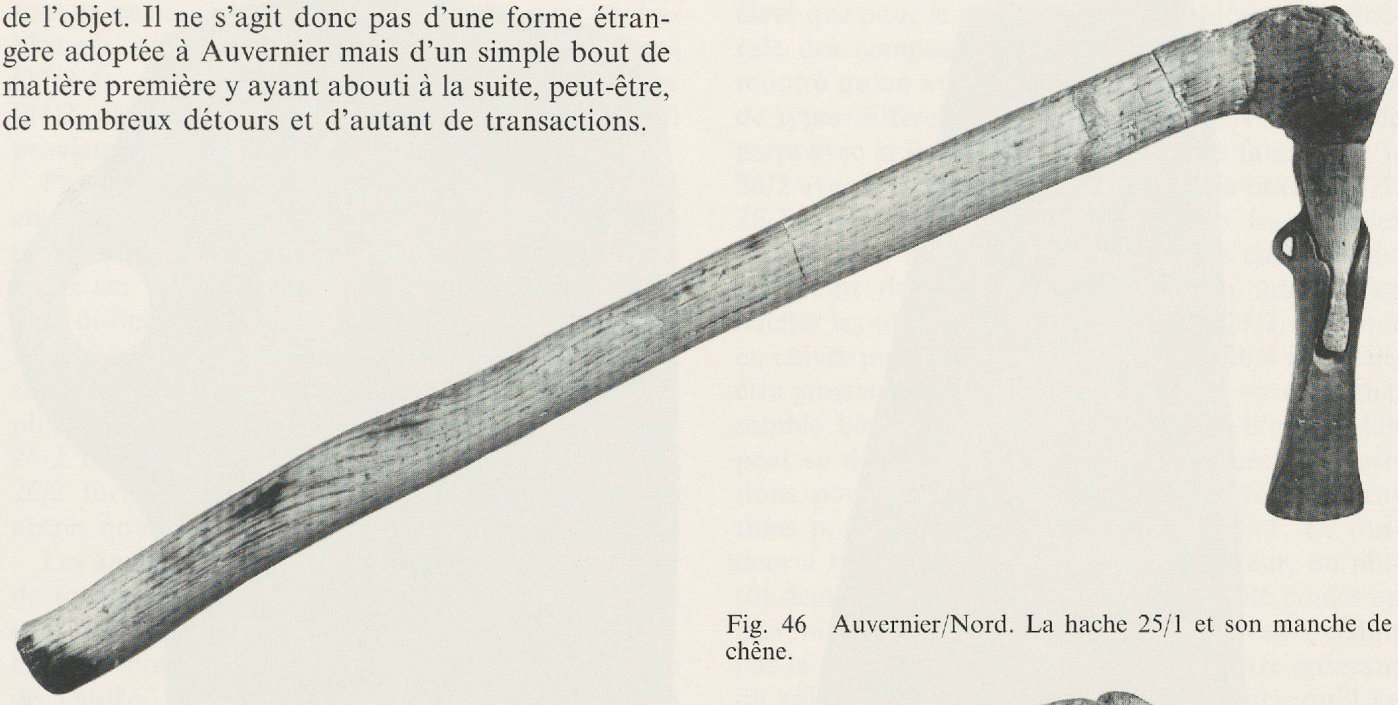


Fig. 46 Auvernier/Nord. La hache 25/1 et son manche de chêne.

4.11. Haches 25/1 – 28/16

Avec les bracelets et les faucilles, les haches sont les objets les mieux représentés dans l'ensemble de 1971. On y dénombre douze exemplaires complets ou à peu près et treize fragments d'au moins sept individus. Comme nous l'avons déjà remarqué à propos des faucilles, différents stades de la vie d'une hache sont ici représentés. Parmi les onze exemplaires complets, cinq sont en parfait état, ne présentant aucune avarie, ni au tranchant, qui est aiguisé, ni aux ailerons (25/1, 5; 26/2-3, 5). 25/1 mise à part, dont les proportions sont différentes, nous ne pensons pas, cependant, qu'il s'agisse d'outils neufs. La relative brièveté de la lame proprement dite par rapport aux ailerons suggère plutôt, en effet, une remise en état du tranchant. Les sept autres, avariées à des degrés divers, sont toutes hors d'usage et se trouvaient aux mains du bronzier soit pour être réparées soit pour être refondues. 26/4, pour commencer, qui est en cuivre pur, est cassée en deux morceaux et cet accident, d'après la longueur de la lame, n'a pas dû survenir après un long usage. A en juger par l'étroitesse du tranchant, très peu galbé en comparaison des autres, on peut même se demander si la finition de l'outil était bien terminée. Un aileron, en tout cas, n'avait pas supporté le martelage de mise en forme. Un défaut de coulée, matérialisé par les grosses bulles visibles à la base des ailerons (fig. 48), condamnait 26/6, mais il semble avoir passé un moment inaperçu puisque les ailerons de l'autre face ont été mis en forme et que le galbe du tranchant, maintenant cassé, indique qu'il a dû subir au moins un début de forgeage. Les cinq autres haches souffrent simplement d'un tranchant ébréché et ne sont donc que provisoirement hors d'usage. Un remodelage du fil allait les remettre en état, à



l'image de 26/2-3 et 28/1, que nous croyons ainsi réparées. D'après la longueur des lames, 25/2-4, 6 en seraient à leur première réparation, 26/1 sans doute à sa deuxième.

A en juger par la qualité de la surface, l'aspect du tranchant ou la courbure des ailerons, les fragments de hache, bronze de rebut destiné à la refonte, proviennent tous d'outils usagés et non pas de ratés de fabrication.

Le reste des fouilles a produit sept autres haches dont deux (27/1-2), avec le fragment 28/4, appartenaient au petit ensemble de 1968. Trois exemplaires



Fig. 47 Auvernier/Nord. Fragment distal de la hache 26/4. La lame, en cuivre pur, garde les traces très nettes du forgeage au marteau.

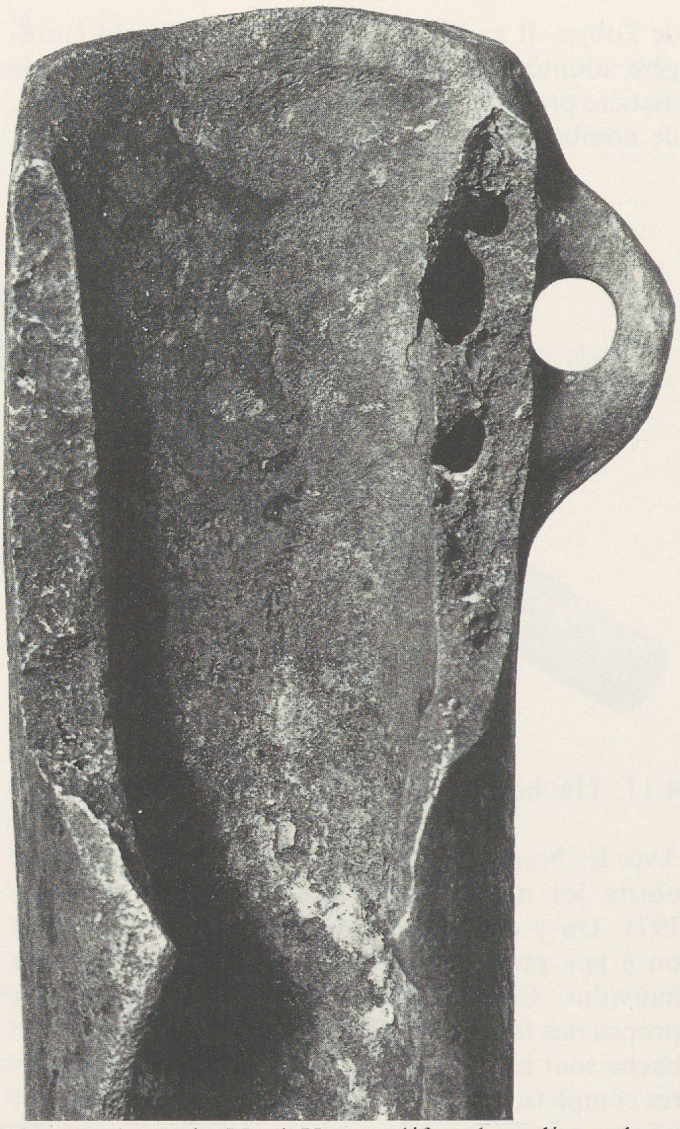


Fig. 48 Auvernier/Nord. Un gros défaut de coulée condamnait la hache 26/6. Des bulles d'air, au moment de la coulée, étaient en effet restées emprisonnées dans un aileron, qui a dû casser lors de sa mise en forme par martelage.



Fig. 49 Auvernier/Nord. Extrémité distale de la hache 25/4. A gauche, le long du tranchant, on distingue les stries horizontales engendrées par l'affûtage de l'outil.

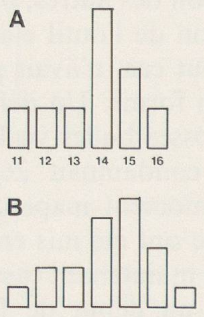


Fig. 50 Auvernier/Nord. Longueur des haches en centimètres. B = courbe régularisée. Un carré = une unité.

sont en parfait état (27/1, 5; 28/1), deux sont probablement utilisables malgré de petites ébréchures (27/3-4), les deux dernières étant hors d'usage (27/2, 6). Les deux fragments de rebut (28/12, 16) proviennent comme les autres de haches usagées.

Parce que les opérations de finissage de l'objet entre sa sortie du moule et sa mise en service influent plus profondément sur sa forme définitive, en particulier sur celles du tranchant et des ailerons, il est plus difficile de reconnaître dans la population des haches que dans celle des faucilles celles qui ont pu sortir du même moule. Il nous paraît cependant au plus haut point vraisemblable de considérer 25/1-4, 28/2 et peut-être 25/5 comme identiques. 26/1 et 26/2 forment un deuxième groupe, alors que les autres nous semblent chacune de forme différente.

Les analyses (fig. 51) montrent que les cinq haches de forme identique (28/2 n'est pas analysée) ne le sont pas du point de vue de leur composition. 25/1 et 25/5 sont cependant extrêmement voisines l'une de l'autre, comme le sont aussi 25/2-3. 25/5, en revanche, a sans doute été coulée en même temps que 26/2 et 27/6, chacune de forme différente. 26/1, 26/3, 27/3 et 28/1 forment avec elles un groupe très homogène, les deux dernières étant d'ailleurs constituées du même cuivre. 26/5, 27/4 et 28/13 composent un autre triplet vraisemblablement issu du même creuset, quoique l'indice de corrélation reste moins

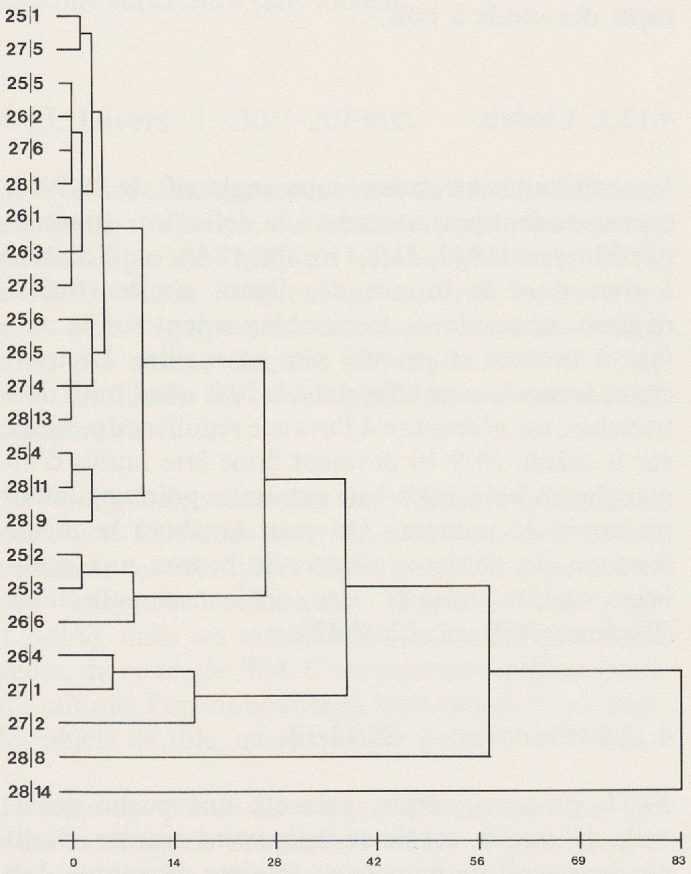


Fig. 51 Auvernier/Nord. Composition chimique des haches (Sn, Pb, As, Sb, Ni, Co). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante. Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet.

élevé que pour le premier triplet. La hiérarchie générale des compositions (tableau 8) avait également montré qu'on avait coulé en même temps des outils de types différents. C'est ainsi que 25/1 forme une paire avec la faucille 21/3, 26/1 avec la faucille 22/1, 26/2 avec le ciseau 29/3 ainsi qu'avec le bracelet 7/1, 26/3 avec le ciseau 29/2, 28/1 avec les faucilles 21/1-2, pour ne citer que les meilleures corrélations. Au point de vue de la composition interne, les haches les plus curieuses sont 26/4 et 27/2, qui sont en cuivre pur, sans plomb ni étain. Si 26/4 n'a peut-être jamais servi (voir ci-dessus), 27/2, en revanche, semble bien s'être ébréchée en cours d'usage. On peut se demander la signification de ces compositions pour le moins anachroniques. Trois explications possibles nous viennent à l'esprit. 1. Le fondeur a tout simplement commis une erreur, ou plutôt deux, car les deux objets n'ont pas été coulés en une fois; 2. le fondeur a voulu faire un essai, séduit par la couleur rouge du cuivre et peut-être ignorant du rôle fonctionnel de l'étain (durcisseur), qu'il ne manquait jamais d'ajouter, sans ça, dans son creuset; 3. le fondeur a refondu un ou plusieurs objets chalcolithiques sans s'apercevoir qu'ils ne contenaient ni étain ni plomb. Dans le cas de 27/2, la composition de l'objet parle en faveur de la troisième hypothèse, car elle compte parmi les plus aberrantes d'Auvernier (antimoine très fort, nickel très faible, cobalt nul). Le cuivre de 26/4, par contre, identique à celui de la faucille 22/10, ne révèle aucune anomalie. La troisième explication, dans ce cas, paraît donc exclue.

Aucune des haches des anciennes collections n'est identique à l'une ou l'autre de l'ensemble présenté ici. Deux exemplaires (Rychner 1979, pl. 121/6; 123/6) se rapprochent cependant beaucoup des cinq outils identiques mentionnés ci-dessus, alors qu'un troisième (Rychner 1979, pl. 122/4) ressemble de près à 27/3. Une bonne partie des haches datées Ha B2 dans les anciennes collections sont caractérisées par un petit bourrelet pointu sous les ailerons, trait qui n'apparaît que sur deux haches des fouilles récentes (26/4; 27/3).

Malgré toutes les différences de détail qui individualisent la plupart des haches, il va de soi, cependant, qu'elles forment un tout extrêmement homogène, à ranger dans la classe des haches à ailerons supérieurs et anneau, fossiles directeurs du Ha B final en Europe centre-occidentale (Rychner 1979, 82; 1986e; Kibbert 1984). Comme nous l'avons déjà signalé, toutes les haches à ailerons supérieurs et anneau ne sont pas aussi tardives. L'ensemble de Neuchâtel/Le Crêt (Rychner 1975, pl. 7; 1981, fig. 5) nous montre en effet l'existence, au Ha B1, de haches de ce type, caractérisées, par rapport à la majorité de celles d'Auvernier/Nord, par une silhouette moins élancée, dont la plus grande partie s'inscrit dans un rectangle, par des ailerons situés peut-être un peu plus bas et par un poids nettement

plus élevé. De telles haches se retrouvaient aussi dans les anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 120/2 – 121/4). Parmi le produit des fouilles récentes, seule 26/5 évoque cette forme plus ancienne. Dans les palafittes, les plus anciennes haches à ailerons et anneau remontent vraisemblablement au Ha A2 (Rychner 1986d, fig. 2/7; 1986e, fig. 1).

Outil fondamental de ces palafitteurs grands consommateurs de bois, la hache a probablement aussi dû servir, au besoin, d'arme de combat. Remarquons que les haches de ce type ne sont pour ainsi dire jamais décorées et qu'elles ne font donc pas penser à des objets de prestige comme ont dû l'être les épées, certains couteaux et les pointes de lance décorées. Le talon aplati de certains exemplaires (26/3 en particulier) montre d'autre part que dans le travail du bois, l'outil a aussi été employé sans manche, comme coin.

La fabrication sur place de ces outils est prouvée par les moules retrouvés à Auvernier. Ils sont bivalves, en mollasse ou en bronze. A la première catégorie appartiennent un moule complet et une valve isolée (Rychner 1979, pl. 132/2-3; 136/1), à la seconde un moule complet également (Rychner 1979, pl. 137/7) ainsi que la valve isolée et brisée trouvée en 1971 dans la «fonderie» d'Auvernier/Nord (35/1, p. 78-80).

4.12. Outils divers 29/2-37

En regard de la grande abondance de faucilles et de haches, outils de première nécessité, les autres outils sont peu nombreux et n'ajoutent rien de très nouveau à l'inventaire des anciennes collections.

4.12.1. Marteaux 29/5-8

Avec quatre exemplaires, ce sont les mieux représentés (Nicolardot/Gaucher 1975, 7-18; Jockenhövel 1982). Ils sont tous à douille, mais tous différents. 29/6-7 se rangent dans la famille des marteaux à douille carrée, avec et sans anneau, sans que nous sachions si la présence de l'anneau a la même valeur chronologique que pour les haches. La présence de 29/6, complet, dans l'ensemble de 1971 ne parle pas en faveur de cette hypothèse. Le marteau à douille ronde 29/5 était lui aussi pourvu d'un anneau, au contraire du marteau de même type trouvé au siècle dernier (Rychner 1979, pl. 125/2). 29/8, enfin, représente une forme encore inconnue à Auvernier. Comme la plupart de ceux des anciennes collections, 29/5-8 présentent une face active convexe, ronde ou plus ou moins rectangulaire, mais leur poids s'échelonne entre 129 g (29/6) et 258 g (29/7). Ils servaient tous au martelage du métal et leur relativement grand nombre à Auvernier peut donc être mis en rapport non seulement avec celui des phalères et des bracelets en tôle de bronze, mais avec le travail du forgeron en général, dont le marteau était l'outil essentiel dans la finition des objets coulés. Des marteaux si légers, cependant, ne se prêtaient guère au martelage des gros objets, qui ont pu être travaillés à l'aide de simples galets (Hundt 1986, 279). La rareté des *enclumes* (un exemplaire seulement à Auvernier, Rychner 1979, pl. 125/9) contraste avec l'abondance des marteaux.

4.12.2. Ciseaux 29/2-4

Ils sont les trois d'un type bien connu (Rychner 1979, pl. 125/18-19), et pas seulement dans les palafittes (Nicolardot/Gaucher 1975, 123-124). 29/2-3 appartenaient au dépôt de 1971, le premier comme outil neuf, le second peut-être comme outil réaménagé, si l'on considère la longueur de la lame par rapport à celle de la douille. Vu l'état très endommagé de l'embouchure, 29/4, trouvaille ultérieure, est peut-être à considérer comme hors d'usage. Les trois ciseaux ont une composition très voisine. Contrairement aux plus petits ciseaux, qui ont la lame arrondie, comme 29/9-10, les gros ciseaux à douille du modèle de 29/2-4 étaient très certainement des outils à bois.

4.12.3. Ciselets 29/9-10

Les extrémités arrondies, sans angle vif, de 29/9-10, correspondent parfaitement à la définition du *tracer* par Maryon (1949, 115, 116, fig. 18A), outil destiné à tirer dans le bronze des lignes ciselées (métal déplacé, non enlevé), posé obliquement sur la surface à décorer et percuté par un maillet. Le tranchant arrondi, sans effet dans le bois que l'outil doit trancher, est nécessaire à l'avance régulière du ciseau sur le métal. 29/9-10 devaient donc être munis d'un manche en bois, mais leur extrémité pointue a aussi pu servir de poinçon. On peut attribuer la même fonction de ciseau à décorer le bronze aux nombreux petits ciseaux des anciennes collections (Rychner 1979, pl. 126/4-12).

4.12.4. Poinçons 29/11-13

29/11, poinçon simple, présente une partie proximale de section carrée et légèrement crantée, destinée à recevoir un manche en matière organique. Les restes d'un manche en bois sont encore fixés au petit poinçon 29/12. Quant à 29/13, qui a son exact parallèle dans les anciennes collections (Rychner

1979, pl. 126/25), on ne sait trop comment l'identifier précisément, ses extrémités étant trop peu affûtées pour celles d'un vrai poinçon. Peut-être avons-nous affaire à l'outil destiné à marquer les perles en relief dans la tôle de bronze, en particulier dans les phalères.

4.12.5. Hameçons 29/14-37

Les hameçons des anciennes collections (Rychner 1979, pl. 126/30 – 127/69), d'après leur longueur, se répartissaient en trois groupes d'inégale importance. Les hameçons «normaux» étaient en effet compris entre 20 et 60 mm, surtout entre 30 et 45. Un deuxième groupe, très peu peuplé, de grands hameçons, se situait entre 70 et 85 mm, alors que trois hameçons de taille exceptionnelle dépassaient les 100 mm. Parmi les nombreux hameçons simples ou doubles trouvés récemment, seul 29/14 dépasse la grandeur moyenne et se range dans le groupe des grands hameçons. On peut considérer tous les autres comme des hameçons de taille normale. On remarquera la rareté des tiges martelées et encochées par rapport aux tiges recourbées. Il n'est donc pas exclu que celles-ci soient en moyenne plus récentes que celles-là.

29/1 est la moitié proximale d'une *herminette* à ailerons supérieurs sans anneau.

4.13. Divers 30/1-20

30/1 est un classique exemplaire de tube en bronze à extrémité vasiforme, ou *tubuccin*, pour reprendre la terminologie de Millotte (Reboul/Millotte 1975, F 32/13-14). Sa fonction, qui pourrait être en rapport avec l'équipement des chevaux ou des chars, n'est pas encore élucidée (Rychner 1979, pl. 129/3-7). La douille 30/2 avait peut-être une destination comparable.

30/3-4 appartiennent sans doute aussi à la catégorie des objets finis mais nous ne savons pas exactement comment les identifier. 30/3 ressemble à un ciseau des anciennes collections (Rychner 1979, pl. 126/9A), mais ses extrémités sont mousses, comme celles, du reste, de 30/4. C'est peut-être avec ce genre d'outil que l'on emboutissait les côtes en relief dans les objets de tôle, en particulier dans les phalères.

Le reste des pièces diverses est à ranger à coup sûr dans la catégorie des déchets. 30/13-17 proviennent d'objets en tôle martelée. Les autres débris sont au contraire en bronze moulé. 30/9 est sans doute un fragment de pointe de lance, 30/20 le débris d'un couteau.

4.14. Déchets de fonderie

4.14.1. Lingots, surplus de coulée 31/1 – 32/4

31/1-2 sont deux menus fragments de *lingots de cuivre* plano-convexes. Avec une face supérieure plate et une face inférieure hémisphérique, ces lingots passent pour représenter la masse de cuivre métallique obtenue par fonte réductrice du minerai, soit simplement accumulée au fond du four, soit coulée du four dans une cuvette sommaire aménagée immédiatement à côté et au-dessous (Tylecote 1962, 31, fig. 5; 1976, 30, fig. 16). Déjà rugueuse du fait qu'ils n'ont pas été coulés dans de véritables moules, la surface de ces lingots est en outre souvent très poreuse et boursouflée. Elle correspond à une texture intérieure peu homogène, riche en vacuoles dues à la mauvaise évacuation des gaz de coulée. Les fragments d'Auvernier n'ont pas cette apparence spongieuse. Quelques bulles sont bien visibles sur la face inférieure de 31/1, mais l'examen microstructural de 31/2 a révélé un métal brut de coulée, à structure dendritique, mais parfaitement homogène, comportant, cependant, des inclusions de sulfures un peu plus nombreuses que dans les objets finis. Les deux lingots ne semblent donc pas avoir été récoltés directement au fond d'un four. Ils correspondent vraisemblablement à un raffinage plus poussé du métal.

Peu représenté au Bronze ancien et au Bronze moyen, le lingot plano-convexe est le type de lingot le plus fréquent dans le Bronze final d'Europe centrale et occidentale, où il apparaît dans de très nombreux dépôts, et parfois en quantités impressionnantes (600 kg dans le dépôt de Rochelongue, Bouscaras 1966, 110). Son poids est très variable. Les douze exemplaires anglais signalés par Tylecote (1962, 30) pèsent entre 1500 et 6300 g. Celui d'Aesch (Leuthardt 1922-25, 102-117, pl. 5) pèse 5000 g, tandis que le plus gros exemplaire de Rochelongue dépasse 7000 g. De si gros lingots devraient être l'exception. L'exemplaire de Worthing figuré par Tylecote (1962, 29), mesurant 145 mm de diamètre pour un poids d'environ 1800 g, peut sans doute représenter une moyenne approximative, dans laquelle s'insèrent bien les quatre lingots complets de Schiers (Keller-Tarnuzzer 1935, 87, fig. 11-14). Ils pèsent entre 1035 et 2267 g pour des diamètres de 126 à 148 mm et des épaisseurs de 37 à 42 mm. D'après la forme de leur section, les fragments d'Auvernier devaient appartenir à des lingots comparables.

Les analyses de lingots plano-convexes ne sont pas légion. L'étude technique la plus complète est celle de Giot, Bourhis et Briard (1966, 25-42), qui ont analysé septante exemplaires armoricains. On peut être étonné par la pureté de ces cuivres, située le plus souvent entre 97.9 et 98.4%. Il est ainsi

frappant de constater que la teneur globale en impuretés est, en moyenne, nettement inférieure à celle des objets finis du même contexte culturel, ce qui ressort bien de la comparaison des graphiques des pages 22 et 41. Généralement basses, les teneurs en impuretés des lingots bretons ne révèlent cependant aucune homogénéité. L'étain et le plomb ne sont présents qu'en traces, tandis que les autres éléments mesurés sont, dans l'ordre décroissant, l'arsenic (0.16% en moyenne), l'antimoine (0.071), le nickel (0.061), l'argent (0.049) et le bismuth (0.007). Les analyses rassemblées par Tylecote (1962, 30) montrent également des cuivres très purs, entre 98.5 et 99.9%, mais les analyses portent sur un nombre plus restreint d'éléments. L'analyse d'un lingot du dépôt de Vénat (Coffyn/Gomez/Mohen 1981, 27, N° 39) révèle elle aussi un cuivre d'une pureté supérieure à 98%. On ne peut malheureusement pas tirer grand-chose de l'analyse de lingots de Volders, dans le Tyrol, puisqu'elle reste semi-quantitative, comme toutes celles publiées par l'école viennoise. Il s'agit de cuivre, contenant de bonnes traces de plomb, d'arsenic, d'antimoine, d'argent, de nickel, de bismuth, de cobalt et de zinc (Neuninger/Pittioni/Preuschen 1960, 26). Deux des lingots plano-convexes de Schiers (Keller-Tarnuzzer 1935, 89) ont été autrefois analysés. L'un est en cuivre pur mais l'autre est un bronze à 23% d'étain et 3% de plomb (voir aussi les analyses des lingots d'Echallens et de Corcelettes, Rychner 1984a et b).

L'analyse montre que les fragments d'Auvernier étaient de cuivre non allié, exempt d'étain mais pas entièrement de plomb (31/1). Ces deux cuivres sont toutefois nettement moins purs que les lingots armoricains puisque 31/1 n'est qu'à 95.54%, 31/2 à 97.68%. La prise en compte du soufre, dont les inclusions sont assez abondantes dans 31/1, réduirait encore le taux de pureté. Au point de vue de leur composition, les deux lingots se ressemblent dans la mesure où ils contiennent tous deux de l'arsenic, de l'antimoine, du nickel, du cobalt et du zinc en quantités notables. Nickel excepté, ces éléments se retrouvent chaque fois, cependant dans des concentrations assez différentes. La teneur en arsenic de 31/1, exceptionnellement élevée, est de loin la plus forte rencontrée à Auvernier. La relativement forte teneur en plomb dans un lingot de cuivre brut montre que la présence de ce métal dans le Bronze final de Suisse occidentale peut ne pas tenir dans tous les cas à un alliage intentionnel (par exemple à Neuchâtel/Le Crêt, Rychner 1981, 123). 31/2 se distingue en outre de 31/1 par une teneur exceptionnellement forte en argent, la plus élevée de celles mesurées à Auvernier. Si, par son schéma (Sb > As > Ni > Co) et par ses teneurs (le cas de l'argent est réservé), la composition de 31/2 correspond parfaitement à celle de la majorité des objets d'Auvernier/Nord, celle de 31/1, en revanche, à cause de ses teneurs en arsenic et en antimoine d'une part, de son schéma d'autre part (As > Ni > Co > Sb), doit être considérée comme spécialement «déviante» (voir addendum 1986, p. 37). Rappelons que trois objets finis attestent également la présence de cuivre pur à Auvernier/Nord: le bracelet 9/2, les haches 26/4 et 27/2, dont les compositions sont normales ou à peu près.

31/1-2, qui pèsent ensemble 79 g, représentent la totalité du cuivre brut retrouvé dans les palafittes d'Auvernier et conservé jusqu'à nos jours. Il est probable, bien sûr, que certains fragments peu dignes de figurer dans les vitrines des anciens collectionneurs ont été refondus au siècle passé. La quantité de métal ainsi disparue, cependant, ne devrait pas être considérable. La rareté des lingots de cuivre dans les palafittes, en effet, est un phénomène général en Suisse, qui s'observe également dans les collections riches en déchets peu esthétiques. De Corcelettes, par exemple, qui a livré des kilos de déchets de bronze, on ne connaît qu'un petit lingot et deux fragments (Rychner 1984a, fig. 1/1-3, 789 g en tout), et dans ses publications sur la technologie du bronze en Suisse, R. Wyss ne signale que trois fragments de Zurich/Wollishofen (Wyss 1967, fig. 16/4-6). Quatorze fragments de lingots plano-convexes, d'un poids total de 4800 g, en revanche, accompagnent quelques objets finis dans le dépôt d'Echallens, entre le lac Léman et le lac de Neuchâtel (Rychner 1984b). Le cuivre d'Echallens, cependant, est totalement différent de celui de Corcelettes et d'Auvernier. La rareté des lingots dans les palafittes montre que les bronziers n'y disposaient pas de réserves de cuivre, et que leur principale ressource, au moins à la fin de la période, consistait sans doute dans la refonte des objets usagés. Quant à l'étain et au plomb en lingots, ils sont encore plus rares que le cuivre (Rychner 1984a).

Malgré sa forme plano-convexe très irrégulière, 31/3 mérite également le nom de lingot. Il s'agit, dans ce cas, d'un bronze véritable, dont la composition, exactement comparable à celle des objets finis, montre qu'il résulte de la refonte d'objets d'Auvernier même. La surface supérieure de l'objet n'est pas approximativement unie comme celle des lingots 31/1-2. Les creux et les bosses, très arrondis, sont l'indice d'une coulée à l'état déjà pâteux du métal. 31/3 n'est donc pas à considérer comme un fond de creuset ou un culot récolté au fond d'un four, mais comme un surplus, versé dans une cuvette sommaire aménagée dans le sol même. Des inclusions de charbons de bois et de graines sont visibles sur les deux faces du lingot. L'analyse en a été effectuée par W. Schoch de l'Institut fédéral de recherches forestières à Birmensdorf (annexe 9, p. 106). Il a pu reconnaître treize fragments de charbon de sapin blanc *(Abies alba)*; cinq fragments carbonisés de brindilles d'un diamètre de 1 à 3 mm, dont quatre de saule *(Salix sp.)* et un de noisetier *(Corylus avellana)*; des graines carbonisées de pois, vraisemblablement cultivés *(Pisum sativum)*. Il est impossible de

savoir si les charbons de bois, qui jonchaient sans doute le sol aux alentours du four, se sont incrustés dans le bronze au moment de la coulée ou s'ils sont les restes d'une couche protectrice anti-oxydante recouvrant le métal fondu dans un traitement de réduction, peut-être par perchage, des éventuels oxydes de cuivre formés au cours de la fusion (Drescher 1957a, 60; Guillet/de Toro 1935, 460-461; Miller 1954, 292-293).

32/1 est, lui aussi, un petit lingot de bronze refondu, du type de composition habituel à Auvernier/Nord, et même identique à celle de la faucille 21/7. Sa section plano-convexe et son contour ellipsoïde évoquent le contenu d'une grosse cuillère.

32/2, lui aussi de section approximativement plano-convexe, est un simple déchet de forme fortuite, probablement tombé au sol en cours de coulée. Son aspect très tourmenté, plein d'angles vifs, contraste avec les formes rondes de 31/3. Il est l'indice d'un passage brusque de l'état liquide à l'état solide.

32/3-4 sont des remplissages de *jet de fonte*, brisés après le démoulage. 32/3 provient à coup sûr d'un moule de haches à ailerons supérieurs, mais pas du moule 35/1 qui possède un entonnoir d'une autre forme. D'après les sutures nettement visibles des deux côtés du plan de fracture, 32/4 provient également d'un entonnoir de coulée bivalve. Mais l'objet coulé n'est plus identifiable.

4.14.2. Moules en terre cuite 33/1 – 34/2

Les fragments de moule en terre cuite 33/1-5 ont été trouvés dans le même mètre carré que le bracelet 9/3 (voir aussi 34/1). Il est donc au plus haut point vraisemblable que le moule a servi à la fabrication de ce bracelet, qui est d'ailleurs presque brut de coulée.

Le moule a été brisé, comme l'implique la technique utilisée, celle de la cire perdue. Les fragments sont au nombre de cinq. Ils ne se raccordent pas les uns aux autres et sont en outre érodés, de sorte qu'il n'est pas facile de retrouver leur emplacement exact dans l'ensemble du moule, dont ils ne représentent qu'une petite partie.

Les fragments 33/1-3 se ressemblent. Ils sont allongés, avec une section en forme de C épais et ouvert, et portent sur la face concave l'empreinte de ce que nous pensons être la face externe du corps d'un bracelet. Ils comprennent deux couches nettement distinctes, l'une noire, de 4 à 6 mm, à l'intérieur, l'autre beige, orange ou rougeâtre, d'environ 6 mm, à l'extérieur. Par endroits, des empreintes digitales sur la surface extérieure montrent que le moule, à l'origine, ne devait pas être plus épais que les fragments actuels.

Un bout de 33/2 a été sacrifié pour une analyse chimique et pétrographique, réalisée par le professeur Marino Maggetti à l'Institut de minéralogie et de pétrographie de l'Université de Fribourg. Les résultats (voir annexe 10, p. 106-107) montrent d'une part que le bronzier a choisi pour ce moule une terre réfractaire, à matrice siliceuse, très riche naturellement en particules dégraissantes de quartz et de quartzite, d'autre part qu'il n'existe aucune différence ni de texture ni de composition chimique entre la partie intérieure foncée et la partie extérieure claire, qui sont donc constituées exactement du même matériau. La différence de couleur tient seulement à une teneur plus élevée de l'intérieur en FeO. Celle-ci est due à une cuisson réductrice de courte durée, causée très vraisemblablement par l'arrivée à l'intérieur du moule du bronze en fusion. L'hypothèse est confirmée par l'estimation des températures de cuisson, qui sont de 900-1000° C pour l'intérieur et de 600-800° C pour l'extérieur.

Par leur composition très maigre, riche en dégraissant quartzeux, et par l'épaisse couche noire qu'ils montrent du côté du métal, les fragments d'Auvernier correspondent parfaitement à ceux trouvés en abondance à Dainton, dans le Devon (Needham 1980, 192-193). Ceux-ci, cependant, étaient habituellement pourvus d'une enveloppe externe de la même terre que le moule à proprement parler, mais pétrie plus grossièrement.

33/4-5 trouvent plus difficilement leur place dans la restitution du moule. 33/4 va s'épaississant en direction de la partie la plus large. La profonde encoche transversale, au premier abord, paraît correspondre à l'empreinte de l'extrémité d'un tampon. Mais il est alors impossible de trouver la place du corps du bracelet dans la partie du fragment incurvée et noircie. D'autre part, si l'interprétation que nous donnons du fragment 33/5 est correcte, 33/4 ne peut pas se rapporter à un des tampons. Il appartenait peut-être à un autre moule.

La forme curieuse de 33/5 est due au hasard des fractures et à l'érosion. La face principale, entièrement noircie, a l'apparence d'une cupule à fond plat et à très légers rebords, de forme subcirculaire. Elle paraît avoir été en contact direct avec le métal. La perforation visible en son milieu débouche, de l'autre côté, sur la partie bombée du fragment, très largement noircie elle aussi. Très nettement érodée, elle ne représente certainement pas la surface du moule et elle n'a pas été en contact direct avec le métal. Elle ne correspond donc qu'à un plan de fracture. La face en cupule épouse assez exactement la forme de la face externe du plus grand des deux tampons du bracelet 9/3. Il est alors permis de voir dans la perforation le canal d'entrée du bronze en fusion. Il est impossible de savoir si celui-ci était versé dans le moule depuis un creuset, ou si le métal était fondu dans un creuset fermé et attenant au moule, comme cela se pratique aujourd'hui encore

au Cameroun (Fröhlich 1979, 15). Dans les deux cas, si le métal pénétrait à la fois par les deux tampons, comme le montre la trouvaille d'un bracelet brut de coulée à Corcelettes (Wyss 1971, 124, fig. 16), on ne comprend pas bien comment se passait à l'intérieur du moule l'évacuation des gaz, puisque le bracelet ne révèle l'aménagement d'aucun évent.

D'une façon générale, le moule frappe par la grossièreté de son argile qui, même dans les couches superficielles en contact avec le modèle en cire, contient de très nombreux petits graviers mesurant jusqu'à 6 mm dans le fragment 33/3. Elle ne semble donc pas s'être prêtée au moulage de détails très fins, par exemple d'un décor gravé. Et en effet, le bracelet 9/3 n'est pas décoré. Il a déjà été séparé de l'entonnoir de coulée mais cette première opération mise à part, il apparaît brut de fonte. Il conserve encore la partie du moule faisant office de noyau dans le creux du corps. Sa structure n'est pas plus fine que celle de l'enveloppe externe, puisque s'y trouvent inclus des cailloux mesurant jusqu'à 7 mm.

Trouvé à proximité du précédent, l'autre moule en terre cuite (34/2) n'est lui aussi conservé qu'en fragments, au nombre de trois, qui sont en raccord. La face qui a été en contact avec le métal est, aussi dans ce cas, profondément noircie, sur une épaisseur d'environ 5 mm. La face opposée, de couleur brun clair, représente l'extérieur du moule. On y distingue les traces d'un lissage grossier. La face interne révèle les empreintes nettes des têtes et d'une partie des tiges de quatre *épingles à petite tête vasiforme*. Elles ont donc été coulées en une seule pièce, contrairement à un autre grand groupe d'épingles vasiformes à tête surcoulée.

Les empreintes des tiges sont larges d'un peu plus de 3 mm et profondes de 2 mm. Ces trois fragments correspondent donc, dans l'épaisseur, à la moitié du moule dont l'épaisseur totale devait ainsi atteindre de 25 à 30 mm. A première vue (nous ne disposons d'aucune analyse), le matériau est le même que celui du moule de bracelet. Il frappe lui aussi par la relative grossièreté de sa texture, mal adaptée à reproduire d'éventuelles finesses de décor ou de forme. On ne sait d'ailleurs pas exactement de quelle technique de moulage relève 34/2. Les originaux à reproduire, en effet, étaient soit en cire et enfermés dans le moule qui ne servait alors qu'une fois, soit en bois, ou même en bronze. Le moule en terre cuite était à ce moment bivalve et, selon son état d'usure, il pouvait servir pour plusieurs coulées. Les fines rainures longitudinales visibles dans l'empreinte des tiges pourraient peut-être correspondre aux fibres d'un modèle en bois. L'état visiblement détritique du moule, cependant, semble plutôt montrer qu'il a été fracassé lors du démoulage, après une coulée à cire perdue. De la largeur de l'empreinte des tiges, on peut en tout cas déduire le caractère encore très grossier de l'objet brut de fonte et l'importance du travail de finition qui restait à fournir.

Les fragments de moules en argile sont rares dans les collections lacustres (Weidmann 1982) parce qu'ils ont passé jusqu'à maintenant complètement inaperçus et aussi, vraisemblablement, parce qu'ils se sont perdus et dissous dans les sédiments. Le grand nombre d'objets fabriqués entièrement ou en partie selon le procédé de la cire perdue montre en tout cas que ce genre de moule n'était pas rare à l'époque.

4.14.3. Moule en bronze 35/1

L'ensemble de 1971 contenait une valve de moule bivalve en bronze destiné à la fabrication de haches à ailerons supérieurs et anneau. Trois traits distinguent ce moule de celui des anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 137/7): l'ajustage des deux valves n'est pas assuré au moyen d'une rainure et d'un bourrelet continu mais seulement par deux mortaises et deux tenons situés au milieu de la longueur du moule, ce qui est peu, comparé, par exemple, aux huit mortaises et huit tenons du moule de Mâcon (Mohen 1978, 25, fig. 3); l'ouverture de l'anneau de préhension de la valve est non pas longitudinale mais transversale; enfin, l'extérieur de la valve ne comporte aucun aménagement décoratif. Les deux moules ont en commun la caractéristique de n'être pourvus d'aucun système d'évent. La même remarque est valable pour de nombreux moules de ce type, mais le moule de Mâcon, par exemple, est pourvus de deux canaux parallèles à l'entonnoir de coulée. Les deux moules d'Auvernier se ressemblent, finalement, dans la mesure où ils sont l'un et l'autre hors d'usage, brisés transversalement sous les ailerons. Dans l'ensemble de 1971, le moule, dont il ne subsiste d'ailleurs qu'une seule valve, ne doit donc pas être considéré comme l'outil du fondeur mais comme simple métal de rebut.

Les moules en bronze, surtout de haches, sont nombreux dans le Bronze final. En France, Mohen (1978, 31-32) en a répertorié une soixantaine. Ils sont rares dans les palafittes du Plateau suisse. Ceux d'Auvernier mis à part, nous ne connaissons que les moules de Morges (Van Muyden/Colomb 1896, pl. 34/2) et d'Estavayer (Wyss 1967, fig. 7). Ils sont eux aussi destinés à la fabrication de haches à ailerons supérieurs et anneau.

La question demeure controversée de savoir ce qu'on a coulé dans ces moules: directement du bronze, du plomb ou de l'étain en vue d'obtenir un modèle destiné à la fonte au sable, voire de la cire pour une coulée subséquente à la cire perdue. Les essais pratiqués sur le moule de Mâcon (Voce 1975; Coghlan 1975, 59-60), et surtout ceux de Drescher (1957a) sur des répliques de moules d'Allemagne du Nord, ont démontré qu'il était parfaitement possible de couler directement du bronze dans un moule en bronze, même si les alliages du moule et du métal

coulé avaient la même température de fusion. C'est d'ailleurs le cas à Auvernier: le moule est exactement du même bronze à 7% d'étain que les haches qui ont pu y être coulées. Les conclusions de Drescher et de Coghlan ont été reprises et résumées en dernier lieu par Mohen (1978).

L'expérimentation a montré que la réussite d'une coulée dans un moule en bronze dépendait de l'observation de quelques précautions élémentaires (Drescher 1957a, 56-60). La plus importante est de préchauffer le moule à une température d'autant plus haute qu'il est petit: 150° C pour le moule de Mâcon, 150-200° C pour les coulées de haches les plus réussies de Drescher. Même si une partie des gaz et de l'air peut s'échapper du moule à la jointure des deux valves, l'absence de système d'évent impose une prudence particulière lors de la coulée. Versé trop brusquement, le métal risque d'emprisonner des bulles au fond du creux des ailerons (voir notre hache 26/6). On évite cet accident en inclinant légèrement le moule, de façon que le métal en fusion, en coulant doucement, ménage toujours un espace libre pour l'échappement des gaz. La surface inclinée de quelques entonnoirs de coulée et la forme de certains moules anciens, entre autres de celui d'Auvernier (Rychner 1979, pl. 137/7), dont l'entonnoir est asymétrique, montrent que l'on procédait ainsi à l'âge du Bronze. Contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, la température du moule pendant la coulée ne monte jamais assez haut pour qu'il y ait soudure accidentelle entre le moule et l'objet. Un maximum de 600° C a été mesuré, ce qui reste de 500° C inférieur à la température de fusion. Le retrait du métal coulé, d'autant plus marqué qu'il se refroidit plus vite dans le bronze que dans l'argile, assure de toute façon un démoulage aisé. Il peut être encore facilité par l'application à l'intérieur du moule, avant la coulée, d'une fine couche d'argile, d'huile, de craie ou de graphite. La pellicule d'oxydation se formant au préchauffage du moule peut jouer le même rôle. Il convient, enfin, d'éviter le refroidissement brutal du moule après la coulée. Voce note que le moule de Mâcon est trois fois plus lourd que la hache qui en sort. Le moule d'Auvernier est relativement plus lourd. Entier, il pesait environ 1800 g pour des haches d'environ 480 g, soit un rapport de 3.75. Drescher a réussi douze coulées de suite dans le même moule sans que celui-ci révèle aucune trace d'usure. Il estime à une cinquantaine le nombre d'outils réalisables dans un même moule avant que celui-ci ne soit rendu définitivement hors d'usage par les écarts de température violents et répétés. Il mettait de dix à quinze minutes à fondre la quantité de bronze nécessaire à une hache. La coulée, le refroidissement et le démoulage de l'objet nécessitaient quinze autres minutes, le moule étant immédiatement réutilisable. En opérant avec plusieurs creusets et un moule, l'artisan de l'âge du Bronze était ainsi en mesure de fondre environ quatre haches en une heure. L'usage du moule en bronze se prêtait donc particulièrement bien à la fabrication d'objets stéréotypés et nécessaires en grand nombre. Ce n'est donc pas étonnant que la plupart des moules en bronze connus soient des moules de hache.

Malgré le caractère des plus convaincants des expériences de Drescher, la preuve formelle n'a pas encore été apportée que les bronziers lacustres ont bel et bien procédé de cette manière. Les traces de travail repérables sur les ailerons des haches et qui correspondent à leur mise en forme par martelage (ils étaient coulés droits pour permettre le démoulage) n'impliquent pas l'utilisation du moule en bronze ou en pierre. Il est, en effet, plus facile, dans le sable, de prendre l'empreinte d'ailerons droits que d'ailerons recourbés. Le martelage, en revanche, ne parle pas en faveur de la cire perdue car, dans ce cas, rien n'empêchait de recourber les ailerons déjà sur le modèle en cire. L'argument principal en faveur de l'utilisation directe des moules en bronze nous semble être celui du bon sens et de l'économie du travail: un moule en bronze se prêtant sans problème à la coulée directe d'une série d'objets, on peut admettre que les préhistoriques en ont profité et qu'ils ne se sont pas compliqué la vie en ne coulant dans ces moules que des modèles intermédiaires utilisés ensuite dans le procédé complexe de la fonte au sable dans des moules en plusieurs parties. Comment imaginer, d'autre part, que cette technique se soit ensuite perdue, puisqu'elle passe pour avoir été «inventée» au début du 18e siècle? C'est malgré tout l'idée défendue tout récemment par Goldmann (1981), qui ne peut d'ailleurs lui non plus étayer sa thèse d'aucune preuve.

Le moule d'Auvernier/Nord présente dans le creux de l'anneau et dans celui de l'aileron contigu un encroûtement gris brillant, trace possible, pensions-nous, du plomb ou de l'étain qu'on y aurait coulé. Il n'en est rien. L'analyse effectuée par François Schweizer au laboratoire du Musée d'art et d'histoire de Genève (annexe 11, p. 107) a montré que cet encroûtement, ne contenant pas d'étain et du plomb seulement en quantités très faibles, n'était en fait qu'un produit de corrosion du cuivre, composé de soufre et de cuivre. Il est donc assimilable à notre type de patine 1 (p. 39), caractéristique d'une partie des objets d'Auvernier/Nord.

La fracture du moule 35/1 ne révèle aucun défaut de coulée. Le bronze paraît au contraire parfaitement sain et homogène. Sans que l'on puisse le prouver, il est donc hautement probable qu'il a servi, et sans doute à couler du bronze. La longueur (155 mm) et la largeur de l'empreinte (32 mm sans l'anneau) correspondent parfaitement au modèle de hache d'Auvernier/Nord. La largeur du tranchant (35 mm) de l'outil brut demeure naturellement au-dessous de la valeur mesurée sur les outils finis après la préparation de la lame par forgeage et polissage.

Les trois moules de hache en bronze connus dans les palafittes datent tous du Ha B2. A Auvernier, les moules de hache en pierre sont plus anciens (Rychner 1979, pl. 132/2; 136/1). L'un (136/1) conserve en effet l'empreinte d'une hache sans anneau, typologiquement datable de Ha A2 ou de B1, alors que le second (132/1-3), celui d'une hache à anneau, est daté par les couteaux fondus sur l'autre face de la valve. Ceux-ci, à cause de leur dos droit mais du cran peu prononcé formé par l'extrémité proximale du tranchant, sont assimilables à des couteaux que nous avons datés du Ha B1 (Rychner 1979, pl. 110).

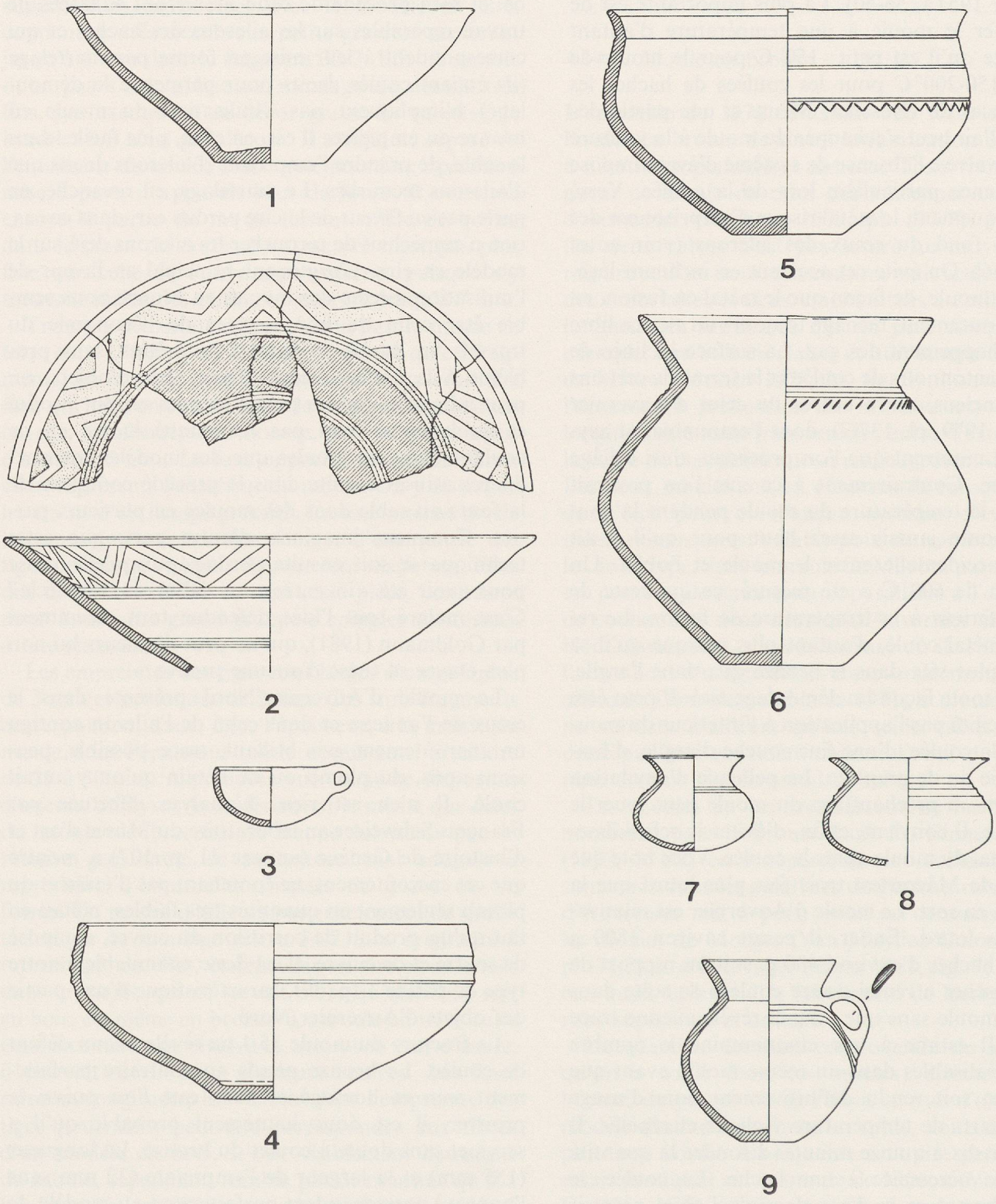


Fig. 52 Auvernier/Nord. Les formes de poterie considérées provisoirement comme les plus significatives, céramique grossière non comprise (Rychner 1974/75, fig. 1-7). Ecuelle (1), écuelle à riche décor interne, dans ce cas polychrome (rouge, noir, graphite) (2), tasse (3), jatte (4), plat creux (5), pot à rebord en entonnoir (6), petits pots typiques (7-8), pichet (9). D'après la nomenclature expliquée dans Rychner 1979. Parmi les décors linéaires, le sillon (5) et la cannelure (2, 4, 6-9) dominent largement.

4.15. Récapitulation

4.15.1. Chronologie

Parmi l'ensemble du matériel d'Auvernier/Nord, cinq objets seulement sur quatre cent vingt-neuf (= 1.16%), d'après leur typologie, doivent être considérés comme plus anciens que le Ha B final: 3/4, 6-7, 24/15-16. Les fragments 3/4 et 24/15-16 ne sont que du rebut destiné à la refonte et n'ont donc aucune signification. Les épingles 3/6-7, en revanche, sont entières. Elles représentent 0.47% de l'ensemble. 3/6, à tête cylindro-conique, a été trouvée en place, dans la maison 2. Elle est à considérer comme le survivant attardé d'une mode périmée, datant d'une phase antérieure du Bronze final (Ha A2-B1). 3/7, à tête annulaire et datant en principe du Bronze ancien, trouvée en surface hors de la zone des fouilles fines, peut fort bien avoir été amenée par les courants depuis une station voisine plus ancienne, ou avoir été récupérée par un habitant du village au voisinage d'Auvernier/Nord.

Dans une publication préliminaire (Rychner 1974/75, 63), sur la base de quelques poteries et de deux fragments de bronze (12/15; 20/11), nous avions proposé l'attribution de la station d'*Auvernier/Brena* au Ha B1, soit à la phase immédiatement antérieure à celle d'Auvernier/Nord. Cette datation n'est pas confirmée par l'examen de l'ensemble des bronzes de Brena, qui sont au nombre de vingt-six, parmi lesquels dix-huit pièces, totalement atypiques, ne peuvent être prises en considération dans une discussion chronologique (3/8; 4/3; 10/18, 23, 27; 11/3, 7, 10, 14, 59, 60, 66; 12/2-3; 29/10, 22; 30/18; 34/4). Cinq des huit pièces restantes sont des fossiles directeurs de la phase palafittique finale Ha B2, dont trois se retrouvent à Auvernier/Nord: les épingles à petite tête vasiforme 1/5 et 2/2, le bracelet astragalé 9/11, la pointe de lance de type Vénat 18/4 et le fragment d'épée de type Mörigen 18/8. Un seul objet nous paraît pouvoir être attribué sans discussion à la phase palafittique moyenne, Ha B1: 20/11, qui est la pointe d'un couteau à décor riche et à dos droit, inconnu dans le matériel d'Auvernier/Nord. La signification chronologique d'un pareil fragment n'est cependant pas d'un poids considérable. Restent deux fragments dont l'attribution chronologique demeure incertaine. Les demi-cercles concentriques du pendentif 12/15 peuvent évoquer le Ha B1 (Rychner 1979, pl. 110/1 – 111/8) mais le motif se retrouve aussi sur les bracelets les plus récents (5/1-5; 7/3-6). Quant au bracelet 9/4, duquel nous ne pouvons rapprocher aucune pièce de comparaison directe, nous avons signalé ses affinités possibles avec le Ha B1 sans nous prononcer catégoriquement sur sa datation. En résumé, les bronzes de Brena entiers et significatifs chronologiquement sont tous à dater du Ha B2 et sont donc contemporains d'Auvernier/Nord. Deux fragments ne doivent pas mais peuvent être attribués au Ha B1. Un seul fragment apparaît comme fossile directeur de cette phase ancienne. Il n'est donc pas possible, sur la base de la typologie des bronzes, de considérer Auvernier/Brena comme antérieur à Auvernier/Nord.

4.15.2. Appartenance culturelle

La pointe de lance de type Vénat (18/4), forme atlantique, est à Auvernier le seul objet intact d'apparence et sans doute de provenance étrangère. Le fragment 18/5 est peut-être à rattacher à la même sphère culturelle. Quatre autres objets, d'après leur typologie, sont à considérer comme exogènes, mais ce ne sont que des fragments, donc sans grande signification: les faucilles 24/15-16 sont d'aspect plutôt ancien et évoquent les Alpes orientales (p. 68); la serpe 24/17 et surtout le bracelet 9/19 nous paraissent plus embarrassants et nous ne pouvons leur attribuer d'origines précises (p. 59). La composition chimique de ces objets confirme le jugement typologique. Tout le reste de la collection s'insère parfaitement dans le groupe de la phase palafittique finale de Suisse occidentale (Rychner 1979, 107-149). C'est une occasion supplémentaire de constater la très forte homogénéité du matériel d'Auvernier/Nord, qui s'exprime aussi sur les plans de la technologie, de la typologie et de la chronologie.

4.15.3. Technique

- L'origine du cuivre n'est pas encore déterminée; une hypothèse vraisemblable la situe au Valais.
- L'origine du plomb et de l'étain est encore moins claire; les deux métaux sont utilisés indépendamment l'un de l'autre et ne sont pas mélangés entre eux avant d'être alliés au cuivre.
- Si les débris destinés à la refonte sont très abondants, les lingots de cuivre, d'étain et de plomb sont extrêmement rares ou même complètement inexistants.
- Les quatre impuretés du cuivre les plus significatives sont l'arsenic, l'antimoine, le nickel et le cobalt; le minerai utilisé devait donc être une chalcopyrite ou un cuivre gris *(Fahlerz)*.
- Ce sont avant tout les «schémas de composition» (importance relative des impuretés) qui distinguent les uns des autres les cuivres utilisés au Bronze moyen et au Bronze final. Le schéma dominant au Ha B2 en Suisse occidentale, donc à Auvernier, est Sb > As > Ni > Co.
- Les objets sont chacun de composition homogène.
- La métallurgie d'Auvernier/Nord forme un tout très homogène au double point de vue du matériau de base (cuivre) et de l'alliage en étain et en plomb (7 et 1.5% en moyenne).

– Des traces encore nettes d'un cuivre typique du Ha B1 (Sb > Ni > As > Co), cependant, pourraient signifier qu'à l'intérieur du Ha B2 Auvernier/Nord est un peu plus ancien que Corcelettes.
– A l'exception des phalères, pauvres en plomb, les différents types d'objets sont tous faits du même alliage.
– La fouille n'a mis au jour aucune installation de fonderie, aucun four, aucun creuset.
– Un moule en argile pour la fonte à cire perdue d'un bracelet (33/1-5) a pu être analysé en détail; un moule d'épingles vasiformes relève de la même technique (34/2).
– Un moule en bronze a très probablement servi à la fabrication directe de haches à ailerons (pl. 35).
– D'une façon générale, la rareté des moules contraste avec l'abondance des objets finis, surtout en ce qui concerne les faucilles.
– Le travail de la tôle de bronze martelée (phalères, bracelets) connaît une grande vogue à Auvernier/Nord à la fin du Bronze final. On est d'autant plus étonné de l'absence de récipients en bronze.
– Le fer, qui apparaît à cette époque, n'est attesté à Auvernier/Nord que par une seule petite épingle (3/9).

Zusammenfassung

Unsere Doktorarbeit, die wir 1979 publiziert haben, war dem spätbronzezeitlichen Fundmaterial von Auvernier gewidmet, das dort zwischen der Entdeckung der Siedlung im Jahre 1854 und der Wiederaufnahme der systematischen Ausgrabungen im Jahre 1968 gefunden worden ist. Die vorliegende Arbeit soll die Publikation von 1979 nicht nur verlängern, sondern sie auch ergänzen. So möchte sie einerseits die bereits veröffentlichte Sammlung mit den vierhundertzweiunddreissig seit 1968 ausgegrabenen Bronzeobjekten bereichern, und anderseits deren Studie erweitern, die sich bis heute auf typologische und chronologische Fragen beschränkte. Unsere Arbeit, die jetzt mehr technisch ausgerichtet ist, stützt sich vor allem auf die chemischen Bronzeanalysen und die Metallographie, aber auch auf die Beschreibung von gewissen formellen Aspekten, und erlaubt so, die interne und die externe, traditionelle Typologie einander gegenüberzustellen.

Diese Bronzeobjekte sind selbstverständlich nicht isoliert gefunden worden. Sie befanden sich in Verbindung mit tierischen und pflanzlichen Restmaterialien, mit Objekten aus organischem Material, mit Steingeräten und vor allem mit einer derart reichlich vorhandenen Keramik, dass es unmöglich war, ihre Veröffentlichung gleichzeitig zu unternehmen. Die Abbildung 52 gibt einen Überblick über die gängigsten Gefässformen von Auvernier/Nord.

Das metallische Fundgut, das in Auvernier zwischen 1968 und 1975 gefunden worden ist, bildet ganz offensichtlich einen typologisch sehr homogenen Komplex, der zum späten Hallstatt B gehört (B2 oder B3 je nach der Terminologie; Bronze final IIIb). Es ist unmöglich, diesen Komplex feiner zu unterteilen. Der nicht vollständige Häuserplan, den Béat Arnold ausgearbeitet hat, zeigt übrigens keine nennenswerte Änderung, und die von der Dendrochronologie identifizierten Fälljahre der Bäume verteilen sich regelmässig zwischen 878 und 850 v. Chr. Die dünnen und zu nahe aufeinanderliegenden Schichten erlauben es nicht, die chronologische Typologie zu verbessern, aber sie zeigen neue Aspekte der Sedimentationsbedingungen der Objekte. Es scheint nämlich, dass fast nichts vom Fundgut Auvernier/Nord bei der überstürzten und endgültigen Flucht der Dorfbewohner liegengelassen wurde, sondern dass der Grossteil vielmehr bei einer starken Überschwemmung zufällig in die Seekreide gestampft wurde, und dies vor dem endgültigen Verlassen des Dorfes.

Die Fundobjekte von Auvernier/Nord wurden in vier sich folgenden Etappen eingesammelt. Jede dieser vier Etappen war durch verschiedene, immer feiner werdende Techniken charakterisiert: im Jahre 1969 war es ein Saugbagger; 1971 war es Unterwasserbergung, von 1972 bis 1974 waren es Unterwasserausgrabungen und von 1974 bis 1975 dann Freiluftausgrabungen im Polder. Nur die letzten Ausgrabungen im Polder und, in gewissem Masse, die Unterwasseruntersuchungen von 1972 bis 1974 haben genaue Auskünfte über die topographische und stratigraphische Lage der Objekte geliefert. Leider wurde mehr als die Hälfte der Metallfunde von Auvernier/Nord zwischen 1969 und 1971 gefunden. Diese Hälfte besteht vor allem aus dem «Depot», in dem 1971 hundertvierundneunzig Objekte gefunden worden sind. Diese Gruppe, in welcher Neues, Gebrauchtes und Ausschuss gemischt vorkommen, und die vor allem Sicheln, Beile und Armbänder enthält, kommt der Kategorie «Brucherzhorte gemischten Inhalts» am Nächsten, die damals in Zentral- und Westeuropa bekannt ist.

Das Dorf Auvernier/Brena, welches im Westen des nördlichen Dorfes liegt, ist nur teilweise und unter Wasser untersucht worden. Die dazugehörende Dokumentation fehlt fast ganz und es ist deshalb unmöglich irgendwelche Verbindungen, vor allem solche chronologischer Art, mit dem Nachbardorf Auvernier/Nord herzustellen.

Die chemischen Metallanalysen bilden den originellsten Teil der vorliegenden Studie, denn Auvernier/Nord ist der erste Komplex der schweizerischen Bronzezeit, welcher einem so weitgehenden Untersuchungsprogramm unterzogen wird (hundertzweiunddreissig analysierte Objekte, was etwa dem Drittel des ganzen Inventars entspricht). Aus dieser Analyse per Atomemissionspektrometrie geht in erster Linie hervor, dass die Metallurgie der pfahlbauerischen Spätbronzezeit nicht einfach das erwartete Gemisch von zufälligem und sukzessivem Zusammenschmelzen verschiedenartig alten und von überall herkommenden Materials war, sondern dass sie vielmehr als homogenes Resultat eines klaren, technischen Rezeptes und eines genau bestimmten Grundmaterials angeschaut werden darf. Die Bronzen von Auvernier sind mehrheitlich dadurch cha-

rakterisiert, dass sie einerseits ein immer gleichbleibendes Verhältnis von Zinn und Blei haben, die dem Kupfer absichtlich beigefügt wurden, und anderseits einen festen Anteil von Unreinheiten aufweisen, was vermuten lässt, dass das Kupfer von ein und demselben Ort herkommt. Man kann demnach das Kupfer und die durchschnittliche Legierung von Auvernier/Nord bestimmen (Tabelle 1). Einige Objekte stechen hingegen durch eine abweichende Legierung und/oder anderwertiges Kupfer hervor. Ihre äussere Erscheinung bestätigt aber nicht immer ihre Fremdartigkeit in Auvernier. Ebenso ist es offensichtlich, dass sich die Legierung, ausser bei den Phaleren, die sehr bleiarm sind, nicht je nach dem Objekttyp ändert (Tabelle 4).

Die automatische Klassifizierung der Analysen ergibt drei Dendrogramme (Faltblätter 1-3), die die Objekte je nach ihrer Zusammensetzung in Gruppen vereinigen, und die die interne Typologie der Bronzen von Auvernier/Nord darstellen. Man muss diese Typologie aber durch die Studie der verschiedenen Schemen von Unreinheiten ergänzen und sie damit vergleichen (siehe Addendum 1986, p. 36). Seit der Fertigstellung des Manuskriptes hat es eben diese neue Untersuchungsart erlaubt, Auvernier/Nord genauer in der spätbronzezeitlichen Metallurgie des westlichen Mittellandes der Schweiz einzuordnen. Das am meisten verbreitete Kupfer in Auvernier/Nord (Sb > As > Ni > Co oder Sb > As = Ni > Co) darf als typisch für Ha B2 gelten, wie das aus der Objektanalyse von Corcelettes, Morges und Genf hervorgegangen ist. Ein Zusammenhang zwischen Auvernier/Nord und dem Ha B1 ist aber durch eine Minderheit von Objekten mit dem Schema Sb > Ni > As > Co hergestellt, das sehr typisch für diese ältere Periode ist. Hingegen weiss man noch nichts genaues über die Herkunft des Kupfers. Wahrscheinliche Argumente sprechen aber für eine Walliser Herkunft.

Die Beschreibung und die Besprechung des Fundgutes stützt sich in weitem Masse auf Studienresultate der alten Sammlungen, im besonderen was die Chronologie betrifft. Damit kann man gut darauf verzichten, alle möglichen Vergleiche in aller Breite aufzuzählen. Wir haben uns entschieden, den technischen Aspekten kein spezielles Kapitel zu widmen, sondern diese so weit wie möglich in die morphologische Beschreibung einzuschliessen, die in gleich viele Kapitel unterteilt ist, als es Objektkategorien hat. Darunter sind die klassischen Kategorien der Nadeln, Armbänder, Messer, Sicheln und Beile zahlenmässig am besten vertreten. Sie bilden allein schon 50% aller Objekte, aber die Gruppe der einundzwanzig Phaleren, die 1972 gefunden worden sind, verdient eine spezielle Erwähnung. Die Untersuchung der möglichen Zusammenhänge zwischen interner Zusammensetzung und externer Morphologie ist für die Sicheln und Beile, die allesamt analysiert worden sind, am weitesten gegangen.

Generell kann man sagen, dass das Inventar von Auvernier/Nord sich durch die Seltenheit von direkten Spuren des Bronzegiessers auszeichnet. So hat es zum Beispiel weder Spuren von Schmelzöfen noch von Schmelztiegeln. Das Rohmaterial findet man vor allem in den zerbrochenen und zum erneuten Schmelzen vorbereiteten Objekten wieder, aber auch in Form von einigen Gussüberschüssen oder Schmelztiegelrückständen. Nur zwei sehr kleine Gusskuchenfragmente sind erwähnenswert; ausserdem fehlen Zinn und Blei im Urzustand ganz. Eine zerbrochene, halbe Schale einer Bronzegussform für Lappenbeile gehört zu einem bekannten Typ, aber die zerbrochenen Tongussformresten für das Giessen mit verlorenem Wachs eines Armbandes und von Vasenkopfnadeln sind interessanter.

Chronologisch gesehen sind nur fünf Objekte älter als Ha B2. Drei davon (3/4; 24/15-16) sind bedeutungslose Ausschussfragmente und beim vierten handelt es sich um eine frühbronzezeitliche Nadel, die ausserhalb der Stratigraphie gefunden worden ist (3/7). Nur eine Spinnwirtelkopfnadel (3/6), die in situ gefunden worden ist, darf als eine echte Antiquität angesehen werden (Ha A2-B1). Der chronologische Zusammenhang zwischen Auvernier/Nord und Auvernier/Brena, das wir allzu überstürzt dem Ha B1 zugeordnet hatten, muss unter Beizug von anderen Elementen als nur den metallurgischen noch einmal studiert werden. Von den acht identifizierten Bronzen aus Auvernier/Brena gehört eine einzige mit Sicherheit zur älteren Phase, und ausserdem handelt es sich um ein sehr kleines Bruchstück ohne grosse Bedeutung (20/11).

Auvernier/Nord präsentiert eine ebenso grosse kulturelle Homogenität. Eine atlantische Lanzenspitze vom Typ Vénat ist nämlich das einzige der Westschweiz fremdförmige und noch ganz bestehende Objekt (18/4).

Schlussendlich darf man feststellen, dass die Bronzen von Auvernier/Nord nicht viel neues zum Formeninventar der Endphase des Spätbronzezeit beitragen. Aber sie sind wichtig, weil sie eine gut datierte Referenzgruppe bilden. Es handelt sich um die grösste der Schweiz und ausserdem um die einzige des ganzen westlichen Landesteils. Die innere Beschreibung bestätigt ihre Homogenität und wertet sie dadurch auf. Sie lässt uns nur erraten, welche Menge Kenntnisse noch in den Pfahlbaufunden stecken, die während dem letzten Jahrhundert ausgegraben worden sind.

(Traduction: Martin Bernet.)

Summary

Our thesis published in 1979 was dedicated to the Final Bronze Age material collected in Auvernier between 1854, discovery of the site, and 1968 when systematic research began. The present study is not only the extension but also the complement of this thesis. In fact, it aims to enrich the published capital with the four hundred thirty two bronze objects exhumed since 1968 and to extend its study that was until now limited to typological and chronological questions only. The chemical analyses of the bronze as well as the description of some formal aspects and the metallography give the study a more technical orientation thus allowing a comparison of the internal and the traditional external typology.

These bronze objects were found together with faunal and plant remains, objects made of organic matter, stone implements and specially with abundant ceramics whose publication could not be undertaken at the same time. In figure 52 the typical shapes of the pottery from Auvernier/Nord are illustrated.

The metallic material found in Auvernier/Nord between 1968 and 1975 clearly forms a very homogeneous typological group linked to the Ha B2 (or B3 according to the terminologies; Bronze final IIIb) that cannot be more subtly classified. The partial plan of the houses proposed by Béat Arnold does not reveal any notable modifications either, nor does the felling of the trees identified by dendrochronology which is evenly set out between 878 and 850 BC. The layers are too thin and too close together to elaborate a finer chronological typology but they shed a light on the conditions of sedimentation of the objects. It seems, in fact, that almost all the archaeological material found in Auvernier/Nord was not abandoned during a final and hasty flight but was rather accidently driven into the lacustrine chalk through its trampling during a strong flood before the ultimate desertion of the site.

The material from Auvernier/Nord was collected in four successive phases, each characterised by different techniques, more and more precise: suction pump in 1969, underwater gathering in 1971, underwater excavations from 1972 to 1974 and lastly, open air excavations (protected by a polder) from 1974 to 1975. It was only the latter excavations and to a lesser degree the underwater research of 1972 to 1974 that provided accurate information on the topographical and stratigraphical positions of the objects. Unfortunately, more than half of the metallic material from Auvernier/Nord was found between 1969 and 1971, of which the majority forms a stock of hundred and ninety four objects found in 1971. The new, the old and the rejects were mixed together in the stock which includes above all sickles, axes and bracelets and thus resembles the «Brucherzhorte gemischten Inhalts» of the same period in Central and Western Europe.

The Auvernier/Brena site, to the west of Auvernier/Nord, has only partially been excavated by divers. The study of the site has not been done and therefore it is impossible to determine the links, especially chronological, it had with the neighbouring village of Auvernier/Nord.

The spectrographic analyses form the most original part of the present study since the set of metallic objects from Auvernier/Nord is the first to undergo such numerous analyses (hundred and thirty two analysed objects which amount to nearly a third of the entire inventory). The chief demonstration of the analyses made by optical emission spectrometry is that the Final Bronze Age palafittic metallurgy is not the «pot pourri» one could expect produced randomly by the successive recasting of material from any age and of any origin but, on the contrary, it is the homogeneous fruit of a technical recipe and of a basic, well-defined material. The majority of the bronze material from Auvernier is characterised on the one hand by a constant proportion of tin and lead added intentionally and on the other hand, by a few recurring impurities probably due to a unique source of copper supply. Therefore, it is perfectly possible to define the copper and the average alloy from Auvernier/Nord (table 1). A few objects differ by an aberrant alloy and/or copper. Their outer aspect does not always confirm the intrusive qualities. It seems that apart from the phalerae especially poor in lead, the alloy does not vary according to the type of object (table 4).

The automatic classification of the analyses by ascendal hierarchy results in three dendrograms (fold-out pages 1-3) that group the objects by nature of composition and thus represent the internal typology of the Auvernier/Nord bronze material. This typology should be screened through the study of the different arrangements of impurities (addendum 1986, p. 36).

This new approach made after the completion of the manuscript has given Auvernier/Nord a more precise place in the field of the metallurgy in the western part of the Swiss Plateau during the Final Bronze Age. In synchrony, the copper with an arrangement of Sb>As>Ni>Co or Sb>As=Ni>Co, which is the most common in Auvernier/Nord, can be considered typical of the Ha B2 as demonstrated by the analyses of the objects from Corcelettes, Morges and Geneva. In diachrony, the links between Auvernier/Nord and the Ha B1 are revealed by a small minority of objects whose arrangement of Sb>Ni>As>Co is typical of this older period. The origin of the copper in Auvernier/Nord is not known but a credible hypothesis places it in the Valais.

The description and the discussion of the material is largely dependant on the results of the study of the old collections and particularly in regards to chronology, thus avoiding the tedious enumeration of all the possible comparisons. We chose not to give a separate chapter to the technical aspects but to incorporate them each time as close as possible to the morphological description, the latter being then divided in as many chapters as there are categories of objects. The largest and the most classical categories are those of pins, bracelets, knives, sickles and axes which together represent 50% of all the objects. Nevertheless, the group of twenty-one phalerae found in 1972 deserves special mention. The most thorough comparisons were made between the internal composition and the external morphology of the sickles and the axes that were almost all analysed.

On the whole, the inventory of Auvernier/Nord is outstanding by the fact that there are very few direct traces of the founders activities. For exemple, there is no trace of furnaces or crucibles. As for the raw material, it is mostly represented by broken objects intended to be melted, by a few casting surplus and by the left-overs from crucibles. Only two tiny fragments of copper ingots of the plano-convex type were found. Tin and lead in their primary form lack totally. A broken valve from a haft-flanged axe bronze mould is of a known type but more interesting are the broken remains of burned clay moulds used for the casting of a bracelet and vase-shaped pins by the «cire perdue» technique.

From a chronological point of view, only five objects are older than the Ha B2. Three objects are rejects totally void of significance (3/4; 24/15-16) and the fourth is a pin of the Early Bronze Age found on the surface (3/7). Finally, only one cylindro-conical pin found in situ dating of the Ha A2-B1 can be considered as the only real antiquity of the Auvernier/Nord village. The chronological relationship betwen Auvernier/Nord and Auvernier/Brena, that was too hastly assigned to the Ha B1, has to be reexamined with the help of elements other than those supplied by metallurgy. Amongst the eight identifiable bronze objects from this site, only one can indisputably be attribued to this older phase, but it is without great significance being only a minute fragment (20/11). The cultural homogeneity of Auvernier/Nord is at least as strong. An atlantic spearhead of the Vénat type is indeed the only intact foreign object in Auvernier.

As a result, the bronze material from Auvernier/Nord does not add much to the shape inventory of the extreme end of the Final Bronze Age. Its importance lies rather in that it constitutes a well-dated reference group, the largest of Switzerland and the only one in the western part of the land. Its internal description confirms its homogeneity, reinforces its value and gives a glimpse of the potential knowledge the palafittic material exhumed last century still hides.

(Traduction: Dominique Robert.)

Index des noms de lieux

L'index s'en tient exclusivement aux *sites archéologiques* mentionnés dans le texte. Les indications géographiques comprennent, de droite à gauche:
- le pays;
- sa subdivision politique principale: canton (Suisse), département (France), Land (RFA) ou leurs équivalents;
- le district (Suisse), le canton (France), le Kreis (RFA) ou leurs équivalents;
- la commune, si le site n'en est pas une.

Les noms sont francisés, dans la mesure où l'usage le justifie.

AARBERG, Aarberg, Berne, Suisse: 33
AESCH, Arlesheim, Bâle-Campagne, Suisse: 75
AUTAVAUX, Broye, Fribourg, Suisse: 48
AUVERNIER, Boudry, Neuchâtel, Suisse: passim
AYENT, Hérens, Valais, Suisse: 33
BAUMGARTEN am Tullnerfeld, Tulln, Basse-Autriche, Autriche: 42
BEVAIX, Boudry, Neuchâtel, Suisse: 47
BISCHOFSHOFEN, Sankt Johann im Pomgau, Salzbourg, Autriche: 35
BLECKMAR, Celle, Basse-Saxe, RFA: 59
BOIRON (Le), Tolochenaz, Morges, Vaud, Suisse: 49
BREBACH, Brebach-Fechingen, Sarrebruck, Sarre, RFA: 18
BRETZENHEIM, Mayence, Mayence, Rhénanie-Palatinat, RFA: 44, 53
BULLENHEIMER BERG, Ippesheim, Mittelfranken, Bavière, RFA: 134
BURLADINGEN, Zollernalbkreis, Bade-Wurtemberg, RFA: 16
CAPPEL, Marburg, Hesse, RFA: 41
CHEVROUX, Payerne, Vaud, Suisse: 34
COLLALBO (Klobenstein), Renon, Bolzano, Trentin-Haut-Adige, Italie: 45
COLOMBIER, Boudry, Neuchâtel, Suisse: 34
CONCISE, Grandson, Vaud, Suisse: 34, 47
CONTHEY, Conthey, Valais, Suisse: 33
CORCELETTES, Grandson, Grandson, Vaud, Suisse: 32, 36, 38, 46, 47, 48, 54, 62, 70, 76, 78, 82
CORSALETTES, Lac, Fribourg, Suisse: 49
CORTAILLOD, Boudry, Neuchâtel, Suisse: 47, 48
DAINTON, Devon, Grande-Bretagne: 77
DREUIL-LES-AMIENS, Amiens-Nord-Ouest, Somme, France: 43
ECHALLENS, Echallens, Vaud, Suisse: 36, 37, 76
ELGG, Winterthour, Zurich, Suisse: 41
ESTAVAYER-LE-LAC, Broye, Fribourg, Suisse: 78
ESTE, Padoue, Vénétie, Italie: 65
GENÈVE, Genève, Genève, Suisse: 36, 37, 64
GOLDBURGHAUSEN, Riesbürg-Goldburghausen, Ostalbkreis, Bade-Wurtemberg, RFA: 45
GOURS-AUX-LIONS (Les), Marolles-sur-Seine, Montereau-Font-Yonne, Seine-et-Marne, France: 41
GRANDSON, Grandson, Vaud, Suisse: 32
GRANGES, Sierre, Valais, Suisse: 44
HAGNECK, Nidau, Berne, Suisse: 33
HALLSTATT, Gmunden, Haute-Autriche, Autriche: 70
HANAU, Main-Kinzig, Hesse, RFA: 16, 47
HERRLISHEIM, Bischwiller, Haut-Rhin, France: 49
HOCHDORF, Eberdingen-Hochdorf, Ludwigsburg, Bade-Wurtemberg, RFA: 47
KERZERS, Lac, Fribourg, Suisse: 54
KITZBÜHEL, Kitzbühel, Tyrol, Autriche: 35
LAUSANNE, Lausanne, Vaud, Suisse: 45
MÂCON, Mâcon, Saône-et-Loire, France: 78, 79
MANNHEIM, Mannheim, Bade-Wurtemberg, RFA: 47
MAYENCE (Mainz), Mayence, Rhénanie-Palatinat, RFA: 44
MONTET, Glâne, Fribourg, Suisse: 49
MORGES, Morges, Vaud, Suisse: 36, 37, 78
MÖRIGEN, Nidau, Berne, Suisse: 33, 46, 47, 54, 62
NEUCHÂTEL, Neuchâtel, Neuchâtel, Suisse: 33, 70, 73, 76
NEUVEVILLE (La), La Neuveville, Berne, Suisse: 33
NIDAU, Nidau, Berne, Suisse: 45
NOVILARA, Pesaro, Pesaro, Marches, Italie: 44
OLLON, Aigle, Vaud, Suisse: 33
PFEFFINGEN, Zollernalbkreis, Bade-Wurtemberg, RFA: 70
ROCHELONGUE, Agde, Agde, Hérault, France: 75
SAINT-BLAISE, Neuchâtel, Neuchâtel, Suisse: 47, 48
SALZBOURG, Salzbourg, Salzbourg, Autriche: 35
SCHIERS, Unterlandquart, Grisons, Suisse: 75, 76
SCHMITTEN, Singine, Fribourg, Suisse: 33
SCHWAZ, Schwaz, Tyrol, Autriche: 35
SION, Sion, Valais, Suisse: 33, 44
ÜCKERITZ, Wolgast, Neubrandenburg, RDA: 134
VÉNAT, Saint-Yrieix-sur-Charente, Angoulême, Charente, France: 62, 76
VILLETHIERRY, Pont-sur-Yonne, Yonne, France: 42
VILSINGEN, Inzighofen-Vilsingen, Sigmaringen, Bade-Wurtemberg, RFA: 47
VINELZ, Cerlier, Berne, Suisse: 33
VOLDERS, Hall im Tirol, Innsbruck, Tyrol, Autriche: 76
WARDBÖHMEN, Celle, Basse-Saxe, RFA: 59
WIESBADEN, Wiesbaden, Hesse, RFA: 45
WINTERLINGEN, Zollernalbkreis, Bade-Wurtemberg, RFA: 70
WORMS, Worms, Rhénanie-Palatinat, RFA: 41
WORTHING, Sussex, Grande-Bretagne: 75
ZURICH, Zurich, Zurich, Suisse: 41, 42, 64, 76

Bibliographie

ABELS, B. U.
1972 *Die Randleistenbeile in Baden-Württemberg, dem Elsass, der Franche-Comté und der Schweiz.* München, Beck, 1972 (Prähistorische Bronzefunde, IX/4).

ARCHBUTT, S. L. et PRYTHERCH, W. E.
1937 *Effect of impurities in copper.* London, British non-ferrous metals research association, 1937 (Research monograph, 4).

ARNOLD, B.
1977 Les deux villages immergés du Bronze final d'Auvernier: la station Brena et la station Nord, *Bulletin de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 8 (1977), N° 30-31, p. 46-57.

1981 Strukturanalyse der spätbronzezeitlichen Seeufersiedlung Auvernier-Nord, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 11 (1981), p. 37-50.

1983 Les 24 maisons d'Auvernier-Nord (Bronze final), *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 66 (1983), p. 87-104.

AUDOUZE, F. et COURTOIS, J.-C.
1970 *Les épingles du sud-est de la France.* München, Beck, 1970 (Prähistorische Bronzefunde, XIII/1).

AUDOUZE, F. et GAUCHER, G.
1981 *Typologie des objets de l'âge du Bronze en France.* VI: *Epingles.* Paris, Société préhistorique française, 1981.

BECKER, B., BILLAMBOZ, A., EGGER, H., GASSMANN, P., ORCEL, A. et Chr. et RUOFF, U.
1985 *Dendrochronologie in der Ur- und Frühgeschichte. Die absolute Datierung von Pfahlbausiedlungen nördlich der Alpen im Jahrringkalender Mitteleuropas.* Basel, Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 1985 (Antiqua, 11).

BIEL, J.
1982 Ein Fürstengrabhügel der späten Hallstattzeit bei Eberdingen-Hochdorf, Kr. Ludwigsburg (Baden-Württemberg). Vorbericht, *Germania*, 60 (1982), p. 61-104.

BILL, J.
1977 Zum Depot von Salez, *Jahresbericht des Instituts für Vorgeschichte der Universität Frankfurt a. Main*, 1977, p. 200-206.

1985 Zur Fundsituation der frühbronzezeitlichen Horte Mels-Rossheld, Gams-Gasenzen und Salez im Kanton St. Gallen, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 15 (1985), p. 25-29.

BOCKSBERGER, O.-J.
1964 *Age du Bronze en Valais et dans le Chablais vaudois.* Lausanne, Imprimerie Centrale, 1964 (Thèse, Lettres, Lausanne, 1964).

BOTT, G. (éd).
1983 *Die vor- und frühgeschichtliche Sammlung im Germanischen Nationalmuseum.* Nürnberg, Germanisches Nationalmuseum; Stuttgart, Theiss, 1983 (Die vor- und frühgeschichtlichen Altertümer des Germanischen Nationalmuseums, Heft 1).

BOTTERO, J.
1964 Asie occidentale, dans: *Dictionnaire archéologique des techniques*, s. v. Métallurgie. Paris, Editions de l'Accueil, 1964, 2 vol., p. 649-657.

BOUSCARAS, A.
1966 L'épave des bronzes de Rochelongue, *L'Aventure sous-marine*, N° 59, avril-mai 1966, p. 110-111.

BRUNN, W. A. von
1958 Der Schatz von Frankleben und die mitteldeutschen Sichelfunde, *Praehistorische Zeitschrift*, 36 (1958), p. 1-70.

BUHLER, S. et R.
1979 *P-Stat 78. User's manual.* Princeton, P-Stat inc., 1979.

BUTTS, A. (éd.)
1954 *Copper. The science and technology of the metal, its alloys and compounds.* New York, Reinhold Publishing Corporation, 1954 (American Chemical Society, Monograph series).

CARANCINI, G. L.
1975 *Die Nadeln in Italien — Gli spilloni nell'Italia continentale.* München, Beck, 1975 (Prähistorische Bronzefunde, XIII/2).

CHARLES, J. A.
1975 Where is the tin?, *Antiquity*, 49 (1975), p. 19-24.

1977 The development of the usage of tin and tin-bronze: some problems, dans: Franklin/Olin/Wertime 1977, p. 25-32.

COFFYN, A., GOMEZ, J. et MOHEN, J.-P.
1981 *L'apogée du Bronze atlantique. Le dépôt de Vénat.* Paris, Picard, 1981 (L'âge du Bronze en France, 1).

COGHLAN, H. H.
1975 *Notes on the prehistoric metallurgy of copper and bronze in the old world.* Second edition. Oxford, Pitt Rivers Museum/University of Oxford, 1975 (Occasional papers on technology, 4).

COGHLAN, H. H., BUTLER, J. R. et PARKER, G.
1963 *Ores and metals. A report of the Ancient Mining and Metallurgy Committee, Royal Anthropological Institute.* London, Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, 1963.

DIEMER, G.
1985 Urnenfelderzeitliche Depotfunde und neue Grabungsbefunde vom Bullenheimer Berg: ein Vorbericht, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 15 (1985), p. 55-65.

DRESCHER, H.
1957a Der Bronzeguss in Formen aus Bronze, *Die Kunde*, N. F., 8 (1957), p. 52-75.

1957b Zur Verwendung von Bronzewerkzeugen in der älteren Bronzezeit, *Hammaburg*, 5 (1957), Heft 11, p. 23-29.

1958 *Der Überfangguss. Ein Beitrag zur vorgeschichtlichen Metalltechnik*. Mainz, Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 1958.

EGGER, H. et GASSMANN, P.
1985 Stand der Jahrringchronologien in der Westschweiz, dans: Becker et alii 1985, p. 46-54.

EGGER, H., GASSMANN, P. et BURRI, N.
1985 Situation actuelle du travail au Laboratoire de dendrochronologie de Neuchâtel, *Dendrocronologia*, 3 (1985), p. 177-199.

EGLOFF, M.
1970 Découvertes récentes sur la station du Bronze final d'Auvernier, *Musée neuchâtelois*, 7 (1970), p. 145-155.

1972 Recherches subaquatiques dans la baie d'Auvernier, *Helvetia archaeologica*, 3 (1972), N° 9, p. 3-12.

FORBES, R. J.
1972 *Studies in ancient technology, volume IX*. Second, revised edition. Leiden, Brill, 1972.

FRANKLIN, A. D., OLIN, J. S. et WERTIME, T. A. (éd.)
The search for ancient tin. A seminar organized by Th. A. Wertime and held at the Smithsonian Institution and the National Bureau of Standards, Washington, D.C., March 14-15, 1977. Sans lieu ni date.

FRÖHLICH, M.
1979 *Gelbgiesser im Kameruner Grasland. Ein technologischer Bericht*. Zürich, Museum Rietberg, 1979.

GAUCHER, G.
1982 Le dépôt de l'âge du Bronze de Dreuil-lès-Amiens (Somme), *Gallia-Préhistoire*, 25 (1982), p. 167-185.

GIOT, P.-R., BOURHIS, J. et BRIARD, J.
1966 *Analyses spectrographiques d'objets préhistoriques et antiques. Première série*. Rennes, Laboratoire d'anthropologie préhistorique, 1966 (Travaux du Laboratoire d'anthropologie préhistorique, 1964-65).

GIOT, P.-R., BRIARD, J. et PAPE, L.
1979 *Protohistoire de la Bretagne*. Rennes, Ouest-France, 1979.

GIRY, J.
1960 Nécropole à incinération de «Recorbe» à Quarante (Hérault), *Cahiers ligures de préhistoire et d'archéologie*, 9 (1960), p. 147-197.

GOLDMANN, K.
1981 Guss in verlorener Sandform – Das Hauptverfahren alteuropäischer Bronzegiesser?, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 11 (1981), p. 109-116.

GROSS, E.
1986 *Vinelz-Ländti. Grabung 1979. Die neolithischen und spätbronzezeitlichen Ufersiedlungen*. Bern, Staatlicher Lehrmittelverlag, 1986.

GUILLET, L. et DE TORO, M. (sous la dirction de)
1935 *Larousse de l'industrie et des arts et métiers*. Paris, Larousse, 1935.

HÄRKE, H.
1978 Probleme der optischen Emissionspektralanalyse in der Urgeschichtsforschung. Technische Möglichkeiten und methodische Fragestellungen, *Praehistorische Zeitschrift*, 53 (1978), p. 165-276.

HODGES, H. W. M.
1954 Studies in the Late Bronze Age. I: Stone and clay moulds and wooden models for bronze implements, *Ulster journal of archaeology*, 17 (1954), p. 62-80.

1964 *Artifacts. An introduction to early materials and technology*. London, John Baker, 1964.

HUNDT, H.-J.
1986 Zwei minoische Bronzegeräte zum Treiben von Metallgefässen aus Kreta, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 16 (1986), p. 279-282.

JOCKENHÖVEL, A.
1971 *Die Rasiermesser in Mitteleuropa*. München, Beck, 1971 (Prähistorische Bronzefunde, VIII/1).

1982 Zu den ältesten Tüllenhammern aus Bronze, *Germania*, 60 (1982), p. 459-467.

JUNGHANS, S., SANGMEISTER, E. et SCHRÖDER, M.
1960 *Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa*. Berlin, Mann, 1960 (Studien zu den Anfängen der Metallurgie, 1).

1968 *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Die Materialgruppen beim Stand von 12 000 Analysen*. Berlin, Mann, 1968, 3 vol. (Studien zu den Anfängen der Metallurgie, 2/1-3).

1974 *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Katalog der Analysen Nr. 10 041-22 000 (mit Nachuntersuchungen der Analysen Nr. 1-10 040)*. Berlin, Mann, 1974 (Studien zu den Anfängen der Metallurgie, 2/4).

KELLER-TARNUZZER, K.
1935 Der Bronzedepotfund von Schiers (Graubünden), *Indicateur d'antiquités suisses*, 37 (1935), p. 81-89.

KIBBERT, K.
1984 *Die Äxte und Beile im mittleren Westdeutschland II*. München, Beck, 1984 (Prähistorische Bronzefunde, IX/13).

KRÄMER, W.
1985 *Die Vollgriffschwerter in Österreich und der Schweiz*. München, Beck, 1985 (Prähistorische Bronzefunde, IV/10).

KUBACH, W.
1977 *Die Nadeln in Hessen und Rheinhessen*. München, Beck, 1977 (Prähistorische Bronzefunde, XIII/3).

KÜNDIG, E. et de QUERVAIN, F.
1953 *Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz*. Zweite Ausgabe. Bern, Kümmerly & Frey, 1953.

LAMPE, W.
1982 *Ückeritz. Ein jungbronzezeitlicher Hortfund von der Insel Usedom*. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1982 (Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte der Bezirke Rostock, Schwerin und Neubrandenburg, 15).

LEUTHARDT, F.
1922-25 Neuere urgeschichtliche Funde aus dem Kanton Baselland, *VIII. Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland*, 1922-25, p. 102-117.

LORENZEN, W.
1965 *Helgoland und das früheste Kupfer des Nordens. Ein Beitrag zur Aufhellung der Anfänge der Metallurgie in Europa*. Otterndorf, Niederelbe-Verlag, 1965.

LOWERY, P.R., SAVAGE, R.D.A. et WILKINS, R.L.
1971 Scriber, graver, scorper, tracer: notes on experiments in bronzeworking technique, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 37 (1971), p. 167-182.

LUNZ, R.
1973 *Ur- und Frühgeschichte Südtirols. Rätsel und Deutung*. Bozen, Athesia, 1973.

MARECHAL, J.-R.
1962 *Zur Frühgeschichte der Metallurgie – Considérations sur la métallurgie préhistorique*. Lammersdorf, Otto Junker GmbH, 1962.

1964 L'évolution de la métallurgie aux temps préhistoriques, *Revue de métallurgie*, 61 (1964), p. 327-331.

MARYON, H.
1938 Some prehistoric metalworker's tools, *Antiquaries Journal*, 18 (1938), p. 243-250.

1949 Metal working in the ancient world, *American Journal of Archaeology*, 53 (1949), p. 93-125.

MILLER, H.J.
1954 The fire refining of copper, dans: Butts 1954, p. 290-299.

MOHEN, J.-P.
1978 Moules en bronze de l'âge du Bronze, *Antiquités nationales*, 10 (1978), p. 23-32.

MORDANT, Claude et Daniel
1970 *Le site préhistorique des Gours-aux-Lions à Marolles-sur-Seine (Seine-et-Marne)*. Paris, Klincksieck, 1970 (Mémoires de la Société préhistorique française, 8).

MORDANT, Claude et Daniel et PRAMPART, J.-Y.
1976 *Le dépôt de bronze de Villethierry (Yonne)*. Paris, Centre national de la recherche scientifique, 1976 (Gallia-Préhistoire, supplément 9).

MUHLY, J.D.
1973 Copper and tin. The distribution of mineral resources and the nature of the metal trade in the Bronze age, *Transactions*, published by the Connecticut Academy of Arts and Sciences, New Haven, Connecticut, 43, march 1973, p. 155-535.

MÜLLER-KARPE, H.
1959 *Beiträge zur Chronologie der Urnenfelderzeit nördlich und südlich der Alpen*. Berlin, de Gruyter, 1959, 2 vol. (Römisch-Germanische Forschungen, 22).

MUYDEN, B. van et COLOMB, A.
1896 *Musée cantonal vaudois. Antiquités lacustres. Album*. Lausanne, Bridel & Rouge, 1896.

NEEDHAM, S.
1980 An assemblage of late Bronze age metalworking debris from Dainton, Devon, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 46 (1980), p. 177-215.

NEUNINGER, H. et PITTIONI, R.
1962 Bemerkungen über zwei Methoden der spektralanalytischen Untersuchung urzeitlicher Kupfer- und Bronzeobjekte, *Archaeologia austriaca*, 31 (1962), p. 96-102.

NEUNINGER, H., PITTIONI, R. et PREUSCHEN, E.
1960 *Das Kupfer der Nordtiroler Urnenfelderkultur. Ein weiterer Beitrag zur Relation Lagerstätte-Fertigobjekt*. Wien, Deuticke, 1960 (Archaeologia austriaca, Beiheft 5).

NICOLARDOT, J.-P. et GAUCHER, G.
1975 *Typologie des objets de l'âge du Bronze en France*. V: *Outils*. Paris, Société préhistorique française, 1975.

O'CONNOR, B.
1975 Six prehistoric phalerae in the London Museum and a discussion of other phalerae from the British Isles, *Antiquaries Journal*, 55 (1975), p. 215-226.

OSTERWALDER, Chr.
1971 *Die mittlere Bronzezeit im schweizerischen Mittelland und Jura*. Basel, Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 1971 (Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, 19).

OTTAWAY, B.S.
1982 *Earliest copper artifacts of the northalpine region: their analysis and evaluation*. Bern, Seminar für Urgeschichte, 1982 (Schriften des Seminars für Urgeschichte der Universität Bern, 7).

PÁSZTHORY, K.
1985 *Der bronzezeitliche Arm- und Beinschmuck in der Schweiz*. München, Beck, 1985 (Prähistorische Bronzefunde, X/3).

PENHALLURICK, R.D.
1986 *Tin in antiquity, its mining and trade throughout the ancient world with particular reference to Cornwall*. London, The Institute of Metals, 1986.

PFAHLBAUTEN 2
Pfahlbauten. 2. Bericht, *Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich*, 12 (1858/60), Heft 3, p. 113-157.

PFAHLBAUTEN 5
Pfahlbauten. 5. Bericht, *Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich*, 14 (1863), Heft 6, p. 129-188.

PIESKER, H.
1958 *Untersuchungen zur älteren Lüneburgischen Bronzezeit*. Lüneburg, Nordwestdeutscher Verband für Altertumsforschung/Urgeschichtliche Sammlungen des Landesmuseums Hannover, 1958.

PITTIONI, R.
1957 *Urzeitlicher Bergbau auf Kupfererz und Spuranalyse. Beiträge zum Problem der Relation Lagerstätte-Fertigobjekt*. Wien, Deuticke, 1957 (Archaeologia austriaca, Beiheft 1).

1980 *Geschichte Österreichs*.
I/1: *Urzeit. Von etwa 80 000 bis 15 v. Chr. Geb.*
I/2: *Urzeit. Von etwa 80 000 bis 15 v. Chr. Geb. Anmerkungen und Exkurse mit einer Literaturübersicht über 25 Jahre Urgeschichtsforschung in Österreich, 1954-1978*.
Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 1980.

PRIMAS, M.
1977 Beobachtungen zu den spätbronzezeitlichen Siedlungs- und Depotfunden der Schweiz, dans: *Festschrift Walter Drack zu seinem 60. Geburtstag*. Stäfa, Th. Gut, 1977, p. 44-53.

1982 Erntemesser der jüngeren und späten Bronzezeit, dans: *Studien zur Bronzezeit. Festschrift für Wilhelm Albert von Brunn*. Mainz, Zabern, 1982, p. 363-374.

1986 *Die Sicheln in Mitteleuropa I (Österreich, Schweiz, Süddeutschland)*. München, Beck, 1986 (Prähistorische Bronzefunde, XVIII/2).

RAMIN, J.
1965 *Le problème des Cassitérides et les sources de l'étain occidental depuis les temps protohistoriques jusqu'au début de notre ère*. Paris, Picard, 1965.

REBOUL, R. et MILLOTTE, J.-P.
1975 *Dépôts de l'âge du Bronze final en Lorraine et en Sarre*. Saint-Germain-en-Laye, Société des amis du musée des antiquités nationales et du château de Saint-Germain-en-Laye, 1975 (Inventaria archaeologica, France, 4).

REITINGER, J.
1968 *Die ur- und frühgeschichtlichen Funde in Oberösterreich*. Linz, Oberösterreichischer Landesverlag, 1968.

RICHTER, I.
1970 *Der Arm- und Beinschmuck der Bronze- und Urnenfelderzeit in Hessen und Rheinhessen*. München, Beck, 1970 (Prähistorische Bronzefunde, X/1).

RIHOVSKY, J.
1972 *Die Messer in Mähren und dem Ostalpengebiet*. München, Beck, 1972 (Prähistorische Bronzefunde, VII/1).

1979 *Die Nadeln in Mähren und dem Ostalpengebiet (von der mittleren Bronzezeit bis zur älteren Eisenzeit)*. München, Beck, 1979 (Prähistorische Bronzefunde, XIII/5).

ROUDIL, J.-L.
1972 *L'âge du Bronze en Languedoc oriental*. Paris, Klincksieck, 1972 (Mémoires de la Société préhistorique française, 10).

RUOFF, U.
1974 *Zur Frage der Kontinuität zwischen Bronze- und Eisenzeit in der Schweiz*. Basel, Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 1974.

RYCHNER, V.
1974/75 L'âge du Bronze final à Auvernier NE. Notes préliminaires sur le matériel des fouilles de 1969 à 1973, *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 58 (1974/75), p. 43-65.

1975 A propos de quelques trouvailles récentes de l'âge du Bronze final neuchâtelois, *Musée neuchâtelois*, 12 (1975), p. 49-78.

1977 Drei Vollgriffschwerter aus Auvernier, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 7 (1977), p. 107-113.

1979 *L'âge du Bronze final à Auvernier (lac de Neuchâtel, Suisse). Typologie et chronologie des anciennes collections conservées en Suisse*. Lausanne, Bibliothèque historique vaudoise, 1979, 2 vol. (Cahiers d'archéologie romande, 15-16).

1981 Le cuivre et les alliages du Bronze final en Suisse occidentale. Premières analyses spectrographiques à Auvernier/Nord et à Neuchâtel/Le Crêt, *Musée neuchâtelois*, 18 (1981), p. 97-124.

1983 Le cuivre et les alliages du Bronze final en Suisse occidentale. II: Corcelettes, *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 66 (1983), p. 75-85.

1984a La matière première des bronziers lacustres, *Archéologie suisse*, 7 (1984), p. 73-78.

1984b De l'âge du Bronze à l'âge du Fer: le dépôt d'Echallens (canton de Vaud, Suisse), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 81 (1984), p. 357-370.

1986a L'évolution du cuivre à l'âge du Bronze final: le cas de Morges VD, *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 69 (1986), p. 121-132.

1986b Les Eaux-Vives à Genève. Aspects de la métallurgie lémanique à l'âge du Bronze final, *Genava*, N.S., 34 (1986), p. 69-80.

1986c De l'âge du Bronze moyen au groupe Rhin-Suisse en Suisse occidentale: le phénomène métallurgique (résumé), dans: *La dynamique du Bronze final en Europe: le groupe Rhin-Suisse-France orientale et la notion de civilisation des Champs d'Urnes. Colloque international de Nemours, 19-22 mars 1986, prétirage.*

1986d Dendrochronologie du groupe Rhin-Suisse dans la région neuchâteloise (résumé) (en collaboration avec H. Egger, P. Gassmann et A.-M. Rychner), dans: *La dynamique du Bronze final en Europe: le groupe Rhin-Suisse-France orientale et la notion de civilisation des Champs d'Urnes. Colloque international de Nemours, 19-22 mars 1986, prétirage.*

1986e Compte rendu de Kibbert 1984, *Germania*, 64 (1986), p. 612-619.

RYCHNER, V. et RUOFF, U.
1986 L'âge du Bronze sur le Plateau suisse, dans: *Chronologie. Datation archéologique en Suisse*. Basel, Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 1986 (Antiqua, 15), p. 73-79, 143-153, 226-231.

SAM = Studien zu den Anfängen der Metallurgie, voir Junghans/Sangmeister/Schröder.

SCHAUER, P.
1982 Deutungs- und Rekonstruktionsversuche bronzezeitlicher Kompositpanzer, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 12 (1982), p. 335-349.

SCHIEK, S.
1956 *Fürstengräber der jüngeren Hallstatt-Kultur in Südwestdeutschland*. Thèse, Lettres, Tübingen, 1956. Manuscrit inédit.

SCHMUTZ, L.
1986 Mine de Plantorin. Ein Beispiel für mineralbildende Prozesse auf Erzlagerstätten, *Minaria helvetica*, 6b (1986), p. 1-44.

SCHULZ, H. D.
1983 Zuordnung von Kupfer-Metall zum Ausgangserz. Möglichkeiten und Grenzen der Methode, *Praehistorische Zeitschrift*, 58 (1983), p. 1-14.

SLATER, E. A. et CHARLES, J. A.
1970 Archaeological classification by metal analysis, *Antiquity*, 44(1970), p. 207-213.

SMART, J. S.
1954 The effect of impurities in copper, dans: Butts 1954, p. 410-416.

SNODGRASS, A.
1973 Bronze «Phalara» – A review, *Hamburger Beiträge zur Archäologie*, 3 (1973), Heft 1, p. 41-50.

SPECK, J.
1981a Schloss und Schlüssel zur späten Pfahlbauzeit, *Helvetia archaeologica*, 12 (1981), N° 45-48, p. 230-241.

1981b Frühes Eisen in den Ufersiedlungen der Spätbronzezeit, *Helvetia archaeologica*, 12 (1981), N° 45-48, p. 265-271.

SPROCKHOFF, E.
1956 *Jungbronzezeitliche Hortfunde der Südzone des Nordischen Kreises (Periode V)*. Mainz, Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 1956, 2 vol. (Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Katalog 16).

STEIN, F.
1976 *Bronzezeitliche Hortfunde in Süddeutschland. Beiträge zur Interpretation einer Quellengattung*. Bonn, Habelt, 1976 (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, 23).

1979 *Katalog der vorgeschichtlichen Hortfunde in Süddeutschland*. Bonn, Habelt, 1979 (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, 24).

TYLECOTE, R. F.
1962 *Metallurgy in archaeology. A prehistory of metallurgy in the British Isles*. London, Arnold, 1962.

1970 The composition of metal artifacts: a guide to provenance?, *Antiquity*, 44 (1970), p. 19-24.

1976 *A history of metallurgy*. London, The Metal Society, 1976.

VOCE, E.
1975 Bronze castings in ancient moulds, dans: Coghlan 1975, p. 136-139.

WATERBOLK, H. T. et BUTLER, J. J.
1965 Comments on the use of metallurgical analysis in prehistoric studies. I: A graph method for the grouping and comparison of quantitative spectro-analyses of prehistoric bronzes, *Helinium*, 5 (1965), p. 227-251.

WEGNER, G.
1978 Ein Grab der jüngeren Hallstattzeit mit Köcher und Pfeilen aus Kleinostheim, Ldkr. Aschaffenburg, *Germania*, 56 (1978), p. 94-124.

WEIDMANN, T.
1982 Keramische Gussformen aus der spätbronzezeitlichen Seerandsiedlung Zug «Sumpf», *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 65 (1982), p. 69-81.

WELS-WEYRAUCH, U.
1975 Schmuckaustattungen aus Frauengräbern der jüngeren Hügelgräberbronzezeit in Deutschland (14. Jahrhundert v. Chr.), dans: *Ausgrabungen in Deutschland gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1950-1975*. Mainz, Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 1975, Teil 3, p. 300-304; Teil 4, Beilagen 45-47.

WYSS, R.
1967 *Bronzezeitliche Gusstechnik*. Bern, Haupt, 1967 (Aus dem Schweizerischen Landesmuseum, 19).

1971 Technik, Wirtschaft und Handel, dans: *Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz*. III: *Die Bronzezeit*. Basel, Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 1971, p. 123-144.

Annexes

ANNEXE 1

		Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
Bracelet 8/12 (449)	L a	9.28	1.07	0.525	0.631	0.315	0.606	0.019	0.192	<0.001	
	b	8.87	0.85	0.533	0.639	0.260	0.610	0.015	0.190	<0.001	
	B	9.20	0.94	0.49	0.63	0.03	0.54	0.02	0.16	0.011	
	S	12.0	0.85	0.56	0.55	0.17	0.55	0.021			
	Z	9.5	0.5	0.8	0.35	0.15	0.4		0.08	0.01	1.4
Couteau 20/8 (2263)	L a	9.20	1.49	0.579	0.312	0.151	0.341	0.068	0.524	<0.001	
	b	9.19	1.29	0.584	0.325	0.173	0.337	0.068	0.491	<0.001	
	B	8.40	1.31	0.54	0.29	0.02	0.33	0.06	0.44	0.02	
	S	11.0	1.3	0.58	0.24	0.14	0.27	0.075			
	Z	5.5	1.4	0.5	0.2	0.09	0.27		0.25	0	0.2
	H	11.3	0.21	0.58	0.32	0.15	0.24	0.15	0.39	trace	0.26
Faucille 24/4 (334)	L a	10.14	3.21	0.304	0.536	0.101	0.141	0.005	0.089	0.007	
	b	9.47	3.05	0.299	0.549	0.086	0.142	0.003	0.089	0.008	
	B	9.60	2.91	0.28	0.51	0.01	0.13	0.01	0.06	0.03	
	S	13.5	2.5	0.29	0.52	0.095	0.11	0.006			
	Z a	7.0	2.8	0.03	0.3	0.05	0.11		0.02	0	0.04
	b	6.7	2.4	0.02	0.3	0.05	0.11		0.018	0.02	0.045
	H	11.0	1.4	0.29	0.39	0.10	0.28	0.10	0.10	0.10	0.42
	MP					0.006					
	EPF					0.049				0.0116	
Faucille 24/14 (448)	L a	6.69	1.64	0.461	0.369	0.159	0.445	0.087	0.176	<0.001	
	b	6.99	1.70	0.480	0.363	0.183	0.457	0.096	0.172	<0.001	
	B	6.67	1.52	0.44	0.36	0.02	0.41	0.08	0.14	0.02	
	S	9.7	1.6	0.48	0.36	0.13	0.46	0.13			
	Z	5.8	1.5	0.3	0.27	0.1	0.35		0.06	0	0.022
	H	9.2	1.6	0.45	0.36	0.15	0.31	0.34	0.11	0.10	1.3
Hache 28/8 (366)	L a	4.23	5.79	0.529	0.596	0.269	0.506	0.028	0.110	<0.001	
	b	4.26	5.77	0.529	0.594	0.248	0.505	0.023	0.110	<0.001	
	B	3.85	5.55	0.51	0.60	0.03	0.45	<0.01	0.08	0.01	
	S	5.1	2.6	0.66	0.58	0.28	0.47	0.029			
	Z	3.0	4.0	0.2	0.45	0.18	0.35		0.04	0.05	0.005
	H	11.4	0.94	0.50	0.43	0.70	0.55	0.09	0.06	trace	3.6
	MP					0.015					
	EPF					0.102				0.0025	

Auvernier/Nord. Analyses chimiques comparées des cinq échantillons témoins (voir p. 21).
L = Laboratoire de recherche des musées de France, Le Louvre, Paris
B = Fonderie Boillat SA, Reconvilier
S = Württembergisches Landesmuseum, Stuttgart
Z = Musée national suisse, Zurich
H = Höchst AG, Francfort
MP = Métaux Précieux SA, Neuchâtel
EPF = Laboratoire de chimie inorganique, Ecole polytechnique fédérale, Zurich

ANNEXE 2

			Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn
Faucille 21/4	(322)	L 7881	7.33	1.609	0.639	0.891	0.241	0.351	0.089	0.079	0.0010
		B 1981	5.7	1.53	0.60	0.78	0.25	0.33	0.05	0.10	0.003
Faucille 22/8	(313)	L 7882	8.81	0.839	0.519	0.612	0.077	0.179	0.030	0.082	0.0051
		B 1981	7.6	0.87	0.48	0.58	0.55	0.18	0.05	0.10	0.003
Faucille 24/16	(332)	L 7903	8.02	0.824	0.534	0.089	0.083	0.163	0.108	0.233	0.0067
		B 1981	8.0	0.93	0.64	0.11	0.08	0.16	0.12	0.24	0.003
Hache 26/4	(353)	L 7890	0.03	0.038	0.339	0.297	0.046	0.151	0.0046	0.073	0.0052
		B 1980	0	0	0.25	0.27	0.07	0.15	0	0.04	0
Hache 25/4	(347)	B 1980	8.6	1.80	0.40	0.45	0.21	0.19	0.07	0.11	0.002
		B 1981	8.4	1.80	0.41	0.43	0.25	0.18	0.07	0.13	0.003
Hache 27/4	(2267)	B 1980	8.5	1.10	0.54	0.41	0.14	0.30	0.08	0.13	0
		B 1981	8.5	1.15	0.58	0.40	0.17	0.27	0.07	0.15	0.003

Auvernier/Nord. Autres objets analysés à plusieurs reprises. L = Laboratoire de recherche des musées de France, B = Boillat SA. Les mesures de Boillat SA sont «calibrées».

ANNEXE 3

					Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
1	4/5	2237	B 1980		9.0	0.09	0.07	0.04	0	0.45	0.007	0.02	0.002	
2	6	2238	B 1980		7.1	1.28	0.54	0.72	0.21	0.40	0.06	0.09	0	
3	8	423	B 1980		5.9	1.56	0.67	0.72	0.21	0.45	0	0.12	0	
4	9	2809	L 7884		6.59	1.009	0.593	0.724	0.221	0.443	0.057	0.220	0.0048	0.0511
5	10	425	B 1980		6.0	1.62	0.74	0.75	0.14	0.46	0.06	0.14	0	
6	5/3	2252	B 1981		8.8	0.99	0.52	0.54	0.34	0.39	0.09	0.16	0.014	
7	4	2299	B 1981		4.6	1.12	0.45	0.78	0.21	0.27	0.05	0.12	0.002	
8	5	2301	B 1981		7.8	0.99	0.51	0.65	0.17	0.34	0.07	0.11	0.002	
9	6/3	2378	B 1981		4.8	2.01	0.61	0.59	0.13	0.38	0.04	0.09	0.003	
10	5	380	B 1981		10.3	0.81	0.27	0.30	0.08	0.19	0.04	0.06	0	
11	6	387	L 7915		5.61	0.891	0.374	0.502	0.203	0.309	0.077	0.089	0.0013	0.075
12	7	388	L 7916		5.42	1.350	0.470	0.702	0.173	0.259	0.063	0.109	0.0029	0.203
13	7/1	385	L 7914		6.60	1.177	0.396	0.430	0.171	0.303	0.062	0.079	0.0015	0.024
14	3	384	B 1981		7.9	0.44	0.20	0.31	0.08	0.24	0	0.05	0.0006	
15	4	2379	B 1981		6.4	1.06	0.81	0.61	0.17	0.42	0.05	0.17	0.003	
16	5	382	L 7912		6.73	1.098	0.332	0.463	0.176	0.303	0.070	0.056	0.0010	0.0094
17	8/3	444	L 7919		6.46	0.308	0.497	0.337	0.154	0.354	0.056	0.146	0.0017	0.028
18	4	395	L 7918		6.19	0.645	0.606	0.328	0.135	0.242	0.085	0.134	0.0015	0.663
19	5	392	L 7917		8.25	0.874	0.444	0.483	0.193	0.311	0.062	0.073	0.0012	0.0071
20	6	446	L 7920		9.12	0.759	0.590	0.565	0.190	0.494	0.077	0.157	0.0026	0.101
21	8	383	L 7913		4.93	1.936	0.422	0.460	0.177	0.289	0.074	0.083	0.0007	0.0003
22	10	447	L 7921		10.16	0.742	0.610	0.595	0.203	0.446	0.081	0.139	0.0034	0.146
23	12	449	L 7049		9.28	1.07	0.525	0.631	0.315	0.606	0.019	0.192	<0.001	
24	9/2	394	B 1981		0	0.26	0.54	0.57	0	0.14	0	0.02	0.002	
25	4	2256	B 1981		2.6	o.94	0.34	0.45	0.30	0.24	0	0.03	0.001	
26	5	381	L 7911		5.09	0.905	0.303	0.374	0.145	0.235	0.081	0.059	0.0011	0.025
27	13	397	L 7909		9.28	1.274	0.450	0.703	0.114	0.202	0.055	0.132	0.0045	0.214
28	19	2257	B 1981		16.7	0.29	1.26	0.49	0.42	0.41	0.16	0.73	0.015	
29	13/4	887	B 1980		3.3	0.38	0.07	0.20	0.14	0.22	0	0.04	0.004	
30	5	405	B 1980		6.6	0.35	0.70	0.61	0.14	0.56	0.07	0.14	0.003	
31	6	812	B 1981		7.2	0.41	0.50	0.57	0.13	0.34	0.07	0.11	0.003	
32	14/1	803	B 1981		8.2	0.21	0.60	0.44	0.47	0.32	0.11	0.21	0.0006	
33	3	809	B 1980		9.0	0.27	0.44	0.82	0.14	0.68	0.06	0.20	0.002	
34	4	814	B 1980		9.0	0.30	0.48	0.83	0.21	0.69	0.09	0.22	0.003	
35	5	813	B 1980		10.2	0.22	0.40	0.84	0.21	0.70	0	0.24	0	
36	16/2	890	B 1981		4.9	0.19	0.06	0.21	0	0.07	0	0.02	0.002	
37	17/2	706	B 1980		10.5	0.05	0.03	0.10	0	0.02	0.01	0	0.003	
38	18/2	372	B 1980		13.6	1.10	1.93	0.10	0.14	0.36	0.18	1.29	0.012	
39	4	2271	B 1981		10.9	0.90	0.14	0.06	0.04	0.04	0.05	0.03	0.003	
40	9	400	B 1980		6.8	18.0	0.75	0.90	0.21	0.52	0.17	0.16	0.004	
41	19/1	710	B 1980		6.5	0.62	0.59	0.40	0.14	0.31	0.06	0.17	0.002	
42	2	2261	B 1980		9.4	1.80	0.51	0.39	0.14	0.28	0.07	0.13	0.002	
43	3	2260	B 1980		8.7	0.34	0.51	0.50	0.14	0.31	0.03	0.21	0	
44	4	2262	B 1980		6.6	1.0	0.51	0.45	0.14	0.37	0.04	0.08	0	
45	5	2369	B 1980		8.3	0.71	0.71	0.44	0.14	0.31	0.04	0.30	0.003	
46	6	2916	B 1980		6.3	0.76	0.42	0.37	0.14	0.30	0.06	0.12	0.002	
47	7	403	B 1980		10.8	1.79	0.51	0.58	0.21	0.38	0.09	0.15	0.003	
48	8	2368	B 1981	l	11.8	1.02	0.41	0.40	0.04	0.21	0.07	0.10	0.0006	
				m	6.8	2.54	0.31	0.43	0.08	0.19	0.18	0.05	0.003	

Auvernier/Nord. Résultats en % des analyses spectrographiques. Voir commentaire p. 22-28.

ANNEXE 3

				Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
49	20/1	404	B 1981	5.5	0.96	0.52	0.42	0.04	0.32	0.04	0.12	0	
50	2	2917	B 1980	2.4	0.66	0.21	0.37	0.14	0.22	0.04	0.02	0.006	
51	3	402	B 1980	8.3	1.28	0.50	0.80	0.14	0.23	0.06	0.14	0	
52	4	2857	B 1980	6.9	1.05	0.32	0.27	0.14	0.22	0.06	0.07	0.002	
53	5	2732	B 1980	8.2	2.30	0.40	0.56	0.21	0.31	0.07	0.08	0.002	
54	6	2264	B 1980	7.35	1.14	0.67	0.73	0.21	0.28	0.04	0.14	0.002	
55	7	399	B 1980	8.7	0.94	0.89	0.73	0.07	0.23	0.09	0.33	0.001	
56	8	2263	L 7050	9.20	1.49	0.579	0.312	0.151	0.341	0.068	0.524	<0.001	
57	21/1	323	B 1981	7.8	1.17	0.43	0.41	0.08	0.25	0.04	0.09	0	
58	2	314	B 1980	7.6	1.12	0.39	0.45	0.14	0.27	0.04	0.08	0	
59	3	320	B 1980	6.5	1.37	0.51	0.80	0.21	0.36	0.079	0.09	0.001	
60	4	322	L 7881	7.33	1.609	0.639	0.891	0.241	0.351	0.089	0.079	0.0010	0.0141
61	5	336	L 7902	1.11	0.155	0.793	1.094	0.185	0.857	0.081	0.195	0.0045	0.025
62	6	2939	B 1980	5.0	1.09	0.33	0.38	0.07	0.29	0.07	0.05	0.002	
63	7	335	B 1981	4.7	0.78	0.41	0.59	0.17	0.25	0.12	0.11	0.0006	
64	8	311	B 1981	6.8	1.00	0.43	0.69	0.04	0.23	0.07	0.09	0.003	
65	9	325	B 1981	6.7	1.45	0.55	0.30	0.04	0.36	0.12	0.14	0.0006	
66	10	317	B 1980	9.5	1.08	0.60	0.59	0.14	0.17	0.13	0.11	0.004	
67	22/1	315	B 1981	5.5	1.83	0.51	0.55	0.13	0.22	0.04	0.11	0.0006	
68	2	2275	B 1981	9.2	1.80	0.47	0.31	0.25	0.23	0.11	0.14	0.001	
69	3	309	B 1981	5.9	0.85	0.41	0.37	0.08	0.27	0.05	0.07	0.0006	
70	4	2372	B 1981	5.9	0.62	0.37	0.28	0.13	0.21	0.18	0.10	0.009	
71	5	316	L 7904	4.10	1.458	0.278	0.457	0.083	0.128	0.024	0.076	0.0042	0.190
72	7	310	L 7883	8.44	3.125	0.321	0.788	0.145	0.225	0.052	0.144	0.0040	0.207
73	8	313	L 7882	8.81	0.839	0.519	0.612	0.077	0.179	0.030	0.082	0.0051	0.165
74	9	327	L 7905	4.64	4.17	0.407	0.764	0.116	0.166	0.061	0.110	0.0085	0.057
75	10	2907	B 1981	7.0	4.50	0.33	0.35	0.13	0.16	0.11	0.09	0.005	
76	23/1	2872	B 1981	8.9	0.27	0.51	0.49	0.38	0.29	0.09	0.19	0.002	
77	2	326	L 7901	6.90	1.121	0.498	0.971	0.076	0.141	0.040	0.056	0.0020	0.0333
78	3	2373	B 1981	6.2	2.60	0.40	0.55	0.04	0.30	0.05	0.08	0.001	
79	4	319	B 1981	3.6	1.98	0.89	1.31	0.17	1.24	0.04	0.26	0.008	
80	5	318	L 7898	2.93	0.489	0.404	0.593	0.163	0.186	0.064	0.091	0.0038	0.184
81	6	333	B 1980	7.2	0.16	0.24	0.51	0.07	0.13	0.079	0.06	0.003	
82	7	2374	B 1981	7.4	1.12	0.71	0.67	0.81	0.16	0.09	0.12	0.001	
83	8	312	B 1981	4.03	1.50	0.65	0.80	0.17	0.34	0.05	0.13	0.003	
84	24/1	324	B 1981	8.3	1.35	0.47	0.45	0.30	0.25	0.04	0.11	0.0006	
85	2	329	L 7899	9.23	1.255	0.537	0.678	0.206	0.338	0.057	0.169	0.0018	0.0205
86	3	321	B 1980	4.70	2.40	0.60	1.15	0.21	0.23	0.079	0.09	0.002	
87	4	334	L 7046	10.14	3.21	0.304	0.536	0.101	0.141	0.005	0.089	0.007	
88	5	328	B 1981	6.6	1.32	0.47	0.44	0.04	0.14	0.05	0.13	0.002	
89	6	330	L 7906	14.53	0.011	0.339	0.075	0.065	0.041	0.0035	0.020	0.0042	0.335
90	7	337	L 7900	7.43	0.201	1.106	0.950	0.784	0.110	0.063	0.021	0.0009	0.0088
91	9	339	L 7907	7.04	5.092	0.824	1.115	0.11	0.972	0.071	0.456	0.0058	0.291
92	12	331	L 7897	7.16	1.316	0.531	1.90	0.169	0.151	0.138	0.073	0.0126	0.295
93	13	341	L 7908	7.46	1.123	0.460	0.757	0.133	0.266	0.055	0.163	0.0020	0.051
94	14	448	L 7048	6.69	1.64	0.461	0.369	0.159	0.445	0.087	0.176	<0.001	
95	15	2909	B 1982	13.8	2.90	1.11	1.15	0.30	0.65	0	0.17	0.003	
96	16	332	L 7903	8.02	0.824	0.534	0.089	0.083	0.163	0.108	0.233	0.0067	0.0167
97	17	419	B 1982	0.82	13.4	1.21	0.95	1.06	0.40	0.02	0.09	0.004	
98	25/1	776	B 1980	5.8	1.37	0.51	0.66	0.14	0.34	0.06	0.08	0.003	
99	2	348	L 7896	7.10	0.992	0.524	1.093	0.231	0.224	0.089	0.074	0.0007	0.0148
100	3	346	L 7894	5.95	0.946	0.655	0.837	0.142	0.243	0.086	0.096	0.0027	0.0765
101	4	347	B 1980	8.6	1.80	0.40	0.45	0.21	0.19	0.07	0.11	0.002	
102	5	351	L 7895	6.11	1.593	0.401	0.417	0.150	0.243	0.070	0.068	0.0003	0.011
103	6	350	B 1981	7.5	2.5	0.65	0.30	0.25	0.25	0.07	0.18	0.006	

ANNEXE 3

				Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
104	26/1	349	L 7893	6.11	2.025	0.502	0.527	0.155	0.252	0.101	0.089	0.0022	0.024
105	2	343	L 7891	6.32	1.308	0.430	0.485	0.154	0.263	0.083	0.075	0.0004	0.015
106	3	345	B 1981	5.5	2.1	0.50	0.51	0.04	0.33	0.05	0.10	0.003	
107	4	353	L 7890	0.03	0.038	0.339	0.297	0.046	0.151	0.0046	0.073	0.0052	0.0721
108	5	352	B 1981	8.3	1.3	0.61	0.38	0.51	0.25	0.18	0.15	0.003	
109	6	344	L 7892	7.15	2.449	0.733	1.203	0.169	0.423	0.077	0.220	0.0030	0.171
110	27/1	2375	B 1981	5.5	0.07	0.20	0.55	0.04	0.09	0	0.05	0.0006	
111	2	2376	B 1980	0	0	0.27	1.52	0.14	0.09	0	0	0	
112	3	2910	B 1981	6.1	1.7	0.44	0.44	0.13	0.30	0.02	0.11	0	
113	4	2267	B 1980	8.5	1.10	0.54	0.41	0.14	0.30	0.08	0.13	0	
114	5	2266	B 1981	7.1	1.6	0.57	0.52	0.13	0.36	0.07	0.17	0.0006	
115	6	2268	B 1981	6.9	1.5	0.38	0.49	0.30	0.25	0.05	0.08	0.013	
116	28/1	2878	B 1980	7.6	1.47	0.43	0.39	0.14	0.29	0.08	0.09	0.004	
117	8	366	L 7047	4.23	5.79	0.529	0.596	0.269	0.506	0.028	0.110	<0.001	
118	9	357	L 7886	10.73	0.640	0.339	0.247	0.066	0.148	0.061	0.107	0.0041	0.084
119	11	363	L 7887	10.61	2.094	0.383	0.536	0.156	0.202	0.079	0.136	0.0097	0.045
120	13	358	L 7888	8.83	0.829	0.593	0.377	0.145	0.282	0.103	0.165	0.0031	0.0282
121	14	360	L 7889	10.65	0.504	1.233	0.355	0.101	0.160	0.105	0.596	0.0016	0.185
122	29/2	369	B 1981	5.5	2.16	0.54	0.58	0.42	0.34	0.07	0.11	0	
123	3	370	B 1980	6.6	1.30	0.43	0.46	0.14	0.33	0.06	0.07	0	
124	4	2259	B 1981	5.8	1.17	0.79	0.52	0.04	0.36	0.09	0.18	0.004	
125	6	371	B 1980	7.3	0.84	0.40	0.47	0.63	0.32	0.09	0.05	0.004	
126	7	2911	B 1980	6.7	2.37	0.51	0.73	0.21	0.31	0.02	0.07	0	
127	8	2258	B 1981	4.4	1.38	1.02	0.79	0.08	0.52	0.04	0.28	0.009	
128	11	2720	B 1981	7.1	0.98	0.54	0.56	0.04	0.34	0.07	0.12	0.0006	
129	31/1	2919	B 1982	0	0.88	3.50	0.03	0	0.57	0	0.45	0.002	
130	2	2920	B 1982	0	0.02	0.95	0.87	1.06	0.37	0	0.08	0.004	
131	3		B 1981	8.9	1.51	0.40	0.68	0	0.14	0.14	0.10	0.003	
132	32/1	418	B 1981	4.4	0.93	0.43	0.59	0.04	0.26	0.04	0.10	0.003	

ANNEXE 4

			As	Ag	Bi	Zn				As	Ag	Bi	Zn
4/5	2237	1980	0.05	0	0.01	0.02	6	2939	1980	0.25	0.01	0.10	0.02
6	2238	1980	0.40	0.03	0.08	0	7	335	1981	0.29	0.04	0.07	0.01
8	423	1980	0.50	0.03	0	0	8	311	1981	0.30	0.01	0.04	0.05
10	425	1980	0.55	0.02	0.08	0	9	325	1981	0.39	0.01	0.07	0.01
5/3	2252	1981	0.37	0.08	0.05	0.21	10	317	1980	0.45	0.02	0.18	0.04
4	2299	1981	0.32	0.05	0.03	0.03	22/1	315	1981	0.36	0.03	0.02	0.01
5	2301	1981	0.36	0.04	0.04	0.03	2	2275	1981	0.33	0.06	0.06	0.02
6/3	2378	1981	0.57	0.04	0.03	0.04	3	309	1981	0.29	0.02	0.03	0.01
5	380	1981	0.19	0.02	0.02	0	4	2372	1981	0.26	0.03	0.01	0.13
7/3	384	1981	0.14	0.02	0	0.01	10	2907	1981	0.23	0.03	0.06	0.08
4	2379	1981	0.57	0.04	0.03	0.04	23/1	2872	1981	0.36	0.09	0.05	0.03
9/2	394	1981	0.38	0	0	0.03	3	2373	1981	0.28	0.01	0.03	0.02
4	2256	1981	0.24	0.07	0	0.02	4	319	1981	0.63	0.04	0.02	0.12
19	2257	1981	0.89	0.10	0.09	0.23	6	333	1980	0.18	0.01	0.11	0.03
13/4	887	1980	0.05	0.02	0	0.04	7	2374	1981	0.50	0.19	0.05	0.02
5	405	1980	0.52	0.02	0.10	0.03	8	312	1981	0.457	0.04	0.03	0.04
6	812	1981	0.35	0.03	0.04	0.05	24/1	324	1981	0.33	0.07	0.02	0.01
14/1	803	1981	0.42	0.11	0.06	0.01	3	321	1980	0.45	0.03	0.11	0.02
3	809	1980	0.33	0.02	0.08	0.02	5	328	1981	0.33	0.01	0.03	0.03
4	814	1980	0.36	0.03	0.12	0.03	15	2909	1982	0.78	0.07	0	0.04
5	813	1980	0.30	0.03	0	0	17	419	1982	0.85	0.25	0.01	0.06
16/2	890	1981	0.04	0	0	0.03	25/1	776	1980	0.38	0.02	0.08	0.03
17/2	706	1980	0.02	0	0.02	0.03	4	347	1980	0.30	0.03	0.10	0.02
18/2	372	1980	1.44	0.02	0.25	0.12	6	350	1981	0.46	0.06	0.04	0.09
4	2271	1981	0.10	0.01	0.03	0.04	26/3	345	1981	0.35	0.01	0.03	0.05
9	400	1980	0.56	0.03	0.23	0.04	5	352	1981	0.61	0.12	0.10	0.04
19/1	710	1980	0.44	0.02	0.09	0.02	27/1	2375	1981	0.14	0.01	0	0.01
2	2261	1980	0.38	0.02	0.10	0.02	2	2376	1980	0.20	0.02	0	0
3	2260	1980	0.38	0.02	0.04	0	3	2910	1981	0.31	0.03	0.01	0
4	2262	1980	0.38	0.02	0.05	0	4	2267	1980	0.40	0.02	0.11	0
5	2369	1980	0.53	0.02	0.05	0.03	5	2266	1981	0.40	0.03	0.04	0.01
6	2916	1980	0.31	0.02	0.09	0.02	6	2268	1981	0.27	0.07	0.03	0.20
7	403	1980	0.38	0.03	0.13	0.03	28/1	2878	1980	0.32	0.02	0.11	0.04
8	2368	1981	0.29	0.01	0.04	0.01	29/2	369	1981	0.38	0.10	0.04	0
20/1	404	1981	0.37	0.01	0.02	0	3	370	1980	0.32	0.02	0.08	0
2	2917	1980	0.16	0.02	0.05	0.06	4	2259	1981	0.56	0.01	0.05	0.06
3	402	1980	0.37	0.02	0.08	0	6	371	1980	0.31	0.09	0.12	0.04
4	2857	1980	0.24	0.02	0.08	0.02	7	2911	1980	0.38	0.03	0.03	0
5	2732	1980	0.30	0.03	0.10	0.02	8	2258	1981	0.72	0.02	0.02	0.13
6	2264	1980	0.50	0.03	0.06	0.02	11	2720	1981	0.38	0.01	0.04	0.01
7	399	1980	0.66	0.01	0.13	0.01	31/1	2919	1982	2.50	0	0	0.03
21/1	323	1981	0.30	0.02	0.02	0	2	2920	1982	0.67	0.25	0	0.08
2	314	1980	0.29	0.02	0.06	0	3		1981	0.28	0	0.08	0.04
3	320	1980	0.38	0.03	0.11	0.01	32/1	418	1981	0.30	0.01	0.02	0.05

Annexe 4 Auvernier/Nord. Analyses spectrographiques. Résultats non «calibrés» des mesures de Boillat SA.

ANNEXE 5

			Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co
1.1.	2	4/6	7.10	1.280	0.540	0.720	0.400	0.090
	54	20/6	7.35	1.140	0.670	0.730	0.280	0.140
	82	23/7	7.40	1.120	0.710	0.670	0.160	0.120
	93	24/13	7.46	1.123	0.460	0.757	0.266	0.163
	8	5/5	7.80	0.990	0.510	0.650	0.340	0.110
	57	21/1	7.80	1.170	0.430	0.410	0.250	0.090
	58	21/2	7.60	1.120	0.390	0.450	0.270	0.080
	99	25/2	7.10	0.992	0.524	1.093	0.224	0.074
	128	29/11	7.10	0.980	0.540	0.560	0.340	0.120
	125	29/6	7.30	0.840	0.400	0.470	0.320	0.050
1.2.	4	4/9	6.59	1.009	0.593	0.724	0.443	0.220
	44	19/4	6.60	1.000	0.510	0.450	0.370	0.080
	15	7/4	6.40	1.060	0.810	0.610	0.420	0.170
	13	7/1	6.60	1.177	0.396	0.430	0.303	0.079
	16	7/5	6.73	1.098	0.332	0.463	0.303	0.056
	77	23/2	6.90	1.121	0.498	0.971	0.141	0.056
	52	20/4	6.90	1.050	0.320	0.270	0.220	0.070
	64	21/8	6.80	1.000	0.430	0.690	0.230	0.090
1.3.	60	21/4	7.33	1.609	0.639	0.891	0.351	0.079
	114	27/5	7.10	1.600	0.570	0.520	0.360	0.170
	116	28/1	7.60	1.470	0.430	0.390	0.290	0.090
1.4.	3	4/8	5.90	1.560	0.670	0.720	0.450	0.120
	5	4/10	6.00	1.620	0.740	0.750	0.460	0.140
	102	25/5	6.11	1.593	0.401	0.417	0.243	0.068
	112	27/3	6.10	1.700	0.440	0.440	0.300	0.110
	59	21/3	6.50	1.370	0.510	0.800	0.360	0.090
	88	24/5	6.60	1.320	0.470	0.440	0.140	0.130
	123	29/3	6.60	1.300	0.430	0.460	0.330	0.070
	105	26/2	6.32	1.308	0.430	0.485	0.263	0.075
	65	21/9	6.70	1.450	0.550	0.300	0.360	0.140
	115	27/6	6.90	1.500	0.380	0.490	0.250	0.080
	94	24/14	6.69	1.640	0.461	0.369	0.445	0.176
1.5.	11	6/6	5.61	0.891	0.374	0.502	0.309	0.089
	49	20/1	5.50	0.960	0.520	0.420	0.320	0.120
	69	22/3	5.90	0.850	0.410	0.370	0.270	0.070
	100	25/3	5.95	0.946	0.655	0.837	0.243	0.096
	12	6/7	5.42	1.350	0.470	0.702	0.259	0.109
	98	25/1	5.80	1.370	0.510	0.660	0.340	0.080
	124	29/4	5.80	1.170	0.790	0.520	0.360	0.180
1.6.	17	8/3	6.46	0.308	0.497	0.337	0.354	0.146
	30	13/5	6.60	0.350	0.700	0.610	0.560	0.140
	31	13/6	7.20	0.410	0.500	0.570	0.340	0.110
	81	23/6	7.20	0.160	0.240	0.510	0.130	0.060
	18	8/4	6.19	0.645	0.606	0.328	0.242	0.134
	46	19/6	6.30	0.760	0.420	0.370	0.300	0.120
	41	19/1	6.50	0.620	0.590	0.400	0.310	0.170
	70	22/4	5.90	0.620	0.370	0.280	0.210	0.100
1.7.	9	6/3	4.80	2.010	0.610	0.590	0.380	0.090
	21	8/8	4.93	1.936	0.422	0.460	0.289	0.083
	86	24/3	4.70	2.400	0.600	1.150	0.230	0.090
1.8.	67	22/1	5.50	1.830	0.510	0.550	0.220	0.110
	104	26/1	6.11	2.025	0.502	0.527	0.252	0.089
	106	26/3	5.50	2.100	0.500	0.510	0.330	0.100
	122	29/2	5.50	2.160	0.540	0.580	0.340	0.110
1.9.	78	23/3	6.20	2.600	0.400	0.550	0.300	0.080
	126	29/7	6.70	2.370	0.510	0.730	0.310	0.070
1.10.	7	5/4	4.60	1.120	0.450	0.780	0.270	0.120
	62	21/6	5.00	1.090	0.330	0.380	0.290	0.050
	26	9/5	5.09	0.905	0.303	0.374	0.235	0.059
	63	21/7	4.70	0.780	0.410	0.590	0.250	0.110
	132	32/1	4.40	0.930	0.430	0.590	0.260	0.100
1.11.	71	22/5	4.10	1.458	0.278	0.457	0.128	0.076
	83	23/8	4.03	1.500	0.650	0.800	0.340	0.130
	127	29/8	4.40	1.380	1.020	0.790	0.520	0.280
1.12.	25	9/4	2.60	0.940	0.340	0.450	0.240	0.030
	50	20/2	2.40	0.660	0.210	0.370	0.220	0.020
	80	23/5	2.93	0.489	0.404	0.593	0.186	0.091
2.1.	6	5/3	8.80	0.990	0.520	0.540	0.390	0.160
	73	22/8	8.81	0.839	0.519	0.612	0.179	0.082
	120	28/13	8.83	0.829	0.593	0.377	0.282	0.165
	20	8/6	9.12	0.759	0.590	0.565	0.494	0.157
	19	8/5	8.25	0.874	0.444	0.483	0.311	0.073
	45	19/5	8.30	0.710	0.710	0.440	0.310	0.300
	23	8/12	9.28	1.070	0.525	0.631	0.606	0.192
	66	21/10	9.50	1.080	0.600	0.590	0.170	0.110
	27	9/13	9.28	1.274	0.450	0.703	0.202	0.132
	85	24/2	9.23	1.255	0.537	0.678	0.338	0.169
	51	20/3	8.30	1.280	0.500	0.800	0.230	0.140
	108	26/5	8.30	1.300	0.610	0.380	0.250	0.150
	84	24/1	8.30	1.350	0.470	0.450	0.250	0.110
	113	27/4	8.50	1.100	0.540	0.410	0.300	0.130
2.2.	14	7/3	7.90	0.440	0.200	0.310	0.240	0.050
	32	14/1	8.20	0.210	0.600	0.440	0.320	0.210
	33	14/3	9.00	0.270	0.440	0.820	0.680	0.200
	34	14/4	9.00	0.300	0.480	0.830	0.690	0.220
	76	23/1	8.90	0.270	0.510	0.490	0.290	0.190
	43	19/3	8.70	0.340	0.510	'.500	0.310	0.210
2.3.	10	6/5	10.30	0.810	0.270	0.300	0.190	0.060
	22	8/10	10.16	0.742	0.610	0.595	0.446	0.139
	118	28/9	10.73	0.640	0.339	0.247	0.148	0.107
	35	14/5	10.20	0.220	0.400	0.840	0.700	0.240
2.4.	48	19/8	11.80	1.020	0.410	0.400	0.210	0.100
2.5.	42	19/2	9.40	1.800	0.510	0.390	0.280	0.130
	68	22/2	9.20	1.800	0.470	0.310	0.230	0.140
	101	25/4	8.60	1.800	0.400	0.450	0.190	0.110
	131	31/3	8.90	1.510	0.400	0.680	0.140	0.100
2.6.	47	19/7	10.80	1.790	0.510	0.580	0.380	0.150
	119	28/11	10.61	2.094	0.383	0.536	0.202	0.136
2.7.	53	20/5	8.20	2.300	0.400	0.560	0.310	0.080
	103	25/6	7.50	2.500	0.650	0.300	0.250	0.180
2.8.	72	22/7	8.44	3.125	0.321	0.788	0.225	0.144
2.9.	87	24/4	10.14	3.210	0.304	0.536	0.141	0.089
3.1.	74	22/9	4.64	4.170	0.407	0.764	0.166	0.110
3.2.	75	22/10	7.00	4.500	0.330	0.350	0.160	0.090
3.3.	117	28/8	4.23	5.790	0.529	0.596	0.506	0.110

Auvernier/Nord. Les objets analysés, classés dans l'ordre de la hiérarchie selon étain et plomb (voir dépliant 1 et tableau 5, p. 28).

			Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co
1.1.1.	2	4/6	7.10	1.280	0.540	0.720	0.400	0.090
	59	21/3	6.50	1.370	0.510	0.800	0.360	0.090
	98	25/1	5.80	1.370	0.510	0.660	0.340	0.080
	60	21/4	7.33	1.609	0.639	0.891	0.351	0.079
	100	25/3	5.95	0.946	0.655	0.837	0.243	0.096
	3	4/8	5.90	1.560	0.670	0.720	0.450	0.120
	5	4/10	6.00	1.620	0.740	0.750	0.460	0.140
	83	23/8	4.03	1.500	0.650	0.800	0.340	0.130
	51	20/3	8.30	1.280	0.500	0.800	0.230	0.140
	93	24/13	7.46	1.123	0.460	0.757	0.266	0.163
	54	20/6	7.35	1.140	0.670	0.730	0.280	0.140
	82	23/7	7.40	1.120	0.710	0.670	0.160	0.120
1.1.2.	7	5/4	4.60	1.120	0.450	0.780	0.270	0.120
	12	6/7	5.42	1.350	0.470	0.702	0.259	0.109
	63	21/7	4.70	0.780	0.410	0.590	0.250	0.110
	132	32/1	4.40	0.930	0.430	0.590	0.260	0.100
	64	21/8	6.80	1.000	0.430	0.690	0.230	0.090
	9	6/3	4.80	2.010	0.610	0.590	0.380	0.090
	106	26/3	5.50	2.100	0.500	0.510	0.330	0.100
	122	29/2	5.50	2.160	0.540	0.580	0.340	0.110
	21	8/8	4.93	1.936	0.422	0.460	0.289	0.083
	112	27/3	6.10	1.700	0.440	0.440	0.300	0.110
	67	22/1	5.50	1.830	0.510	0.550	0.220	0.110
	104	26/1	6.11	2.025	0.502	0.527	0.252	0.089
	53	20/5	8.20	2.300	0.400	0.560	0.310	0.080
	78	23/3	6.20	2.600	0.400	0.550	0.300	0.080
	126	29/7	6.70	2.370	0.510	0.730	0.310	0.070
1.2.	4	4/9	6.59	1.009	0.593	0.724	0.443	0.220
	15	7/4	6.40	1.060	0.810	0.610	0.420	0.170
	124	29/4	5.80	1.170	0.790	0.520	0.360	0.180
	30	13/5	6.60	0.350	0.700	0.610	0.560	0.140
	6	5/3	8.80	0.990	0.520	0.540	0.390	0.160
	85	24/2	9.23	1.255	0.537	0.678	0.338	0.169
	47	19/7	10.80	1.790	0.510	0.580	0.380	0.150
	20	8/6	9.12	0.759	0.590	0.565	0.494	0.157
	22	8/10	10.16	0.742	0.610	0.595	0.446	0.139
	8	5/5	7.80	0.990	0.510	0.650	0.340	0.110
	128	29/11	7.10	0.980	0.540	0.560	0.340	0.120
	31	13/6	7.20	0.410	0.500	0.570	0.340	0.110
	44	19/4	6.60	1.000	0.510	0.450	0.370	0.080
	84	24/1	8.30	1.350	0.470	0.450	0.250	0.110
	113	27/4	8.50	1.100	0.540	0.410	0.300	0.130
	18	8/4	6.19	0.645	0.606	0.328	0.242	0.134
	41	19/1	6.50	0.620	0.590	0.400	0.310	0.170
	108	26/5	8.30	1.300	0.610	0.380	0.250	0.150
	120	28/13	8.83	0.829	0.593	0.377	0.282	0.165
	17	8/3	6.46	0.308	0.497	0.337	0.354	0.146
	46	19/6	6.30	0.760	0.420	0.370	0.300	0.120
	49	20/1	5.50	0.960	0.520	0.420	0.320	0.120
	65	21/9	6.70	1.450	0.550	0.300	0.360	0.140
	94	24/14	6.69	1.640	0.461	0.369	0.445	0.176
	114	27/5	7.10	1.600	0.570	0.520	0.360	0.170
1.3.	77	23/2	6.90	1.121	0.498	0.971	0.141	0.056
	99	25/2	7.10	0.992	0.524	1.093	0.224	0.074
	86	24/3	4.70	2.400	0.600	1.150	0.230	0.090
2.1.	10	6/5	10.30	0.810	0.270	0.300	0.190	0.060
	118	28/9	10.73	0.640	0.339	0.247	0.148	0.107
	48	19/8	11.80	1.020	0.410	0.400	0.210	0.100
	27	9/13	9.28	1.274	0.450	0.703	0.202	0.132
	131	31/3	8.90	1.510	0.400	0.680	0.140	0.100
	66	21/10	9.50	1.080	0.600	0.590	0.170	0.110
	73	22/8	8.81	0.839	0.519	0.612	0.179	0.082
	88	24/5	6.60	1.320	0.470	0.440	0.140	0.130
	42	19/2	9.40	1.800	0.510	0.390	0.280	0.130
	68	22/2	9.20	1.800	0.470	0.310	0.230	0.140
	101	25/4	8.60	1.800	0.400	0.450	0.190	0.110
	119	28/11	10.61	2.094	0.383	0.536	0.202	0.136
2.2.1.	11	6/6	5.61	0.891	0.374	0.502	0.309	0.089
	69	22/3	5.90	0.850	0.410	0.370	0.270	0.070
	102	25/5	6.11	1.593	0.401	0.417	0.243	0.068
	105	26/2	6.32	1.308	0.430	0.485	0.263	0.075
	115	27/6	6.90	1.500	0.380	0.490	0.250	0.080
	13	7/1	6.60	1.177	0.396	0.430	0.303	0.079
	123	29/3	6.60	1.300	0.430	0.460	0.330	0.070
	16	7/5	6.73	1.098	0.332	0.463	0.303	0.056
	125	29/6	7.30	0.840	0.400	0.470	0.320	0.050
	19	8/5	8.25	0.874	0.444	0.483	0.311	0.073
	57	21/1	7.80	1.170	0.430	0.410	0.250	0.090
	58	21/2	7.60	1.120	0.390	0.450	0.270	0.080
	116	28/1	7.60	1.470	0.430	0.390	0.290	0.090
2.2.2.	26	9/5	5.09	0.905	0.303	0.374	0.235	0.059
	62	21/6	5.00	1.090	0.330	0.380	0.290	0.050
	52	20/4	6.90	1.050	0.320	0.270	0.220	0.070
	70	22/4	5.90	0.620	0.370	0.280	0.210	0.100
	14	7/3	7.90	0.440	0.200	0.310	0.240	0.050
	81	23/6	7.20	0.160	0.240	0.510	0.130	0.060
2.3.	25	9/4	2.60	0.940	0.340	0.450	0.240	0.030
	50	20/2	2.40	0.660	0.210	0.370	0.220	0.020
	71	22/5	4.10	1.458	0.278	0.457	0.128	0.076
	80	23/5	2.93	0.489	0.404	0.593	0.186	0.091
3.	72	22/7	8.44	3.125	0.321	0.788	0.225	0.144
	87	24/4	10.14	3.210	0.304	0.536	0.141	0.089
	74	22/9	4.64	4.170	0.407	0.764	0.166	0.110
	75	22/10	7.00	4.500	0.330	0.350	0.160	0.090
	117	28/8	4.23	5.790	0.529	0.596	0.506	0.110
4.	23	8/12	9.28	1.070	0.525	0.631	0.606	0.192
	33	14/3	9.00	0.270	0.440	0.820	0.680	0.200
	34	14/4	9.00	0.300	0.480	0.830	0.690	0.220
	35	14/5	10.20	0.220	0.400	0.840	0.700	0.240
	32	14/1	8.20	0.210	0.600	0.440	0.320	0.210
	43	19/3	8.70	0.340	0.510	0.500	0.310	0.210
	76	23/1	8.90	0.270	0.510	0.490	0.290	0.190
	45	19/5	8.30	0.710	0.710	0.440	0.310	0.300
	103	25/6	7.50	2.500	0.650	0.300	0.250	0.180
	127	29/8	4.40	1.380	1.020	0.790	0.520	0.280

Auvernier/Nord. Les objets analysés, classés dans l'ordre de la hiérarchie selon étain, plomb, arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir dépliant 2 et tableau 6, p. 29).

ANNEXE 7

			Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co
1.1.	2	4/6	7.10	1.280	0.540	0.720	0.400	0.090
	59	21/3	6.50	1.370	0.510	0.800	0.360	0.090
	98	25/1	5.80	1.370	0.510	0.660	0.340	0.080
	126	29/7	6.70	2.370	0.510	0.730	0.310	0.070
	54	20/6	7.35	1.140	0.670	0.730	0.28	0.140
	83	23/8	4.03	1.500	0.650	0.800	0.340	0.130
	60	21/4	7.33	1.609	0.639	0.891	0.351	0.079
	100	25/3	5.95	0.946	0.655	0.837	0.243	0.096
	7	5/4	4.60	1.120	0.450	0.780	0.270	0.120
	12	6/7	5.42	1.350	0.470	0.702	0.259	0.109
	27	9/13	9.28	1.274	0.450	0.703	0.202	0.132
	51	20/3	8.30	1.280	0.500	0.800	0.230	0.140
	93	24/13	7.46	1.123	0.460	0.757	0.266	0.163
	72	22/7	8.44	3.125	0.321	0.788	0.225	0.144
	63	21/7	4.70	0.780	0.410	0.590	0.250	0.110
	132	32/1	4.40	0.930	0.430	0.590	0.260	0.100
	64	21/8	6.80	1.000	0.430	0.690	0.230	0.090
	80	23/5	2.93	0.489	0.404	0.593	0.186	0.091
	74	22/9	4.64	4.170	0.407	0.764	0.166	0.110
	131	31/3	8.90	1.510	0.400	0.680	0.140	0.100
1.2.	24	9/2	0	0.260	0.540	0.570	0.140	0.020
	66	21/10	9.50	1.080	0.600	0.590	0.170	0.110
	73	22/8	8.81	0.839	0.519	0.612	0.179	0.082
	82	23/7	7.40	1.120	0.710	0.670	0.160	0.120
1.3.	77	23/2	6.90	1.121	0.498	0.971	0.141	0.056
	86	24/3	4.70	2.400	0.600	1.150	0.230	0.090
	99	25/2	7.10	0.992	0.524	1.093	0.224	0.074
1.4.	3	4/8	5.90	1.560	0.670	0.720	0.450	0.120
	5	4/10	6.00	1.620	0.740	0.750	0.460	0.140
	30	13/5	6.60	0.350	0.700	0.610	0.560	0.140
	40	18/9	6.80	18.000	0.750	0.900	0.520	0.160
	15	7/4	6.40	1.060	0.810	0.610	0.420	0.170
	124	29/4	5.80	1.170	0.790	0.520	0.360	0.180
	130	31/2	0	0.020	0.950	0.870	0.370	0.080
2.1.	6	5/3	8.80	0.990	0.520	0.540	0.390	0.160
	47	19/7	10.80	1.790	0.510	0.580	0.380	0.150
	114	27/5	7.10	1.600	0.570	0.520	0.360	0.170
	85	24/2	9.23	1.255	0.537	0.678	0.338	0.169
	32	14/1	8.20	0.210	0.600	0.440	0.320	0.210
	43	19/3	8.70	0.340	0.510	0.500	0.310	0.210
	76	23/1	8.90	0.270	0.510	0.490	0.290	0.190
	18	8/4	6.19	0.645	0.606	0.328	0.242	0.134
	108	26/5	8.30	1.300	0.610	0.380	0.250	0.150
	41	19/1	6.50	0.620	0.590	0.400	0.310	0.170
	120	28/13	8.83	0.829	0.593	0.377	0.282	0.165
	103	25/6	7.50	2.500	0.650	0.300	0.250	0.180
2.2.	8	5/5	7.80	0.990	0.510	0.650	0.340	0.110
	31	13/6	7.20	0.410	0.500	0.570	0.340	0.110
	122	29/2	5.50	2.160	0.540	0.580	0.340	0.110
	128	29/11	7.10	0.980	0.540	0.560	0.340	0.120
	9	6/3	4.80	2.010	0.610	0.590	0.380	0.090
	44	19/4	6.60	1.000	0.510	0.450	0.370	0.080
	106	26/3	5.50	2.100	0.500	0.510	0.330	0.100
	11	6/6	5.61	0.891	0.374	0.502	0.309	0.089
	53	20/5	8.20	2.300	0.400	0.560	0.310	0.080
	78	23/3	6.20	2.600	0.400	0.550	0.300	0.080
	58	21/2	7.60	1.120	0.390	0.450	0.270	0.080
	115	27/6	6.90	1.500	0.380	0.490	0.250	0.080
	105	26/2	6.32	1.308	0.430	0.485	0.263	0.075
	13	7/1	6.60	1.177	0.396	0.430	0.303	0.079
	21	8/8	4.93	1.936	0.422	0.460	0.289	0.083
	19	8/5	8.25	0.874	0.444	0.483	0.311	0.073
	123	29/3	6.60	1.300	0.430	0.460	0.330	0.070
	125	29/6	7.30	0.840	0.400	0.470	0.320	0.050
	57	21/1	7.80	1.170	0.430	0.410	0.250	0.090
	116	28/1	7.60	1.470	0.430	0.390	0.290	0.090
	69	22/3	5.90	0.850	0.410	0.370	0.270	0.070
	102	25/5	6.11	1.593	0.401	0.417	0.243	0.068
	17	8/3	6.46	0.308	0.497	0.337	0.354	0.146
	65	21/9	6.70	1.450	0.550	0.300	0.360	0.140
	42	19/2	9.40	1.800	0.510	0.390	0.280	0.130
	113	27/4	8.50	1.100	0.540	0.410	0.300	0.130
	49	20/1	5.50	0.960	0.520	0.420	0.320	0.120
	46	19/6	6.30	0.760	0.420	0.370	0.300	0.120
	112	27/3	6.10	1.700	0.440	0.440	0.300	0.110
	68	22/2	9.20	1.800	0.470	0.310	0.230	0.140
	48	19/8	11.80	1.020	0.410	0.400	0.210	0.100
	101	25/4	8.60	1.800	0.400	0.450	0.190	0.110
	88	24/5	6.60	1.320	0.470	0.440	0.140	0.130
	119	28/11	10.61	2.094	0.383	0.536	0.202	0.136
	67	22/1	5.50	1.830	0.510	0.550	0.220	0.110
	104	26/1	6.11	2.025	0.502	0.527	0.252	0.089
	84	24/1	8.30	1.350	0.470	0.450	0.250	0.110
2.3.	10	6/5	10.30	0.810	0.270	0.300	0.190	0.060
	52	20/4	6.90	1.050	0.320	0.270	0.220	0.070
	26	9/5	5.09	0.905	0.303	0.374	0.235	0.059
	14	7/3	7.90	0.440	0.200	0.310	0.240	0.050
	50	20/2	2.40	0.660	0.210	0.370	0.220	0.020
	16	7/5	6.73	1.098	0.332	0.463	0.303	0.056
	62	21/6	5.00	1.090	0.330	0.380	0.290	0.050
	25	9/4	2.60	0.940	0.340	0.450	0.240	0.030
	70	22/4	5.90	0.620	0.370	0.280	0.210	0.100
	118	28/9	10.73	0.640	0.339	0.247	0.148	0.107
	75	22/10	7.00	4.500	0.330	0.350	0.160	0.090
	107	26/4	0.03	0.038	0.339	0.297	0.151	0.073
	71	22/5	4.10	1.458	0.278	0.457	0.128	0.076
	81	23/6	7.20	0.160	0.240	0.510	0.130	0.060
	87	24/4	10.14	3.210	0.304	0.536	0.141	0.089
3.	4	4/9	6.59	1.009	0.593	0.724	0.443	0.220
	23	8/12	9.28	1.070	0.525	0.631	0.606	0.192
	20	8/6	9.12	0.759	0.590	0.565	0.494	0.157
	22	8/10	10.16	0.742	0.610	0.595	0.446	0.139
	117	28/8	4.23	5.790	0.529	0.596	0.506	0.110
	94	24/14	6.69	1.640	0.461	0.369	0.445	0.176
	33	14/3	9.00	0.270	0.440	0.820	0.680	0.200
	34	14/4	9.00	0.300	0.480	0.830	0.690	0.220
	35	14/5	10.20	0.220	0.400	0.840	0.700	0.240
	45	19/5	8.30	0.710	0.710	0.440	0.310	0.300
	127	29/8	4.40	1.380	1.020	0.790	0.520	0.280

Auvernier/Nord. Les objets analysés, classés dans l'ordre de la hiérarchie selon arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir dépliant 3 et tableau 9, p. 31).

ANNEXE 8

			Sn	Pb	As	Sb	Ni	Co
1.	1	4/5	9.00	0.090	0.070	0.040	0.450	0.020
	29	13/4	3.30	0.380	0.070	0.200	0.220	0.040
	36	16/2	4.90	0.190	0.060	0.210	0.070	0.020
	37	17/2	10.50	0.050	0.030	0.100	0.020	0
	39	18/4	10.90	0.900	0.140	0.060	0.040	0.030
	89	24/6	14.53	0.011	0.339	0.075	0.041	0.020
	110	27/1	5.50	0.070	0.200	0.550	0.090	0.050
	96	24/16	8.02	0.824	0.534	0.089	0.163	0.233
2.	28	9/19	16.70	0.290	1.260	0.490	0.410	0.730
	121	28/14	10.65	0.504	1.233	0.355	0.160	0.596
	55	20/7	8.70	0.940	0.890	0.730	0.230	0.330
	56	20/8	9.20	1.490	0.579	0.312	0.341	0.524
3.	90	24/7	7.43	0.201	1.106	0.950	0.110	0.021
	97	24/17	0.82	13.400	1.210	0.950	0.400	0.090
	109	26/6	7.15	2.449	0.733	1.203	0.423	0.220
	92	24/12	7.16	1.316	0.531	1.900	0.151	0.073
	111	27/2	0	0	0.270	1.520	0.090	0
4.	61	21/5	1.11	0.155	0.793	1.094	0.857	0.195
	95	24/15	13.80	2.900	1.110	1.150	0.650	0.170
	79	23/4	3.60	1.980	0.890	1.310	1.240	0.260
	91	24/9	7.04	5.092	0.824	1.115	0.972	0.456
5.	38	18/2	13.60	1.100	1.930	0.100	0.360	1.290
	129	31/1	0	0.880	3.500	0.030	0.570	0.450

Auvernier/Nord. Les objets de composition aberrante classés dans l'ordre de la hiérarchie selon arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir fig. 7, p. 32).

ANNEXE 9

Surplus de coulée en bronze 31/3 (voir p. 76). Analyse des inclusions organiques

In dem Bronze-Rückstand konnten folgende Holzkohlen festgestellt werden:

13 Stück Holzkohlepartikel, Abies alba (sapin blanc)

5 Stück Zweigfragmente, mit Durchmessern von einem bis zu drei Millimetern, davon

4 Stück Salix sp. (saule)

1 Stück Corylus avellana (noisetier)

Bei den ebenfalls verkohlt erhaltenen Samen handelt es sich um Pisum sp., wahrscheinlich um Pisum sativum (pois cultivé).

Werner Schoch, 22.11.82

Institut fédéral de recherches forestières, CH-8903 Birmensdorf ZH.

ANNEXE 10

Analyses du fragment de moule en terre cuite 33/2 (voir p. 77).

1. *Petrographische Analyse* (25.8.82)

1.1. Methodik

Von der Probe wurde ein Dünnschliff angefertigt und unter dem Polarisationsmikroskop untersucht.

1.2. Resultate

Die Probe ist sehr stark gemagert (geschätzter Magerungsgehalt ca. 50-60 Vol%), wobei die Korngrösse der Magerungsanteile um 0.2 - 0.3 mm schwankt mit maximalen Durchmessern von 3.5 mm. Die Magerung besteht vorwiegend aus eckigen bis angerundeten Quarzen und Quarziten, seltener aus Gneisen, rundlichen Kalken, Biotiten, Hellglimmern und Epidoten. Eine künstliche Zufügung von Magerung ist nicht ersichtlich. Die Matrix ist silikatisch.

Zwischen dem makroskopisch sichtbaren grauschwarzen Kern und den rötlichbraunen Aussenbereichen der Gussform ist kein Unterschied bezüglich Magerungsart, -Gehalt und Textur zu sehen. Die Magerung ist in beiden Bereichen homogen verteilt.

1.3. Deutung

Die Gussform wurde aus einem silikatischen Rohmaterial gefertigt, das einen grossen Gehalt an natürlicher Magerung aufwies. Es ist zu vermuten, dass die Wahl eines mageren Tones bewusst erfolgte, um dessen feuerfeste Eigenschaft zu nutzen. Die Färbung des grauschwarzen Kernes ist entweder durch die Präsenz von Fe-II-Mineralien (entstanden in einer Reduktionsphase beim Brand oder beim Guss) oder durch einen hohen Gehalt an Kohlenstoff verursacht. Eine Entscheidung, welche Ursache zutrifft, kann nur mit Hilfe chemischer Untersuchungen erfolgen.

2. *Chemische Analyse* (17.2.83)

2.1. Methodik

– Bestimmung der Hauptelemente in einer Glaspille nach klassischen Verfahren.
– FeO spektroskopisch.
– Organischer Kohlenstoff (C) mit Coulomat-Apparat (ETH Zürich)

2.2. Resultate

	Grauer Kern	Hellbraune Aussenzone
SiO_2	74.96 Gew%	75.57 Gew%
TiO_2	0.52	0.52
Al_2O_3	10.60	10.60
Fe_2O_3 (Fe_{tot})	3.17	3.40
MnO	0.08	0.06
MgO	1.08	0.99
CaO	6.01	5.11
Na_2O	1.52	1.25
K_2O	1.91	1.94
P_2O_5	0.13	0.14
	99.99	99.58
FeO	2.07	0.99
Glühverlust	5.68	5.64
H_2O^-	0.63	1.03
C	0.93	0.81
semi-quantitative Schätzungen (ppm):		
Pb	400	40
Sn	90	10
Cu	1200	60
Cl	400	80
S	700	1300

Weitere Elemente, deren Vorhandensein in der Glaspille festgestellt wurden: Zr, Sr, Rb, Zn, Cr, Ba (in beiden Bereichen in etwa gleichen Anteilen).

3. *Röntgenographische Phasenanalyse* (17.2.83)

3.1. Methodik

Röntgen-Diffraktometrie.

3.2. Resultate

	Grauer Kern	Hellbraune Aussenzone
Quarz	sehr viel	sehr viel
Feldspäte (mehr Plagioklas als Kalifeldspat)	wenig	wenig
Kalzit	sehr wenig	sehr wenig
Illit	sehr wenig	sehr wenig
(Illit-Peaks)	020	001, 002, 020

4. *Deutung*

Die chemischen Analysen bestätigen den mikroskopischen Befund, dass die zwei Bereiche (d. h. der Kern und die Aussenzone) aus demselben Material gefertig wurden. Die unterschiedliche Färbung ist also nicht materialbedingt sondern auf einen anderen Faktor zurückzuführen. Die geringfügigen Unterschiede im Chemismus zwischen beiden Bereichen rühren von der ungenügenden Probenmenge her, die zur Verfügung stand. Dies gilt ganz sicher für den Kernbereich. Auf Grund des grobkörnigen Gefüges kann die Probenmenge des Kernes nicht repräsentativ genug gewesen sein.

Die sehr hohen SiO_2-Gehalte stimmen gut mit der mikroskopischen Analyse überein, dass ein quarzreicher, magerer Ton für die Herstellung des Gussformes verwendet wurde. Der niedrige CaO-Gehalt zeigt weiter, dass ein kalkarmer Ton zum Einsatz gelangte.

Leider war nicht genügend Substanz vorhanden, um neben der Glaspille auch eine Pulverpille herzustellen, mit der die Spurenelemente quantitativ hätten gemessen werden können. Immerhin ist der Kern signifikant höher an Kupfer, Blei, Zinn und Chlor, während die Aussenzone an Schwefel angereichert ist. Diese Elemente bzw. diese Unterschiede sind sicher auf sekundäre Prozesse wie den Guss zurückzuführen und geben wahrscheinlich Hinweise auf das Gussmetall.

Die Grau- bzw. Schwarzfärbung des Kernes ist nicht auf einen erhöhten Kohlenstoffgehalt, sondern auf einen hohen FeO-Gehalt zurückzuführen. Im Gegensatz zur Aussenzone zeigt der Kern also die Einwirkung einer reduzierenden Atmosphäre. Da mit röntgenographischen Methoden keine Fe-II-Pigmente (wie z. B. Magnetit) festgestellt werden konnten, war die zeitliche Einwirkung dieser Reduktionsphase wohl sehr kurzfristig. Es ist anzunehmen, dass sie im Zusammenhang mit dem Giessprozess (Kontakt flüssiges Metall – Form) zu bringen ist.

Der röntgenographische Phasenbestand stimmt wiederum mit der mikroskopischen Analyse sehr gut überein. Er zeigt wiederum sehr klar, dass der Ausgangston ein quarzreicher, kalkarmer Rohstoff gewesen sein muss. Der Kalzit (mengenmässig ca. 1-2%, Schätzung) ist sicher sekundärer Genese und in der Bodenlagerungsphase entstanden.

Ausgehend von der Tatsache, dass die Gussform vor der Einwirkung der Reduktions-Atmosphäre materialmässig homogen war und basierend auf eigenen Bränden chemisch/mineralogisch vergleichbarer Tone sind folgende Brenntemperaturen anzunehmen:

Aussenzone: 600-800°C
Kern: 900-1000°C.

Diese Bereiche wurden anhand der unterschiedlich vorhandenen Illit-Reflexe geschätzt. Ich glaube, dass die Aussenzone noch die ursprüngliche Brenntemperatur des Gussformes als solcher anzeigt, während die höhere Temperatur der Innenzone (=Kern) die später erfolgte Aufheizung des Formes im Kontakt mit der flüssigen Bronze dokumentiert.

Marino Maggetti

Université de Fribourg, Institut de minéralogie et de pétrographie, CH-1700 Fribourg.

ANNEXE 11

Moule en bronze de haches à ailerons 35/1-2. Analyse de l'encroûtement de l'anneau et du creux des ailerons *(voir p. 78).*

On observe sous le binoculaire un «dépôt» gris brillant dans l'anneau et les fentes des ailerons. L'examen de ce «dépôt» a été effectué par

a) fluorescence rayons X
b) diffraction rayons X

a) *Fluorescence rayons X*

Notre appareil permet l'analyse spécifique d'une surface d'environ 1 à 2 mm^2. Nous observons les lignes suivantes:

S kα très faible
Ca kα faible
Fe kα faible
Cu kα très fort
Pb Lα très faible

Note: la limite de détection pour la ligne Sn L se situe autour de 1-2%. L'absence d'étain et la très faible concentration en plomb nous font penser à un produit de corrosion du cuivre.

b) *Diffraction rayon X*

Un échantillon a été prélevé dans l'anneau et analysé à l'aide d'une caméra Candolfi (114,3 mm ∅, radiation Fe ka, sans filtre, spectre N° 208).

L'identification des lignes nous démontre que le dépôt consiste en un mélange de chalcocite (Cu_2S) et de djurléite ($Cu_{1,93}S$).

Les lignes ont été identifiées à l'aide des cartes ASTM (Cu_2S = carte N° 23-962, $Cu_{1,93}S$ = carte N° 23-960).

Conclusion

Il ne s'agit pas d'un dépôt métallique mais d'un produit de corrosion du bronze, qui s'est formé sous l'action de soufre dans un environnement exempt d'oxygène. La présence de soufre est due à la décomposition de matières organiques par Thiobactéries.

François Schweizer, 7.10.82

Laboratoire du Musée d'art et d'histoire, CH-1207 Genève.
Rapport 82-125.

Catalogue et planches

Le catalogue des objets est conçu comme les légendes des planches. Il donne, dans l'ordre: le numéro d'ordre de l'objet sur la planche; le numéro d'inventaire de l'objet au Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel (auquel il convient d'ajouter chaque fois les trois signes initiaux «Auv», pour Auvernier); l'année de la trouvaille ainsi que sa situation exacte, si elle est connue; les dimensions et le poids; la bibliographie; des indications éventuelles sur l'état ou sur la technique de l'objet, qui ne seraient pas traduites par le dessin. Dans la mesure du possible, les dimensions sont regroupées en tableaux facilitant les comparaisons. Les *dimensions* sont toujours données en *millimètres*, les *poids* en *grammes*. Les objets qui sont notés *«Brena»* proviennent de la station *Auvernier/Brena*. Tous les autres proviennent de la station *Auvernier/Nord*. L'étoile accolée au numéro d'ordre signifie que l'objet appartenait à l'ensemble de 1971, tandis que le point noir entre numéro d'ordre et numéro d'inventaire indique que l'objet a été analysé et qu'il figure donc dans le catalogue des analyses de l'annexe 3. Sauf exceptions, dûment signalées, tous les objets sont en cuivre ou en bronze. Sauf les planches 31-34 (échelle 1:1), toutes les planches sont à l'échelle 1:2. Les objets 8/10, 11, 13, 12/4-11 et 35/1 ont été dessinés par Verena Loeliger. Tous les autres dessins et photographies sont de l'auteur.

Les *abréviations* suivantes sont couramment employées:

L = longueur Larg = largeur E = épaisseur P = poids

PLANCHE 1

Epingles à tête vasiforme (voir aussi fig. 10-11)

1 2382 – 1972, B 2 – Rychner 1974/75, fig. 9/14 – Tête surcoulée.
2 2903 – 1974/75, WL 53, couche II, maison 1 – Tête surcoulée.
3 2232 – 1972, D 7 – Tête surcoulée.
4 2228 – 1972, E 11 – Rychner 1974/75, fig. 9/15 – Tête surcoulée.
5 2385 – Brena, 1971/72 – Tête paraissant surcoulée.
6 6905 – 1973, N 83, fosse 1 – Tête paraissant surcoulée.
7 2826 – 1974/75, WC 48, couche II, maison 3 – Tête surcoulée.
8 744 – 1971, C 1 – Tête surcoulée; la tige dépasse du disque terminal.
9 2943 – 1974/75, tranchée de drainage X 25-26, déblais – Tête paraissant surcoulée.
10 2812 – 1974/75, WB 42, couche III, ruelle 3/7 – Tête surcoulée.
11 2897 – 1974/75, WCDEF 63-64, déblais – Tête fondue d'une pièce avec la tige.
12 2227 – 1972, D 5 – Rychner 1974/75, fig. 9/19 – Tête paraissant surcoulée.
13 2899 – 1974/75, WG 83, couche 0 – Tête paraissant surcoulée; l'extrémité aplatie de la tige dépasse du disque terminal.
14 2384 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 6/13 – Tête paraissant fondue d'une pièce avec la tige.
15 2236 – 1972, E 8 – Rychner 1974/75, fig. 9/18 – Une limite extérieure assez nette existe entre la tête et la tige mais la radiographie ne prouve pas la surcoulée.
16 2737 – 1974/75, YC 38, couche 0, à l'est de la maison 10 – Tête fondue d'une pièce avec la tige.
17 4577 – 1971/73 – Tête surcoulée.
18 747 – 1972 – Tête surcoulée, aujourd'hui recouverte d'un encroûtement de calcaire.

	Largeur du disque	Largeur du bulbe	Longueur	Poids
1	12.9	15.2	335	36
2	7.9	6.2	192	12.7
3	8.8	5.5	189	13
4	8.4	6.2	183	11
5	10	6.5	194	13
6	8.1	6.1	182	10
7	6.6	6	182	12
8	6.9	6	122	10
9	5.5	5.9	157	10
10	7.9	7	182	15
11	6.2	4.6	224	11
12	6	5	203	12
13	4.7	4.7	217	16
14	8.7	6	183	11
15	9.7	5.4	130	9
16	2.1	3	122	3.4
17	11.7	9.7	294	27
18	8.1	?	152	16

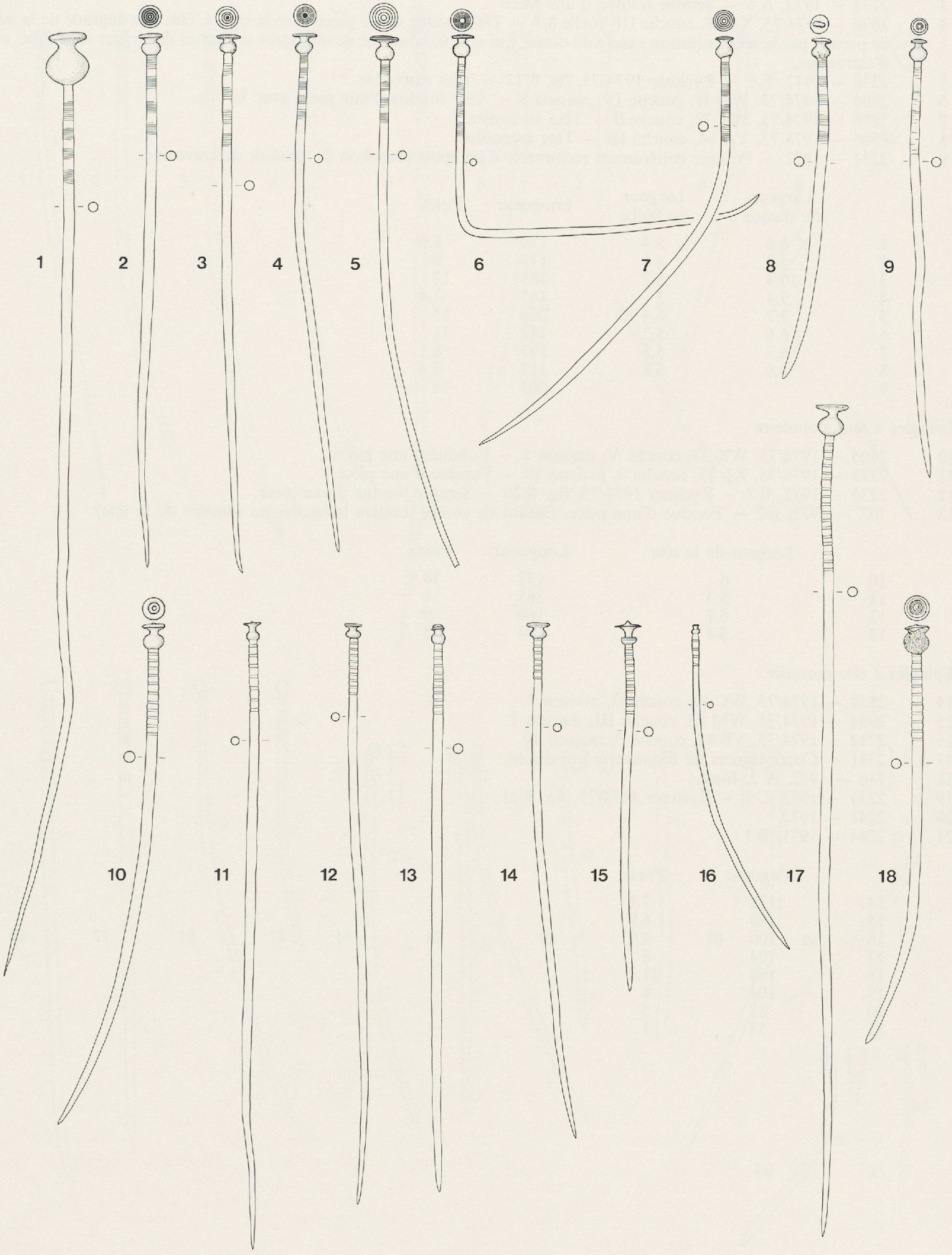

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

PLANCHE 2

Epingles à tête vasiforme (voir aussi fig. 11)

1 2717 – 1974/75, WA 60, tranchée de drainage nord, déblais – Tête paraissant fondue d'une pièce avec la tige.
2 2383 – Brena, 1971/72, tranchée 2 – Rychner 1974/75, fig. 9/16 – Radiographie difficile à interpréter. La tête, surcoulée, semble être en deux parties, une seconde coulée ayant réparé une première défectueuse.
3 2233 – 1972, A 5 – Semble fondue d'une pièce.
4 2808 – 1974/75, XB 36, couche III, ruelle 8/9 – Tête fondue d'une pièce avec la tige. L'état très dégradé de la surface ne permet pas la reconstitution exacte du décor, qui semble composé de moulures arrondies de largeur identique, et non d'astragales.
5 2230 – 1972, E 8 – Rychner 1974/75, fig. 9/17 – Tête surcoulée.
6 2806 – 1974/75, WQ 41, couche IV, maison 8 – Tête fondue d'une pièce avec la tige.
7 2896 – 1974/75, WA 78, couche 0 – Tête surcoulée.
8 2906 – 1974/75, YA 64, couche IB – Tête surcoulée.
9 2231 – 1972 – Presque entièrement recouverte d'un épais manchon de produit de corrosion.

	Largeur du disque	Largeur du bulbe	Longueur	Poids
1	6.6	5.4	170	6.6
2	5.8	4.4	173	9
3	10.4	5.2	183	12
4	9.4	3	165	7.4
5	7.7	6.4	216	15
6	6.6	5.7	142	11
7	6.7	5.5	197	8.1
8	4.6	5.8	117	7.6
9			205	11

Epingles à tête globulaire

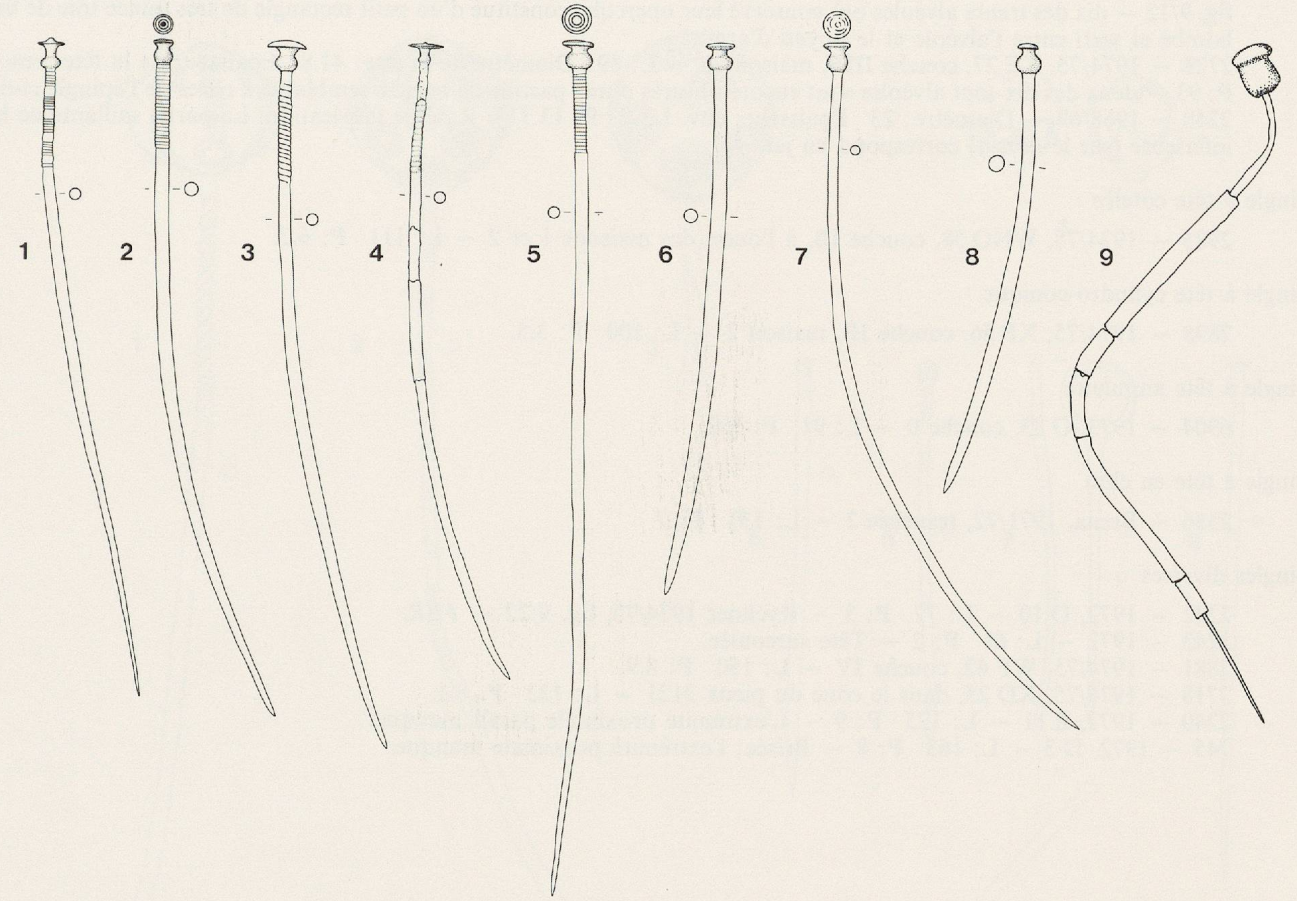
10 2905 – 1974/75, WK 53, couche V, maison 1 – Fondue d'une pièce.
11 2773 – 1974/75, XL 35, couche 0, maison 19 – Fondue d'une pièce.
12 2235 – 1972, B 7 – Rychner 1974/75, fig. 9/20 – Semble fondue d'une pièce.
13 707 – 1972, B 2 – Fondue d'une pièce. Défaut de coulée (cratère irrégulier au sommet de la tête).

	Largeur de la tête	Longueur	Poids
10	6	187	14.8
11	5.3	165	11
12	5.7	160	9
13	5.4	94	5

Epingles à tête enroulée

14 2858 – 1974/75, WC 40, couche 3, maison 7.
15 2904 – 1974/75, WM 55, couche III, maison 1.
16 2714 – 1974/75, YB 41, couche 0, maison 10.
17 2381 – Circonstances de découverte inconnues.
18 746 – 1972, A 2, fosse.
19 2239 – 1972, C 5 – Rychner 1974/75, fig. 9/21.
20 2241 – 1972.
21 2244 – 1971, B 1.

	Longueur	Poids
14	138	7.8
15	140	6.9
16	100	4.7
17	104	8
18	166	11.1
19	104	6
20	82	5
21	53	1


1
2
3
4
5
6
7
8
9

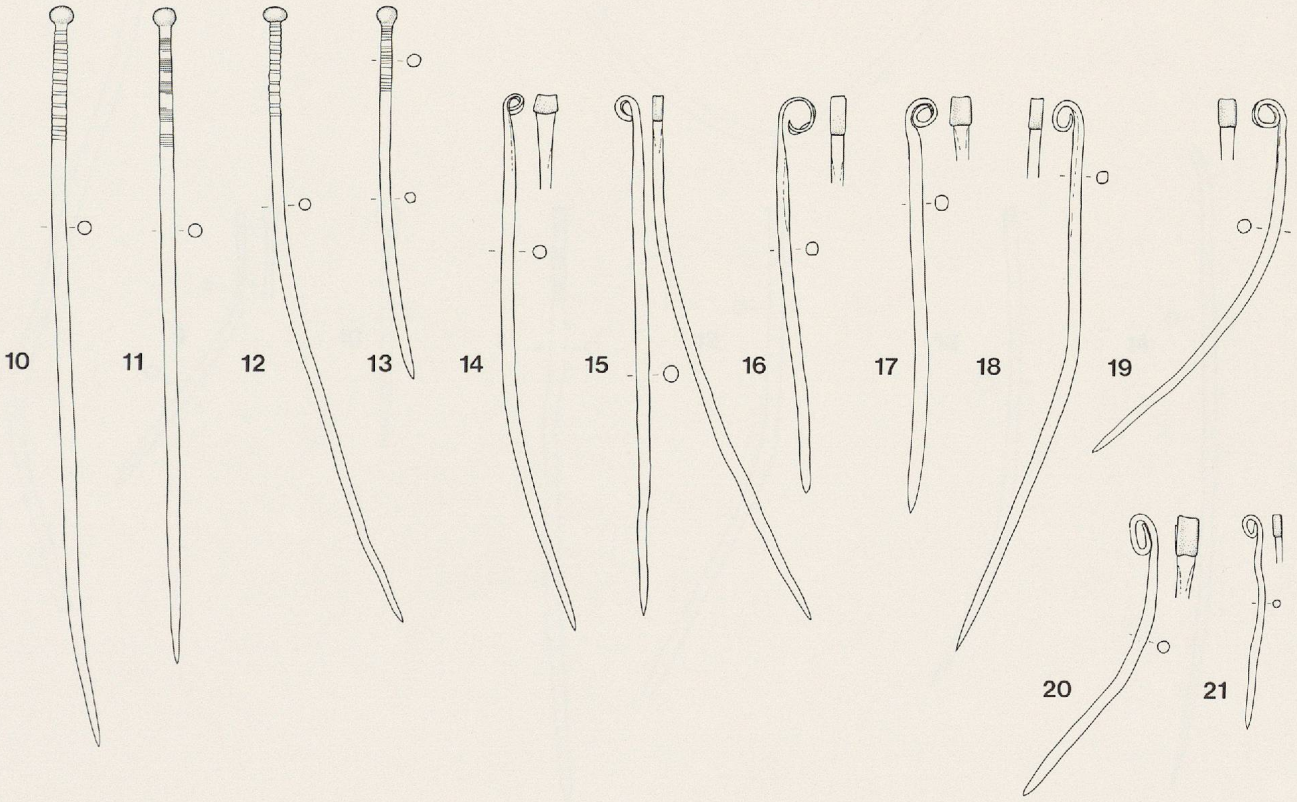

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

PLANCHE 3

Epingles à tête sphérique creuse, dites «céphalaires» (voir aussi fig. 12-14)

1 2225 – 1972, B 8 – L: 390 Diamètre de la tête: 39 P: 127 L'épaisseur de la tête n'est pas mesurable – Rychner 1974/75, fig. 9/13 – Les opercules des huit alvéoles font corps avec la tête et ont été coulés d'une pièce avec celle-ci.

2 2226 – 1972, B 8 – L: 415 Diamètre de la tête: 42 Epaisseur de la tête: env. 1.5-2 P: 129 – Rychner 1974/75, fig. 9/12 – dix des trente alvéoles ont conservé leur opercule, constitué d'un petit rectangle de très mince tôle de bronze, bombé et serti entre l'alvéole et le noyau d'argile.

3 2728 – 1974/75, XF 27, couche IIIB, maison 20 – L: 89 Diamètre de la tête: 41.8 Epaisseur de la tête: env. 1-1.8 P: 93 – deux des dix-sept alvéoles sont encore obturés d'une pastille de bronze semblable à celles de l'épingle ci-dessus.

4 2248 – 1968/69 – Diamètre: 23 Epaisseur: env. 1.5-2 P: 13.3 – Raté de fabrication. La partie saillante de la face inférieure (sur le dessin) correspond au jet.

Epingle à tête côtelée

5 2985 – 1974/75, WNO 58, couche IB, à l'ouest des maisons 1 et 2 – L: 111 P: 6.3.

Epingle à tête cylindro-conique

6 2898 – 1974/75, XF 56, couche IB, maison 2 – L: 100 P: 3.5.

Epingle à tête annulaire

7 6904 – 1973, O 83, couche 0 – L: 91 P: 3.5.

Epingle à tête en clou

8 2386 – Brena, 1971/72, tranchée 2 – L: 131 P: 7.

Epingles diverses

9 2242 – 1972, D 10 – L: 77 P: 3 – Rychner 1974/75, fig. 9/22 – *FER.*

10 2243 – 1972 – L: 61 P: 2 – Tête surcoulée.

11 2881 – 1974/75, WF 42, couche IV – L: 150 P: 8.9.

12 2718 – 1974/75, XD 25, dans le cône du pieux 2121 – L: 132 P: 8.1.

13 2240 – 1972, E 11 – L: 123 P: 9 – L'extrémité proximale paraît manquer.

14 745 – 1972, D 3 – L: 163 P: 8 – Brisée; l'extrémité proximale manque.

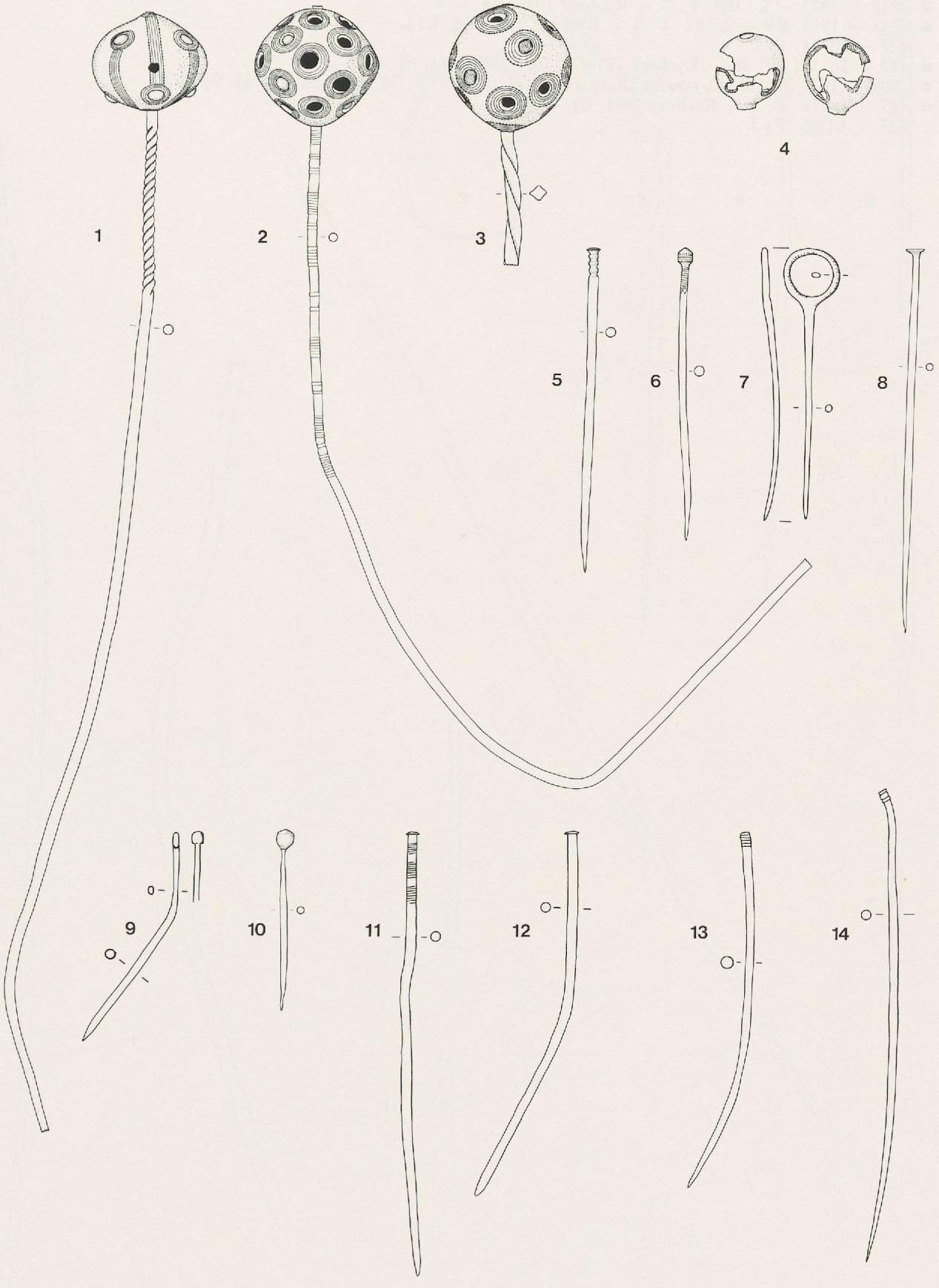

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

PLANCHE 4

Tiges d'épingles ?

1 2783 – 1974/75, XG 28, couche III, maison 20 – L: 534 P: 49.
2 2245 – 1972 – L: 63 P: 5.
3 2234 – Brena, 1971, tranchée 3 – L: 222 P: 21 – Raté de fabrication?
4 2229 – 1972, E 11 – L: 217 P: 13 – Manchon partiel de produit de corrosion.
5 ● 2237 – 1972 – L: 109 P: 7 – Rychner 1981, fig. 4/13.
6 ● 2238 – 1972, E 8 – L: 93 P: 4 – Rychner 1981, fig. 4/14.
7 ☆ 427 – L: 44 P: 2.
8 ☆ ● 423 – L: 382 P: 36 – Rychner 1974/75, fig. 9/11; 1981, fig. 4/17.
9 ● 2809 – 1974/75, WL 47, couche IV, maison 4 – L: 305 P: 38 – Rychner 1981, fig. 4/16.
10 ☆ ● 425 – L: 78 P: 3 – Rychner 1981, fig. 4/15.
11 ☆ 428 – L: 28 P: 3.

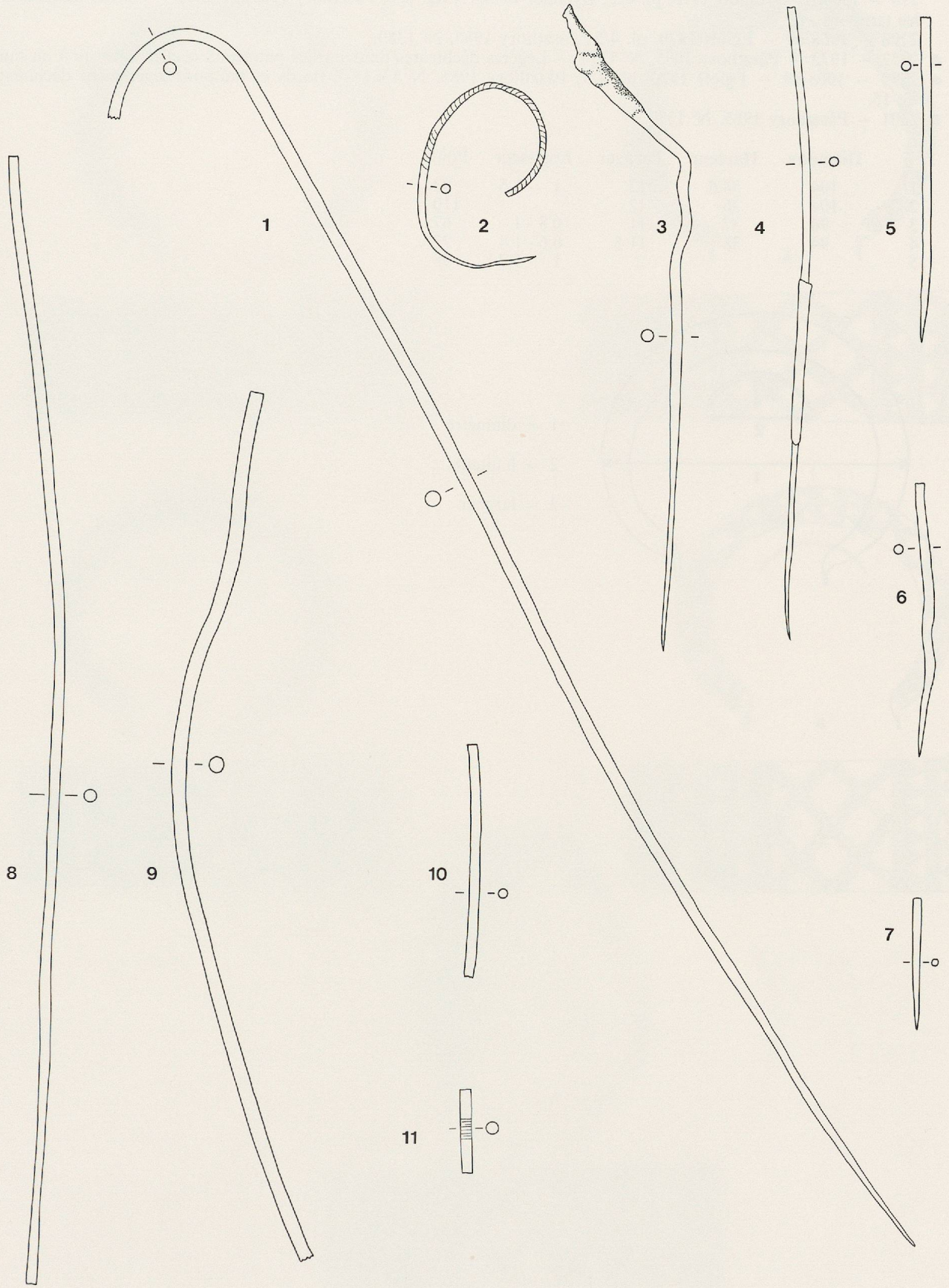

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

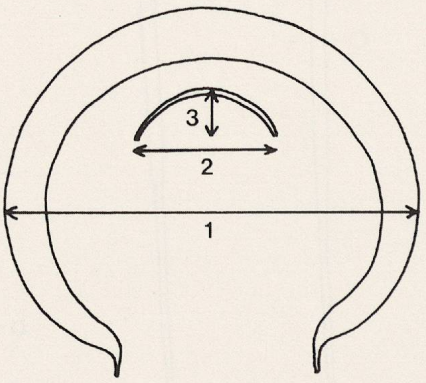
PLANCHE 5

La nomenclature des bracelets des planches 5 à 9 suit celle proposée pour les anciennes collections d'Auvernier (Rychner 1979, 36-37).

Bracelets, forme 1, variante 3

1 770 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 4/1; Rychner 1974/75, fig. 8/1; Pászthory 1985, N° 1379 – Petites déchirures dans les tampons.
2 2298 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 4/2; Pászthory 1985, N° 1380.
3 ● 2252 – 1972 – Pászthory 1985, N° 1378 – Légères déchirures dans un des panneaux ocellés ainsi qu'à un tampon.
4 ● 2299 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 4/3; Pászthory 1985, N° 1381 – Bords et tampons légèrement déchirés; voir fig 15.
5 ☆ ● 2301 – Pászthory 1985, N° 1377.

	Diamètre	Hauteur	Largeur	Epaisseur	Poids
1	104	38.5	12	1 - 1.5	93
2	104	36	12		110
3	94	37	11	0.8 - 1	67
4	94	38	11.5	0.6 - 1.4	77
5				1 - 1.7	98

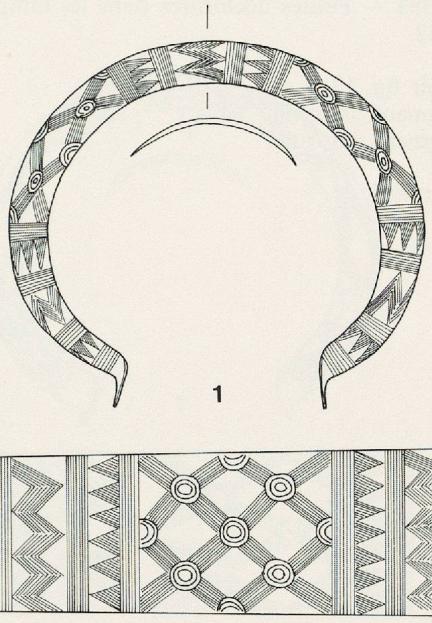


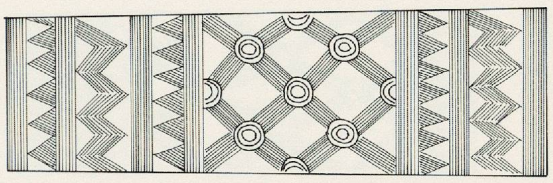
1 = diamètre

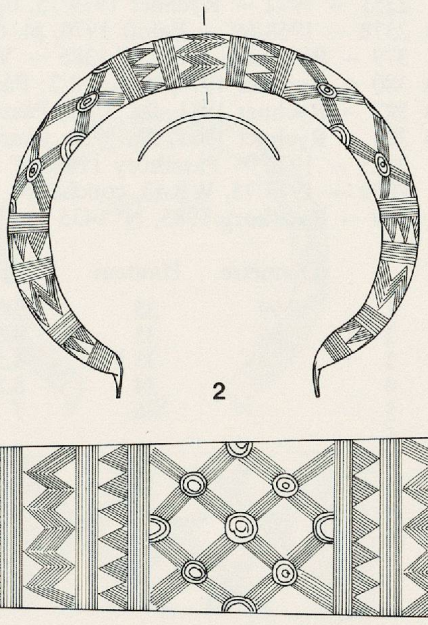
2 = hauteur

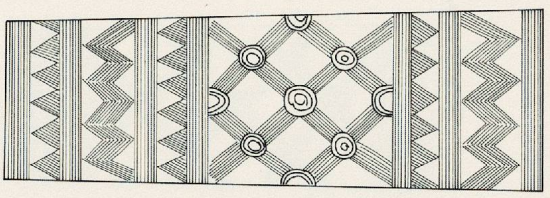
3 = largeur

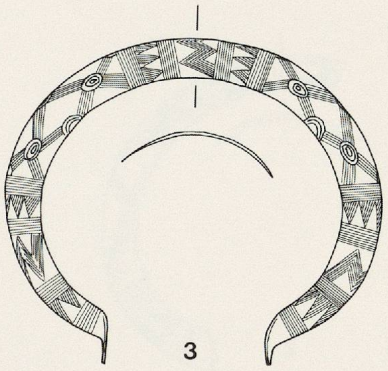
5

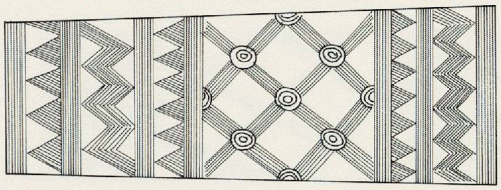


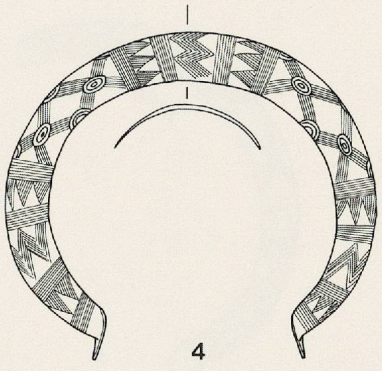


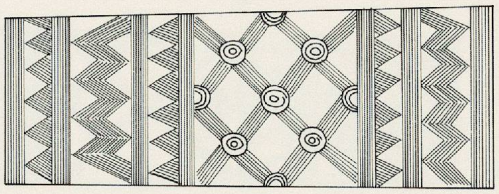


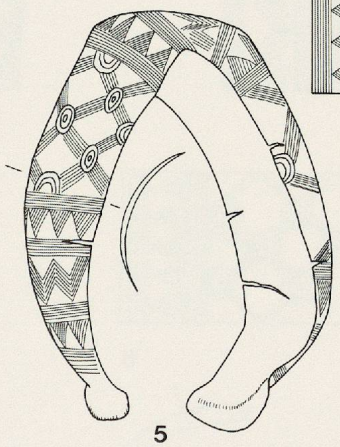












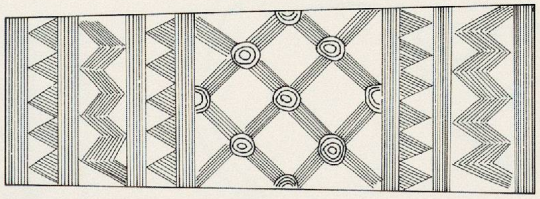
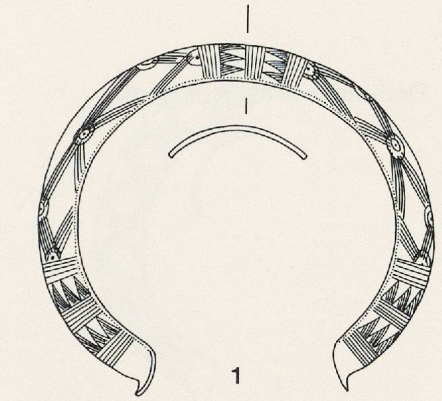


PLANCHE 6

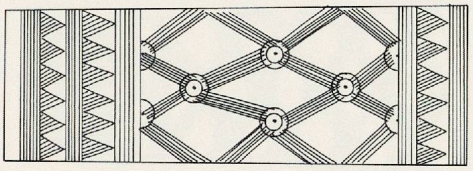
Bracelets, forme 1, variante 3

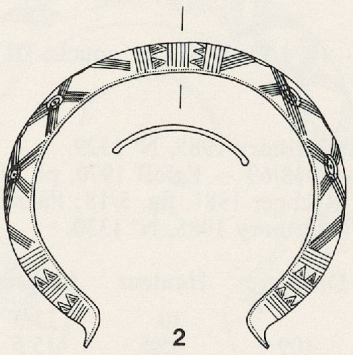
1 ☆ 373 – Pászthory 1985, N° 1384 – Petite déchirure dans un des tampons.
2 2251 – 1972 – Rychner 1974/75, fig. 8/4; Pászthory 1985, N° 1383 – Petites déchirures dans les tampons.
3 ● 2378 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 6/11; Pászthory 1985, N° 1382.
4 ☆ 379 – Pászthory 1985, N° 1385 – Voir fig 16.
5 ☆ ● 380 – Rychner 1974/75, fig. 8/2; Pászthory 1985, N° 1402 – Voir fig. 17.
6 ☆ ● 387 – Rychner 1981, fig. 3/20; Pászthory 1985, N° 1386 – Fragment déformé.
7 ☆ ● 388 – Rychner 1981, fig. 3/21; Pászthory 1985, N° 1387 – Fragment déformé.
8 2225 – 1972 – Pászthory 1985, N° 1432.
9 2859 – 1974/75, WB 43, couche IV, maison 3 – Fragment déformé.
10 ☆ 389 – Pászthory 1985, N° 1435 – Fragment déformé.

	Diamètre	Hauteur	Largeur	Epaisseur	Poids
1	99	35	9	1.3 - 2	94
2	86	35	8.5	1.2 - 2.3	84
3		33.5	8.5	1.2 - 1.8	45
4		34	8.5	1.1 - 2.3	67
5		36	7	0.8 - 1.2	37
6				0.9 - 1.2	18
7				1 - 1.3	19
8		34	5	0.9 - 1.1	22
9				0.7 - 0.9	7.8
10				0.9 - 1.1	5

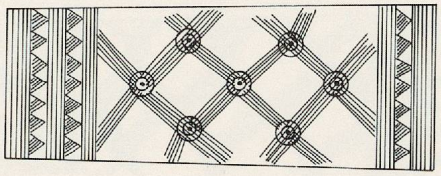


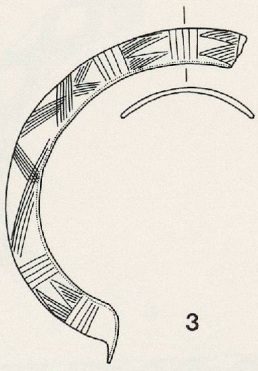
1



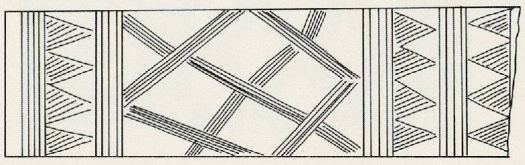


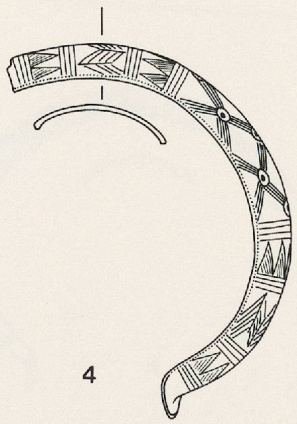
2



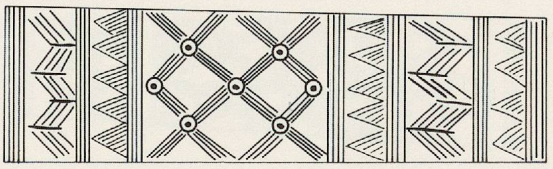


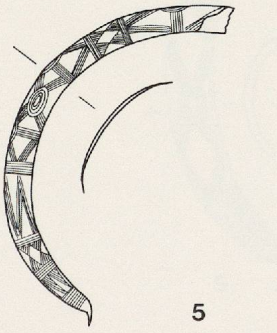
3



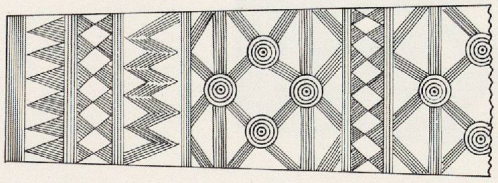


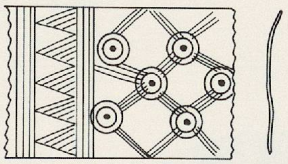
4



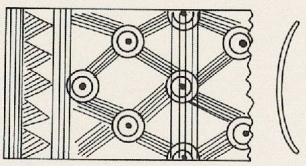


5

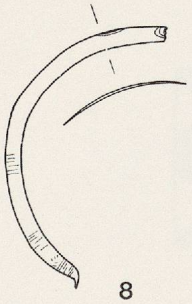




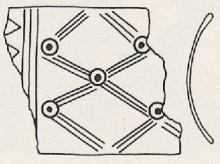
6



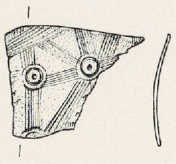
7



8



9



10

PLANCHE 7

Bracelets, forme 1

Variante 1

1 ☆ ● 385 – Rychner 1981, fig. 3/16.

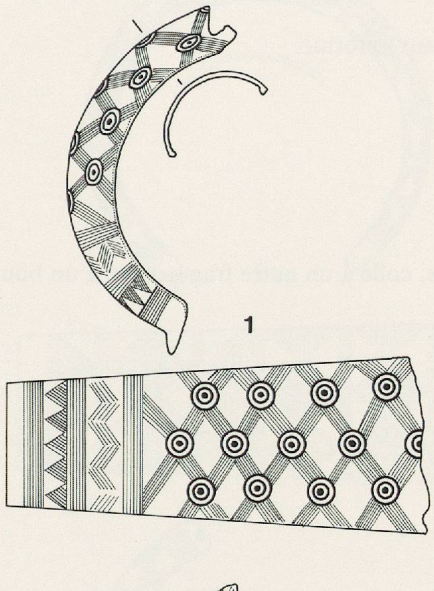
Variante 2

2 3439 – 1974/75, WNO 70, couche III – Pászthory 1985, N° 1353 – Déchirures dans les tampons.

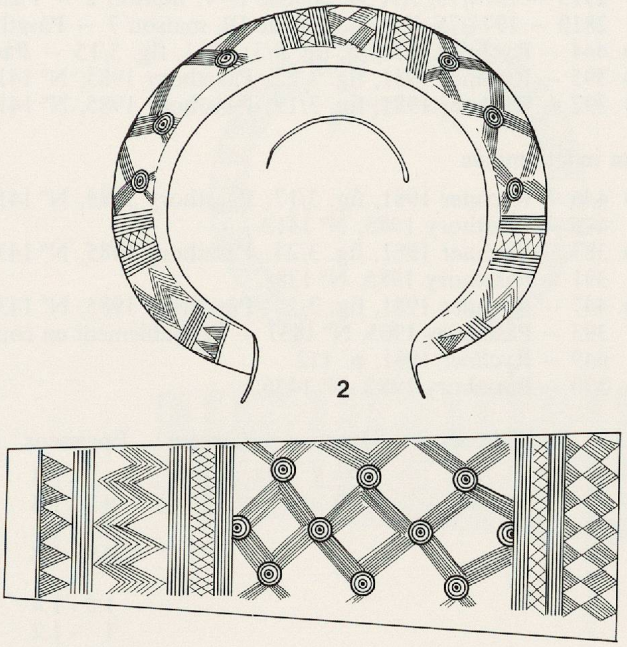
Variante 5

3 ☆ ● 384 – Pászthory 1985, N° 1329.
4 ● 2379 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 6/12; Pászthory 1985, N° 1346.
5 ☆ ● 382 – Rychner 1981, fig. 3/18; Pászthory 1985, N° 1331.
6 ☆ 386 – Pászthory 1985, N° 1330.

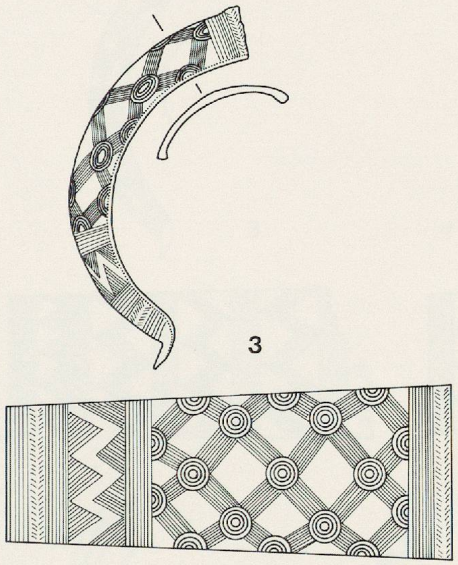
	Diamètre	Hauteur	Largeur	Epaisseur	Poids
1		30	13.5	0.9 - 1.2	31
2	109	35.5	15.5	0.8 - 1.4	96
3		37	10.5	1.7 - 3.1	66
4		30	7	1.6 - 2.2	71
5				1.6 - 2.4	44
6					39



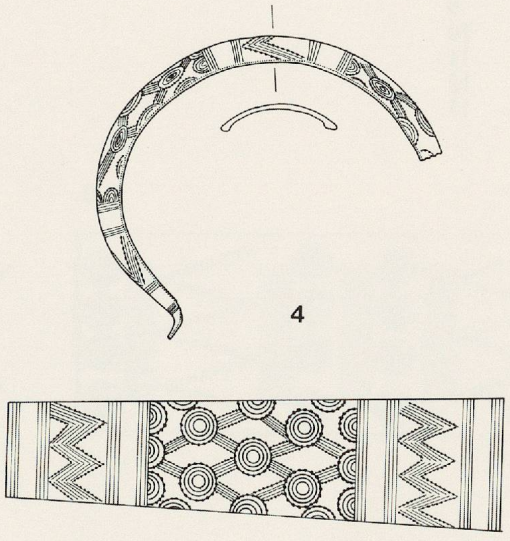
1



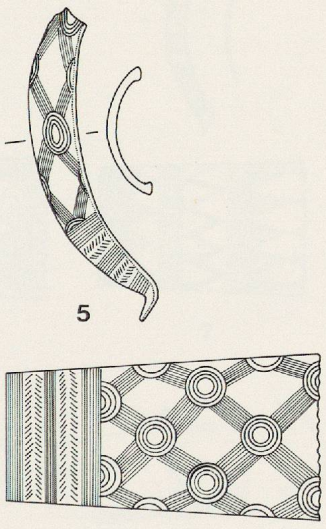
2



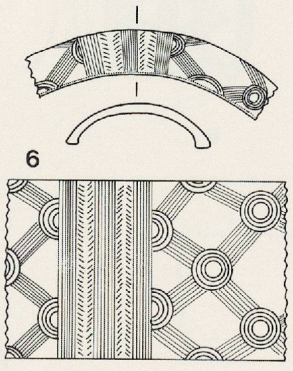
3



4



5



6

PLANCHE 8

Bracelets, forme 1

Variante 4

1 2915 – 1974/75, XA 54, couche II-V, maison 2 – Pászthory 1985, N° 1410 – Voir fig. 18.
2 2810 – 1974/75, WB 41, couche IB, maison 7 – Pászthory 1985, N° 1411 – Surface usée, décor partiellement effacé.
3 ☆ ● 444 – Rychner 1974/75, fig. 8/3; 1981, fig. 3/15 – Pászthory 1985, N° 1415.
4 ☆ ● 395 – Rychner 1981, fig. 3/22; Pászthory 1985, N° 1413.
5 ☆ ● 392 – Rychner 1981, fig. 3/19; Pászthory 1985, N° 1418 – Fragment déformé.

Variante indéterminée

6 ☆ ● 446 – Rychner 1981, fig. 3/17; Pászthory 1985, N° 1414.
7 ☆ 445 – Pászthory 1985, N° 1412.
8 ☆ ● 383 – Rychner 1981, fig. 3/24; Pászthory 1985, N° 1433.
9 ☆ 391 – Pászthory 1985, N° 1388.
10 ☆ ● 447 – Rychner 1981, fig. 3/23; Pászthory 1985, N° 1434.
11 ☆ 393 – Pászthory 1985, N° 1437 – Probablement en cours de refonte, collé à un autre fragment et à un bout de scorie.
12 ☆ 449 – Rychner 1981, p. 112.
13 ☆ 390 – Pászthory 1985, N° 1436.

	Diamètre	Hauteur	Largeur	Epaisseur	Poids
1	88	33.5	8.5	1.2 - 1.5	84
2	94	33	8	0.8 - 1.3	57
3				0.8 - 1.1	33
4				0.9 - 1.4	21
5					35
6				1.3 - 1.4	24
7				1 - 1.2	16
8				0.8 - 1.1	27
9				0.3 - 0.7	6
10				1 - 1.3	12
11					16
12					5
13				1.5 - 1.8	17

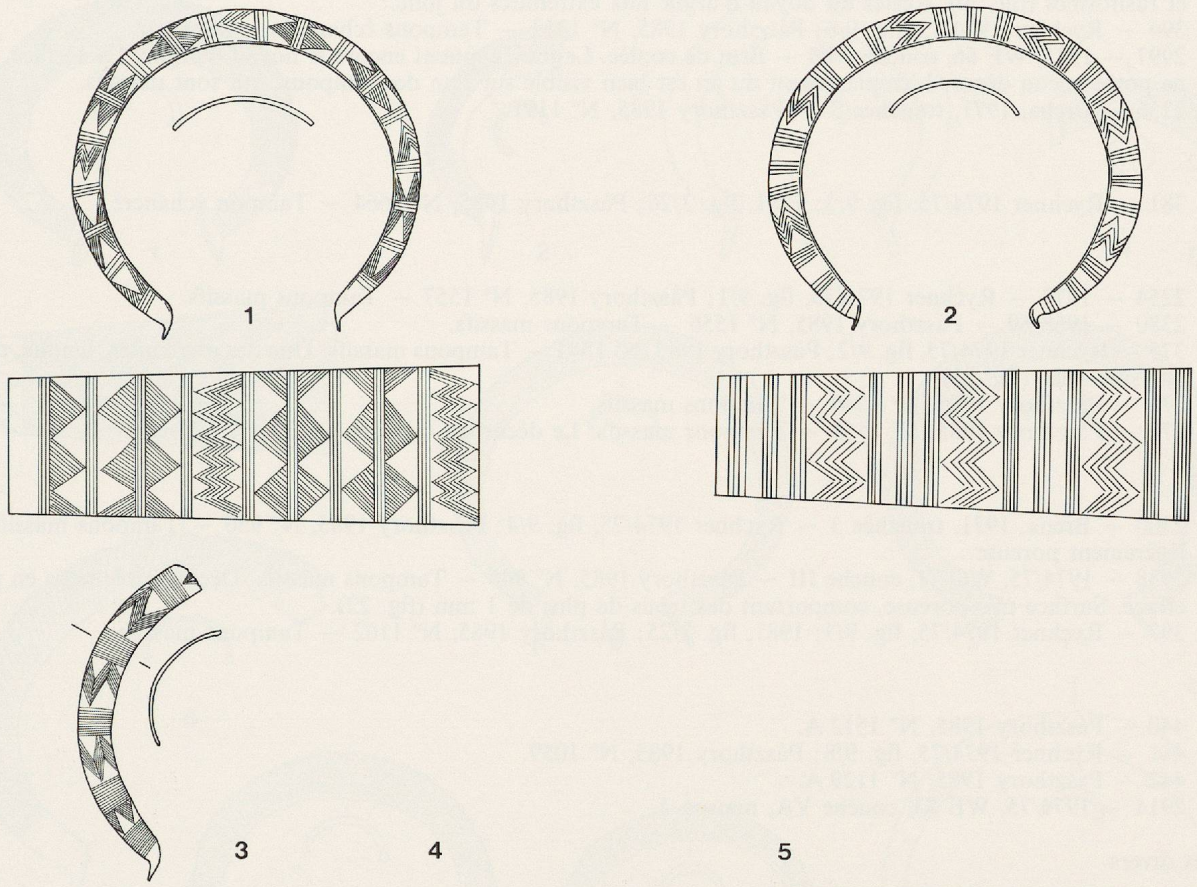

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

PLANCHE 9

Bracelets

Forme 11 et assimilés

1 ☆ 374 – Rychner 1974/75, fig. 9/7; Pászthory 1985, N° 1194 – Tampons massifs. Les traits du décor sont assez larges et fusiformes (fig. 20). Restes du noyau d'argile aux extrémités du jonc.
2 ☆ ● 394 – Rychner 1974/75, fig. 9/6; Pászthory 1985, N° 1213 – Tampons échancrés; cuivre pur.
3 2997 – 1975, WF 66, couche IIIB – Brut de coulée. Le jonc contient encore le noyau d'argile. La surface, rugueuse, ne porte aucun décor. L'emplacement du jet est bien visible sur l'un des tampons, qui sont massifs.
4 ● 2256 – Brena, 1971, tranchée 3 – Pászthory 1985, N° 1191.

Forme 2

5 ☆ ● 381 – Rychner 1974/75, fig. 9/3; 1981, fig. 3/26; Pászthory 1985, N° 1664 – Tampon échancré.

Forme 3

6 2254 – 1972 – Rychner 1974/75, fig. 9/1; Pászthory 1985, N° 1557 – Tampons massifs.
7 2380 – 1968/69 – Pászthory 1985, N° 1556 – Tampons massifs.
8 ☆ 375 – Rychner 1974/75, fig. 9/2; Pászthory 1985, N° 1541 – Tampons massifs. Une des extrémités, fendue, est réparée par surcoulée (fig. 21).
9 ☆ 376 – Pászthory 1985, N° 1540 – Tampons massifs.
10 ☆ 377 – Pászthory 1985, N° 1558 – Tampons massifs. Le décor est très usé.

Forme 4

11 2300 – Brena, 1971, tranchée 3 – Rychner 1974/75, fig. 9/4; Pászthory 1985, N° 956 – Tampons massifs. Surface légèrement poreuse.
12 2938 – 1974/75, WO 71, couche III – Pászthory 1985, N° 946 – Tampons massifs. Décor lisible mais en partie très effacé. Surface très poreuse, comportant des trous de plus de 1 mm (fig. 22).
13 ☆ ● 397 – Rychner 1974/75, fig. 9/3; 1981, fig. 3/25; Pászthory 1985, N° 1102 – Tampons massifs.

Forme 5

14 ☆ 440 – Pászthory 1985, N° 1512 A.
15 ☆ 441 – Rychner 1974/75, fig. 9/8; Pászthory 1985, N° 1059.
16 ☆ 442 – Pászthory 1985, N° 1129 A.
17 2914 – 1974/75, WE 53, couche VA, maison 1.

Bracelets divers

18 ☆ 396 – Pászthory 1985, N° 1702.
19 ● 2257 – 1971 – Rychner 1974/75, fig. 9/9; Pászthory 1985, N° 1751 – Probable raté de coulée. Une partie du jet adhère encore à une des extrémités.
20 2322 – 1972 – Pászthory 1985, N° 1978.
21 ☆ 443
22 ☆ 398

	Diamètre	Hauteur	Largeur	Epaisseur	Poids
1	79	21.8	14	3	110
2		16.5	12	env. 2.8	21
3	72	18.4	10		78
4				0.5 - 2.5	10
5		21	13	1 - 1.3	42
6	85	17	9.5	1.5 - 2.4	58
7	86	18	9	2.5 - 3.3	91
8	75	21	11.5	1.8 - 2.5	81
9	65	16	8	2.3 - 2.4	44
10	90	16	9.5	1.9 - 2.2	75
11	75	16	11		55
12	84	12.5	11.5		80
13		16	12	3.5 - 6	73
14		7.3	6		14
15	49	10.3	5		30
16		9.5	6		46
17		7	6.5		19.5
18				0.8 - 3.5	25
19		8	7		30
20	40	4.4	3		
21		9	8		53
22		8	4.5		15

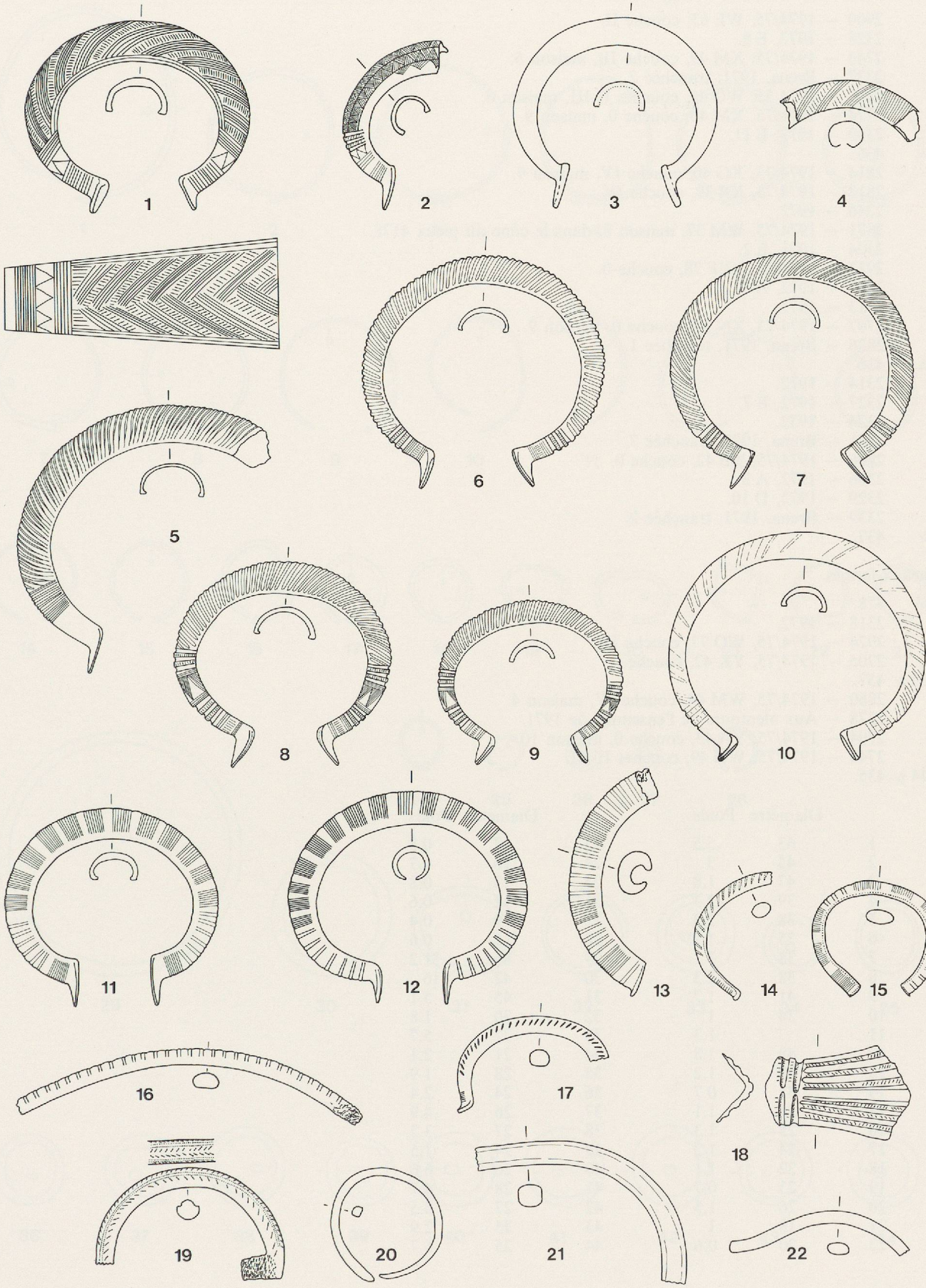

1
2
3
4
6
7
5
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

PLANCHE 10

Les anneaux ont parfois été numérotés par lots. Plusieurs pièces peuvent donc porter le même numéro d'inventaire.

Anneaux ouverts

1 2900 – 1974/75, WE 63, couche II.
2 2328 – 1972, E 8.
3 2743 – 1974/75, XM 49, couche IB, maison 5.
4 2337 – Brena, 1971, tranchée 2.
5 2807 – 1974/75, WO 45, couches II-III, maison 4.
6 2774 – 1974/75, XM 40, couche 0, maison 9.
7 2330 – 1972, E 11.
8 ☆ 436.
9 2814 – 1974/75, XG 40, couche IV, maison 9.
10 2813 – 1974/75, XB 39, couche IV.
11 2346 – 1972.
12 2871 – 1974/75, WM 37, maison 8, dans le cône du pieux 4178.
13 2304 – 1971, E 2.
14 2913 – 1974/75, XEF 78, couche 0.
15 2307 – 1972, A 3.
16 2313 – 1972.
17 2707 – 1974/75, XN 39, couche 0, maison 9.
18 2336 – Brena, 1971, tranchée 1.
19 ☆ 436.
20 2314 – 1972.
21 2327 – 1972, E 7.
22 2324 – 1972.
23 2341 – Brena, 1972, tranchée 7.
24 2706 – 1974/75, YB 42, couche 0.
25 2306 – 1972, A 3.
26 2329 – 1972, D 10.
27 2339 – Brena, 1971, tranchée 2.
28 ☆ 437.

Anneaux fermés

29 ☆ 378.
30 2318 – 1972.
31 2924 – 1974/75, WO 77, couche III.
32 2705 – 1974/75, YK 42, couche 0.
33-35 ☆ 457.
36 2860 – 1974/75, WM 44, couche IV, maison 4.
37 2278 – Aux alentours de l'ensemble de 1971.
38 2704 – 1974/75, YA 43, couche 0, maison 10.
39 2744 – 1974/75, WG 49, couches II-III.
40-44 ☆ 435.

	Diamètre	Poids		Diamètre	Poids
1	63	5.5	23	17	0.8
2	45	3	24	16	0.7
3	47	1.8	25	13	0.8
4	39	2.3	26	12	0.6
5	38	2.3	27	9	0.4
6	35	1.7	28	15	0.6
7	38	3	29	85	31.2
8	38	2.3	30	42	16
9	41	1.7	31	45	5.1
10	34	1	32	30	1.8
11		1.3	33	27	5.7
12	48	1.8	34	21	2.1
13	29	1.2	35	28	1.9
14	31	0.7	36	24	2.4
15	28	1.1	37	26	4.9
16	25	1.3	38	27	3.2
17	24	1.2	39	24	1.5
18	22	1.1	40	26	6.6
19	23	0.7	41	28	4.7
20	26	1.5	42	27	6.5
21	18	1	43	25	2.9
22	20	0.6	44	25	5.7

10

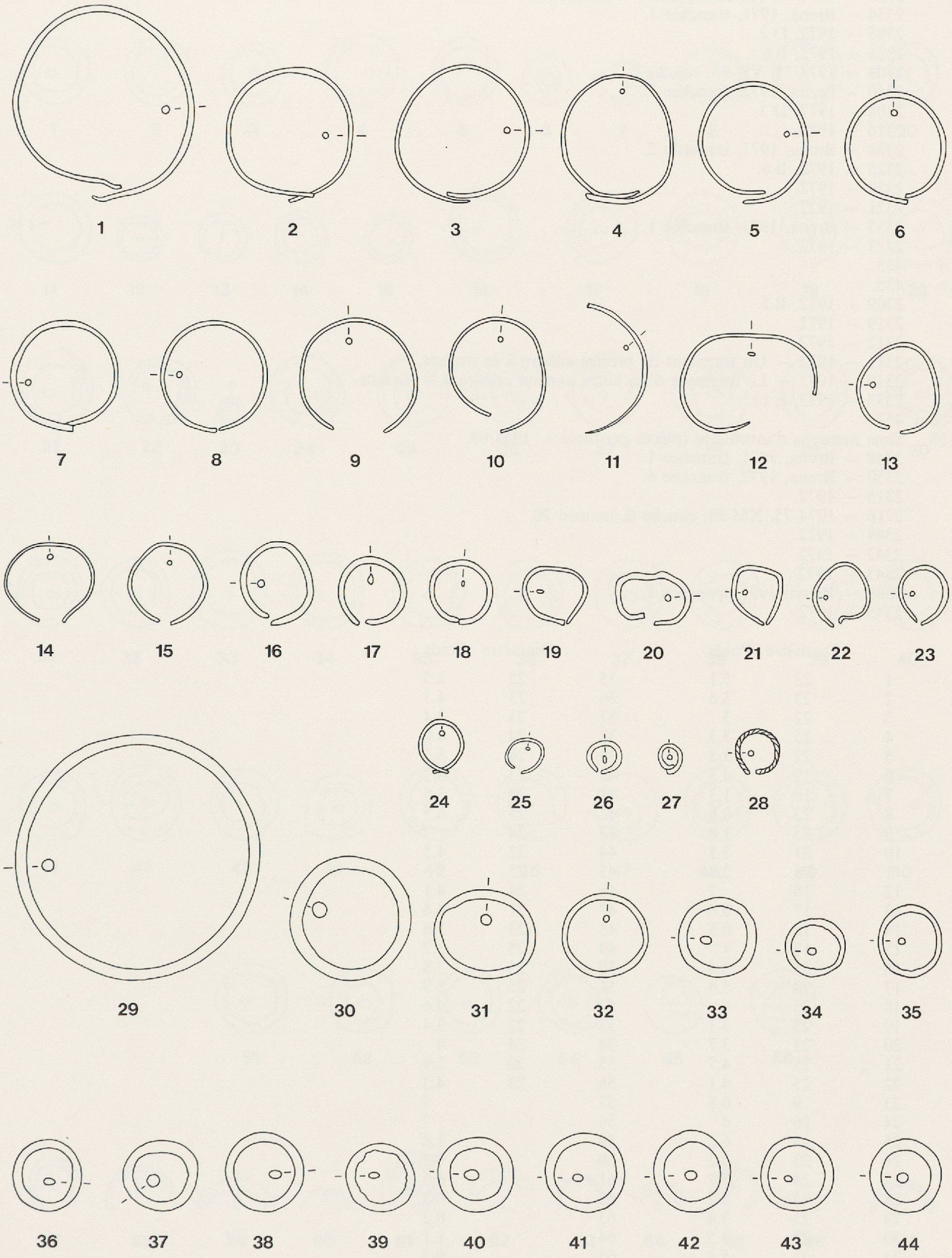

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44

PLANCHE 11

Anneaux fermés

1 ☆ 435.
2 2733 – 1974/75, XE 28, couche IV, maison 20.
3 2334 – Brena, 1971, tranchée 1.
4 2305 – 1972, D 2.
5 2326 – 1972, B 6.
6 2708 – 1974/75, YK 43, couche 0.
7 2340 – Brena, 1972, tranchée 7.
8 2308 – 1972, D 3.
9 2316 – 1972.
10 2338 – Brena, 1971, tranchée 2.
11 2325 – 1972, B 6.
12 2320 – 1972.
13 2321 – 1972.
14 2335 – Brena, 1971, tranchée 1.
15 2323 – 1972.
16 ☆ 435.
17 ☆ 435.
18 2309 – 1972, B 3.
19 2319 – 1972.
20 2312 – 1972.
21 2311 – 1972 – Un fragment de bronze adhère à la surface.
22 2310 – 1972 – Le fragment d'un autre anneau adhère à la surface.
23 2333 – 1973, E 11.
24-56 ☆ 457.
57-58 Sans numéros d'inventaire (pièces perdues) – 1968/69.
59 2348 – Brena, 1971, tranchée 1.
60 2350 – Brena, 1972, tranchée 6.
61 2315 – 1972.
62 2716 – 1974/75, XM 29, couche 0, maison 20.
63 2344 – 1972.
64 2342 – 1972.
65 2343 – 1972.
66 2349 – Brena, 1971, tranchée 1.
67 2345 – 1972.

	Diamètre	Poids		Diamètre	Poids
1	23	5.1	35	25	3.5
2	23	3.6	36	23	4.3
3	22	3	37	23	4.4
4	25	3.3	38	24	4.9
5	22	3.3	39	24	5.5
6	17	4.3	40	23	3.7
7	18	1.3	41	24	3.6
8	22	0.8	42	25	6.5
9	25	1.8	43	24	?
10	21	2.1	44	22	4.5
11	25	2.2	45	25	3
12	16	?	46	24	4.1
13	17	0.6	47	21	4.6
14	18	0.5	48	23	3.6
15	17	1	49	25	3.7
16	25	3.4	50	25	3.8
17	24	5.4	51	25	2.9
18	25	6	52	22	4.6
19	23	3.1	53	22	3.4
20	23	3.7	54	24	4
21	25	4.7	55	20	2.9
22	25	4.1	56	23	4.3
23	9	0.8	57		?
24	26	4	58		?
25	25	6.2	59		1.8
26	23	5.2	60		0.2
27	24	5.7	61		0.5
28	25	5.7	62		0.7
29	23	3.4	63		0.2
30	23	3.5	64		1.1
31	22	5.3	65		0.3
32	24	3.6	66		0.7
33	26	?	67		0.6
34	26	4.1			

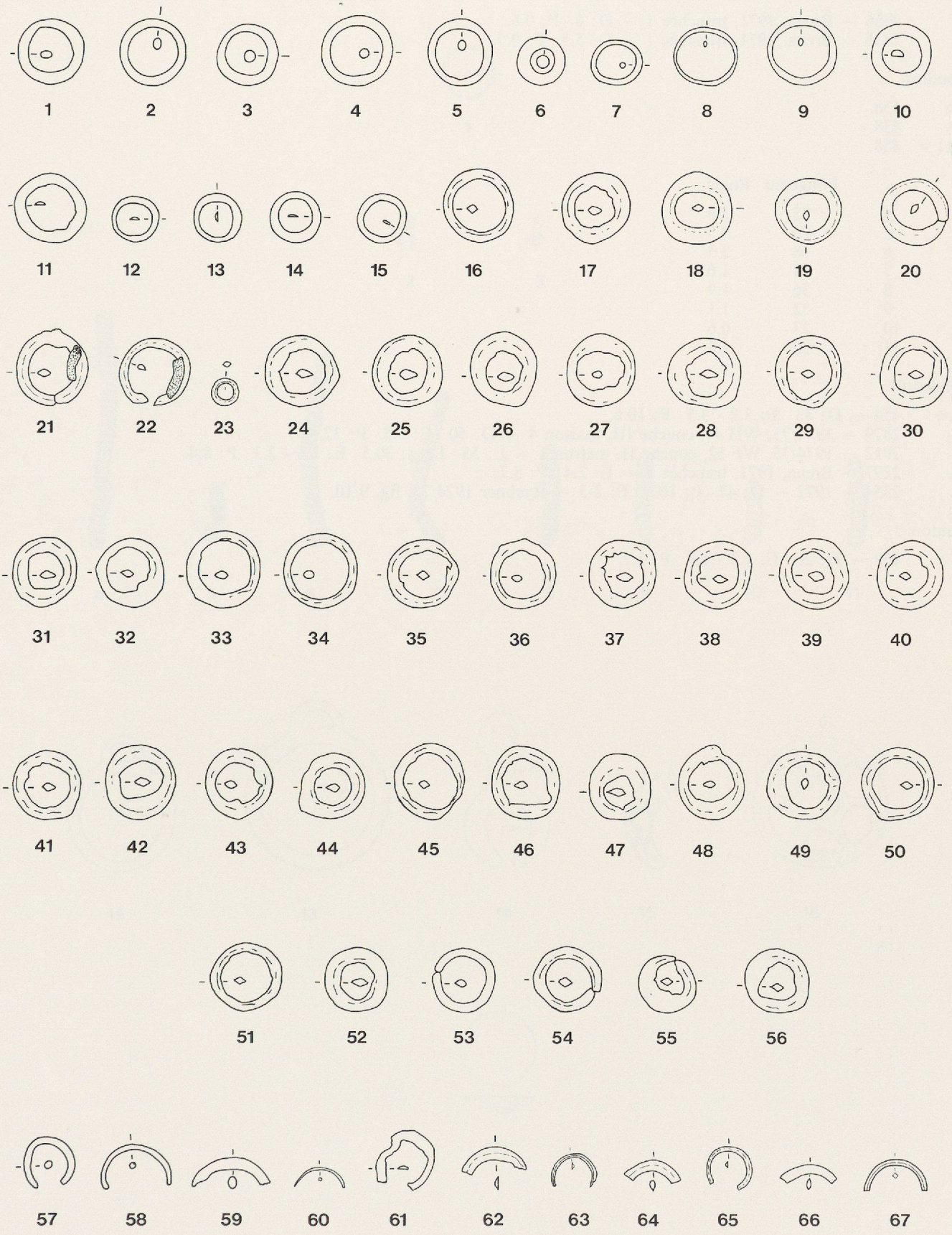

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67

PLANCHE 12

Bague

1 2317 – 1972, E 3 – D: 13 H: 7 E: 1.1 P: 2.5.

Perles

2 2356 – Brena, 1971, tranchée 1 – D: 6 P: 0.6.
3 2355 – Brena, 1971, tranchée 1 – D: 5.5 P: 0.5.

Boudins

4 ☆ 438.
5 ☆ 438.
6-11 ☆ 458.

	Longueur	Poids
4	83	3.8
5	20	0.3
6	68	3.3
7	54	1.6
8	36	1.9
9	32	1.1
10	23	0.6
11	32	1.2

Pendentifs

12 ☆ 454 – D: 38 E: 3.2 - 3.5 P: 10.6.
13 2879 – 1974/75, WH 44, couche III, maison 4 – D: 50 E: 5.5 P: 32.5.
14 2912 – 1974/75, WF 52, couche II, maison 1 – L: 55 Larg: 30.5 E: 1.6 - 2.3 P: 8.4.
15 2297 – Brena, 1971, tranchée 2 – E: 2.4 P: 3.7.
16 2354 – 1972 – D: 47 P: 10.8 E: 2-3 – Rychner 1974/75, fig. 9/10.

Bouton

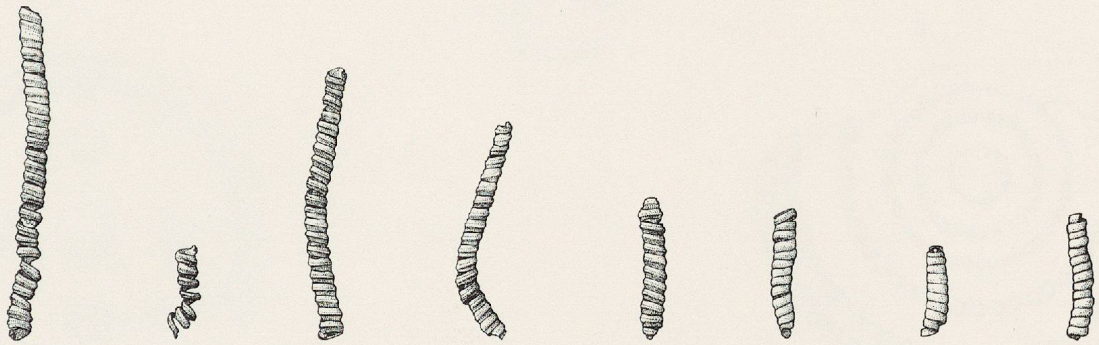
17 ☆ 453 – D: 26 E: 1.3 - 1.7 P: 3.7.



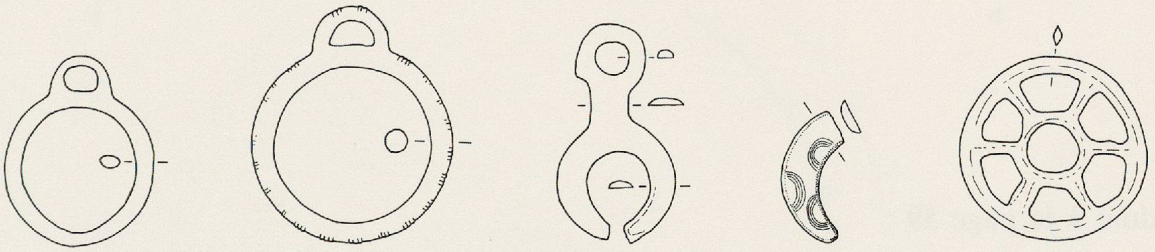
1



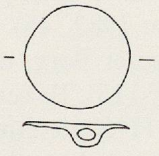
2 3



4 5 6 7 8 9 10 11



12 13 14 15 16



17

PLANCHE 13

Phalères

1 808 – 1972, A 9 – Sur le revers, 3 cercles concentriques tracés très grossièrement (voir fig. 32).
2 806 – 1972, A 9.
3 815 – 1972, A 9 – Rychner 1974/75, fig. 10/5 – Surface très corrodée, bords rongés et légèrement dentelés.
4 ● 887 – 1972, A 9 – Rychner 1981, fig. 4/4.
5 ☆ ● 405 – 1974/75, fig. 10/3; 1981, fig. 4/5 – Voir fig. 33.
6 ● 812 – 1972, A 9 – Rychner 1974/75, fig. 10/4.

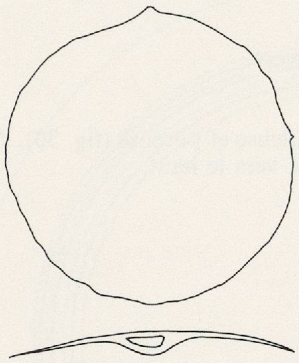
	Diamètre	Epaisseur	Poids
1	72	0.9 - 1.5	32
2	96	0.6 - 0.8	48
3	75	0.3 - 0.6	18
4	90	0.5	30
5	115	0.5 - 1.2	62
6	180	0.6 - 0.8	167

Addendum à la page 59

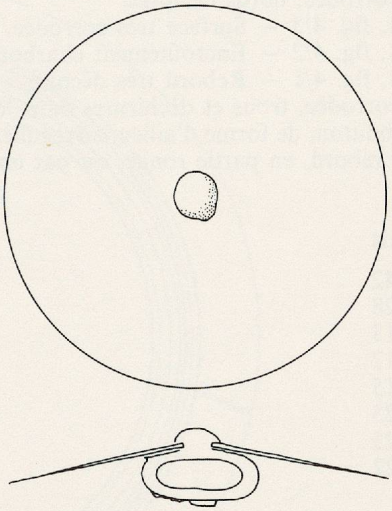
Parce qu'elles mettent en relief le caractère éventuellement religieux ou culturel des phalères, deux trouvailles récentes doivent encore être mentionnées.

A Ückeritz, sur l'île d'Usedom, un gros dépôt associait cinquante-trois phalères, pour la plupart du type nordique de Stolzenburg, à de nombreuses pièces de harnachement en bronze et en bois de cerf (Lampe 1982). La relation phalère-cheval, dans ce cas, ne semble donc pas faire de doute, et deux reconstitutions de harnais processionnels sont même proposées (Lampe 1982, 45).

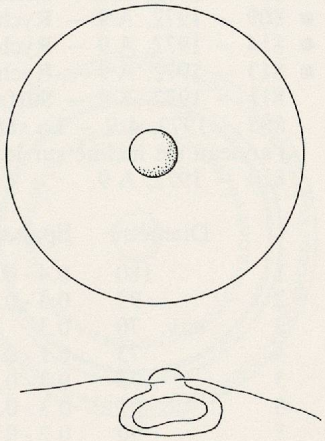
Sur le site de hauteur fortifié du Bullenheimer Berg, non loin de Würzburg, douze dépôts ont été jusqu'à présent mis au jour (Diemer 1985; Bott 1983, 113). Ils semblent correspondre à une phase d'habitat intensive du Ha B2 (B3 de Müller-Karpe). Le dépôt 11 contenait trente phalères, associées à vingt-neuf anneaux de type «Schaukelring». Malgré la prédominance des rebords à ourlet, malgré la fréquence, à la place du bouton, d'un anneau retenant une ou plusieurs pendeloques, et malgré la taille plus réduite des anneaux de fixation, les décors de côtes et de perles repoussées ainsi que les profils assez aplatis restent extrêmement proches des modèles palafittiques. Certaines des phalères du Bullenheimer Berg sont même pratiquement identiques à 15/2-4. Le fait que le dépôt, vraisemblablement cultuel, semble avoir été enfoui pendant une phase d'occupation, pourrait donner à réfléchir, une fois de plus, à la nature des mobiliers palafittiques en général, et en particulier au caractère «accidentel» de l'enfouissement des phalères d'Auvernier/Nord (nous remercions très sincèrement G. Diemer de nous avoir aimablement communiqué les dessins encore inédits des phalères du Bullenheimer Berg).



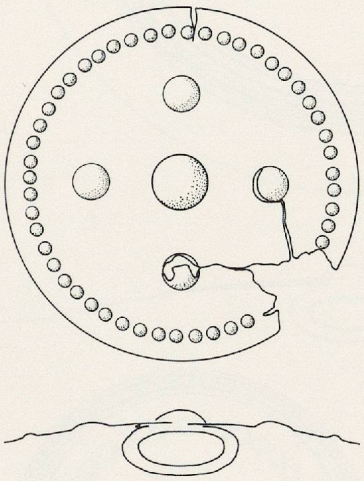
1



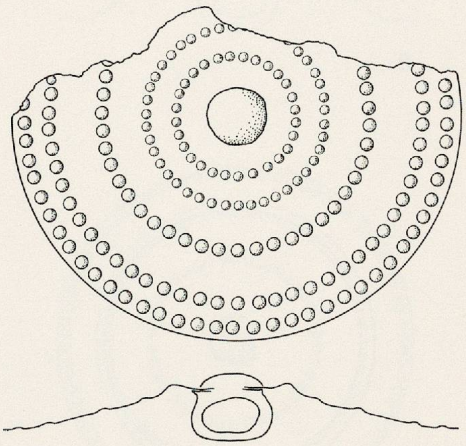
2



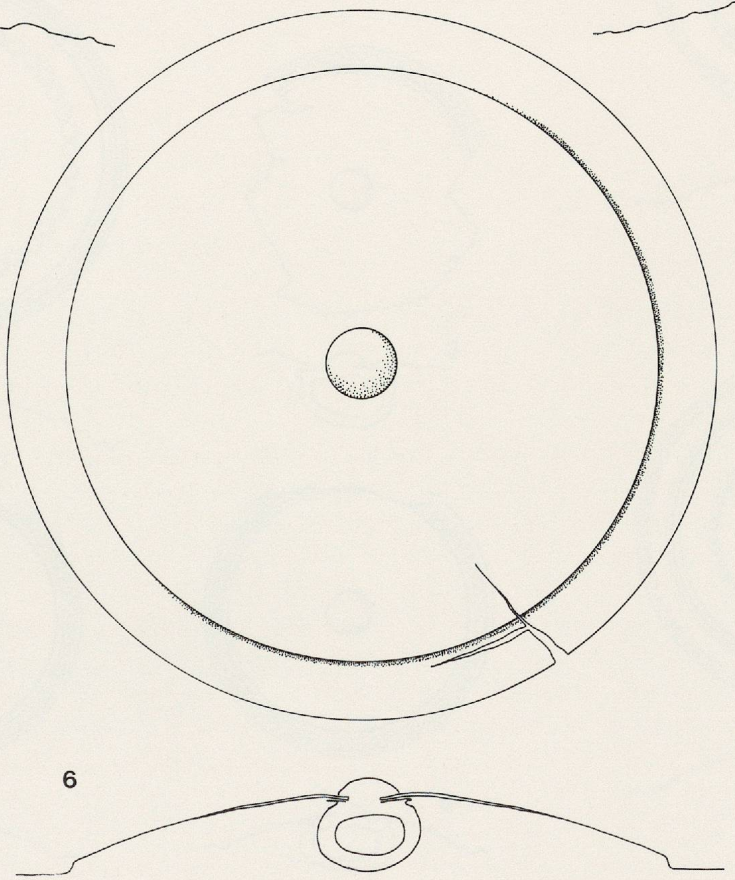
3



4



5



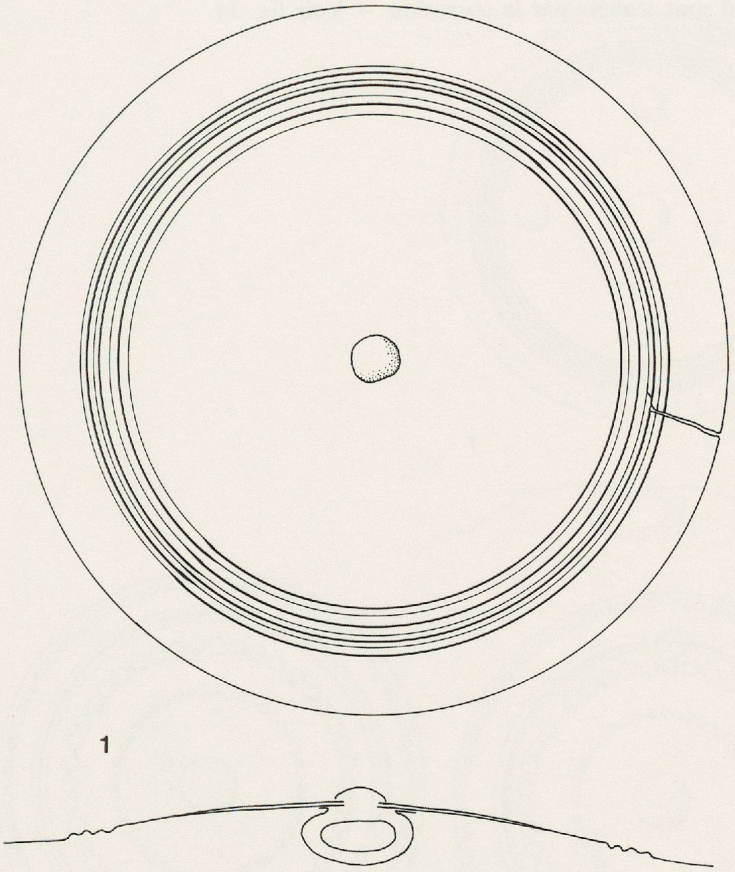
6

PLANCHE 14

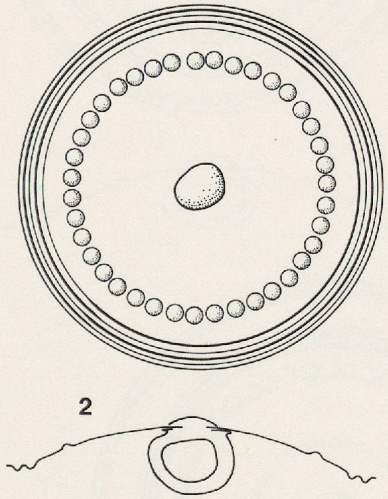
Phalères

1 ● 803 – 1972, A 9.
2 807 – 1972, A 9 – Surface très corrodée, bords déchirés.
3 ● 809 – 1972, A 9 – Rychner 1981, fig. 4/3 – Surface très corrodée.
4 ● 814 – 1972, A 9 – Rychner 1981, fig. 4/2 – Encroûtement charbonneux au revers.
5 ● 813 – 1972, A 9 – Rychner 1981, fig. 4/1 – Rebord très déchiré.
6 811 – 1972, A 9 – Surface très corrodée, trous et déchirures dans le rebord.
7 805 – 1972, A 9 – La surface du bouton, de forme d'ailleurs irrégulière, est granuleuse et poreuse (fig. 30). Au revers, l'anneau est incliné sur le côté. Le rebord, en partie rongé, est par endroits replié vers le haut.
8 810 – 1972, A 9.

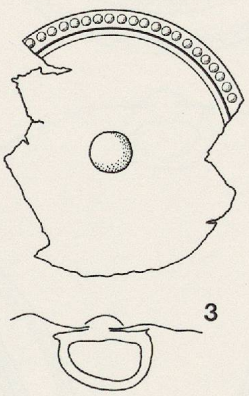
	Diamètre	Epaisseur	Poids
1	180	0.4 - 0.7	142
2	92	0.4 - 0.5	28
3	env. 70	0.3	13
4	73	0.1 - 0.5	17
5	73	0.3 - 0.35	15
6	91	0.3 - 0.5	25
7	90	0.2 - 0.5	25
8	85	0.3 - 0.4	22



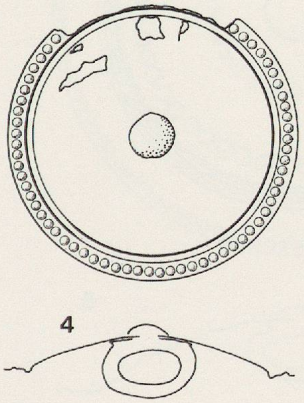
1



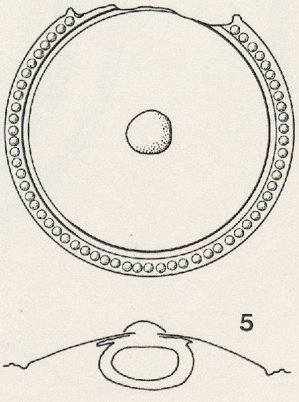
2



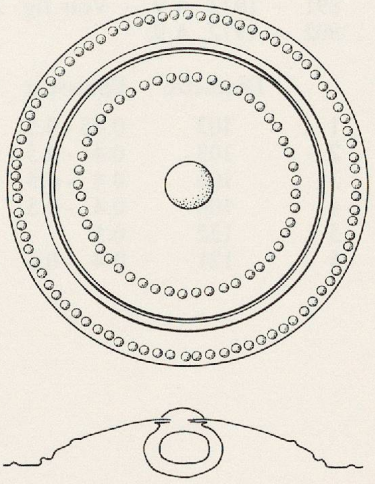
3



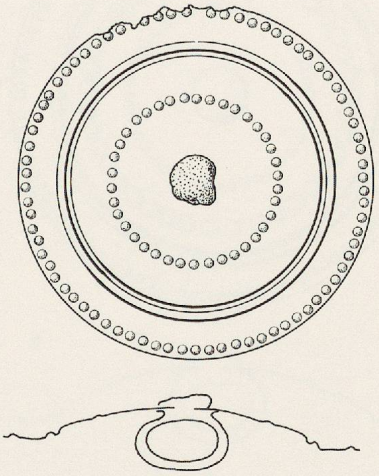
4



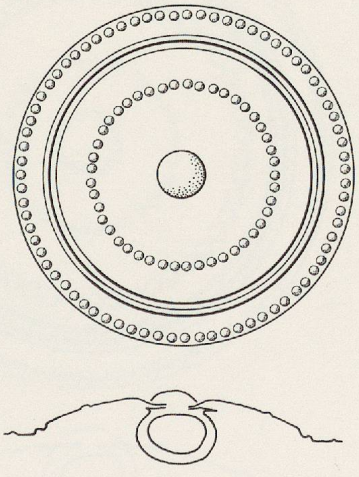
5



6



7



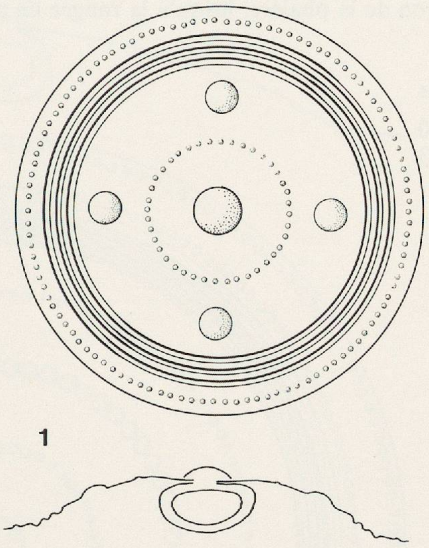
8

PLANCHE 15

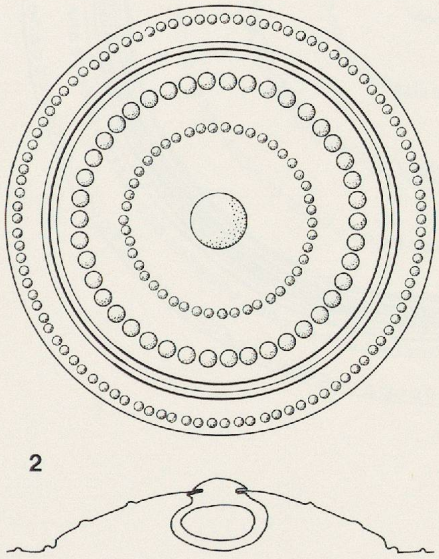
Phalères

1 804 – 1972, A 9 – Quelques perles sont trouées par la corrosion.
2 801 – 1972, A 9 – Quelques perles du rebord sont trouées par la corrosion – Voir fig. 34.
3 2192 – 1972, A 9 – Rychner 1974/75, fig. 10/2.
4 889 – 1972, A 9.
5 891 – 1972, A 9 – Voir fig. 28-29.
6 802 – 1972, A 9.

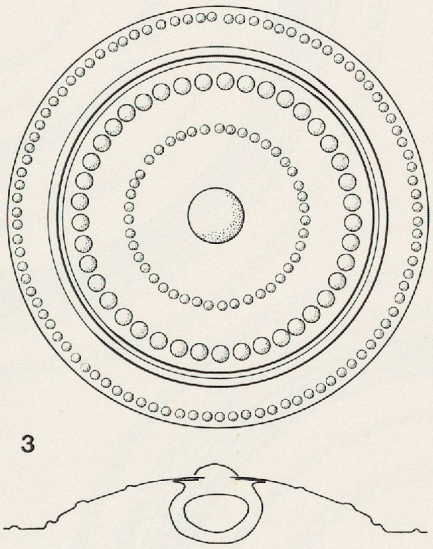
	Diamètre	Epaisseur	Poids
1	102	0.45 - 0.5	36
2	108	0.4 - 0.5	37
3	106	0.4 - 0.5	39
4	106	0.4 - 0.5	44
5	122	0.5	60
6	121	0-4 - 0.5	54



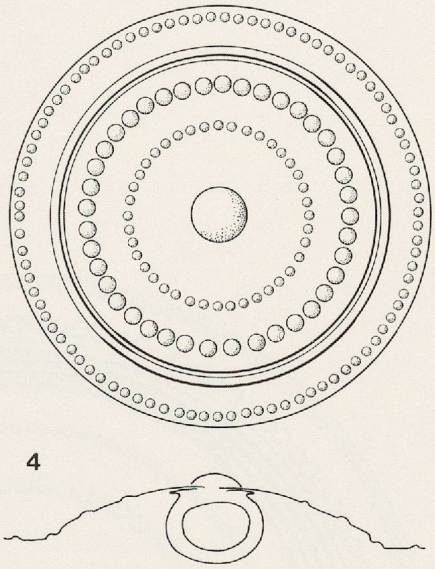
1



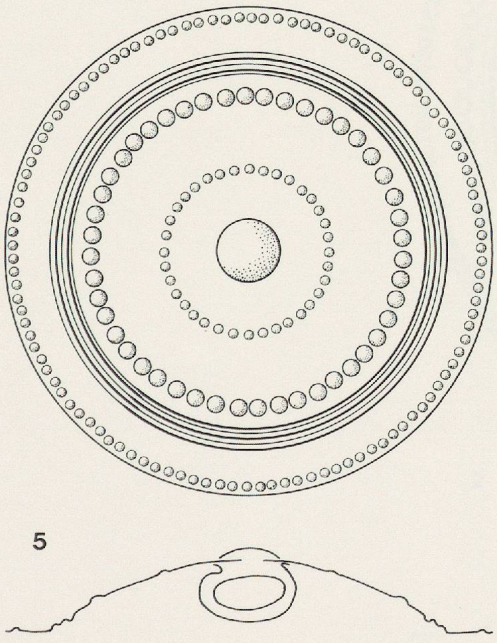
2



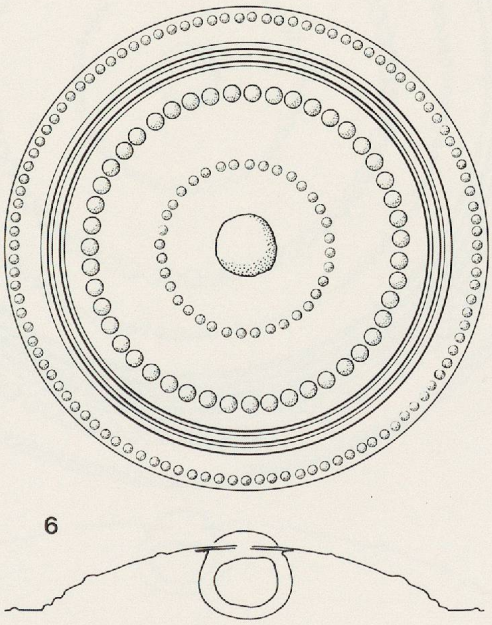
3



4



5



6

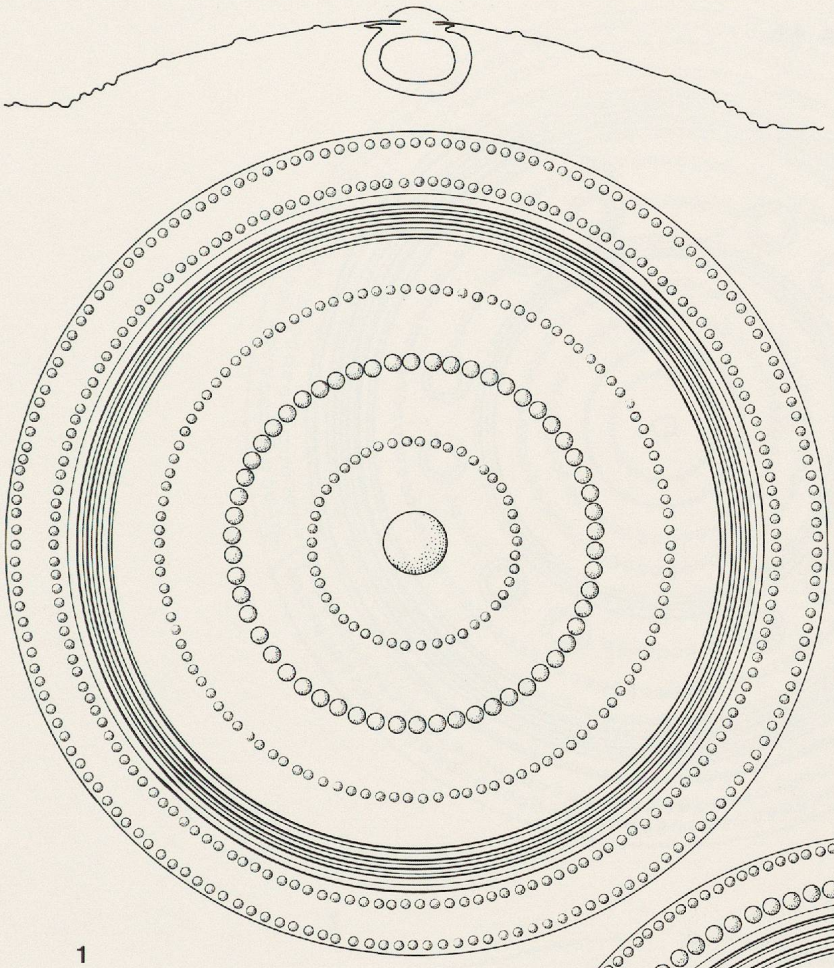
PLANCHE 16

Phalères

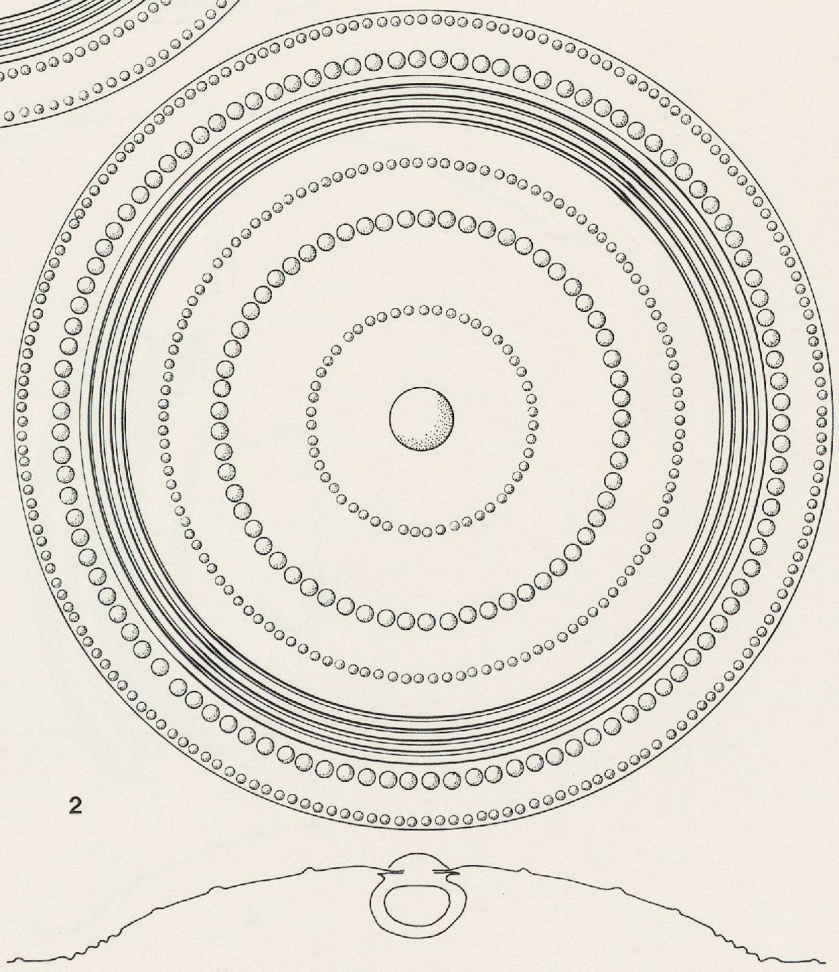
1 888 – 1972, A 9 – Rychner 1974/75, fig. 10/1 – Le quart environ du rebord est fortement replié vers le haut.

2 ● 890 – 1972, A 9 – Un tiers environ de la phalère, jusqu'à la rangée de perles extérieures du tambour, est complètement replié vers le bas (fig. 26).

	Diamètre	Epaisseur	Poids
1	208	0.4	140
2	env. 208	0.4 - 0.5	133



1



2

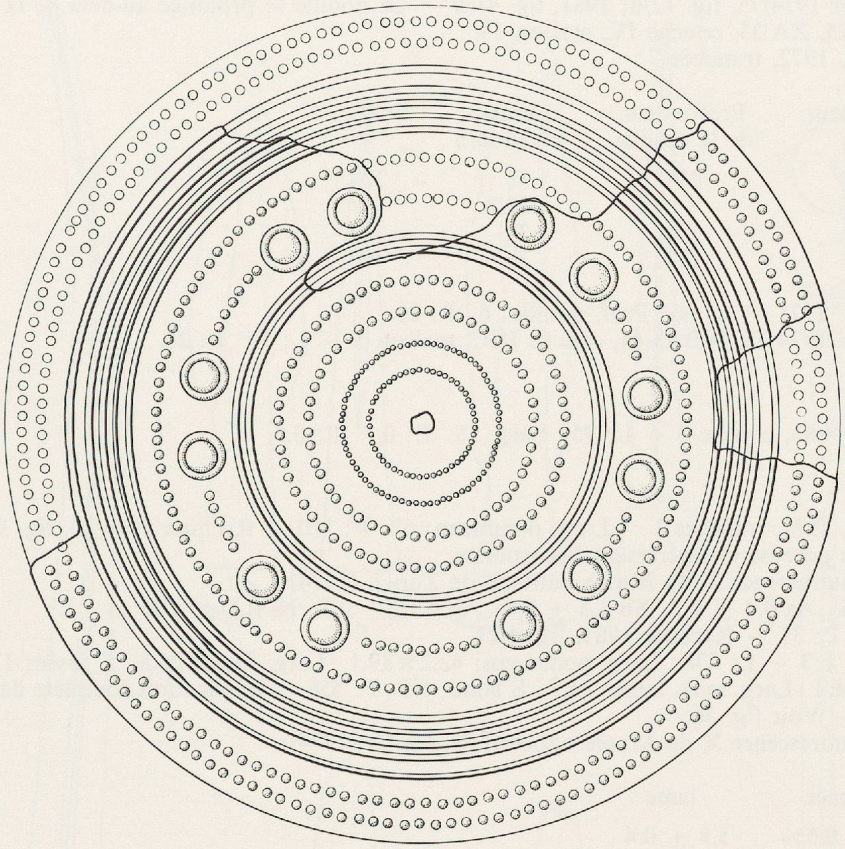
PLANCHE 17

Phalères

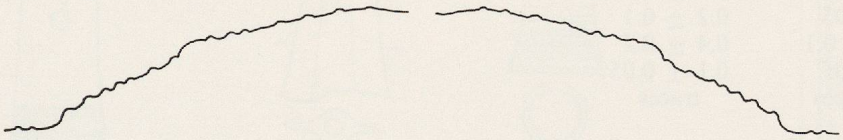
1 ☆ 192 – Egloff, 1972, couverture du fascicule et p. 9 – Partiellement déchiquetée (fig. 31); les traits les plus fins correspondent à la partie reconstituée.

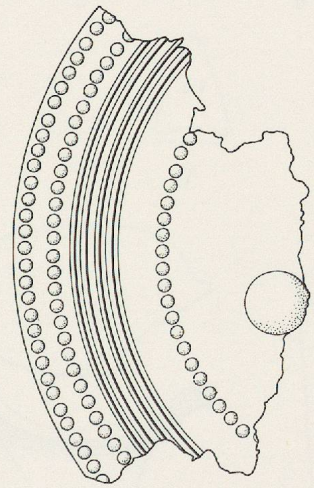
2 ● 706 – 1972, T 15 – Rychner 1981, fig. 4/6.

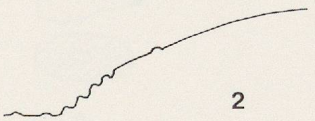
	Diamètre	Epaisseur	Poids
1	212	0.4 - 0.6	127
2	env. 196	0.5 - 0.6	21



1







2

PLANCHE 18

Pointes de lances

1 ☆ 401 – Rychner 1974/75, fig. 12/5 – Cassée en deux morceaux.
2 ☆ ● 372 – Rychner 1974/75, fig. 12/6; 1981, fig. 4/10 – La douille se prolonge au-delà de la cassure.
3 2811 – 1974/75, XA 35, couche IV, maison 18.
4 ● 2271 – Brena, 1972, tranchée 7.

	Longueur	Profondeur de la douille	Largeur maximum	Poids
1	270	218	38	224
2	106		29.2	87
3	116	88	28	70
4	138	132	28	60

5 2272 – 1971 – L: 66 Prof. douille: 6 P: 26.
6 2861 – 1974/75, WB 43-44, couche IIIC, maison 3 – L: 50 P: 26.

Pointe de flèche

7 4589 – 1973, N 86, couche 0 – L: 25 Larg. 18 E: 0.7 P: 0.5.

Epées

8 2276 – Brena, 1971, tranchée 1 – Larg. pommeau: 62 P: 110 – Rychner 1974/75, fig. 11/1; Krämer 1985, N° 128 – Surface très poreuse et légèrement boursouflée.
Analyse par fluorescence X du Musée national de Zurich (1974):
Sn 4.4 ± 0.4% As 0.4 ± 0.2 Sb 1.5 ± 0.4 Ag 0.15 ± 0.1 Ni 0.1 ± 0.05

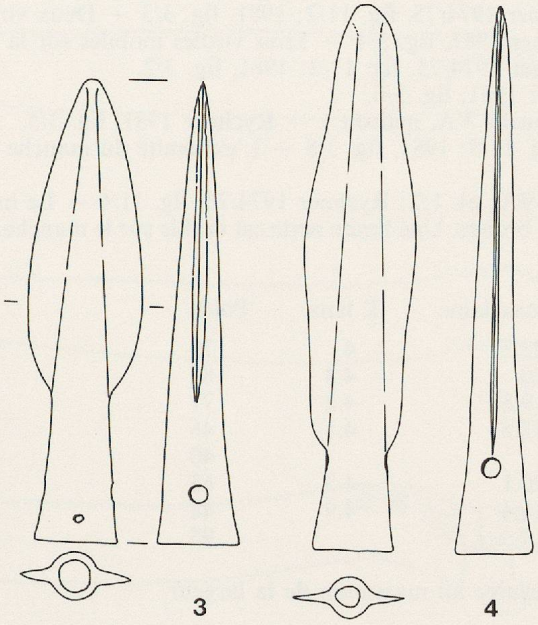
9 ☆ ● 400 – L: 78 P: 31 – Rychner 1981, fig. 4/11.

10 ☆ 308 – Echelle 1:3 – L: 538 Larg. pommeau: 42,2 × 39.1 Larg. fusée: 26.8 E fusée: 13.5
Larg. garde: 44.4 Larg. max. lame: 34.7 E lame: 6.5 P: 556 – Publication complète dans Rychner 1977; Krämer 1985, N° 122 – Voir fig. 36.
Analyse par fluorescence X du Musée national de Zurich (1974):

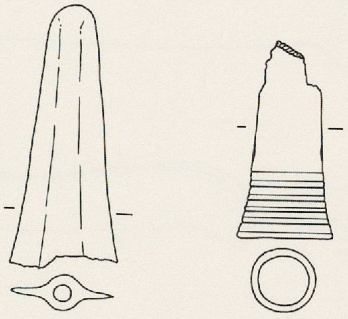
	poignée	lame
Sn	9.2 ± 0.5%	5.8 ± 0.4
Pb	0.9 ± 0.2	2.5 ± 0.5
As	0.4 ± 0.2	0.6 ± 0.3
Sb	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.2
Ag	0.05	0.2 ± 0.1
Ni	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.2
Co	0.05	0.1 ± 0.05
Fe	traces	traces



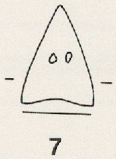
1



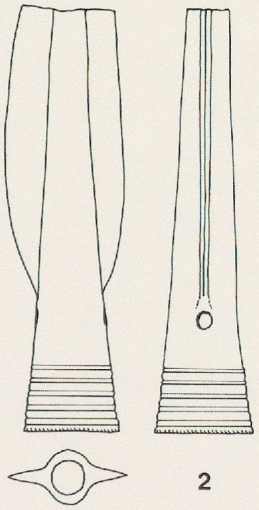
3 4



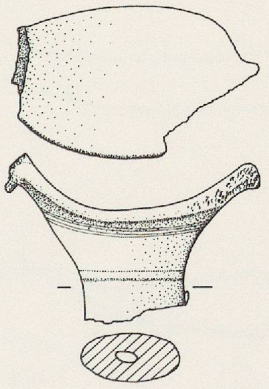
5 6



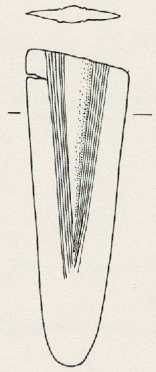
7



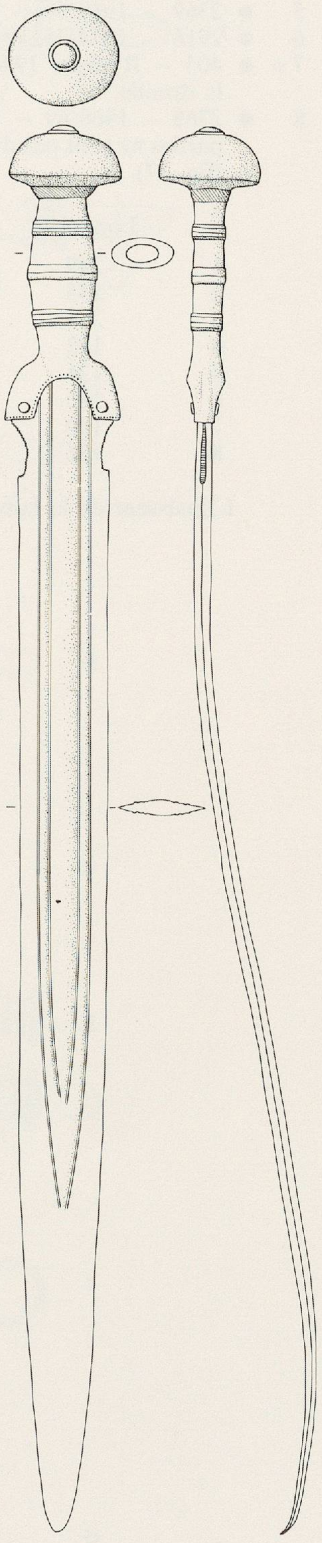
2



8



9



10

PLANCHE 19

Couteaux

1 ● 710 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 5/10; Rychner 1981, fig. 3/1 – La corrosion de la surface de la lame présente un curieux aspect de «radicelles».
2 ● 2261 – 1972, D 9 – Rychner 1974/75, fig. 11/2; 1981, fig. 3/3 – Deux virolles mobiles sur la soie.
3 ● 2260 – 1972, B 9 – Rychner 1981, fig. 3/4 – Trois viroles mobiles sur la soie.
4 ● 2262 – 1972, B 5 – Rychner 1974/75, fig. 11/3; 1981, fig. 3/2.
5 ● 2369 – 1968/69 – Rychner 1981, fig. 3/6.
6 ● 2916 – 1974/75, WF 52, couche VA, maison 1 – Rychner 1981, fig. 3/5.
7 ☆ ● 403 – Rychner 1974/75, fig. 11/5; 1981, fig. 3/8 – L'extrémité du manche en bois, carbonisée, est restée fixée dans la douille.
8 ● 2368 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 1/2; Rychner 1974/75, fig. 11/6 – Le manche est surcoulé sur la lame. Les deux parties ne sont pas du même bronze. Une limite nette est visible sur le manche, environ 5 mm en deçà de la fausse virole (fig. 37).

	Longueur	Larg max lame	E lame	Poids
1	249	22.3	4	79
2	245	20	4.8	82
3	204	19.8	4.2	77
4	182	17.5	4.1	46
5	126			40
6	188	20.1	4.3	63
7	150	16.4	4.9	48
8	136			95

L'épaisseur de la lame est mesurée au maximum de la largeur.

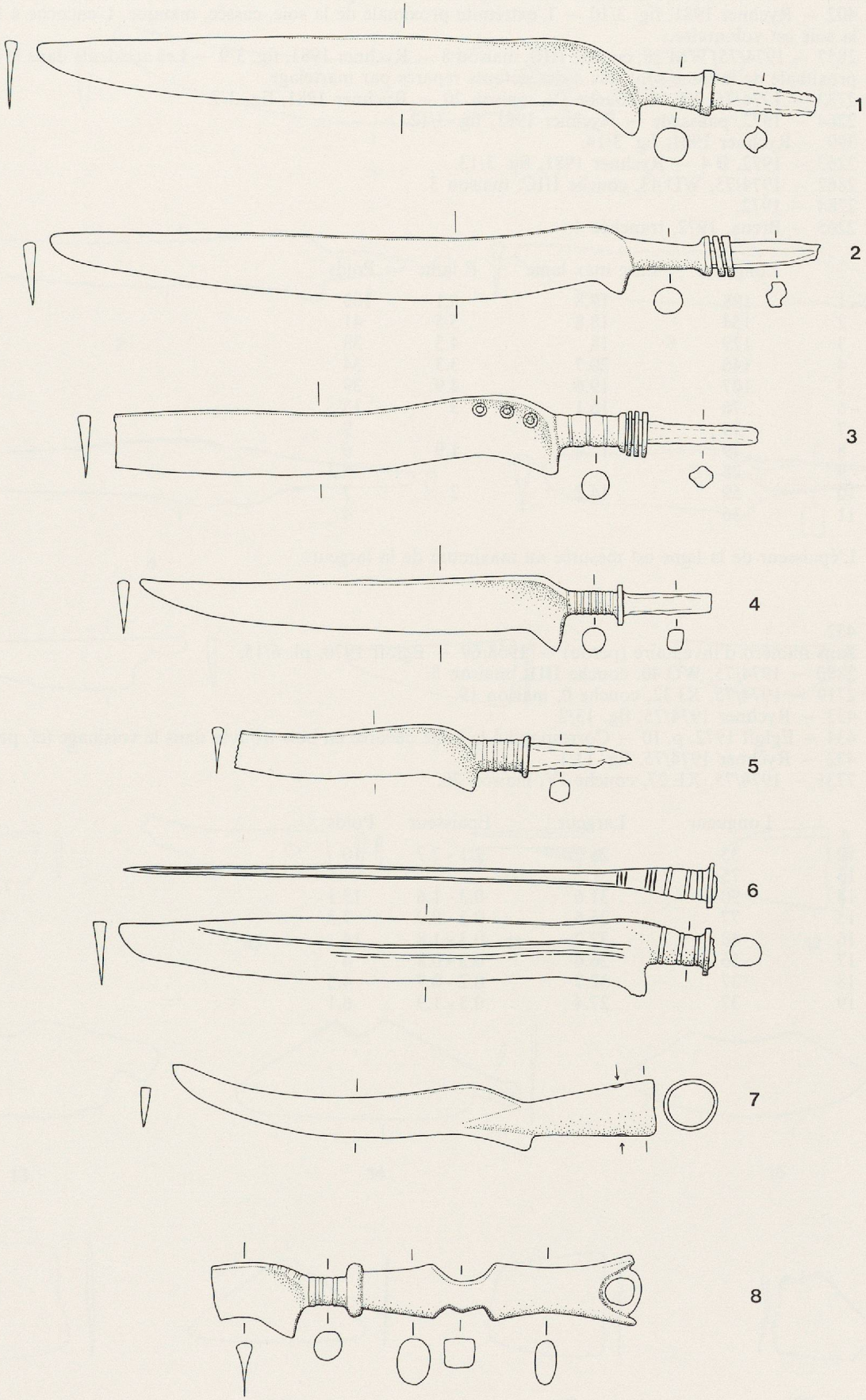

1
2
3
4
5
6
7
8

PLANCHE 20

Couteaux

1 ☆ ● 404 – Rychner 1974/75, fig. 11/4.
2 ● 2917 – 1974/75, WE 68, Couche IB – Rychner 1981, fig. 3/11 – surface très poreuse et boursouflée.
3 ☆ ● 402 – Rychner 1981, fig. 3/10 – L'extrémité proximale de la soie, cassée, manque. L'encoche à la face inférieure de la soie est volontaire.
4 ● 2857 – 1974/75, WM 38, couche IIIB, maison 8 – Rychner 1981, fig. 3/9 – Les accidents dans le contour de la partie proximale de la lame sont dûs à des défauts réparés par martelage.
5 ● 2732 – 1974/75, XF 28, couche IV, maison 20 – Rychner 1981, fig. 3/7.
6 ● 2264 – 1972, palissade – Rychner 1981, fig. 3/12.
7 ☆ ● 399 – Rychner 1981, fig. 3/14.
8 ● 2263 – 1972, B 4 – Rychner 1981, fig. 3/13.
9 2862 – 1974/75, WD 43, couche IIIC, maison 3.
10 2284 – 1972.
11 2265 – Brena, 1972, tranchée 4.

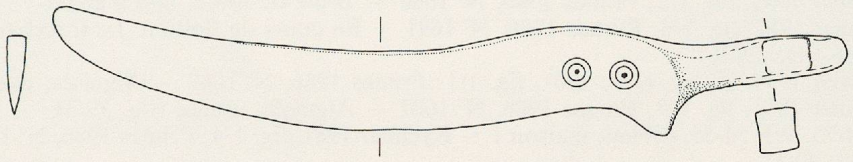
	Longueur	Larg max lame	E lame	Poids
1	198	19.8	5.1	103
2	154	18.8	5.5	41
3	129	18	4.5	38
4	146	20.7	3.3	34
5	107	19.6	4.9	39
6	76	16.1	3	13
7	54			9
8	49	15.4	1.9	6
9	28			5.2
10	59	14.2	2	7
11	36			4

L'épaisseur de la lame est mesurée au maximum de la largeur.

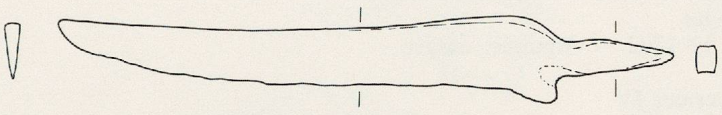
Rasoirs

12 ☆ 452.
13 Sans numéro d'inventaire (perdu) – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 6/15.
14 2880 – 1974/75, WO 40, couche IIIB, maison 8.
15 2719 – 1974/75, XJ 32, couche 0, maison 19.
16 ☆ 433 – Rychner 1974/75, fig. 13/2.
17 ☆ 434 – Egloff 1972, p. 10 – Correspond à la boîte décorée en bois trouvée dans le voisinage (cf. publication indiquée).
18 ☆ 432 – Rychner 1974/75, fig. 13/1.
19 2731 – 1974/75, XE 27, couche IV, maison 20.

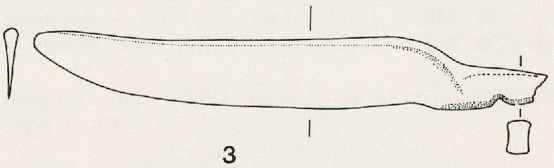
	Longueur	Largeur	Epaisseur	Poids
12	35	26	2.1 - 2.7	10
13	75			
14	90	31.6	0.3 - 1.6	15.1
15	77	25.6	0.2 - 0.9	7.3
16	48	37.2	0.3 - 1.8	14
17	56	26.6	0.3 - 0.8	4
18	37	32.7	0.2 - 0.7	4.5
19	37	27.4	0.3 - 1.9	6.1



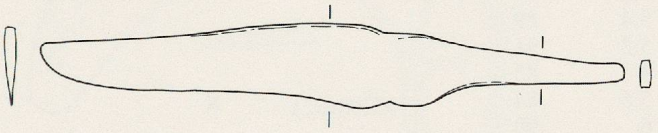
1



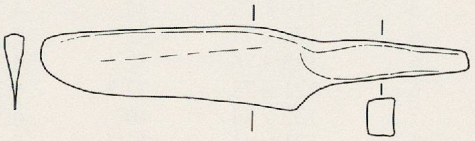
2



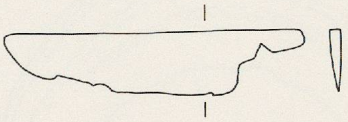
3



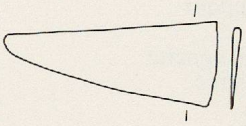
4



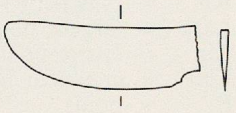
5



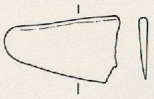
6



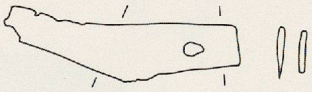
7



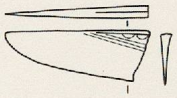
8



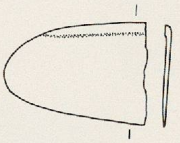
9



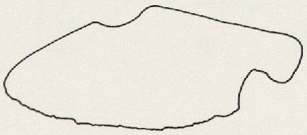
10



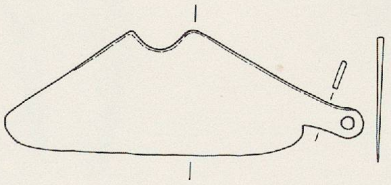
11



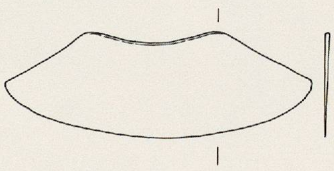
12



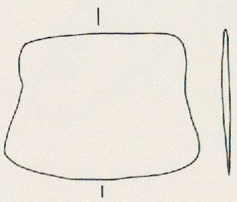
13



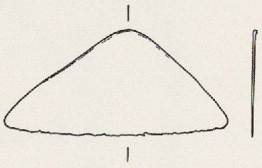
14



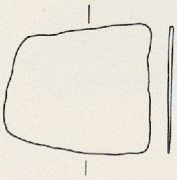
15



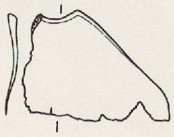
16



17



18



19

PLANCHE 21

Faucilles

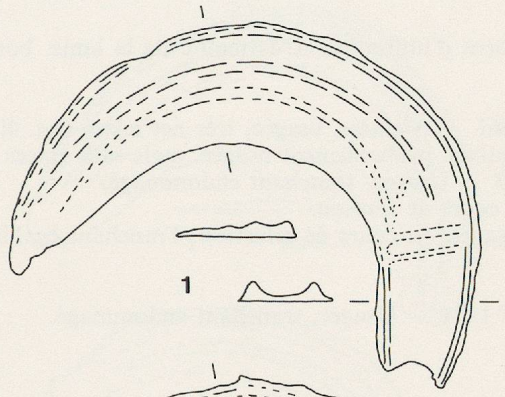
La trame indique la partie de l'outil lustrée par l'usage.

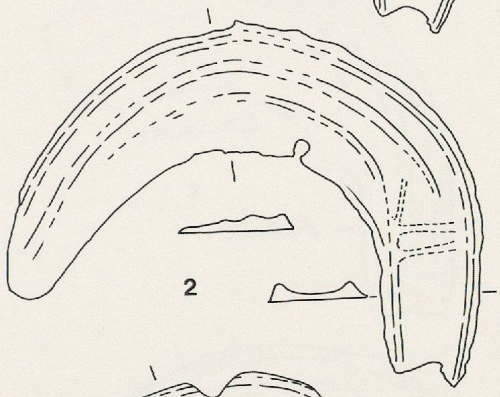
1 ☆ ● 323 – Primas 1986, N° 1690 – Brute de fonte, non aiguisée (fig. 39/1).
2 ☆ ● 314 – Rychner 1981, fig. 1/2; Primas 1986, N° 1686 – Brute de fonte, non aiguisée.
3 ☆ ● 320 – Rychner 1981, fig. 1/3; Primas 1986, N° 1691 – En cours de finition. Le tranchant est déjà martelé mais non encore aiguisé (fig. 39/2).
4 ☆ ● 322 – Rychner 1974/75, fig. 11/7; 1981, fig. 1/1; Primas 1986, N° 1689 – Aiguisée, usagée.
5 ☆ ● 336 – Rychner 1981, fig. 1/5; Primas 1986, N° 1687 – Aiguisée, usagée (fig. 39/3).
6 ● 2939 – 1974/75, WF 54-55, déblais, maison 1 – Rychner 1981, fig. 1/4; Primas 1986, N° 1688 – Aiguisée, usagée, très net lustré (fig. 40/1).
7 ☆ ● 335 – Primas 1986, N° 1780 – Aiguisée, usagée. Du côté du tranchant, fendue sur la moitié de la largeur à la limite de la languette et du tranchant.
8 ☆ ● 311 – Rychner 1974/75, fig. 11/8; Primas 1986, N° 1781 – Aiguisée, usagée.
9 ☆ ● 325 – Primas 1986, N° 1783 – Aiguisée, usagée.
10 ☆ ● 317 – Rychner 1981, fig. 1/17; Primas 1986, N° 1782 – Aiguisée, usagée.

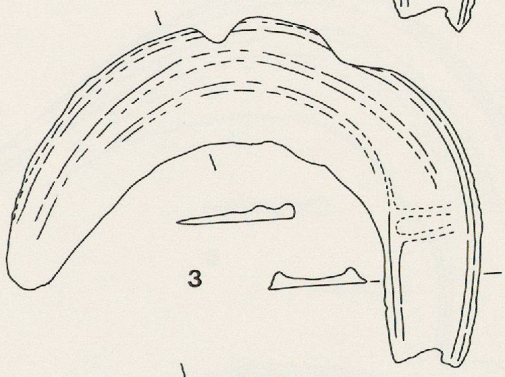
Classification de M. Primas (1986): 1-6 = type Auvernier IV
7-10 = type Mörigen III

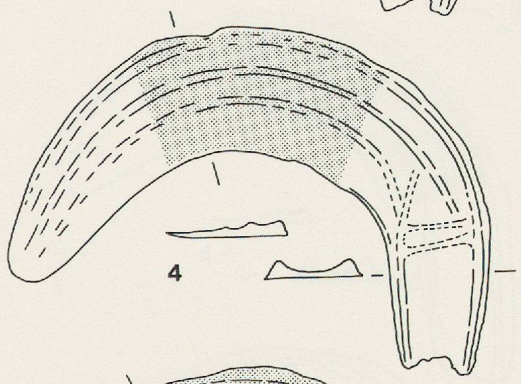
	RE	Larg	Elg	Elm	P
1	120 × 79	31.8	4.9	6.4	92
2	119 × 81	32.7	4.7	5.8	95
3	119 × 79	32	4.7	5.4	89
4	120 × 77	32	5.1	5.2	91
5	125 × 76	32	4.9	5	85
6	121 × 78	32.7	5.7	5.6	84
7	122 × 84	40	4.5	6	90
8	121 × 81	37.3	5.2	6.5	104
9		41		5.1	81
10		39.4	5.2	5.5	77

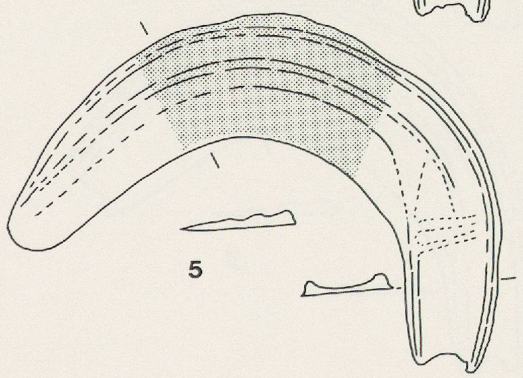
RE = plus petit rectangle enveloppant
Larg = largeur maximum
Elg = épaisseur maximum de la languette
Elm = épaisseur maximum de la lame
P = poids

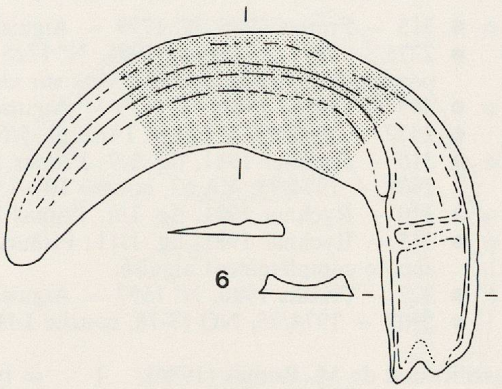

1

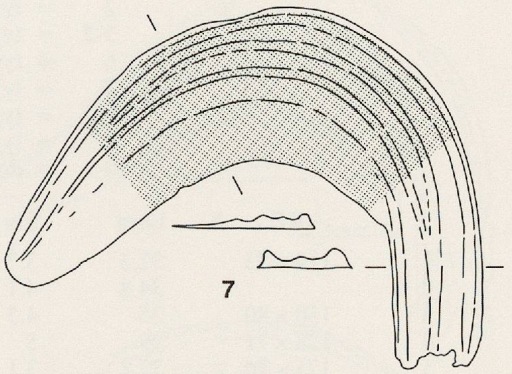

2

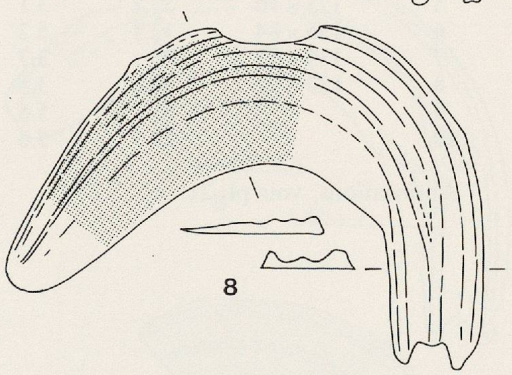

3

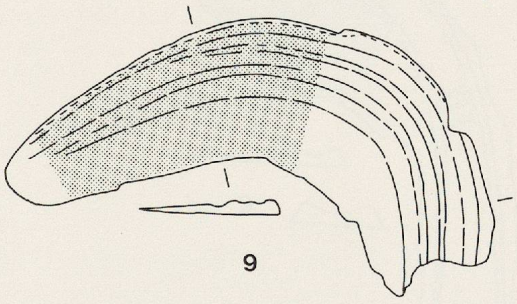

4


5


6


7


8


9

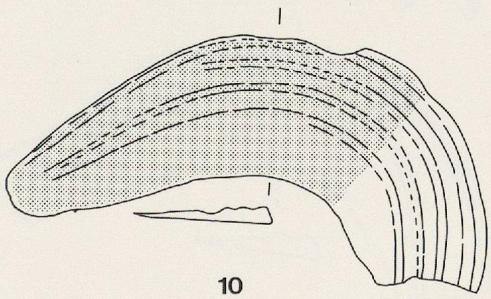

10

PLANCHE 22

Faucilles

La trame indique la partie de l'outil lustrée par l'usage.

1 ☆ ● 315 – Primas 1986, N° 1779 – Aiguisée, usagée.
2 ● 2275 – 1971 – Primas 1986, N° 1725 – Aiguisée, sans traces d'utilisation. L'extrémité de la lame, boursouflée et poreuse, est repliée vers le revers sur environ 20 mm.
3 ☆ ● 309 – Primas 1986, N° 1679 – Aiguisée, usagée.
4 ● 2372 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 5/6; Primas 1986, N° 1661 – Aiguisée, usagée, très net lustré (fig. 40/2).
5 ☆ ● 316 – Rychner 1981, fig. 1/9; Primas 1986, N° 1662 – Aiguisée, probablement usagée, mais sans traces visibles.
6 2908 – 1974/75, YA 63, couche IB – Primas 1986, N° 1593 – Usagée, tranchant endommagé.
7 ☆ ● 310 – Rychner 1981, fig. 1/8; Primas 1986, N° 1353 – En cours de finition.
8 ☆ ● 313 – Rychner 1981, fig. 1/11; Primas 1986, N° 1692 – Usagée, en cours de réfection. Tranchant égalisé mais non encore complètement aiguisé.
9 ☆ ● 327 – Primas 1986, N° 1557 – Aiguisée, usagée.
10 ● 2907 – 1974/75, NO 77-78, couche I-IB – Primas 1986, N° 1894 – Usagée, tranchant endommagé.

Classification de M. Primas (1986):

1	= type Mörigen III
2	= type Mörigen I
3-5	= type Auvernier III
6	= type Homburg
7	= type Corcelettes
8	= type Auvernier IV
9	= type Hauterive
10	= déchet

	RE	Larg	Elg	Elm	P
1	114 × 73	32.3	3.7	5	88
2		34.8	4.1	5	89
3	150 × 80	35	4.3	4.8	86
4	128 × 71	29	5	5.2	83
5	125 × 76	37.8	3.1	6.1	86
6	136 × 84	32.1	5.2	5	84
7	130 × 77	35	3.7	5	83
8	137 × 72	30.6	3.8	7.2	91
9		41	5.6	5.8	89
10		29.7	5.6	7.3	90

Abréviations, voir pl. 21.

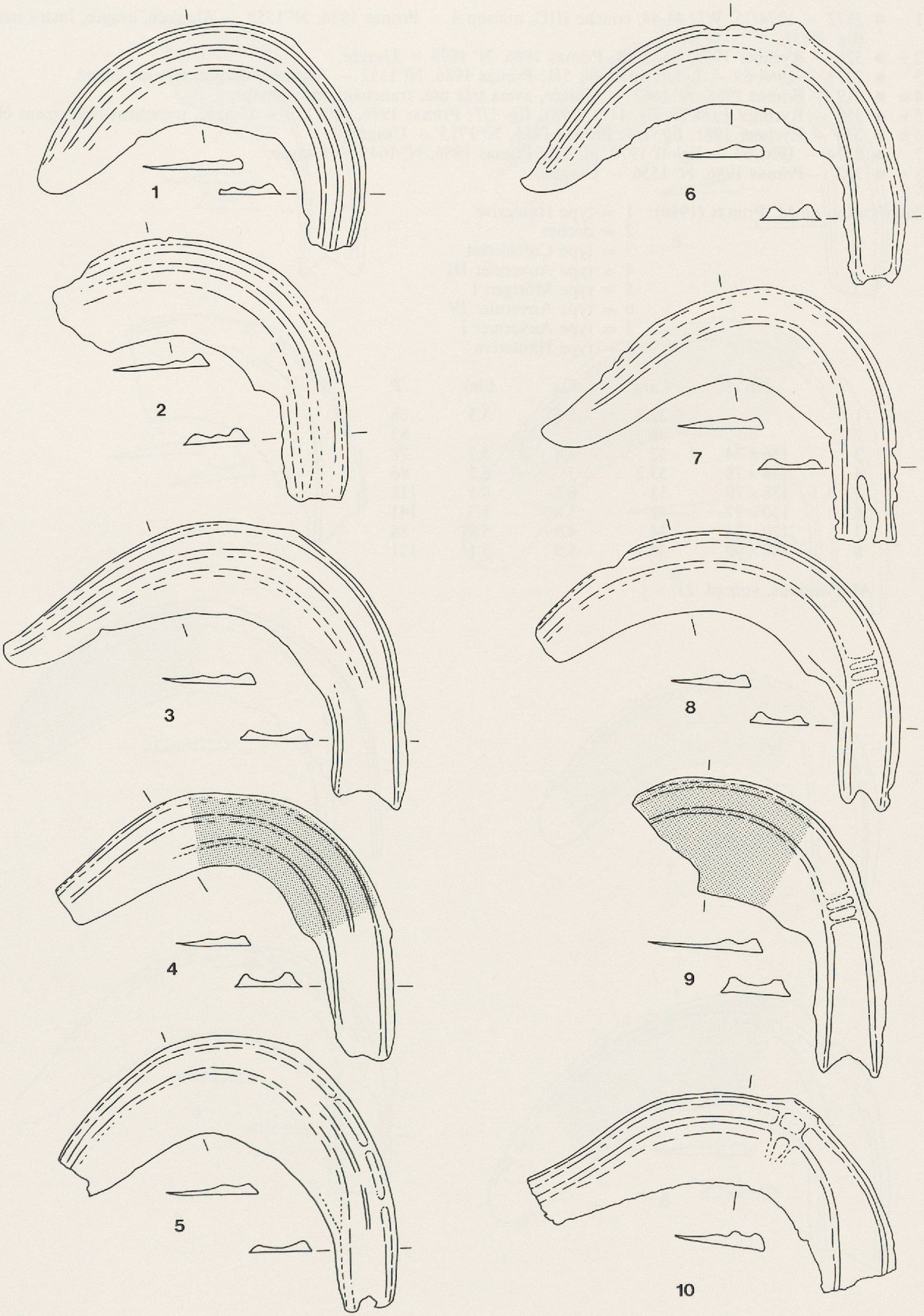

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

PLANCHE 23

Faucilles

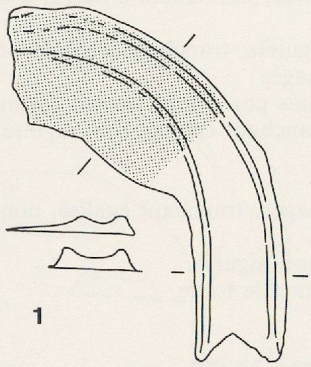
La trame indique la partie de l'outil lustrée par l'usage.

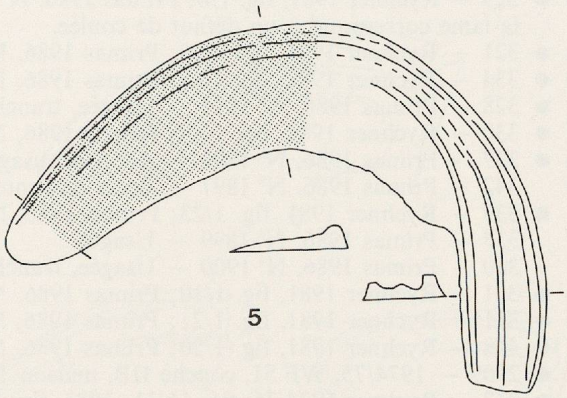
1 ● 2872 – 1974/75, WD 43-44, couche IIIC, maison 3 – Primas 1986, N° 1558 – Aiguisée, usagée, lustré très marqué (fig. 40/3).
2 ☆ ● 326 – Rychner 1981, fig. 1/13; Primas 1986, N° 1898 – Usagée.
3 ● 2373 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 5/4; Primas 1986, N° 1352 – Aiguisée, usagée, très net lustré.
4 ☆ ● 319 – Primas 1986, N° 1663 – Usagée, avers très usé, tranchant endommagé.
5 ☆ ● 318 – Rychner 1974/75, fig. 11/9; 1981, fig. 1/7; Primas 1986, N° 1751 – Usagée, tranchant légèrement ébréché.
6 ☆ ● 333 – Rychner 1981, fig. 1/6; Primas 1986, N° 1715 – Usagée.
7 ● 2374 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 5/5; Primas 1986, N° 1645 – Usagée.
8 ☆ ● 312 – Primas 1986, N° 1556 – Usagée.

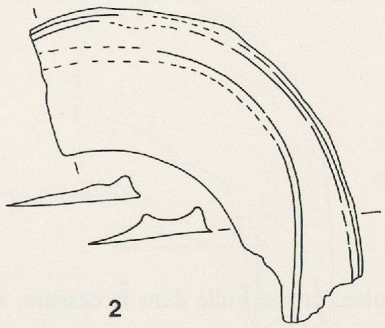
Classification de M. Primas (1986): 1 = type Hauterive
2 = déchet
3 = type Corcelettes
4 = type Auvernier III
5 = type Mörigen I
6 = type Auvernier IV
7 = type Auvernier I
8 = type Hauterive

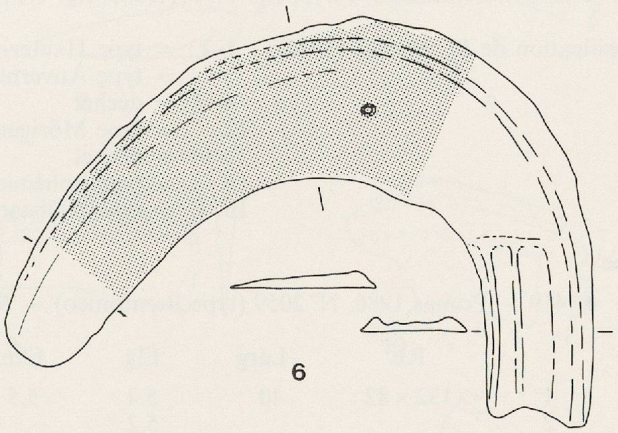
	RE	Larg	Elg	Elm	P
1		32.3	5.3	5.5	68
2		36			83
3	136 × 74	32	4.8	5.7	78
4	134 × 78	33.2	3	5.2	86
5	138 × 79	33	6.5	8.1	118
6	150 × 97	41	3.8	5.3	141
7	120 × 74	34	4.9	5.8	88
8	140 × 90	38.7	5.5	5.1	121

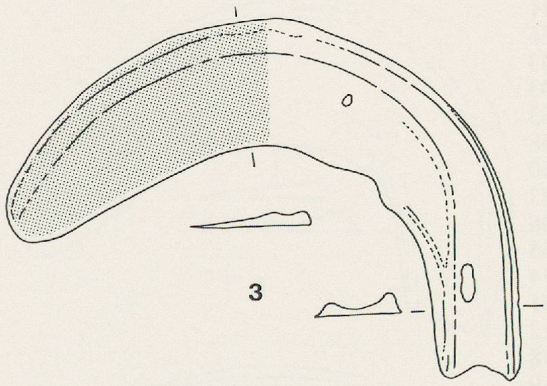
Abréviations, voir pl. 21.

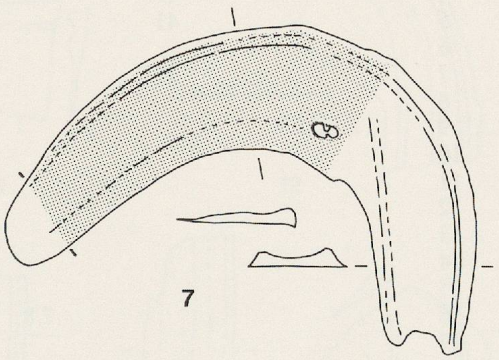

1

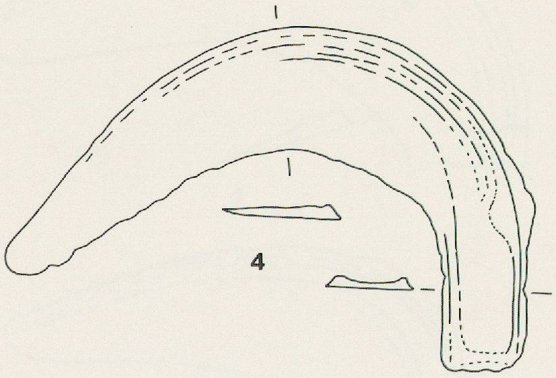

5


2


6


3


7


4

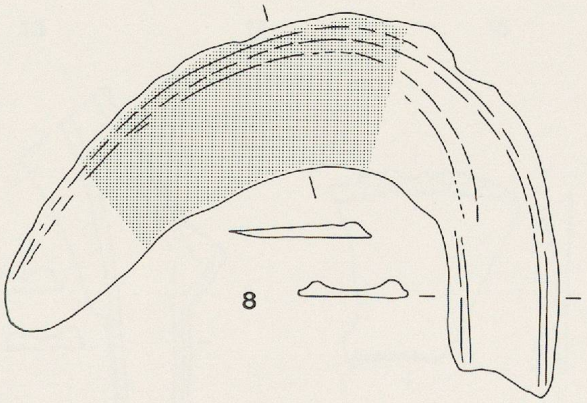

8

PLANCHE 24

Faucilles

1 ☆ ● 324 – Primas 1986, N° 1555 – Aiguisée, apparemment neuve (fig. 43).
2 ☆ ● 329 – Rychner 1981, fig. 1/8; Primas 1986, N° 1554 – Aiguisée, sans traces d'usage. L'échancrure dans la largeur de la lame correspond à un défaut de coulée.
3 ☆ ● 321 – Rychner 1981, fig. 1/15; Primas 1986, N° 1644 – Aiguisée, tranchant légèrement ébréché.
4 ☆ ● 334 – Rychner 1981, fig. 1/12; Primas 1986, N° 1893 – Usagée.
5 ☆ ● 328 – Primas 1986, N° 1895 – Usagée, tranchant égalisé mais pas complètement aiguisé.
6 ☆ ● 330 – Rychner 1981, fig. 1/19; Primas 1986, N° 2025 – Tranchant égalisé, non aiguisé.
7 ☆ ● 337 – Primas 1986, N° 1896 – Aiguisée, usagée.
8 ☆ 342 – Primas 1986, N° 1897 – Brute de fonte.
9 ☆ ● 339 – Rychner 1981, fig. 1/23; Primas 1986, N° 2026 – Usagée, tranchant égalisé, non aiguisé.
10 ☆ 338 – Primas 1986, N° 1899 – Usagée.
11 ☆ 340 – Primas 1986, N° 1900 – Usagée, tranchant égalisé, non aiguisé.
12 ☆ ● 331 – Rychner 1981, fig. 1/10; Primas 1986, N° 1726 – Brute de fonte.
13 ☆ ● 341 – Rychner 1981, fig. 1/21; Primas 1986, N° 1810.
14 ☆ ● 448 – Rychner 1981, fig. 1/20; Primas 1986, N° 1816.
15 ● 2909 – 1974/75, WF 51, couche IIB, maison 1 – Primas 1986, N° 832.
16 ☆ ● 332 – Rychner 1974/75, fig. 11/11; 1981, fig. 1/14; Primas 1986, N° 1021 – Usagée, tranchant égalisé, non aiguisé.

Classification de M. Primas (1986):

1-2	=	type Hauterive
3	=	type Auvernier I
4-11	=	déchet
12	=	type Mörigen I
13-14	=	déchet
15	=	type bohémien-bavarois
16	=	type Hallstatt

Serpe

17 ☆ ● 419 – Primas 1986, N° 2059 (type Brentonico) – Raté de coulée; grosse bulle dans la cassure, à gauche sur le dessin.

	RE	Larg	Elg	Elm	P
1	132 × 82	40	5.4	5.5	111
2			5.2		56
3	123 × 80	42	4.9	5.2	103
4		41			103
5		41		5	63
6					58
7		32.7			30
8					23
9					26
10				7.7	33
11					14
12					41
13					12
14					18
15					19
16			7.8		60
17					56

Abréviations, voir pl. 21.

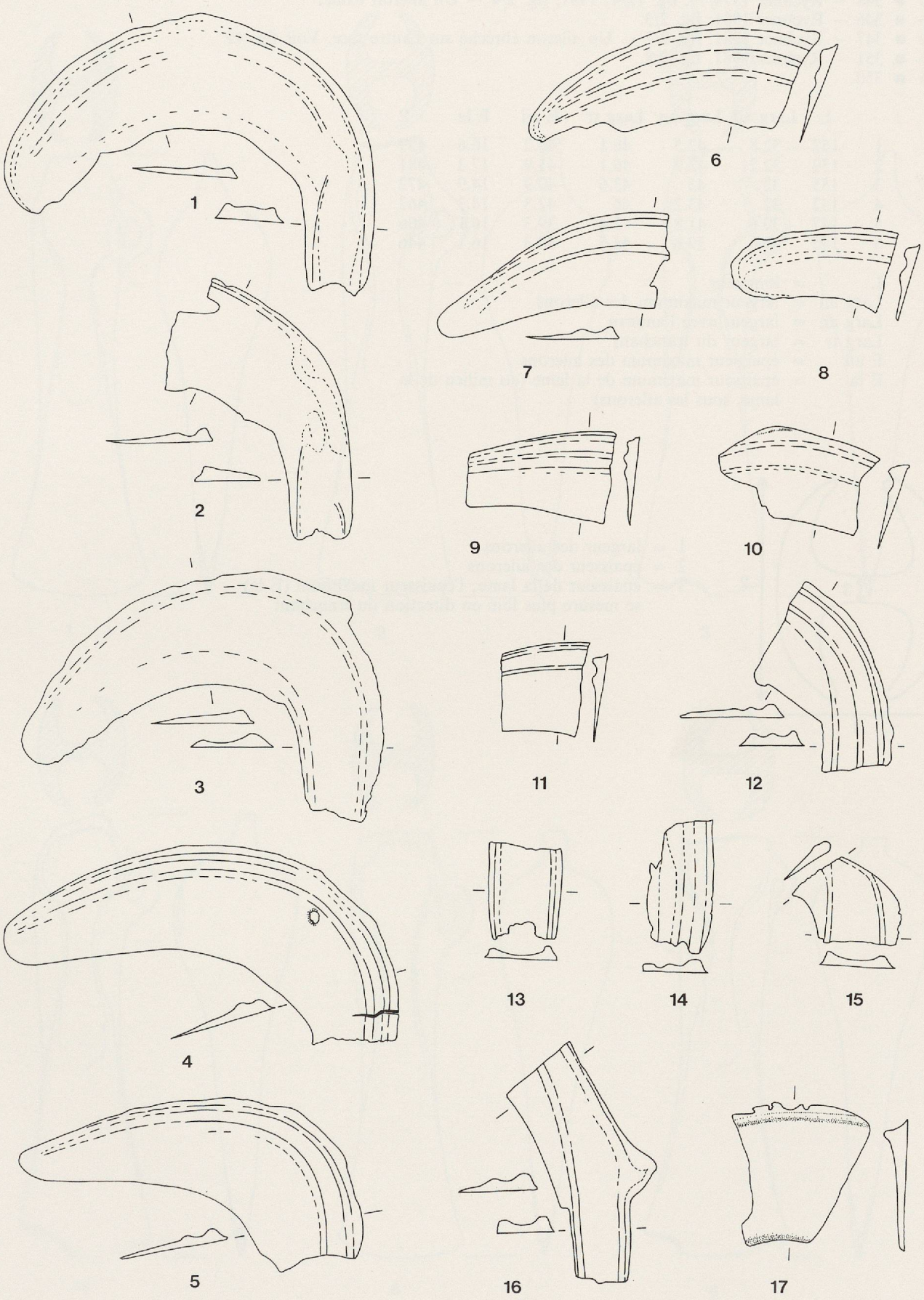

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

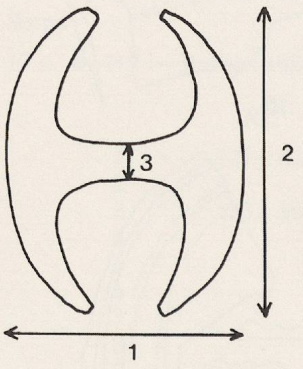
PLANCHE 25

Haches

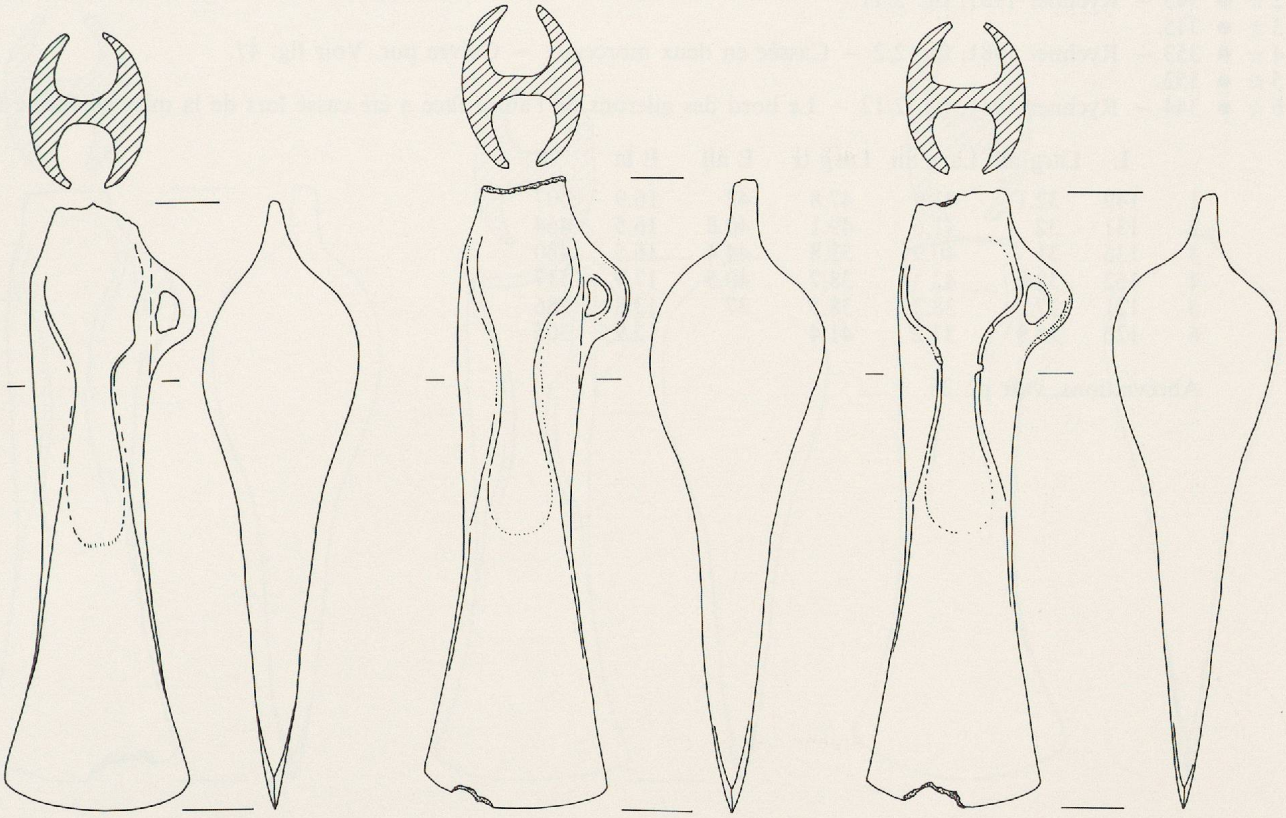
1 ☆ ● 776 – Egloff 1972, p. 10; Rychner 1981, fig. 2/6 – Retrouvée munie de son manche en chêne (fig. 46).
2 ☆ ● 348 – Rychner 1974/75, fig. 12/4; 1981, fig. 2/4 – Un aileron troué.
3 ☆ ● 346 – Rychner 1981, fig. 2/3.
4 ☆ ● 347 – Rychner 1981, fig. 2/7 – Un aileron ébréché sur l'autre face. Voir fig. 49.
5 ☆ ● 351 – Rychner 1981, fig. 2/8.
6 ☆ ● 350.

	L	Larg ail	Larg an	Larg tr	E ail	E la	P
1	152	32.8	42.5	46.1	40.2	16.6	459
2	159	32.2	42.9	46.1	41.9	17.3	481
3	155	32	43	43.6	40.9	14.9	472
4	152	32	43.2	46	42.3	14.3	462
5	147	30.6	41.8	43.4	39.3	16.1	406
6	145	31.6	39.6	48.5	40.3	16.1	446

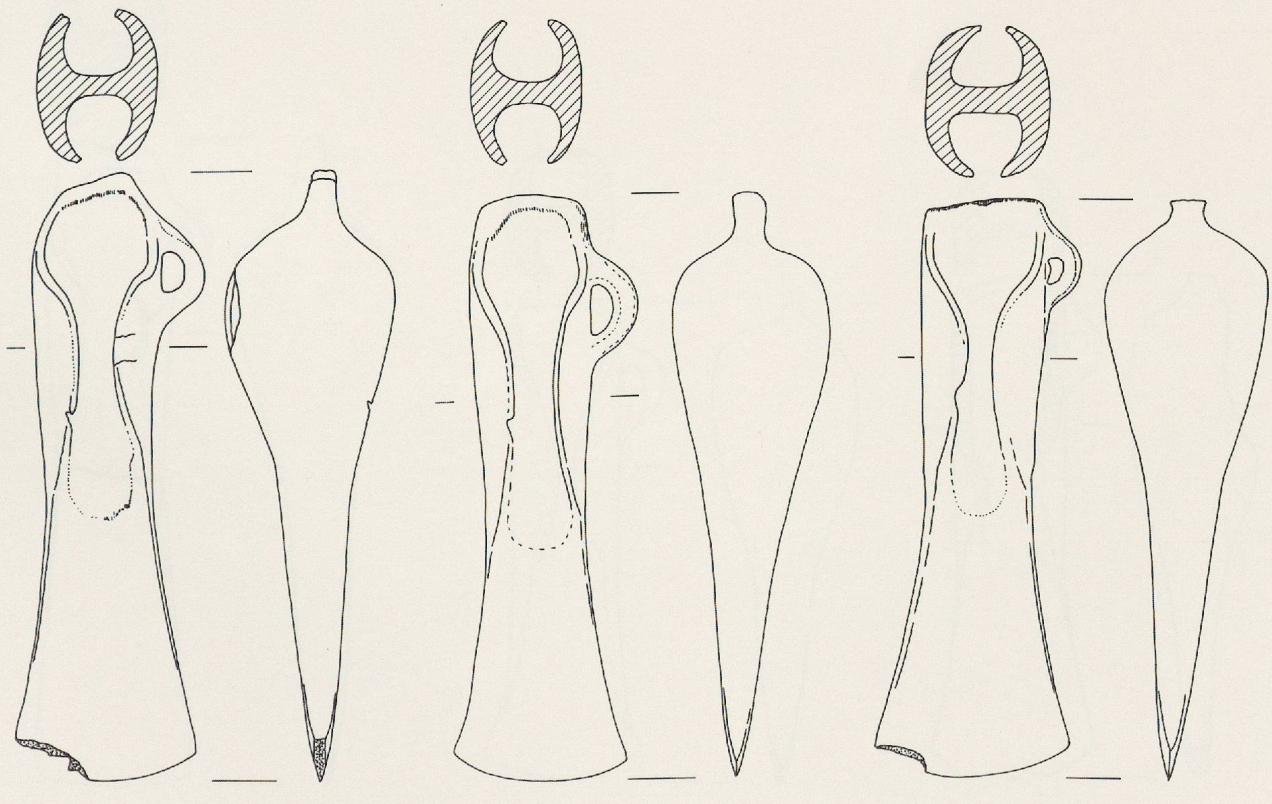
L = longueur
Larg ail = largeur maximum des ailerons
Larg an = largeur avec l'anneau
Larg tr = largeur du tranchant
E ail = épaisseur maximum des ailerons
E la = épaisseur maximum de la lame (au milieu de la lame, sous les ailerons)



1 = largeur des ailerons
2 = épaisseur des ailerons
3 = épaisseur de la lame; l'épaisseur maximum (E la) se mesure plus loin en direction du tranchant



1 2 3



4 5 6

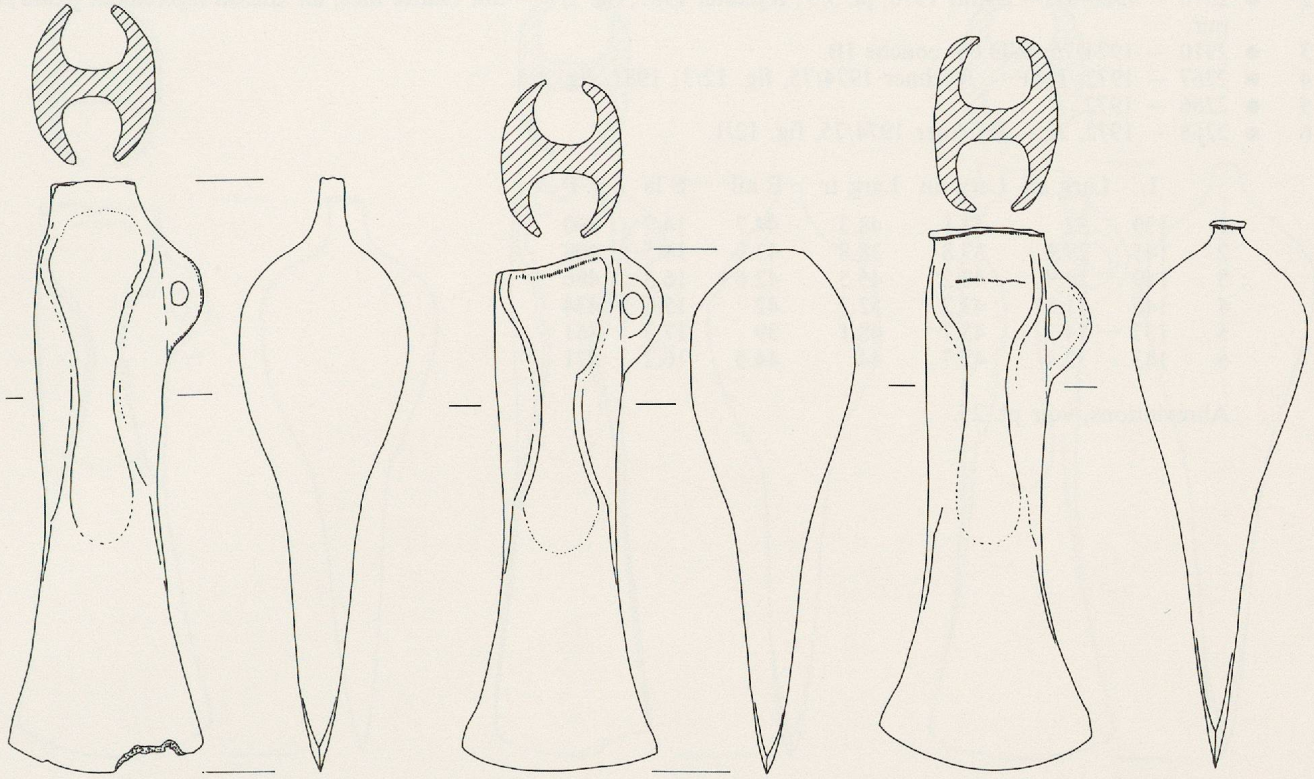
PLANCHE 26

Haches

1 ☆ ● 349 – Rychner 1981, fig. 2/9.
2 ☆ ● 343 – Rychner 1981, fig. 2/11.
3 ☆ ● 345.
4 ☆ ● 353 – Rychner 1981, fig. 2/2 – Cassée en deux morceaux – Cuivre pur. Voir fig. 47.
5 ☆ ● 352.
6 ☆ ● 344 – Rychner 1981, fig. 2/12 – Le bord des ailerons de l'autre face a été cassé lors de la mise en forme (fig. 48).

	L	Larg ail	Larg an	Larg tr	E ail	E la	P
1	149	32.1	41.9	47.8	42	16.9	507
2	131	32	41.6	49.1	40.8	16.5	464
3	136	31	40.9	52.8	44.4	16.5	480
4	162	32.8	42	38.7	40.5	17.9	517
5	121	27	38.3	38.5	37	13.8	286
6	126	28.9	37.2	41.4		12.9	305

Abréviations, voir pl. 25.



1 2 3



4 5 6

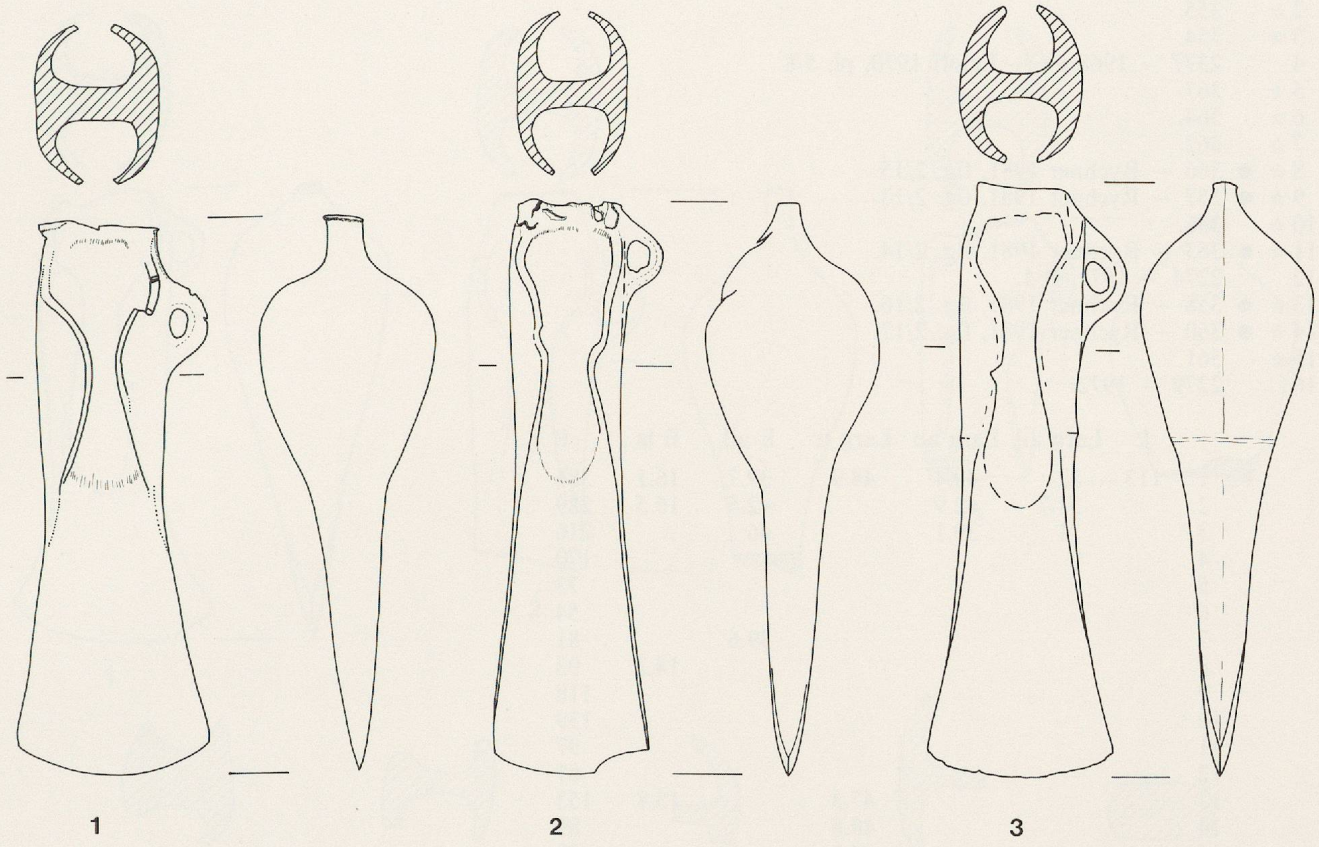
PLANCHE 27

Haches

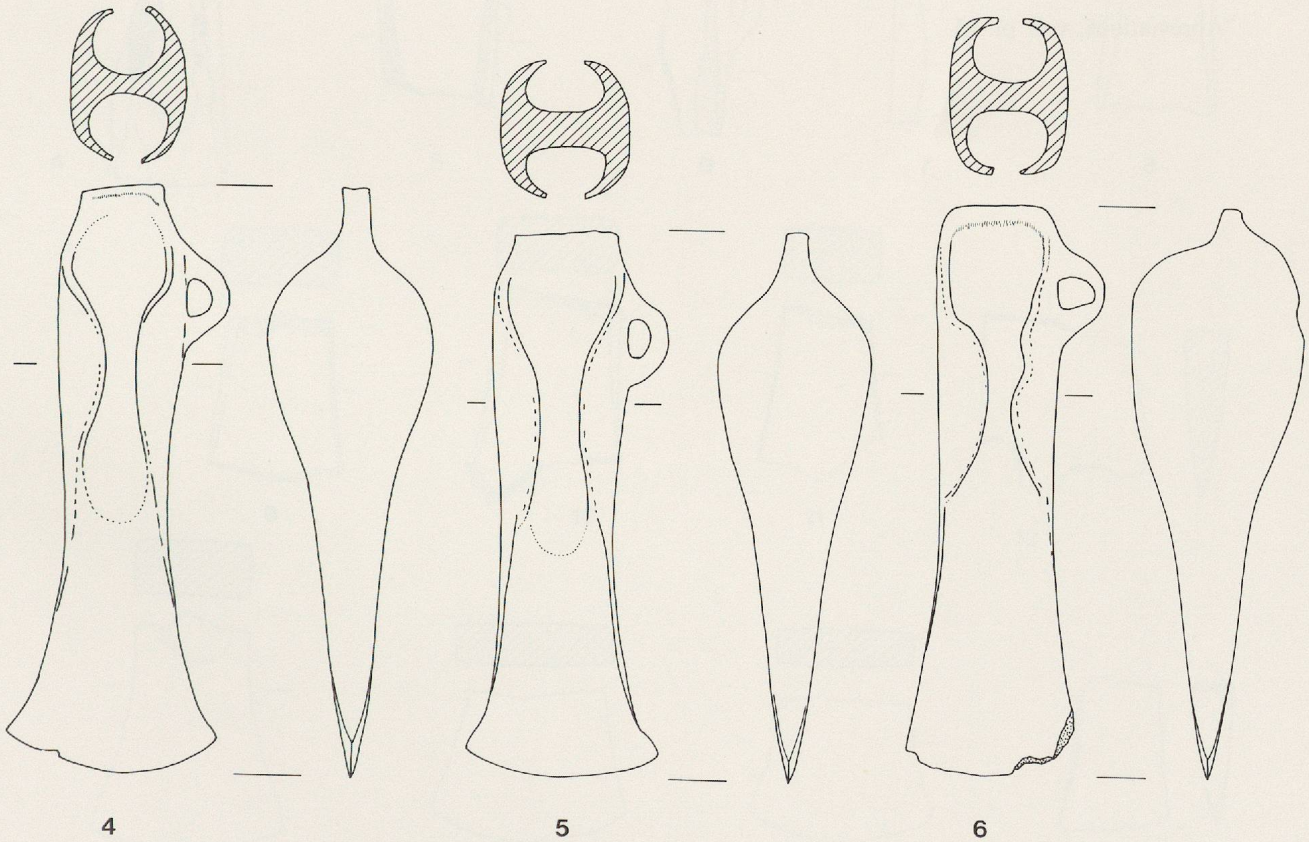
1 ● 2375 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 5/7.
2 ● 2376 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 5/9; Rychner 1981, fig. 2/1 – Sur l'autre face, un aileron légèrement fendu; cuivre pur.
3 ● 2910 – 1974/75, WD 66, couche IB.
4 ● 2267 – 1972, B 11 – Rychner 1974/75, fig. 12/3; 1981, fig. 2/5.
5 ● 2266 – 1972.
6 ● 2268 – 1972, Z – Rychner 1974/75, fig. 12/1.

	L	Larg ail	Larg an	Larg tr	E ail	E la	P
1	139	32	42.1	48.3	44.7	14.7	490
2	145	29.2	37.8	38.8	43.9	14.5	408
3	149	30.9	42.2	45.5	42.6	16.3	486
4	148	31.8	43.2	52.2	42	15.6	434
5	137	34.3	43.7	48.1	39	17.3	461
6	143	32.4	42.7	44	44.5	16.2	471

Abréviations, voir pl. 25.



1 2 3



4 5 6

PLANCHE 28

Haches

1 ● 2878 – 1974/75, XD 40, couche IB, maison 9 – Rychner 1981, fig. 2/10.
2 ☆ 355.
3 ☆ 354.
4 2377 – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 5/8.
5 ☆ 367.
6 ☆ 364.
7 ☆ 362.
8 ☆ ● 366 – Rychner 1981, fig. 2/15.
9 ☆ ● 357 – Rychner 1981, fig. 2/13.
10 ☆ 356.
11 ☆ ● 363 – Rychner 1981, fig. 2/14.
12 2274 – 1971, B 1.
13 ☆ ● 358 – Rychner 1981, fig. 2/16.
14 ☆ ● 360 – Rychner 1981, fig. 2/17.
15 ☆ 361.
16 2279 – 1972.

	L	Larg ail	Larg an	Larg tr	E ail	E la	P
1	113	32	40.4	48.9	39.7	16.1	386
2		31.7	42.9		42.5	16.5	289
3		31	39.1		46		216
4							170
5							73
6							54
7					39.6		81
8						14.3	93
9							118
10							139
11							97
12							87
13				47.3		15.8	153
14				48.8			89
15				46.2			78
16							50

Abréviations, voir pl. 25.

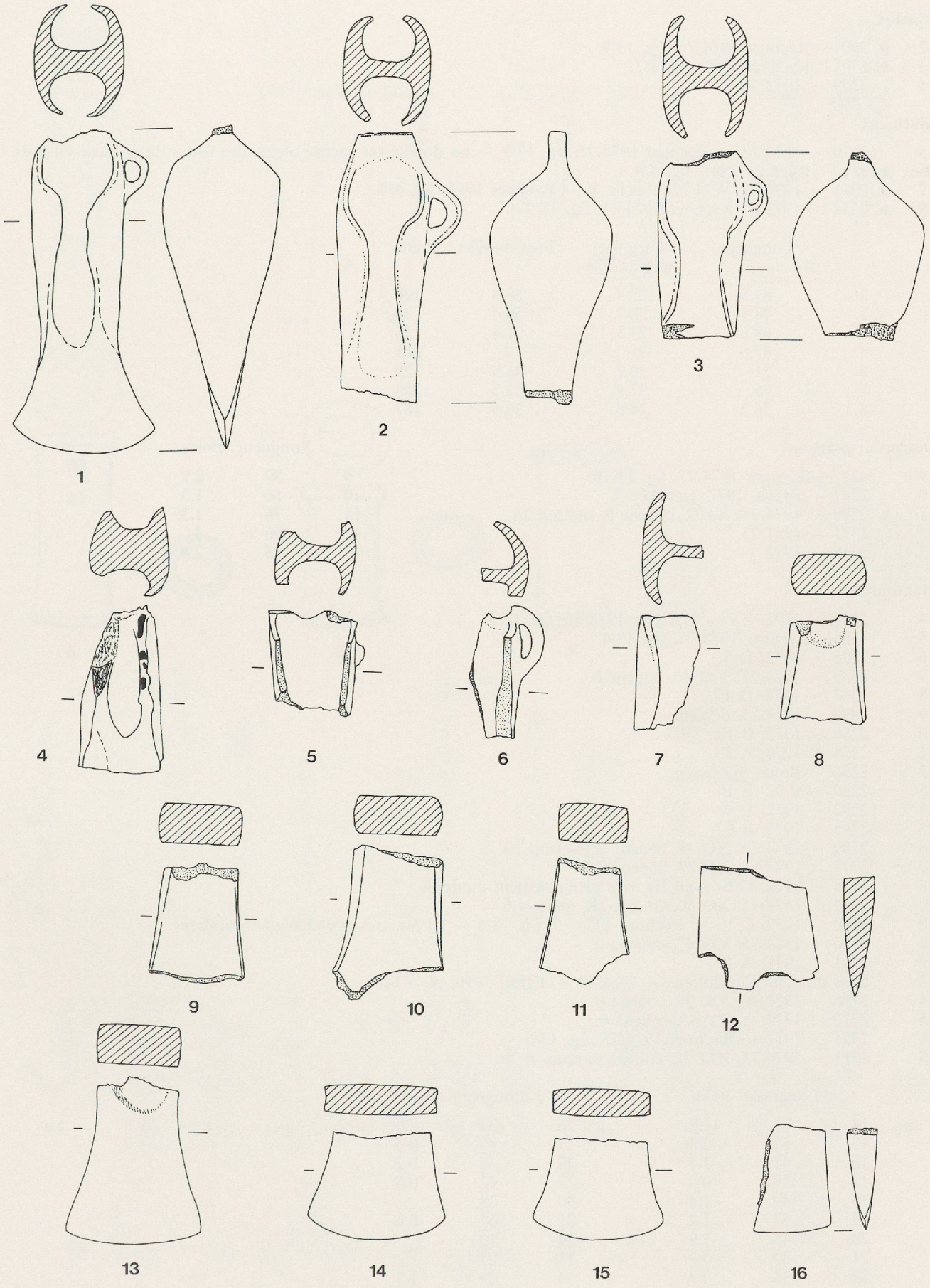

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

PLANCHE 29

Herminette

1 ☆ 359 – L: 52 Larg ail: 24.3 E ail: 22.4 P: 88.

Ciseaux

2 ☆ ● 369 – Rychner 1974/75, fig. 13/9.
3 ☆ ● 370 – Rychner 1981, fig. 4/7.
4 2259 – 1972, A 9.

Marteaux

5 2370 – 1972/73 – Rychner 1974/75, fig. 13/9 – La douille est encore pleine des restes du manche en bois.
6 ☆ ● 371 – Rychner 1981, fig. 4/9.
7 ● 2911 – 1974/75, WM 77, couche V – Rychner 1981, fig. 4/8.
8 ● 2258 – 1972 – Rychner 1974/75, fig. 13/7.

	Longueur	Larg ext max douille	Prof douille	Poids
2	83.5	25.9	58.3	106
3	78.4	26.7	56.4	92
4	68.6	23.8	31.4	56
5	67.5	31	?	208
6	51	30.7	41.8	129
7	65	33.8	33.5	258
8	56.3	24.8	36.5	187

Ciselets et poinçons

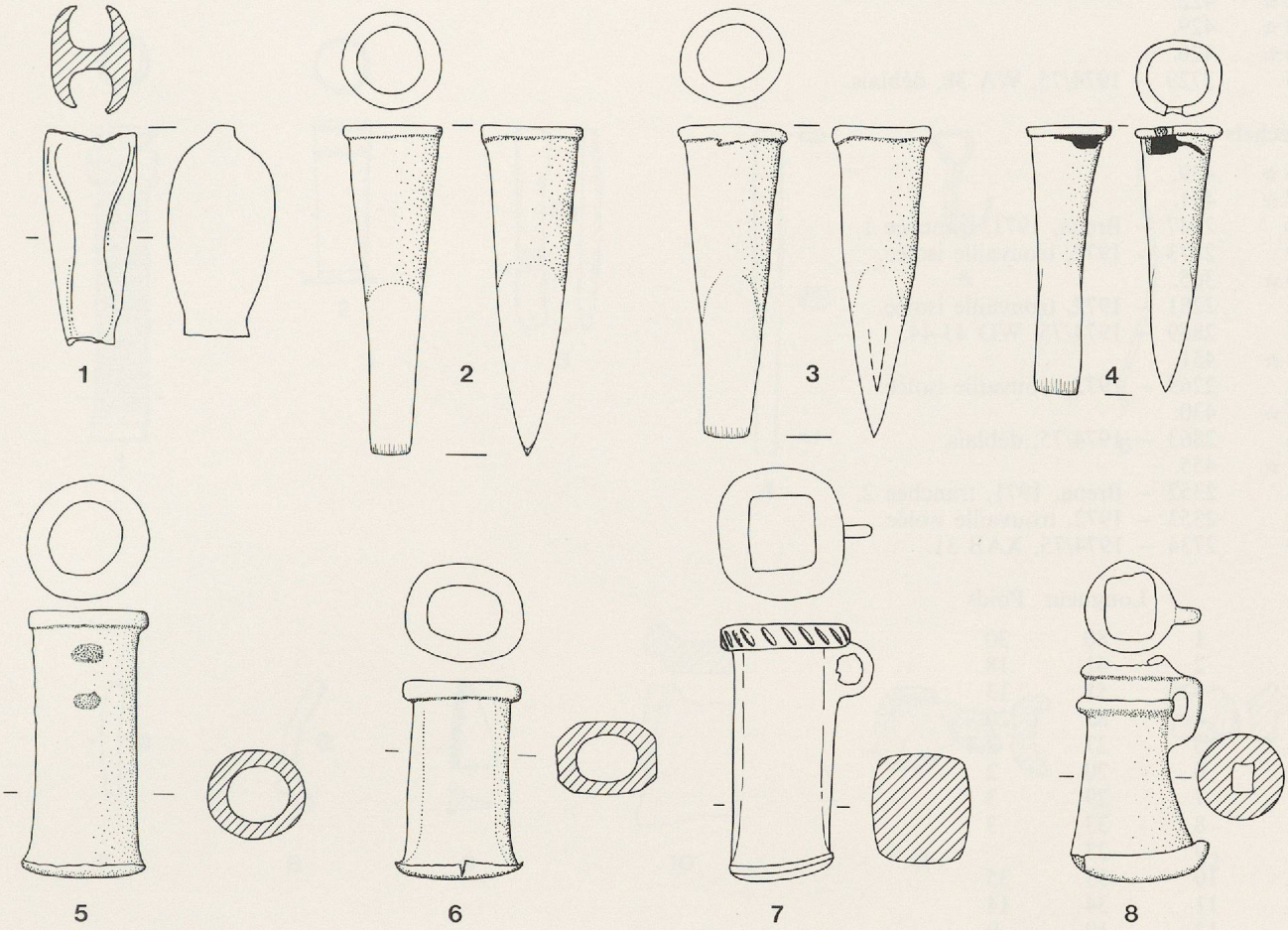
9 ☆ 424 – Rychner 1974/75, fig. 13/10.
10 2247 – Brena, 1972, tranchée 7.
11 ● 2720 – 1974/75, XJ 32, couche 0, maison 19.
12 2371 – 1971/73.
13 2246 – 1972.

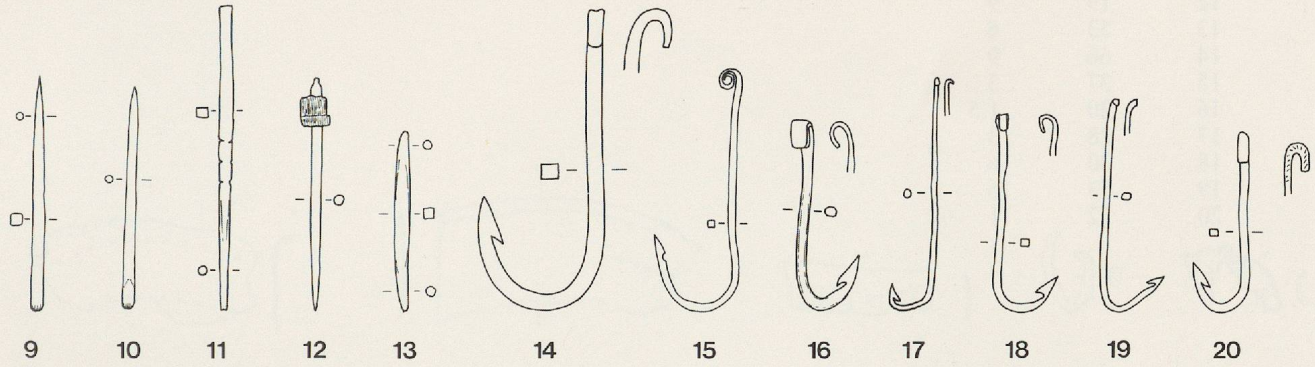
	Longueur	Poids
9	59	2.9
10	56	1.3
11	76	1.3
12	60	3
13	45	2.4

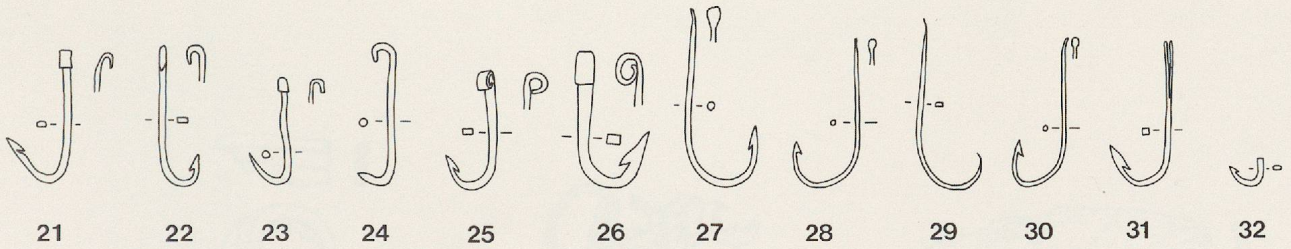
Hameçons

14 2285 – 1972, E 9 – Rychner 1974/75, fig. 13/3.
15 ☆ 456 – Rychner 1974/75, fig. 13/4.
16 2295 – 1972, D 5.
17 2735 – 1974/75, YM 46, couche 0.
18 2287 – 1972, D 10.
19 2870 – 1974/75, déblais.
20 2286 – 1972, B 10.
21 2288 – 1972, A 10.
22 2296 – Brena, palissade.
23 2289 – 1972, B 10.
24 2292 – 1972, D 9.
25 2293 – 1972, B 6.
26 2709 – 1974/75, XQ 41, couche 0, maison 10.
27 2775 – 1974/75, XN 37, couche 0.
28 2294 – 1972, D 6 – en *fer*, très probablement moderne.
29 2742 – 1974/75, XO 50, couche IB, maison 6.
30 2290 – 1972, C 10 – Rychner 1974/75, fig. 13/5 – en *fer*, très probablement moderne.
31 2710 – 1974/75, YN 47, couche 0.
32 2291 – 1971, A 1.
33 Sans numéro d'inventaire – 1968/69 – Egloff 1970, pl. 6/14.
34 2776 – 1974/75, XK 36, couche 0.
35 2712 – 1974/75, YP 41, couche 0.
36 2351 – 1972 – Rychner 1974/75, fig. 13/6.
37 2711 – 1974/75, XM 32, couche 0, maison 19.

	Longueur	Poids		Longueur	Poids
14	77	11.8	26	34	2.6
15	62	2.3	27	45	0.6
16	47	2.7	28	38	0.2
17	59	0.8	29	42	0.5
18	49	1.4	30	38	
19	53	1.2	31	37	0.6
20	45	1.9	32	70	
21	53	0.9	33	25	
22	36	0.7	34	29	1.3
23	27	0.5	35	15	0.4
24	36	0.9	36	13	0.3
25	30	1.2	37	36	2.1


1
2
3
4
5
6
7
8


9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20


21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

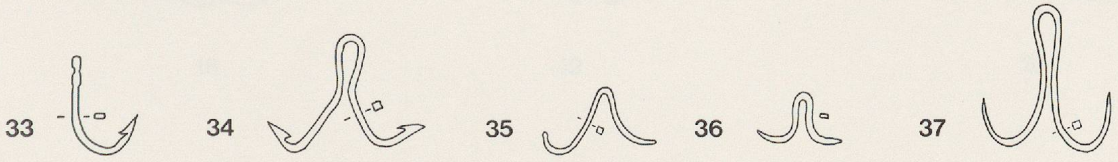

33
34
35
36
37

PLANCHE 30

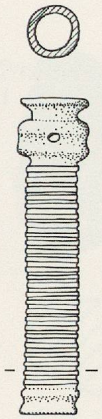
Objets divers

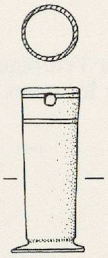
1 2918 – 1974/75, déblais.
2 ☆ 422.
3 ☆ 429.
4 ☆ 426.
5 2729 – 1974/75, WA 38, déblais.

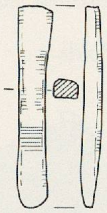
Déchets

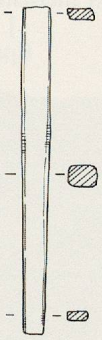
6 ☆ 439.
7 ☆ 431.
8 2347 – Brena, 1971, tranchée 1.
9 2273 – 1972, trouvaille isolée.
10 ☆ 365.
11 2281 – 1972, trouvaille isolée.
12 2869 – 1974/75, WD 43-44.
13 ☆ 451.
14 2269 – 1972, trouvaille isolée.
15 ☆ 430.
16 2863 – 1974/75, déblais.
17 ☆ 455.
18 2352 – Brena, 1971, tranchée 2.
19 2353 – 1972, trouvaille isolée.
20 2734 – 1974/75, XAB 31.

	Longueur	Poids
1	80	30
2	41	18
3	51	13
4	82	20
5	27	2.4
6	70	2
7	29	3
8	33	3
9	23	
10	33	35
11	34	14
12	19	9
13	53	6
14	66	9
15	37	3
16	20	1.5
17	28	3
18	30	16
19	53	16
20	72	11


1

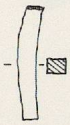

2


3


4

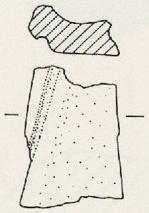

5

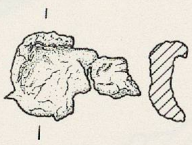

6

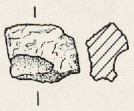

7

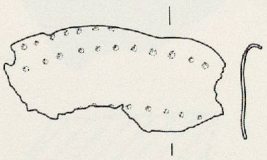

8

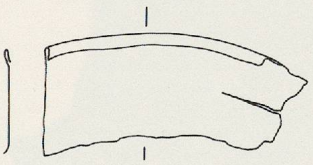

9

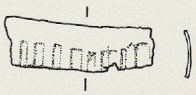

10


11


12

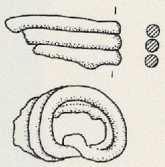

13


14


15


16


17


18


19

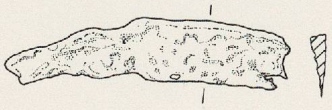

20

PLANCHE 31 Echelle 1:1

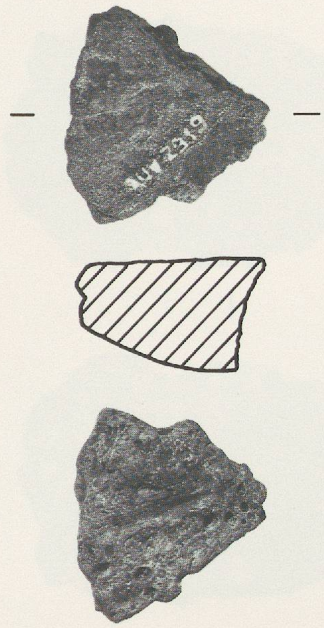
Fragments de lingots de cuivre plano-convexes

1 ● 2919 – 1974/75, WF 52, couche III.
2 ● 2920 – 1974/75, WE 52, couche III.

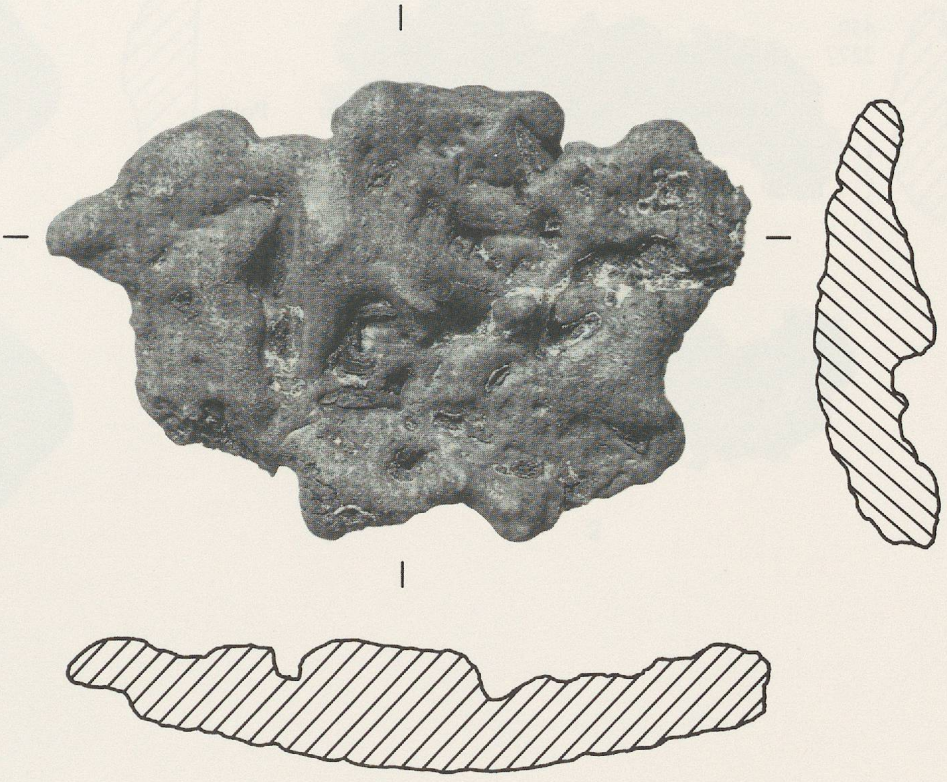
Surplus de coulée en bronze

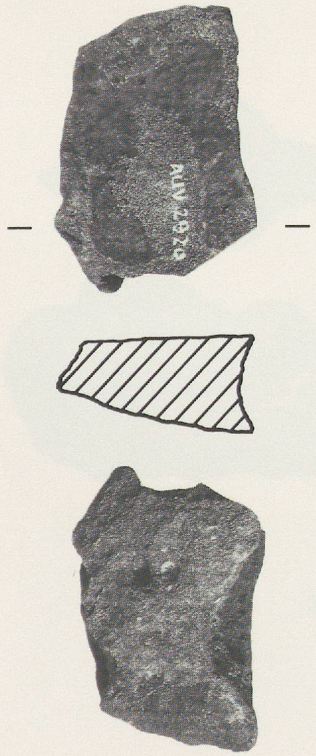
3 ● Sans numéro d'inventaire – Trouvé par un pêcheur, avant les fouilles, sur l'emplacement d'Auvernier/Nord – Des charbons de bois et des graines sont incrustées dans le bronze, surtout sur le revers (voir annexe 9, p. 106).

	Longueur	Largeur	Epaisseur	Poids
1	24	26	14	32
2	24	34	12	47
3	85	56	18	228



1





2



3

PLANCHE 32 Echelle 1:1

Fond de creuset ou petit lingot de bronze

1 ☆ ● 418.

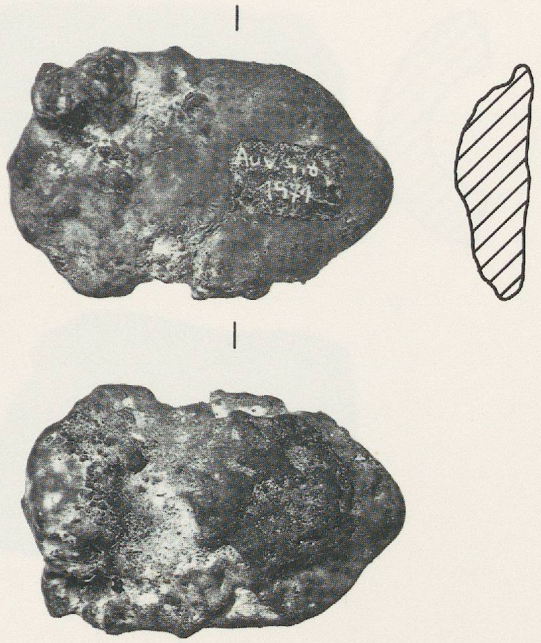
Résidu de coulée

2 ☆ 420.

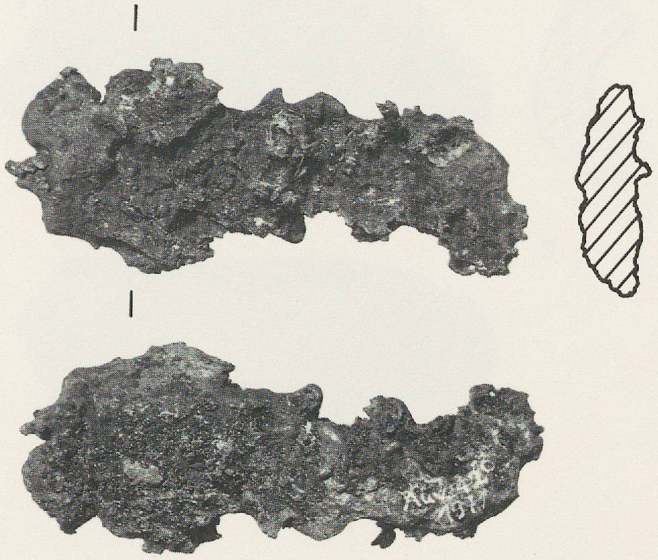
Jets de fonte

3 ☆ 450.
4 2277 – Brena, 1971.

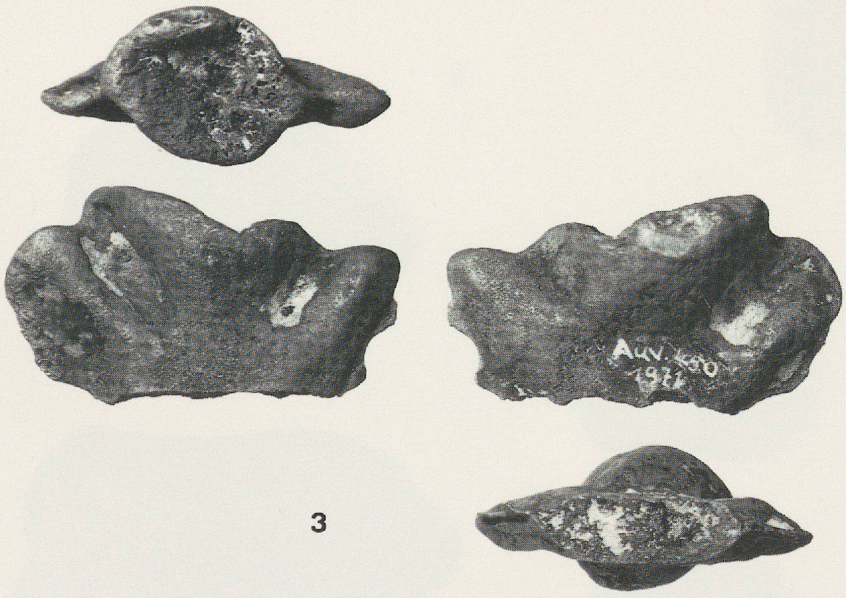
	Longueur	Largeur	Epaisseur	Poids
1	46	32	9	67
2	63	28	10	40
3	47	28	20	55
4	39	28	9	31



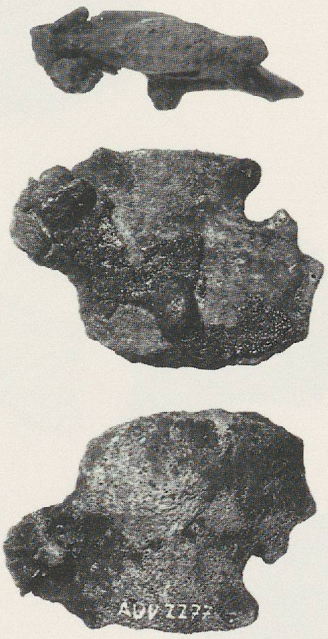
1



2



3



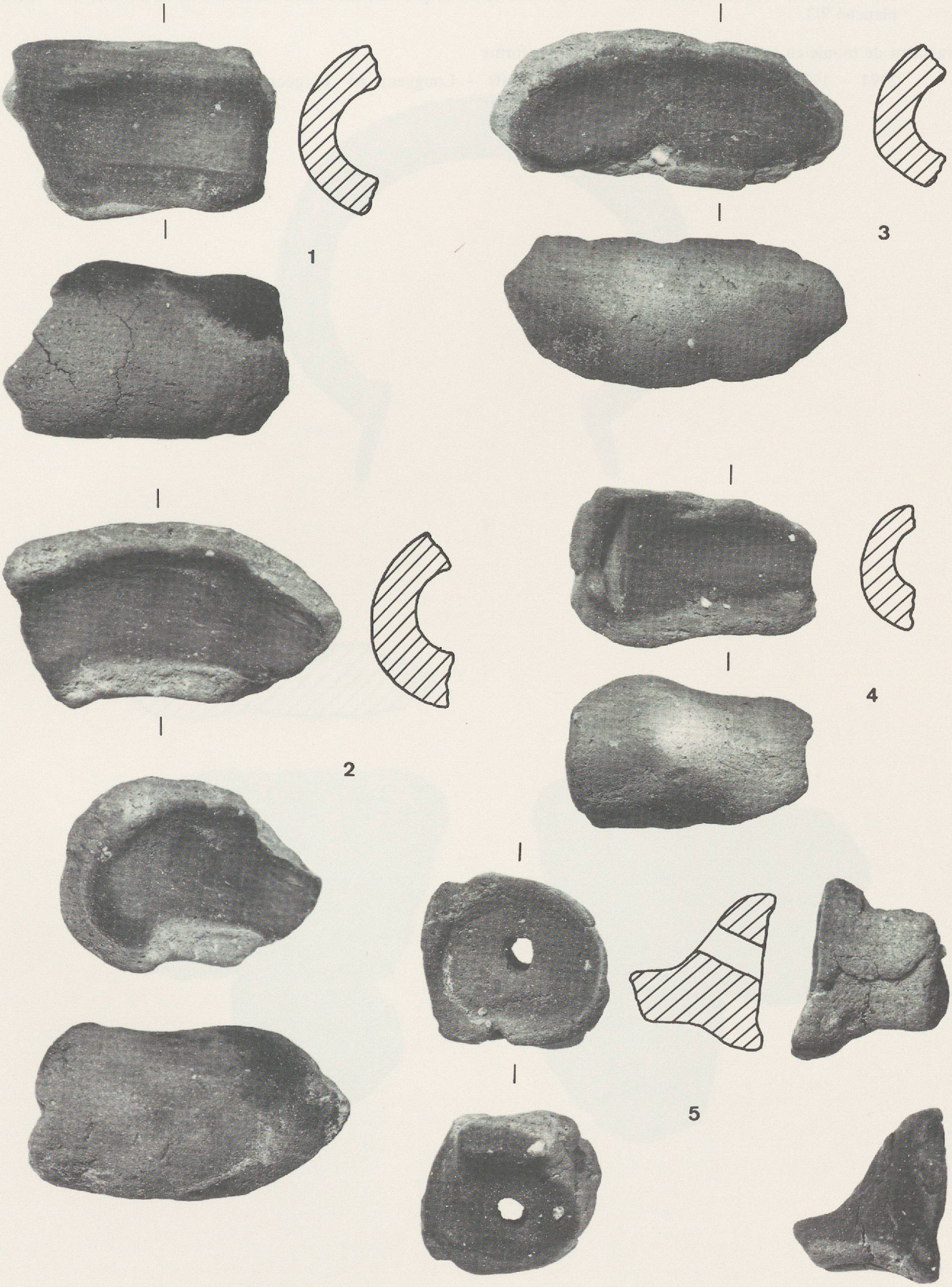
4

PLANCHE 33 Echelle 1:1

Cinq fragments non jointifs du moule en terre cuite d'un bracelet (?)

1-5 2993 – 1975, WF 66, couche IIIB.

	Longueur	Largeur	Epaisseur	Poids
1	48	31	5.7 - 12.5	18
2	51	30	7.2 - 10	21
3	60	26	7.1 - 9.5	16
4	43	27	4.4 - 12	13
5		30 (face plane)		11



1

2

3

4

5

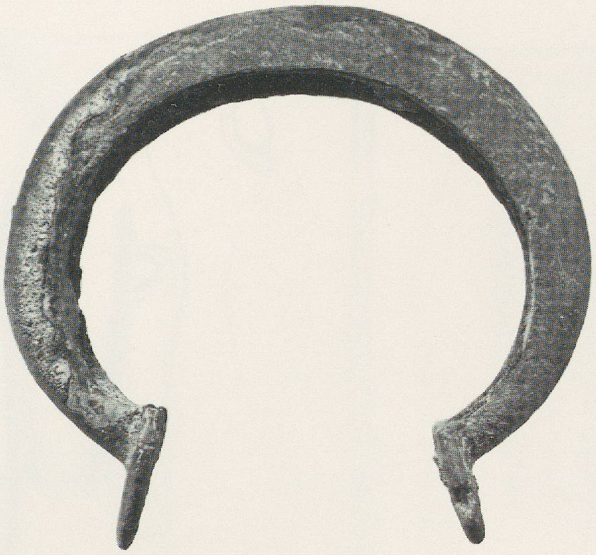
PLANCHE 34 Echelle 1:1

Bracelet

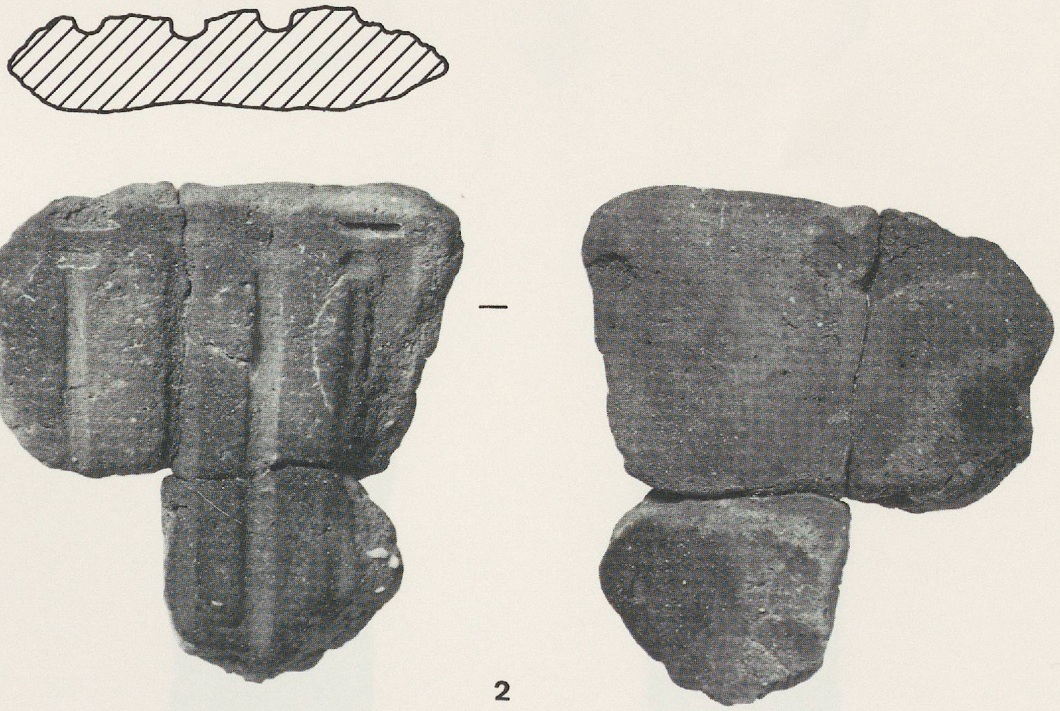
1 2997 – 1975, WF 66, couche IIIB – Objet non terminé, probablement issu du moule de la planche 33. Voir aussi planche 9/3.

Fragment de moule en terre cuite d'épingles à tête vasiforme

2 2994 – 1975, WE 65-66 – Trois fragments jointifs – Longueur: 64 Largeur: 59 Epaisseur: 14 Poids: 42.



1

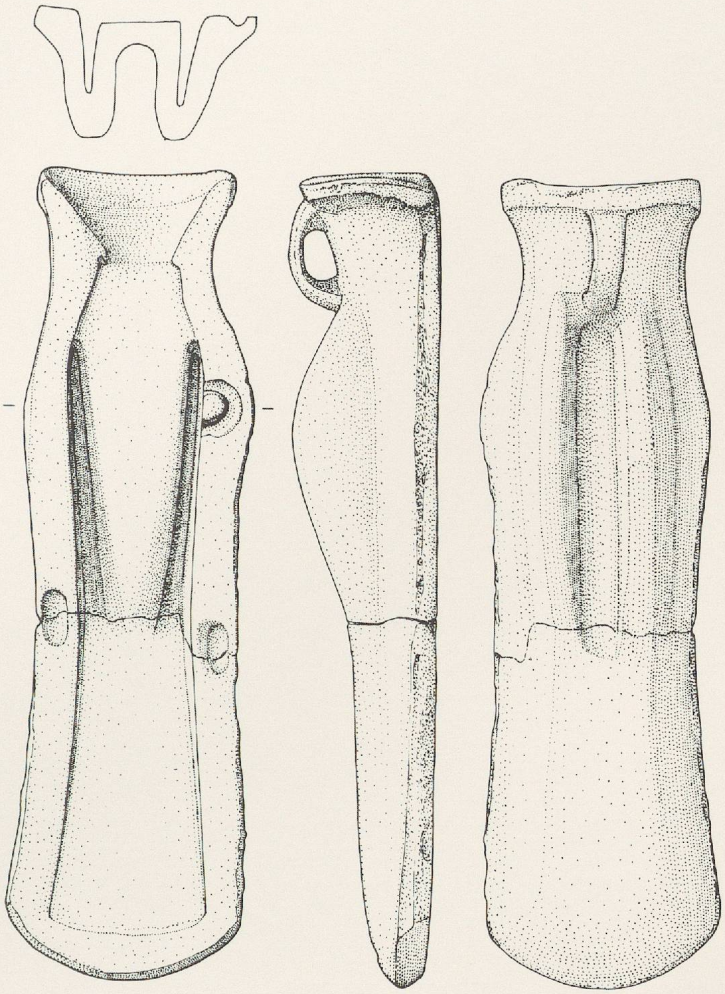


2

PLANCHE 35

1-2 ☆ ● 368 — Valve de moule en bronze de haches à ailerons supérieurs et anneau — Rychner 1981, fig. 4/12 — Deux fragments jointifs — Longueur: 204 Largeur: 57 Epaisseur: 33 Poids: 922 — Analyse (L.R.M.F., 1980, 7910):

Sn	7.41 %
Pb	0.986
As	0.434
Sb	0.354
Ag	0.155
Ni	0.244
Bi	0.109
Co	0.063
Zn	0.0007
Fe	0.005



1



2

Appendice

Métallographie de quelques objets en bronze d'Auvernier

par Heinz Lüthy et Rex Pressl-Wenger

(Institut de métallurgie structurale, Université de Neuchâtel, Suisse)

Extrait de: RYCHNER V., *Auvernier 1968-1975: Le mobilier métallique du Bronze final. Formes et techniques.* Lausanne, Bibliothèque historique vaudoise, 1987 (Cahiers d'archéologie romande, 37; Auvernier, 6).

1. Introduction

L'étude microstructurale de quelques objets d'Auvernier/Nord a pour but de reconstituer la succession des traitements de fabrication qu'ils ont subis entre la coulée initiale du bronze et leur état définitif. Ces traitements, en la modifiant, laissent chacun dans la structure du métal des traces bien caractéristiques, que la métallographie optique permet d'identifier.

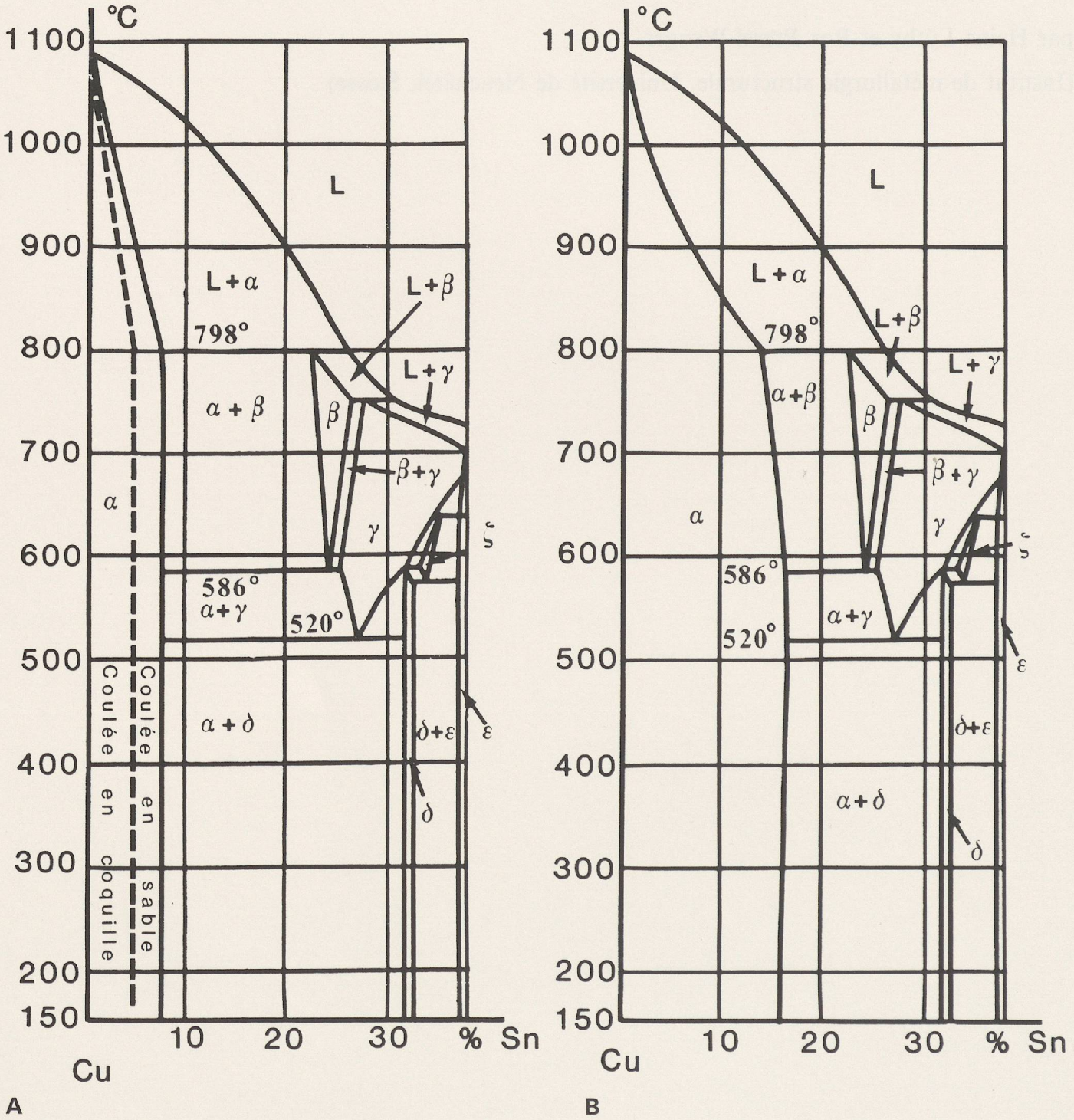


Fig. 1 Diagramme de phase cuivre-étain «hors équilibre». A: brut de coulée. B: après recuit.
Lorsque l'on coule un bronze à faible taux d'étain (⩽7% Sn) dans un moule en sable, où le refroidissement est rapide, on obtient à température ambiante un domaine monophasé α. Pour un taux d'étain plus élevé, on est en présence d'un domaine biphasé α+δ. Si le refroidissement est encore plus violent (par exemple dans une lingotière), un bronze à 7% d'étain se situera déjà dans le domaine biphasé (fig. 1 A). La phase α ductile se laisse facilement travailler à froid, par exemple par martelage. Par contre, la phase δ est dure et fragile. Par un recuit de quelques heures autour de 700°C (par exemple), on parvient à supprimer la phase δ au profit de la phase α dans un bronze contenant jusqu'à 15% d'étain. La connaissance de ces diagrammes est indispensable au métallurgiste moderne, mais c'est sur des bases purement empiriques, bien entendu, que les bronziers préhistoriques utilisaient la technique du recuit.

Structure dendritique (fig. 2/1)

Microstructure à formes arborescentes droites, ou dendrites, se formant lors de la solidification d'un alliage liquide. La gradation de ton du bord au centre des dendrites reflète un gradient de composition chimique, d'autant plus accentué que la solidification est plus rapide. Les espaces interdendritiques, ou matrice, sont plus riches en étain que les dendrites elles-mêmes.

Dendrites déformées (fig. 2/2)

Elles résultent de la déformation à froid d'un alliage coulé.

Grains équiaxes (fig. 2/3)

Un recuit homogénéise la composition et permet ainsi la mise en évidence des grains en faisant disparaître les dendrites. D'éventuels liserés témoignent d'un recuit d'homogénéisation insuffisant.

Grains maclés (fig. 2/4)

Le recuit d'une structure de coulée déformée (fig. 2/2) homogénéise la composition et produit d'autre part de nouveaux grains non déformés et maclés (traits droits à l'intérieur des grains).

Grains déformés et bandes de glissement (fig. 2/5)

Déformés à froid, les grains équiaxes s'allongent et changent de forme en même temps qu'apparaissent des bandes de glissement. Le recuit de cette structure engendre une microstructure recristallisée identique à celle de la fig. 2/4.

Grains maclés et bandes de glissement (fig. 2/6)

La déformation à froid des grains maclés a le même effet que celles des grains non maclés. Les macles sont elles aussi tordues.

En modifiant sa microstructure, les différents traitements agissent aussi sur les propriétés mécaniques de l'alliage. Le martelage à froid, en particulier, le durcit et finit par le rendre cassant. Un recuit intermédiaire de recristallisation est alors nécessaire pour adoucir la structure du matériau avant d'en poursuivre la déformation. Par l'expérience empirique, les forgerons préhistoriques parvenaient à maîtriser ces phénomènes, et l'étude métallographique de leur production, dans la majorité des cas, montre qu'ils savaient adapter les traitements à la fonction des objets qu'ils fabriquaient.

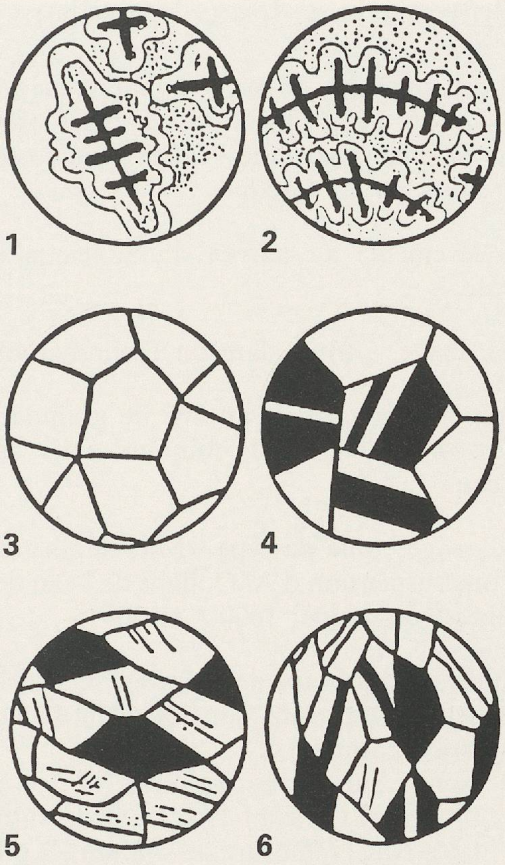


Fig. 2 (voir ci-contre)

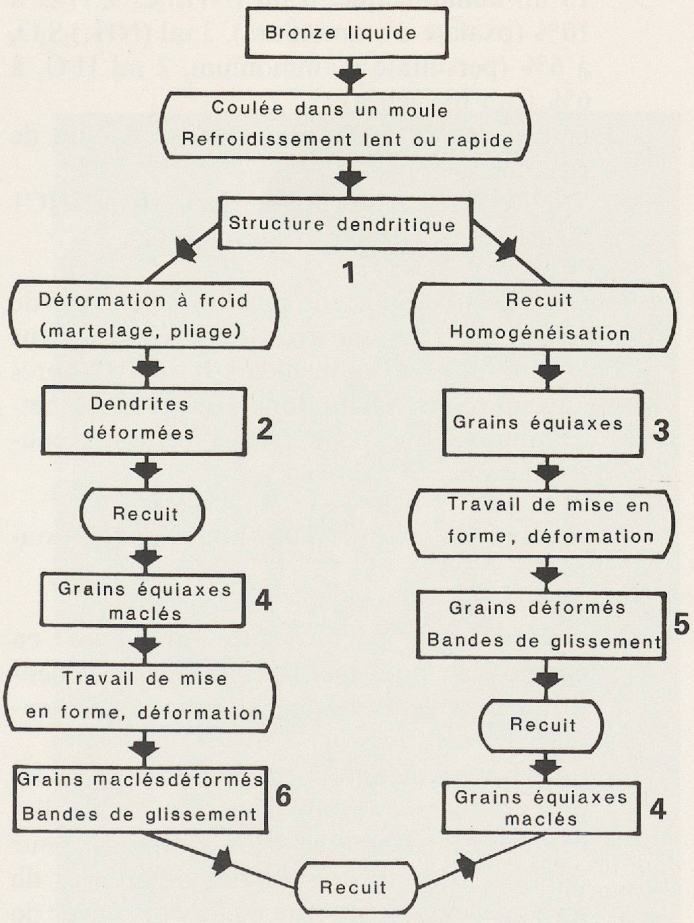


Fig. 3 Schéma des traitements thermiques et/ou mécaniques subis par un objet en bronze lors de sa fabrication. Les numéros renvoient aux microstructures schématisées de la figure 2.

2. Préparation des échantillons

Le souci constant de ne pas altérer la structure originelle du métal préside à toutes les opérations, depuis le prélèvement de l'échantillon jusqu'à son observation au microscope.

- Prélèvement: au moyen d'une scie à diamant lente.
- Enrobage: à froid, dans du Technovit 4071 vert.
- Prépolissage: papier au SiC de granularité 220, 320, 400, 800, 1200, toujours sous aspersion d'eau.
- Polissage: toile de type «Microcloth» chargées d'une suspension d'Al_2O_3 dans de l'eau de savon. Finesse de grains: 3000 * et 200*.
- Après chaque étape de polissage, nettoyage individuel aux ultrasons dans un bain d'alcool.
- Réactifs d'attaque:
  1) montre surtout les dendrites
     100 ml H_2O, 8 ml H_2SO_4 (acide sulfurique), 1.5 g NaCl (chlorure de sodium), 2 g $K_2Cr_3O_7$ (bichromate de potassium)
  2) montre les joints de grains et les dendrites
     13 ml ammoniaque, 6 ml $(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$ à 10% (oxalate d'ammonium), 3 ml $(NH_A)_2S_2O_8$ à 6% (persulfate d'ammonium, 2 ml H_2O_2 à 6% (eau oxygénée)
  3) montre les joints de grains et les bandes de glissement
     5 g $FeCl_3$ (perchlorure de fer), 30 ml HCl (acide chlorhydrique), 100 ml H_2O

Les échantillons comportant plusieurs éléments de structure ont été attaqués avec les 3 réactifs, dans l'ordre 1, 2 et 3, avec les meilleurs résultats. Après chaque attaque, les échantillons étaient alors nettoyés à l'ammoniaque pour enlever certaines couches d'oxydation.

- Techniques de prise de vue (noir-blanc et couleurs):
  - Microscope Polyvar de Reichert-Jung;
  - défocalisation à ouverture minimum en champ clair pour mettre en évidence les dendrites sans recourir à une attaque supplémentaire;
  - polarisation de la lumière pour distinguer les pores d'une phase supplémentaire éventuelle;
  - contraste interférentiel selon Nomarski pour faire ressortir de très faibles différences de niveau et donc permettre de travailler avec de faibles attaques garantissant netteté et finesse de trait pour tous les joints.

  Pour observer les pores, les inclusions et les phases de couleurs différentes, ces trois méthodes furent également appliquées à des échantillons non attaqués.
- Les photographies noir-blanc ont été prises sur film Kodak 2415 (formats 135 et 4" × 5"), celles en couleurs sur Kodak Ektachrome 160 Professionnal (135) avec filtre de correction, ou sur Kodak Photomicrography color film (135).

3. Description et interprétation des microstructures

Anneau 11/24 (fig. 4)

Comme la quasi-totalité des autres anneaux de ce type, 11/24 est brut de fonte. Sa magnifique structure à dendrites non déformées témoigne d'une grande inhomogénéité locale de composition et prouve qu'il n'a subi ni recuit ni aucun traitement mécanique. La fonction de l'objet ne devait donc pas nécessiter un bronze résistant.

Anneau 10/9 (fig. 5)

Au contraire des anneaux fermés comme 11/24, qui sont épais et massifs, les anneaux ouverts filiformes ne pouvaient pas être coulés directement dans leur forme définitive. Leur usage probable comme bracelet ou boucle d'oreille impliquait d'autre part des sollicitations nombreuses, et nécessitait donc une structure métallique résistante. Celle de 10/9, en effet, révèle de petits grains réguliers souvent maclés, issus du recuit qui fit suite au martelage. On distingue aussi quelques inclusions.
Séquence opératoire: coulée d'une ébauche - mise en forme mécanique (pliage et/ou martelage) - recuit.

Tige d'épingle 4/5 (fig. 6)

Microstructure à grains équiaxes maclés et bandes de glissement. La tige, directement après la coulée, a probablement subi un forgeage à chaud intense, qui a donné aux inclusions leur forme allongée. Un recuit intermédiaire a été suivi d'un martelage à froid qui devait conférer à la pointe la dureté voulue. La structure de la coupe transversale (fig. 6 b) est la même, au détail près que les inclusions, vues ici en coupe, apparaissent rondes et beaucoup plus petites.
Séquence opératoire: coulée - forgeage - recuit - martelage à froid.

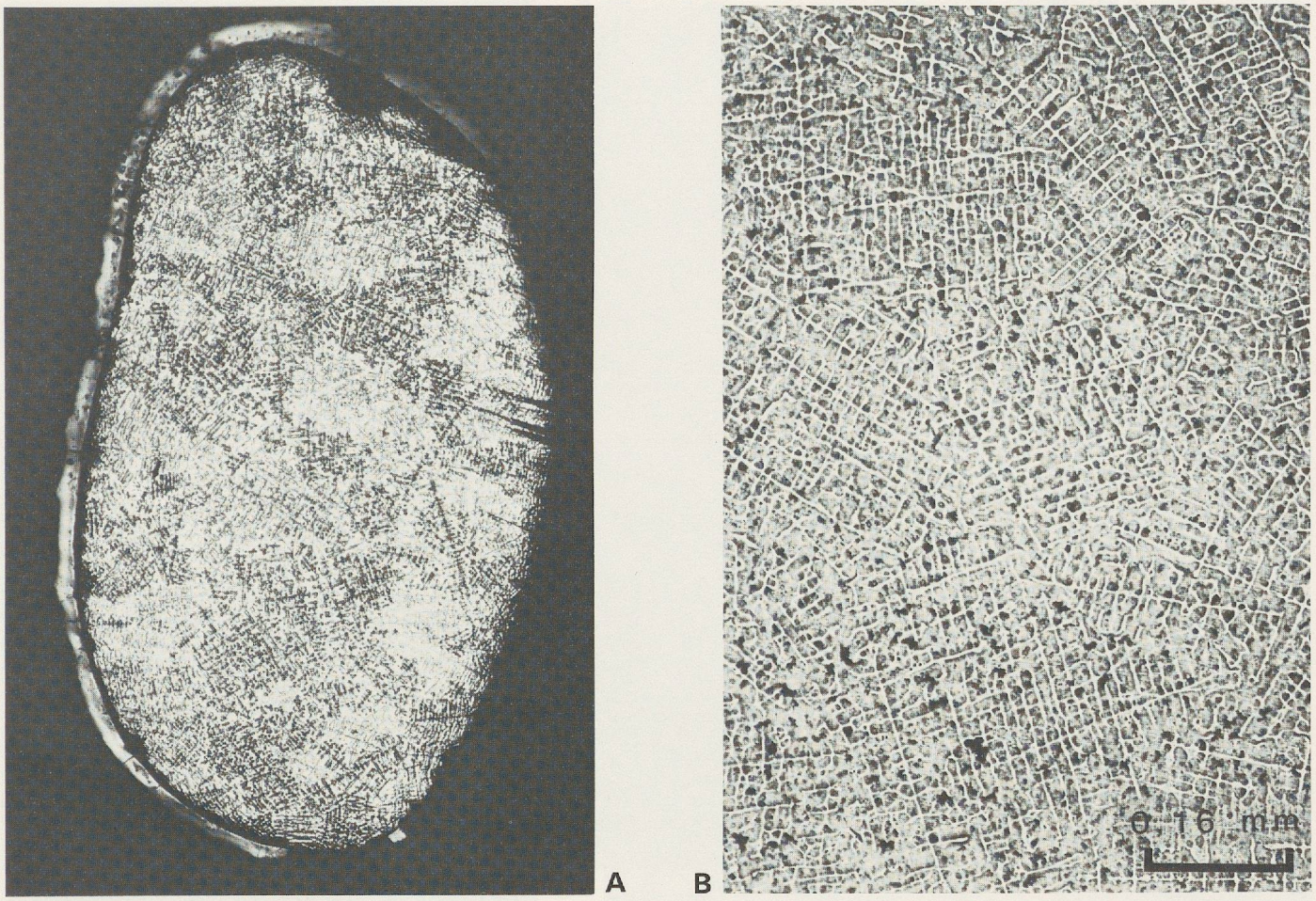


Fig. 4 Anneau 11/24. A: section totale. B: détail.

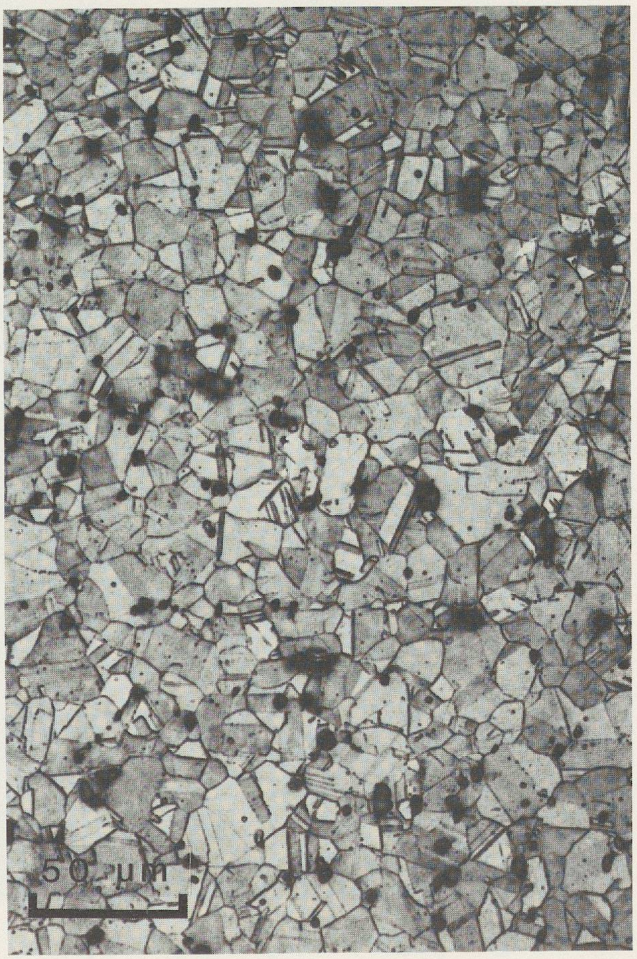
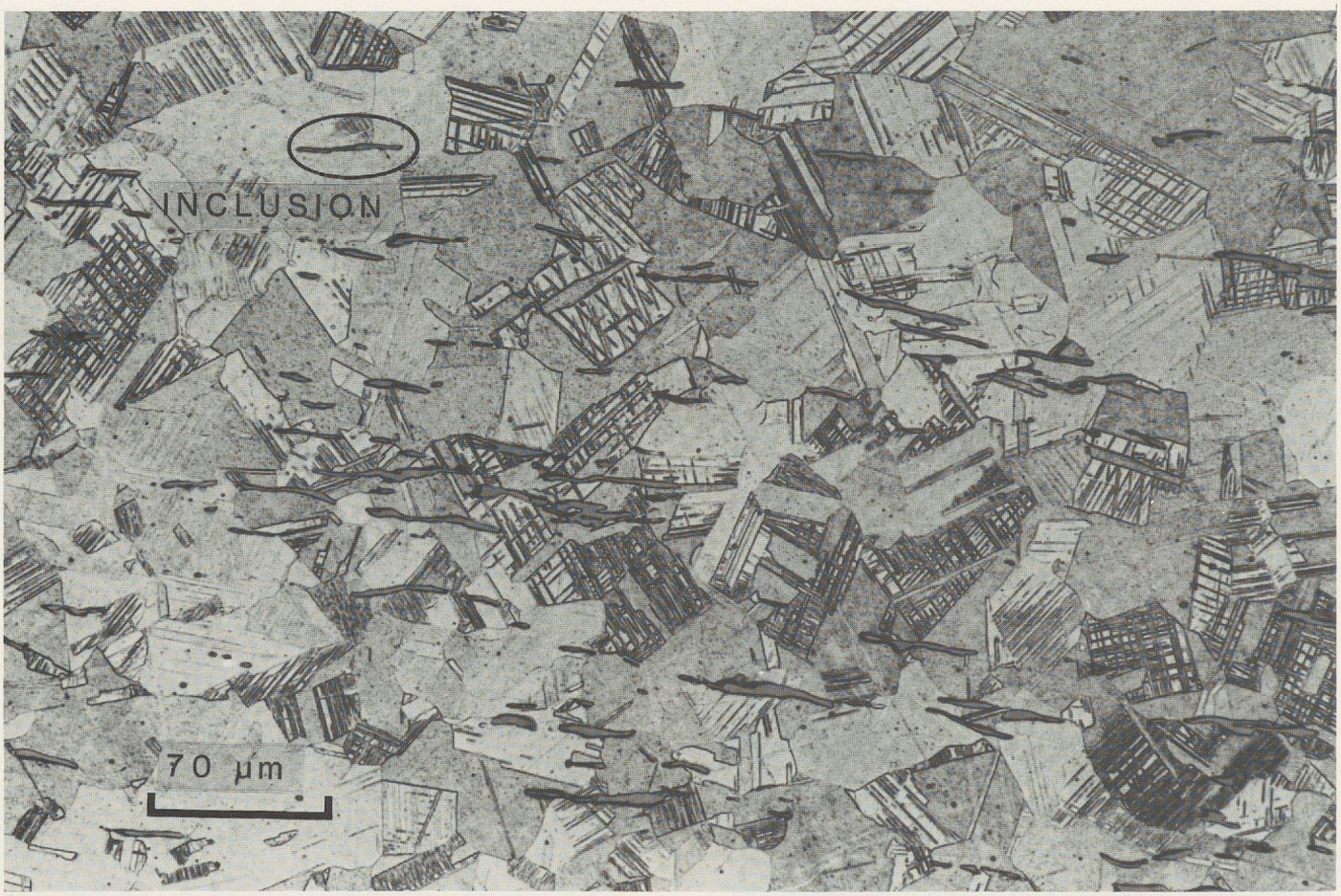


Fig. 5 Anneau 10/9. Détail de la coupe transversale.



A

B

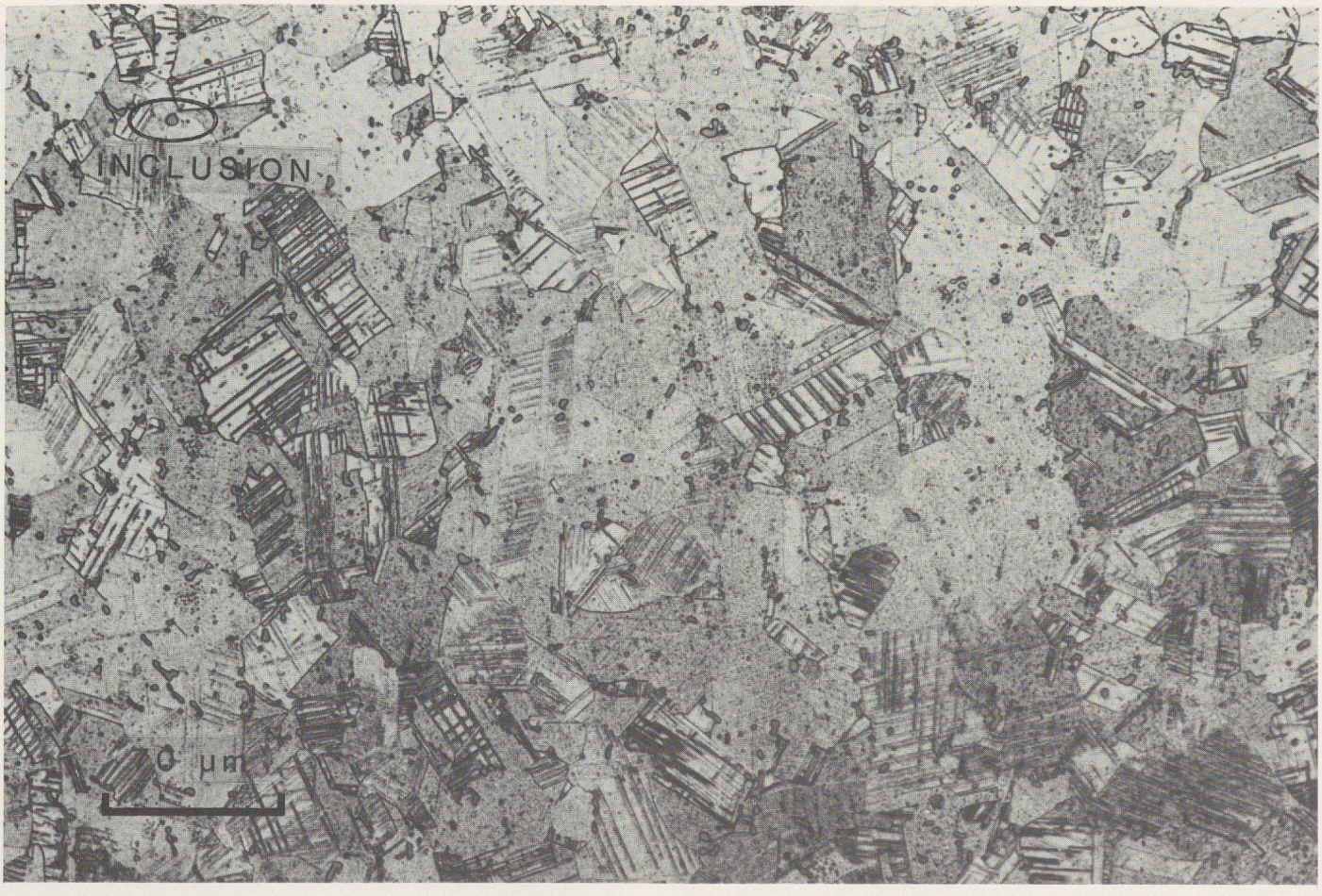


Fig. 6 Tige d'épingle 4/5. Coupes à travers la pointe. A: longitudinale. B: transversale.

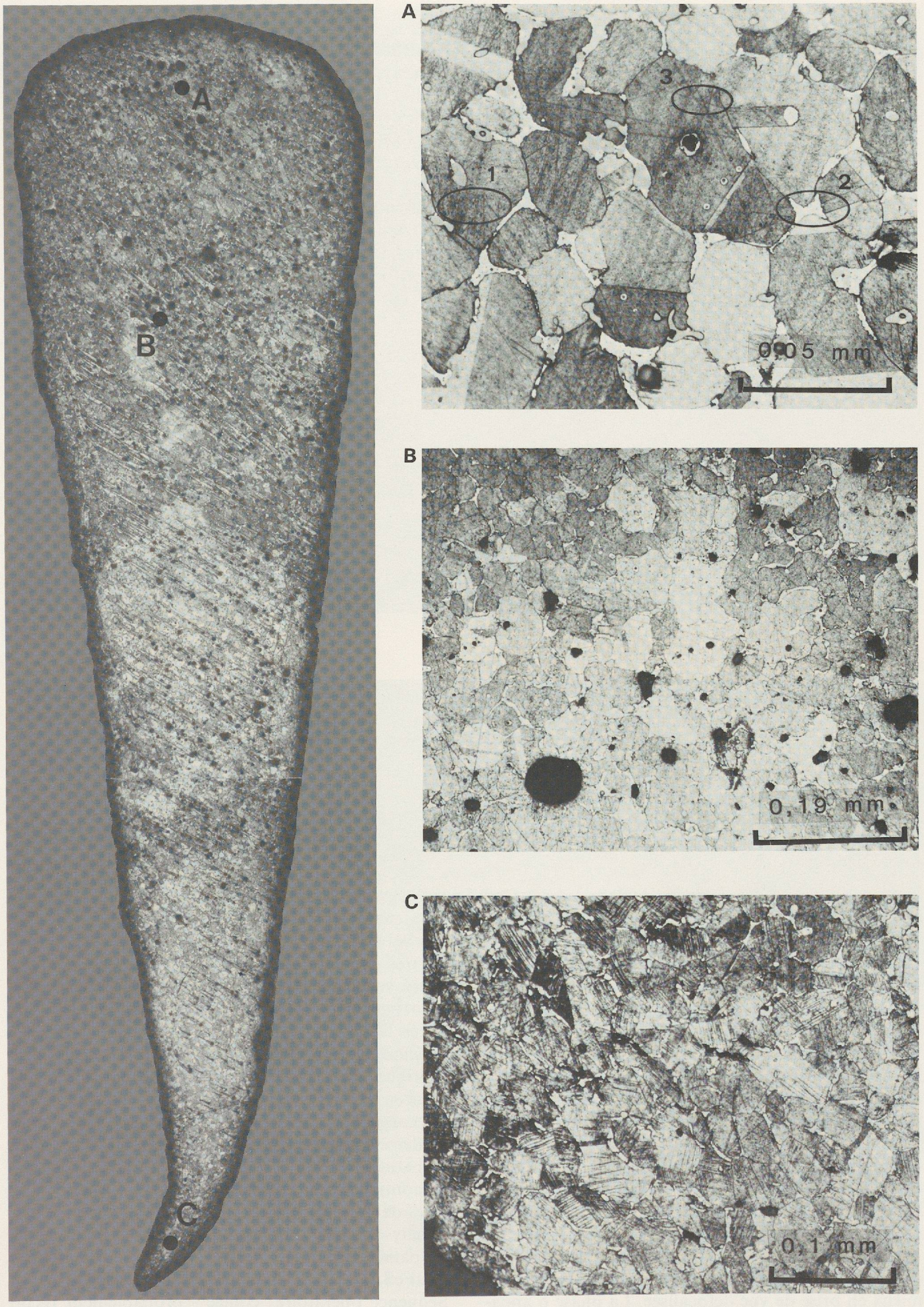


Fig. 7 Couteau 19/5. Coupe transversale totale et détails. 1 = liseré. 2 = phase δ. 3 = traces du polissage de l'échantillon.

Couteau 19/5 (fig. 7)

La région voisine du dos (fig. 7 a) n'a été soumise à aucun traitement mécanique, mais seulement recuite. Les liserés et la phase δ (voir fig. 1) montrent cependant que ce recuit d'homogénéisation fut insuffisant. La quantité de phase δ , pour une teneur en étain qui n'est pas très élevée (8.3%), témoigne d'autre part d'un refroidissement assez rapide après la coulée. Vers le milieu du couteau (fig. 7 b), le refroidissement plus lent du métal a engendré des grains un peu plus grands, mais la structure est exactement du même type. Les grains maclés du tranchant (fig. 7 c), par contre, sont les traces d'un forgeage qui précéda le mauvais recuit d'homogénéisation. Les bandes de glissement, quant à elles, sont nées de l'affûtage final par martelage à froid. L'inhomogénéité structurale et la présence de phase δ expliquent que le couteau se soit cassé, sans doute assez vite après sa fabrication.

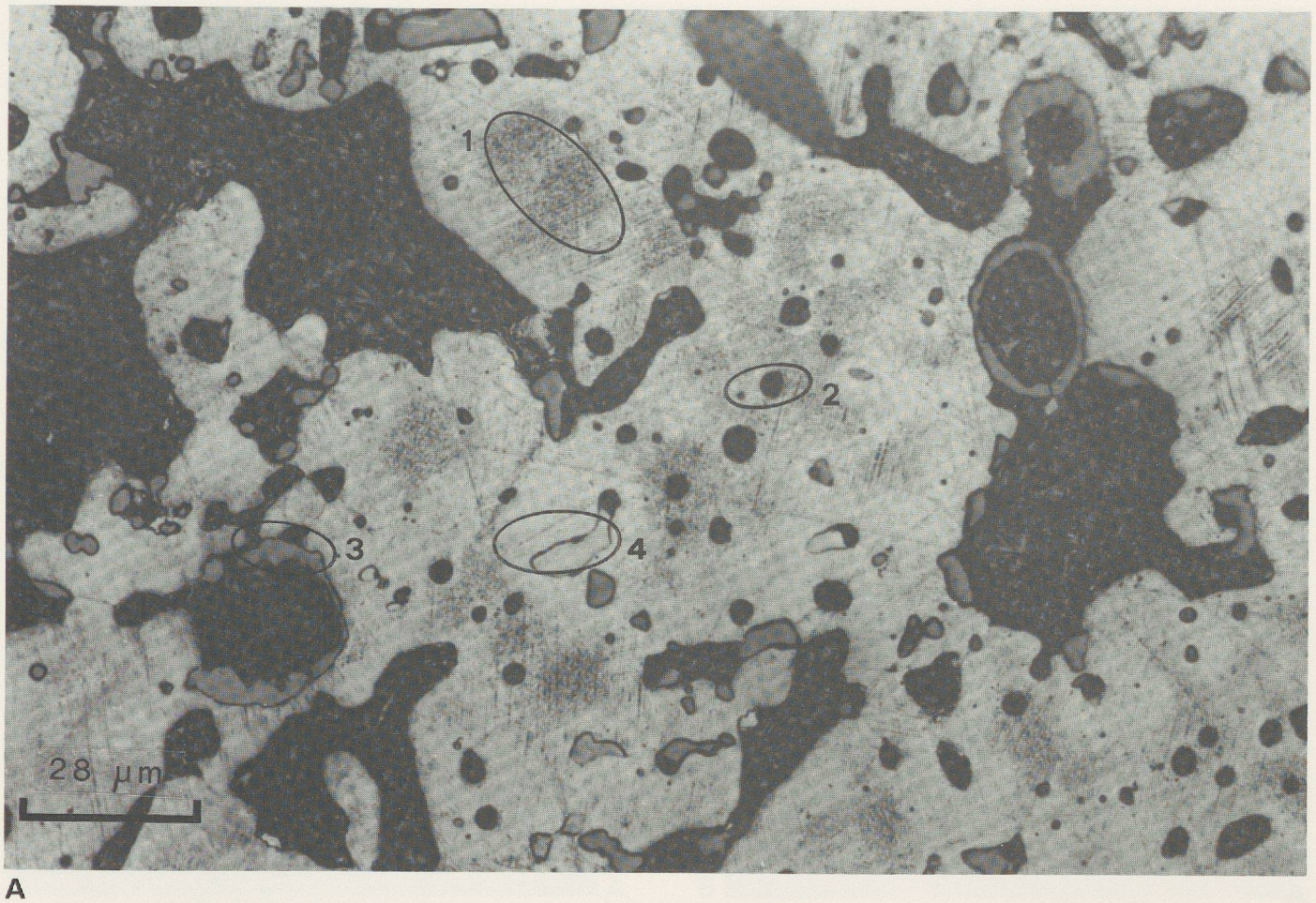
Séquence opératoire: coulée - forgeage de la région du tranchant - mauvais recuit - martelage à froid du tranchant.

Lame d'épée 19/9 (fig. 8)

Dans le contexte d'Auvernier, la haute teneur en plomb (18%) de cette épée en fait une curiosité métallurgique. Le but du bronzier n'était assurément pas de fabriquer une arme résistante. On a en effet constaté depuis longtemps qu'aucune des épées trouvées entières dans les palafittes ne portaient de traces d'utilisation comme armes. On doit donc considérer ces objets beaucoup plus comme des symboles que comme des instruments fonctionnels. Dans cette optique, il n'était pas désavantageux d'ajouter au bronze une forte quantité de plomb, car celui-ci, en abaissant le point de fusion de l'alliage, le rend nettement plus fluide et facilite ainsi la coulée délicate d'un objet long et mince. Si l'on en juge d'après l'épée 18/10, à 2.5% de plomb, un pareil ajout de plomb n'était cependant pas toujours nécessaire.

La microstructure de 18/9 est assez chargée. Des dendrites y sont encore visibles, mais le seraient mieux en prise de vue défocalisée. La phase δ apparaît en gris clair dans la phase α de la matrice. Les inclusions noires, parfois très volumineuses, correspondent au plomb qui, contrairement à l'étain, n'est pas soluble dans le cuivre. On distingue finalement de très nombreuses inclusions de sulfures, en gris foncé sur le fond clair. Quelques bandes de glissement sont les seules traces d'aménagement de l'objet après la coulée. Il n'a donc subi aucun forgeage sérieux, ce qui confirme l'intention du bronzier de ne fabriquer qu'un objet d'apparat. La figure 8 b met bien en évidence la couche superficielle de produit de corrosion. De couleur jaune-vert, elle s'écaille facilement et se rattache parfaitement à notre type de patine 2 (voir p. 39). Une analyse à la microsonde a montré qu'elle était composé de 30% de cuivre, 30% de fer et 40% de soufre, ce qui confirme bien l'analyse par diffraction aux rayons x de ce genre de patine et son identification comme chalcopyrite ($CuFeS_2$).

Séquence opératoire: coulée - probablement recuit insuffisant - polissage terminal.



A

B

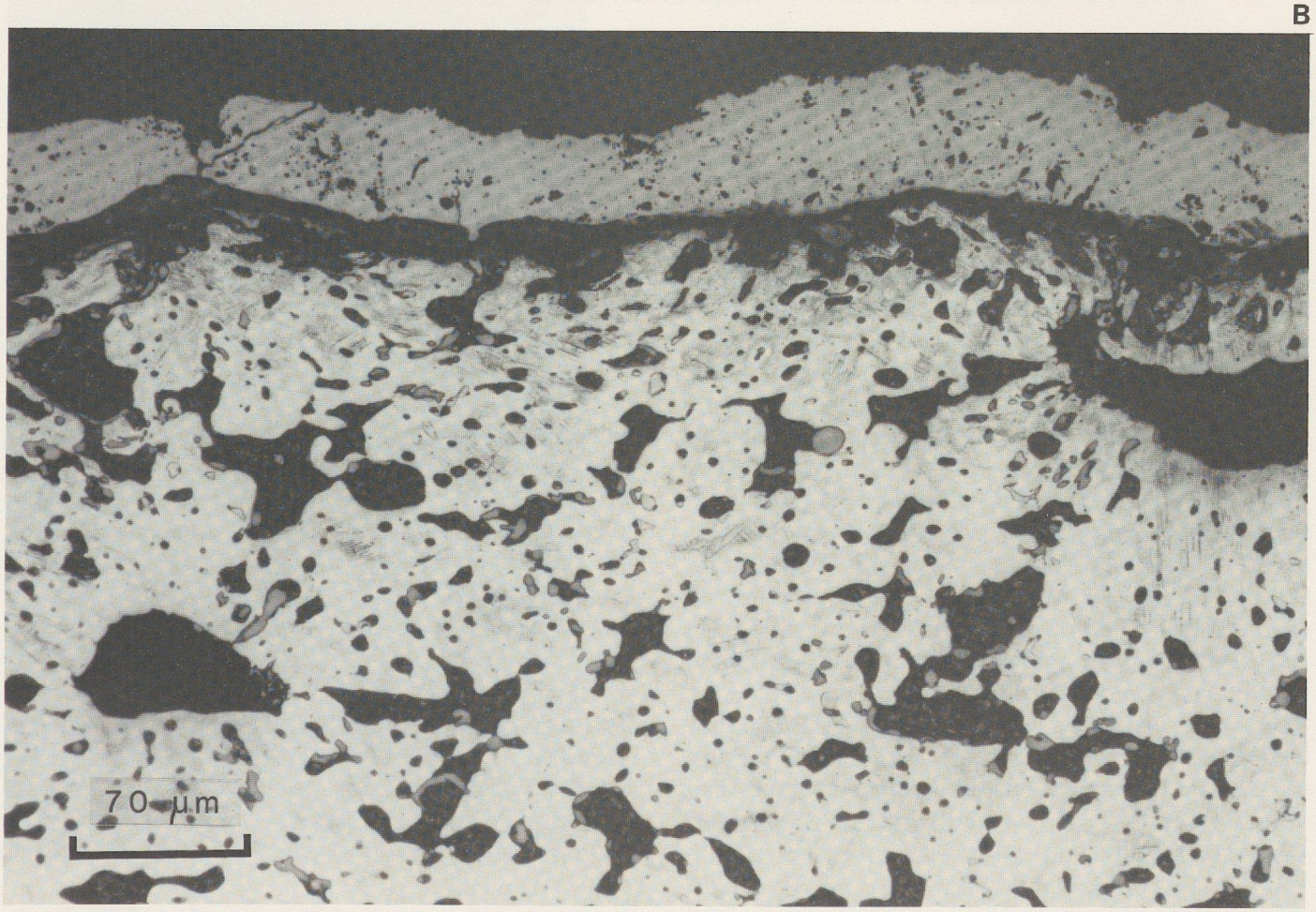
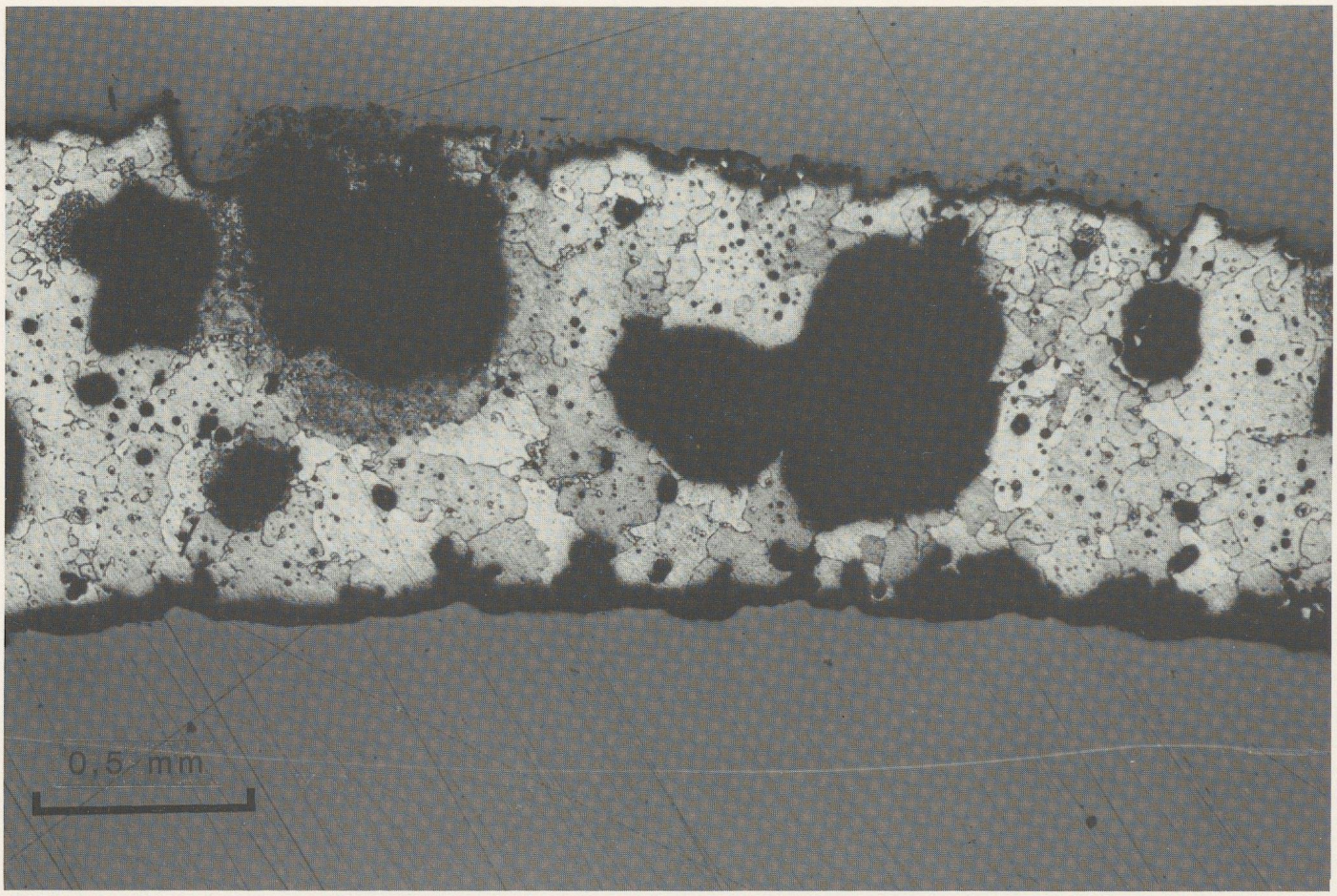
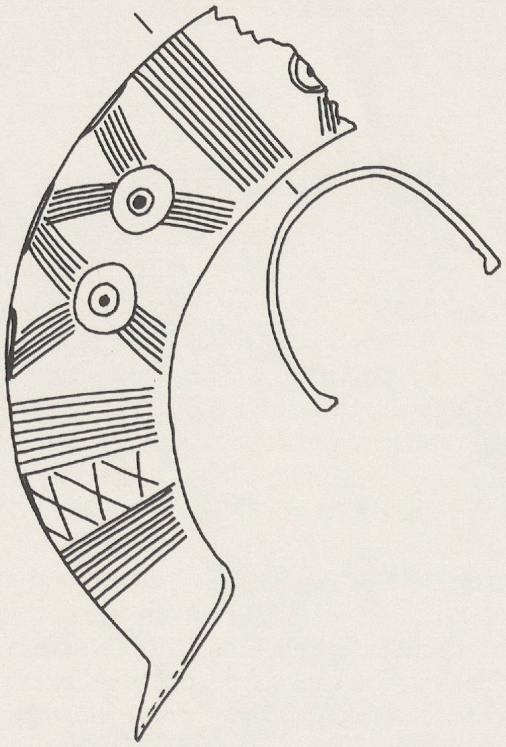


Fig. 8 Lame d'épée 18/9. Coupe transversale. 1 = dendrite. 2 = plomb. 3 = inclusions de sulfures. 4 = phase δ.



A



B



Fig. 9 Bracelet ocellé de provenance inconnue (probablement Grandson/Corcelettes), MCA Neuchâtel, 895. Dessin (échelle 1:1) et coupe transversale. 1 = phase δ. 2 = inclusions de sulfures. 3 = inclusions de plomb. 4 = pores.

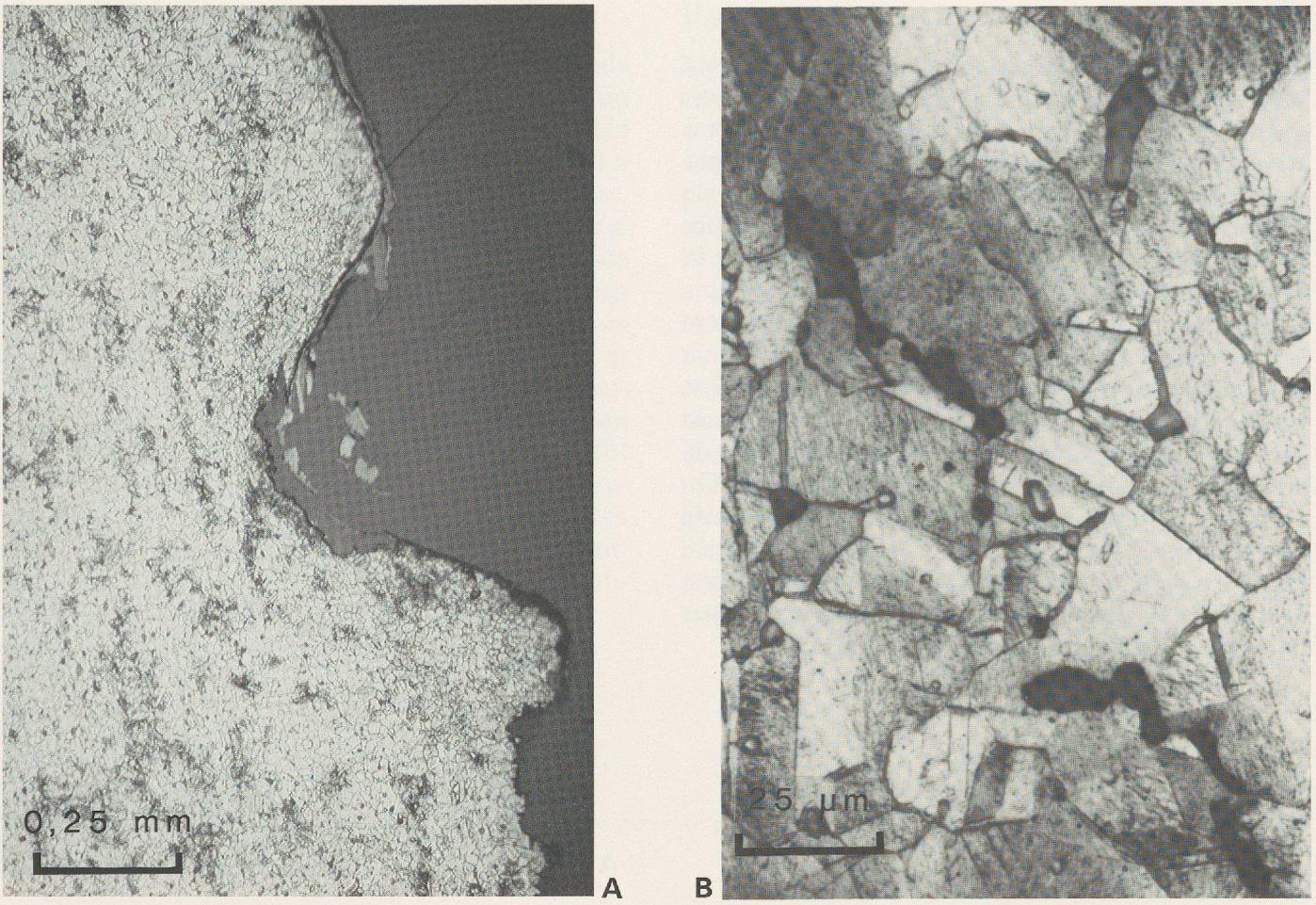


Fig. 10 Bracelet 6/4. A: coupe transversale dans un trait du décor. B: détail de la microstructure interne.

Bracelet ocellé coulé (fig. 9)

Ce bracelet ne provient pas d'Auvernier mais il figure cependant ici parce qu'il est un classique représentant de la variante 1, coulée à cire perdue, des bracelets de forme 1 (voir p. 46). La coupe totale (fig. 9 a) montre à quel point le métal est corrodé et poreux. Sa microstructure se caractérise par la taille très variable des grains. L'agrandissement plus fort (fig. 9 b) montre qu'elle est d'autre part biphasée. A l'intérieur de la phase α constituant la matrice, la phase δ se détache en clair, aux joints de grains. On retrouve également une multitude de petits pores ainsi que des inclusions de sulfures et de plomb (1.07%), ces dernières de préférence aux joints de grains. Aucune trace de traitement mécanique n'apparaît. Ce bracelet coulé a donc subi seulement un recuit d'homogénéisation, d'ailleurs insuffisant puisque la phase δ est encore présente malgré la faible teneur en étain (3.99%).
Séquence opératoire: coulée - recuit insuffisant.

Bracelet ocellé martelé 6/4 (fig. 10)

Contrairement au précédent, qui était coulé à cire perdue dans sa forme définitive, ce bracelet a été façonné par martelage à partir d'une plaque de bronze. La figure 10a est une coupe transversale à travers un des traits du décor. Le bourrelet de matière repoussée montre qu'il s'agit de ciselure et non de gravure (voir p. 51). Les grains du métal sont très petits, encore plus fins à proximité du trait ciselé. L'absence de bandes de glissement indique qu'un recuit est intervenu après l'application du décor. Le détail agrandi de la microstructure (fig. 10b) révèle des grains équiaxes maclés. Les quelques bandes de glissement ont été produites après le recuit. Elles ne sont, cependant, pas obligatoirement les séquelles d'une phase de fabrication (ultime finition par martelage ou polissage) mais peut-être seulement celles de l'usage du bracelet ou celles de sa fracture (pliage, torsion). On remarque d'autre part des inclusions, probablement de sulfures.
Séquence opératoire: coulée d'une ébauche - martelage - ciselure - recuit - peut-être finition mécanique.

Phalère 17/2 (fig. 11)

Elle partage avec toutes les autres phalères analysées la particularité de ne contenir du plomb qu'en quantité infime (0.05% dans ce cas). La microstructure à grains très fins résulte de la succession de martelages et de recuits qu'a subi l'objet entre la coulée de l'ébauche et sa mise en forme définitive. La figure 11a est une coupe transversale dans le rebord de la phalère, à un endroit non décoré. Les grains équiaxes maclés indiquent que le dernier traitement fut un recuit. Les figures 11b et 11c montrent la face (c) et le profil (b) d'une perle du tambour. Les abondantes bandes de glissement prouvent que la dernière phase de fabrication, dans cette partie de l'objet, fut la mise en place du décor repoussé. On distingue, d'autre part, de nombreuses inclusions de forme allongée.

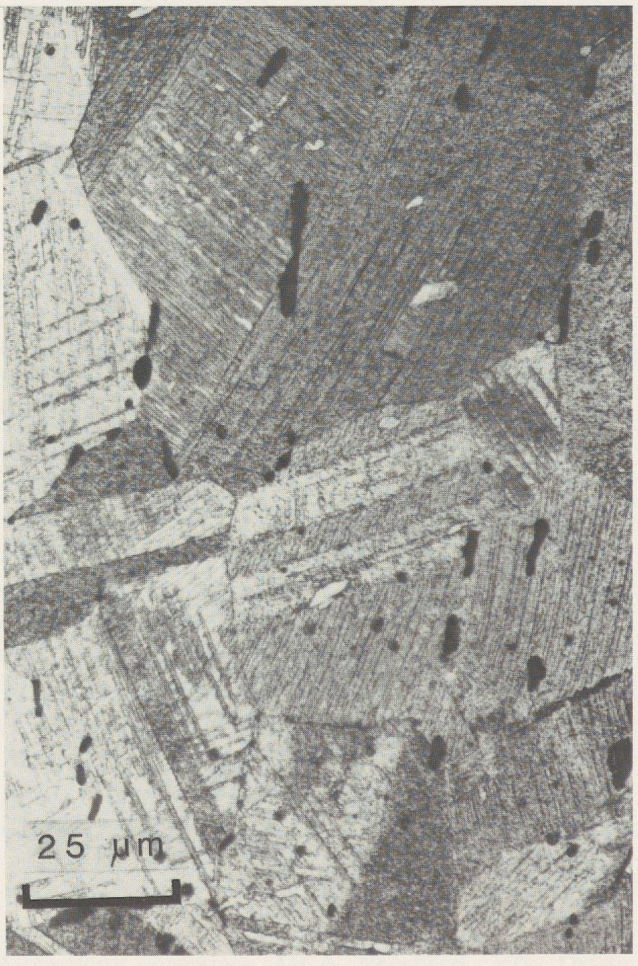
Séquence opératoire: coulée d'une ébauche - succession de phases de martelage et de recuit terminée par un recuit - application du décor repoussé.



A



B



C

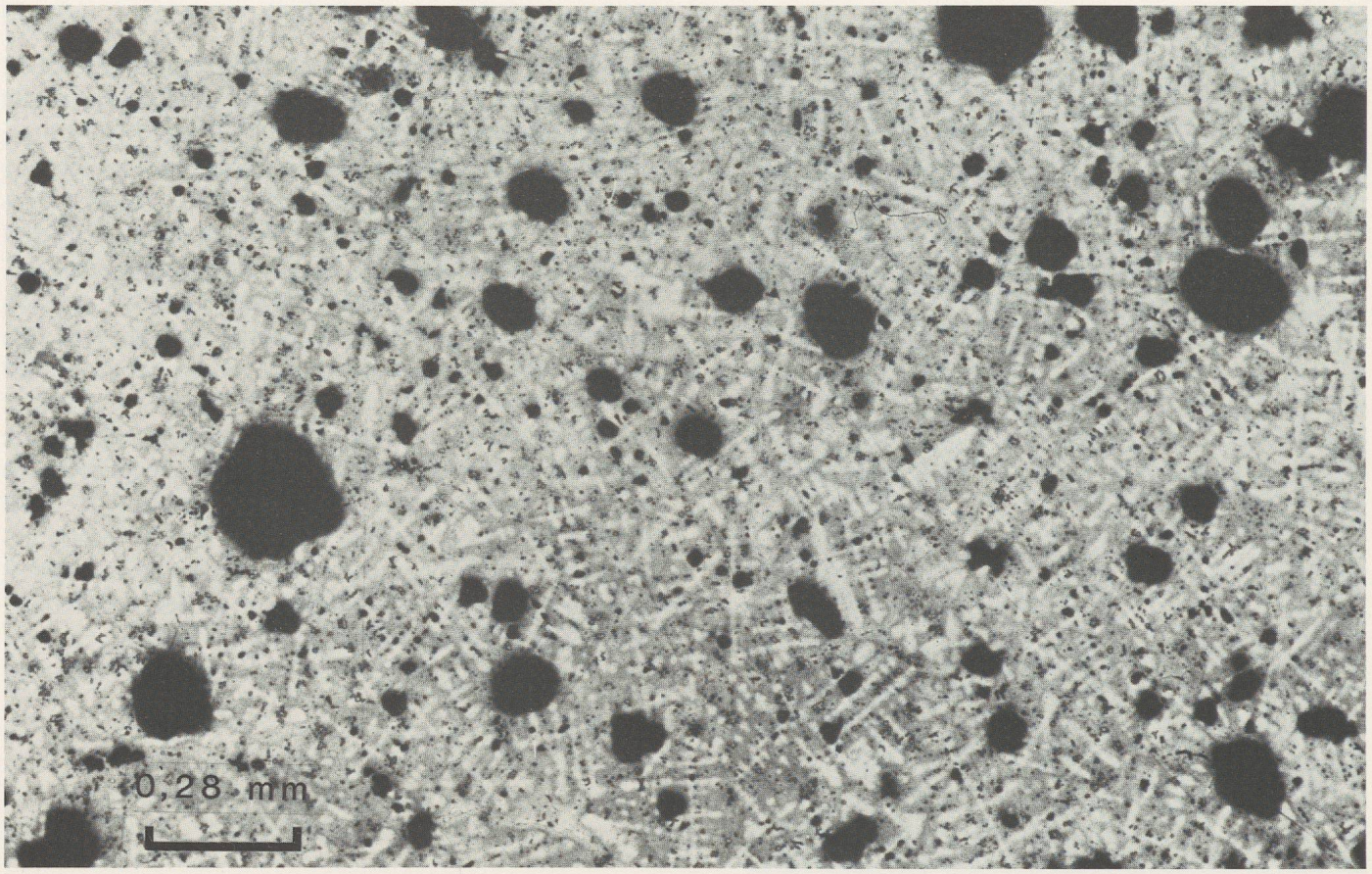
Fig. 11 Phalère 17/2. A: profil du rebord, entre deux perles. B et C: profil et face d'une perle du tambour.

Faucille 23/2 (fig. 12)

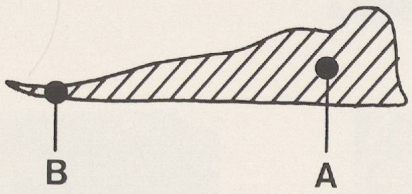
Quoique de composition parfaitement normale (6.9% Sn, 1.12% Pb), elle constitue l'exemple d'un outil mal fabriqué. Le dos (a) et le tranchant (b) présentent en effet des structures très différentes. La première est une structure de coulée où les dendrites, non déformées, sont très visibles, ainsi que des pores volumineux. Il n'y a pas trace, à cet endroit, de travail mécanique ou thermique. Comme l'examen superficiel de l'objet l'indique déjà, le tranchant, en revanche, a été martelé. Les inclusions allongées et la finesse des grains en témoignent. Les liserés, d'autre part, montrent qu'il y eut recuit partiel (la région du dos n'en portent pas les traces), mais qu'il fut insuffisant. Manquant d'homogénéité, poreux, l'outil n'a pas dû servir longtemps avant de casser. On ne repère, en tout cas, aucune bande de glissement. Séquence opératoire: coulée - martelage du tranchant - recuit partiel insuffisant.

Hache 28/15 (fig. 13)

La finition mécanique de la hache n'a pas atteint le centre de la lame (a). On n'y distingue, en effet, aucune macle, mais des inclusions et une forte porosité. Comme l'indiquent les liserés, le recuit, d'autre part, ne s'est pas manifesté dans cette zone de façon suffisante. Plus près de la surface, mais encore dans l'épaisseur de l'objet (b), la structure du métal est analogue mais de nombreux petits grains maclés montrent que le martelage, avant le recuit, s'est fait sentir au moins jusqu'à cette profondeur. Les macles et l'allongement des inclusions montrent enfin que le tranchant (c) a subi un martelage violent, dès avant le recuit. Les très nombreuses lignes de glissement proviennent aussi bien du martelage final à froid que de l'usage de l'outil.
Séquence opératoire: coulée - travail mécanique - recuit insuffisant - probablement affûtage final par martelage à froid du tranchant.



A



B

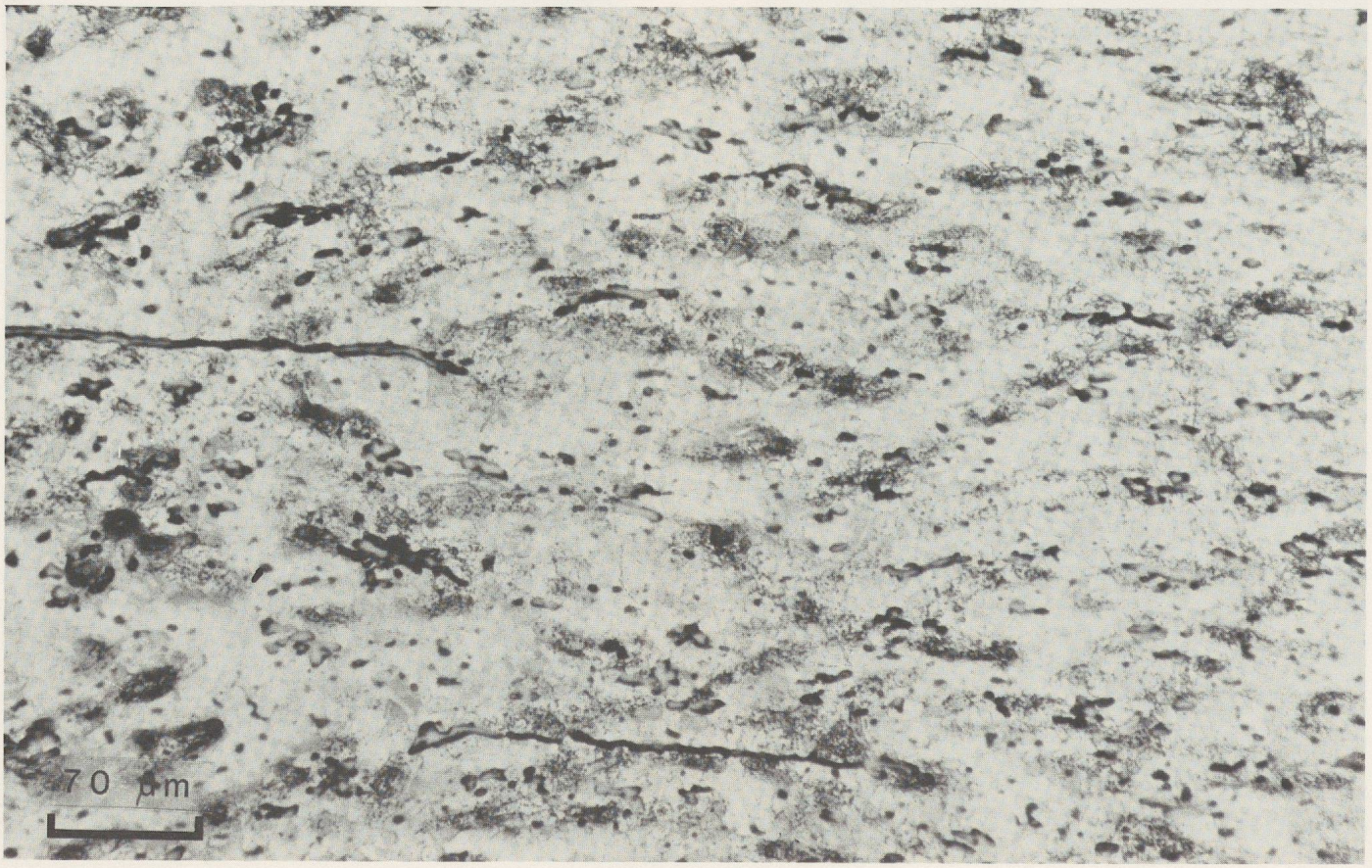
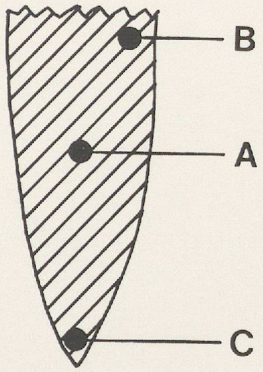
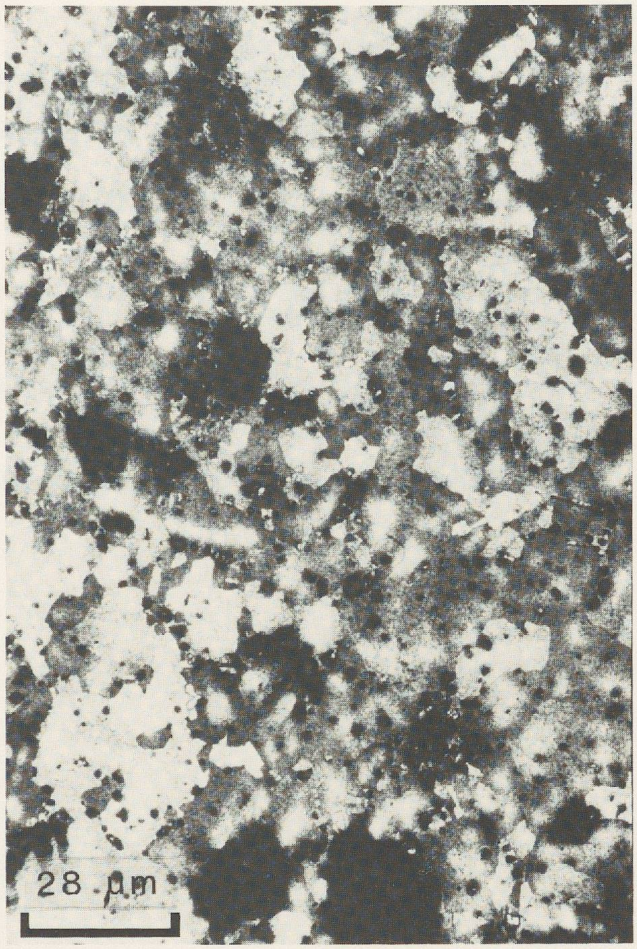
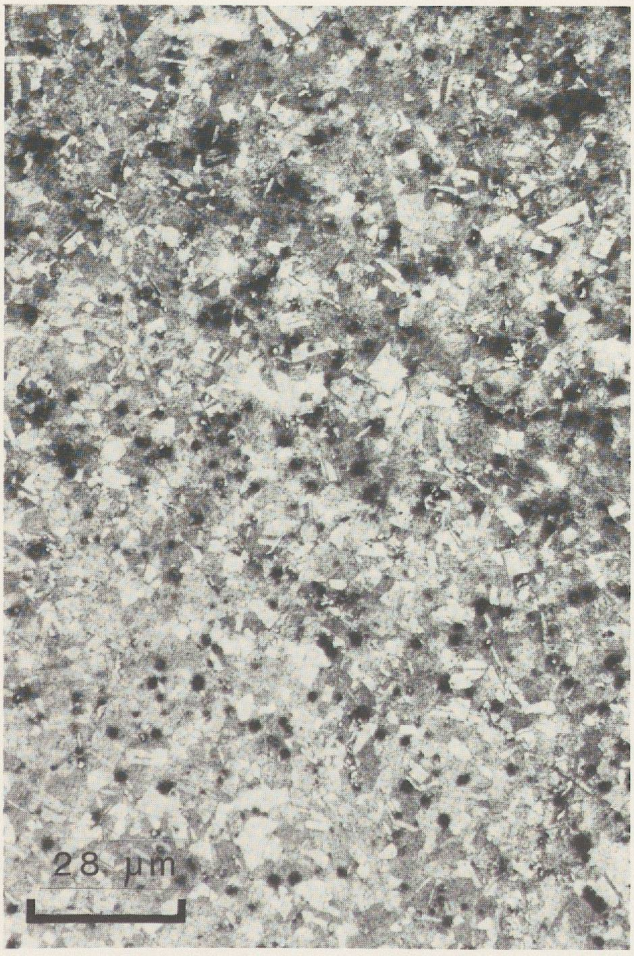


Fig. 12 Faucille 23/2. Coupe transversale de la lame au voisinage de la cassure.







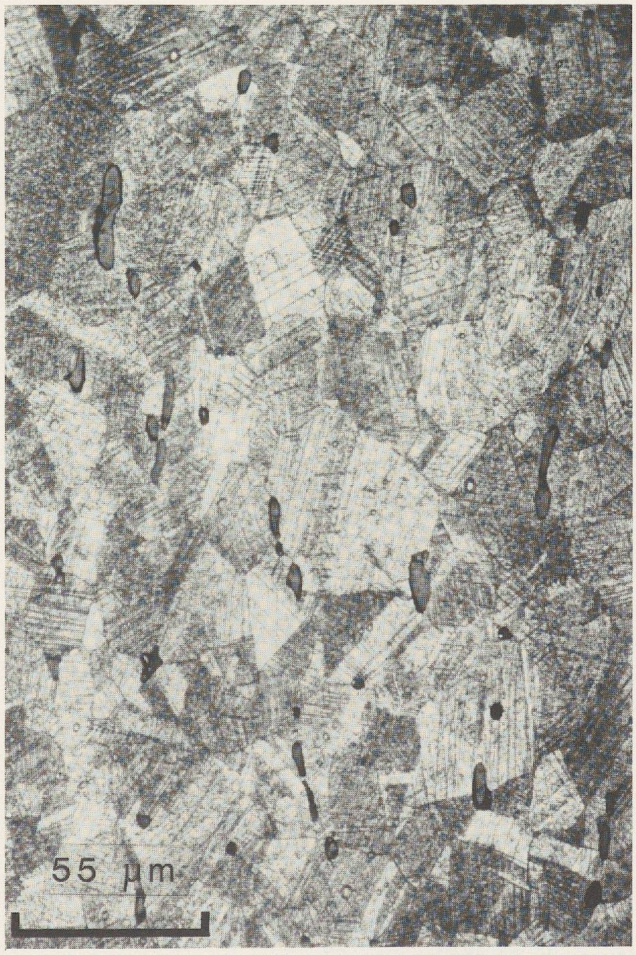


Fig. 13 Hache 28/15. Coupe longitudinale.

Références bibliographiques

CANEVA, C., DI MAIO, A. et MARABELLI, M.
Metallographic microscopy, dans: *Caractérisation des métaux anciens* (1re Ecole d'été européenne du Conseil de l'Europe, Urbino-Rome, avril 1979), 33 p. multigraphiées.

HIGGINS, R.A.
Engineering metallurgy. London, Hodder & Stoughton, 1978.

HODGES, H.
Artifacts. An introduction to early materials and technology. London, John Baker, 1964.

PALISSY
Des matériaux. Montréal, Edition de l'Ecole polytechnique de Montréal, 1980.

TYLECOTE, R.F.
A history of metallurgy. London, The Metal Society, 1976.

Adresse des auteurs:
Université de Neuchâtel
Institut de métallurgie structurale
Avenue de Bellevaux 51
CH-2000 Neuchâtel

CAHIERS D'ARCHÉOLOGIE ROMANDE

Ont déjà paru:

N° 1 Gilbert KAENEL: *Aventicum I*: Céramiques gallo-romaines décorées. 1974. ISBN 2-88028-001-X

N° 2 Jean-Pierre JÉQUIER: Le Moustérien alpin, révision critique. 1975. ISBN 2-88028-002-8

N° 3 Dominique CHAPELLIER: Géophysique et Archéologie, 1975. ISBN 2-88028-003-3

N° 4 Marcel GRANDJEAN, Werner STÖCKLI, Pierre Margot, Claude JACCOTTET: Le cloître de la cathédrale Notre-Dame de Lausanne, 1975. ISBN 2-88028-004-4

N° 5 Mélanges d'histoire ancienne et d'archéologie offerts à Paul Collart, 1976. ISBN 2-88028-005-2

N° 6-7 † O.-J. BOCKSBERGER: *Le site du Petit-Chasseur (Sion): t. 1 et 2:* Le Dolmen M. VI, publié par Alain Gallay. 1976. ISBN 2-88028-006-0 et ISBN 2-88028-007-9

N° 8 Gilbert KAENEL: La fouille du «Garage Martin – 1973». 1976. ISBN 2-88028-008-7

N° 9 Paul BISSEGGER et Claude JACCOTTET: La Chapelle de Puidoux. 1977. ISBN 2-88028-009-5

N° 10 Jean-Louis VORUZ: L'industrie lithique de la station littorale d'Yvonand. (Exemple d'étude de typologie analytique). 1977. ISBN 2-88028-010-9

N° 11 Alain BEECHING: Le Boiron de Morges. Une nécropole de Bronze final près de Morges (Vaud-Suisse). 1977. ISBN 2-88028-011-7

N° 12 Monika VERZAR: *Aventicum II*: Un temple du culte impérial. 1977. ISBN 2-88028-012-5

N^os^ 13 et 14 † O.-J. BOCKSBERGER: *Le site du Petit-Chasseur: t. 3 et 4*: Horizon supérieur, secteur occidental et tombes Bronze ancien, publié par Alain Gallay. 1978. ISBN 2-88028-013-3 et ISBN 2-88028-014-1

N^os^ 15 et 16 Valentin RYCHNER: L'âge du Bronze final à Auvernier (Lac de Neuchâtel, Suisse). Typologie et chronologie des anciennes collections conservées en Suisse. *Auvernier 1 et 2*. 1979. ISBN 2-88028-015-X et ISBN 2-88028-016-8

N° 17 Bronzes hellénistiques et romains. 1979. ISBN 2-88028-017-6

N° 18 Gilbert KAENEL, Max KLAUSENER, Sylvain FEHLMANN: Nouvelles recherches sur le vicus gallo-romain de Lousonna (Vidy/Lausanne). *Lousonna 2*. 1980. ISBN 2-88028-018-4

N° 19 Gilbert KAENEL, Sylvain FELHMANN: Un quartier de Lousonna-La fouille de «Chavannes 7» 1974/1975 et 1977. *Lousonna 3*. 1980. ISBN 2-88028-019-2

N° 20 André LAUFER: La Péniche-Un atelier de céramique à Lousonna (1^er^ siècle après J.-C.). *Lousonna 4*. 1980. ISBN 2-88028-020-6

N° 21 Daphné WOYSCH-MÉAUTIS: La représentation des animaux et des êtres fabuleux sur les monuments funéraires grecs de l'époque archaïque à la fin du IV^e^ siècle avant J.-C. 1982. ISBN 2-88028-021-4

N° 22 Philippe BRIDEL: *Aventicum III*: Le sanctuaire du Cigognier. 1982. ISBN 2-88028-022-2

N° 23 Jean-Luc BOISAUBERT: Le Néolithique moyen de la Saunerie. (Fouilles 1972-1975). Denis RAMSEYER: L'industrie en bois de cerf du site néolithique des Graviers. *Auvernier 3*. 1982. ISBN 2-88028-023-0

N° 24 François SCHIFFERDECKER: La céramique du Néolithique moyen d'Auvernier dans son cadre régional. *Auvernier 4*. 1982. ISBN 2-88028-024-9

N° 25 André BILLAMBOZ *et al.*: La station littorale d'Auvernier-Port. Cadre et évolution. *Auvernier 5*. 1982. ISBN 2-88028-025-7

N° 26 Michel EGLOFF et Kolja FARJON: Aux origines de Lausanne. Les vestiges préhistoriques et gallo-romains de la Cité. 1983. ISBN 2-88028-026-5

N° 27 Béatrice HEILIGMANN-HUBER: Les catelles à relief du Château de Valangin. 1983. ISBN 2-88028-027-3

N° 28 Joël VITAL et Jean-Louis VORUZ: L'habitat protohistorique de Bavois-en-Raillon (Vaud). 1984. ISBN 2-88028-028-1

N° 29 Jean-Louis VORUZ: Outillage osseux et dynamisme industriel dans le Néolithique jurassien. 1984. ISBN 2-88028-029-X

N° 30 Gilbert KAENEL, Philippe CURDY, Hanspeter ZWAHLEN: Saint-Triphon, Le Lessus (Ollon, Vaud) du Néolithique à l'époque romaine. 1984. ISBN 2-88028-030-3

N^os^ 31 et 32 Alain GALLAY: *Le site du Petit-Chasseur (Sion, Valais) t. 5 et 6:* Le Dolmen MXI. 1985. ISBN 2-88028-031-1 et ISBN 2-88028-032-X

N° 33 Le Canal d'Entreroches. 1987. ISBN 2-88028-033-8

N° 34 Yvonne MANFRINI: Bacchus dans les bronzes hellénistiques et romains. 1987. ISBN 2-88028-034-6

N° 35 Le général Dufour et Saint-Maurice. 1987. ISBN 2-88028-035-4

N° 36 Images et Société. 1987. ISBN 2-88028-036-2

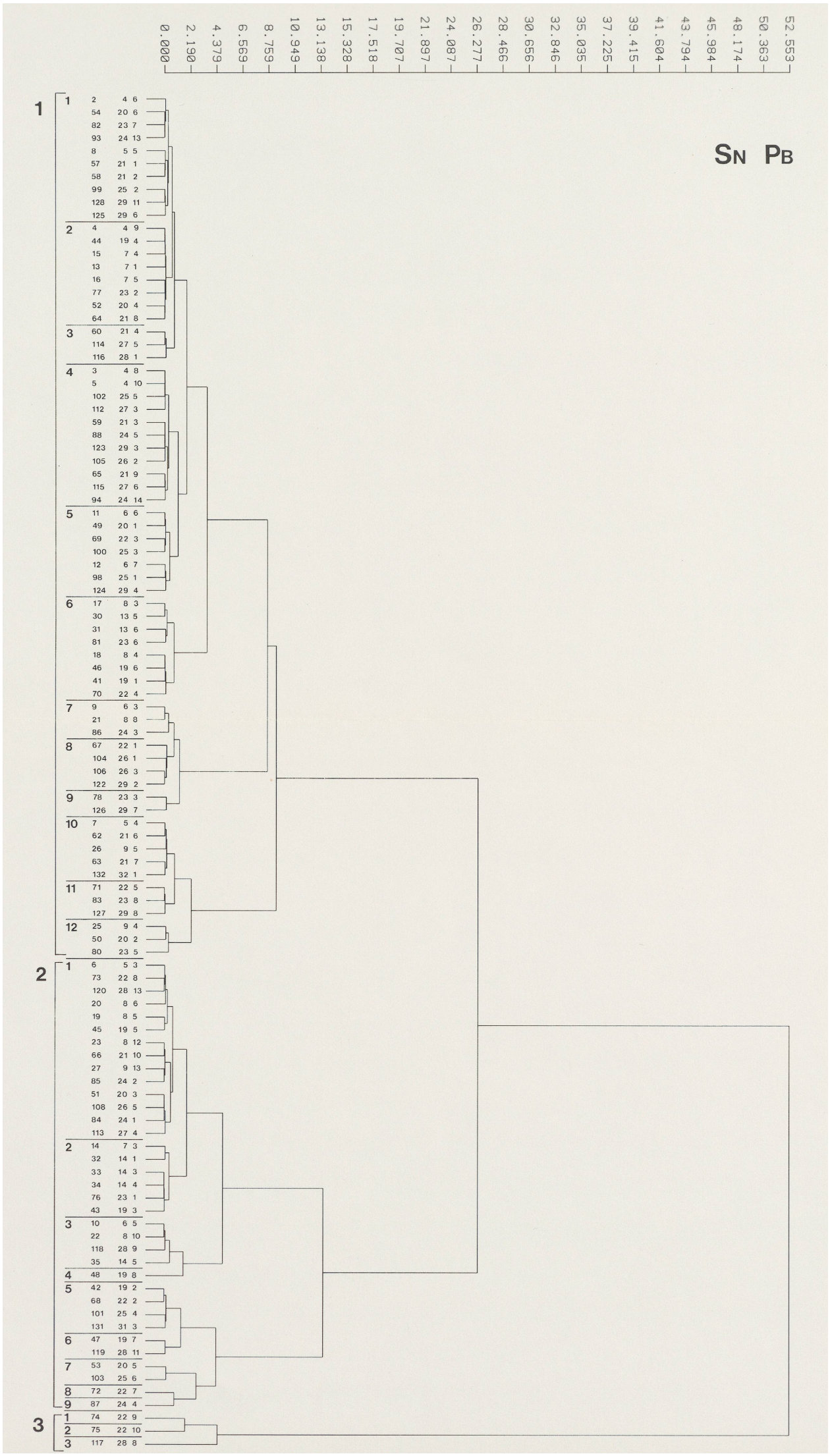
N° 37 Valentin RYCHNER: Auvernier 1968-1975: Le mobilier métallique au Bronze final. *Auvernier 6*. 1987. ISBN 2-88028-037-0

N° 38 Daniel PAUNIER *et al.*: Le vicus gallo-romain de Lousonna-Vidy. Rapport préliminaire sur la campagne de fouilles 1983. *Lousonna 5*. 1984. ISBN 2-88028-038-9

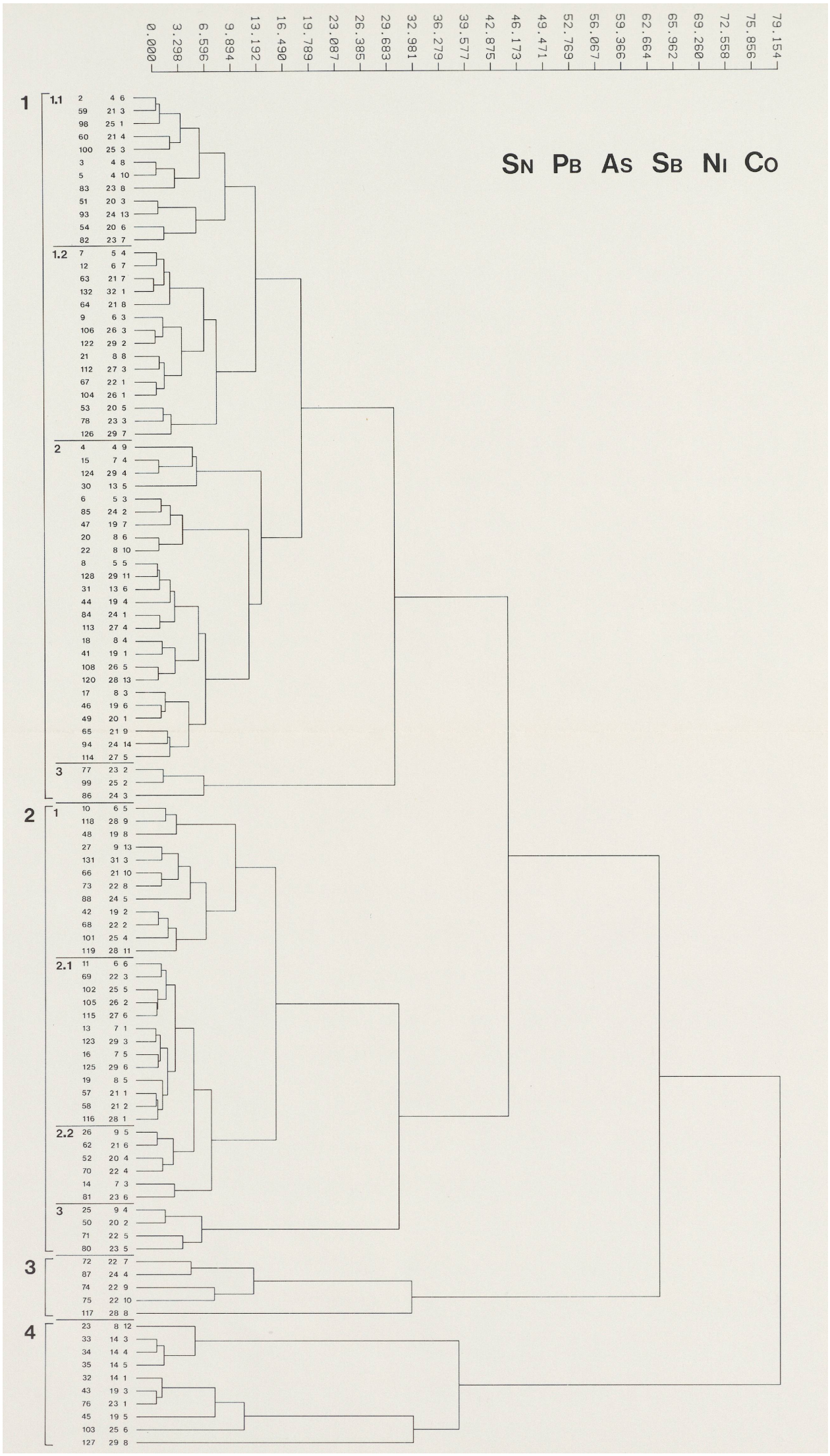
N° 39 Daniel PAUNIER et Silvio AMSTAD: L'établissement gallo-romain de Bavois (VD). Sondages 1973. 1984. ISBN 2-88028-039-7

N° 40 Daniel PAUNIER *et al.*: Le vicus gallo-romain de Lousonna-Vidy. Rapport préliminaire sur la campagne de fouilles 1984. *Lousonna 6*. 1987. ISBN 2-88028-040-0

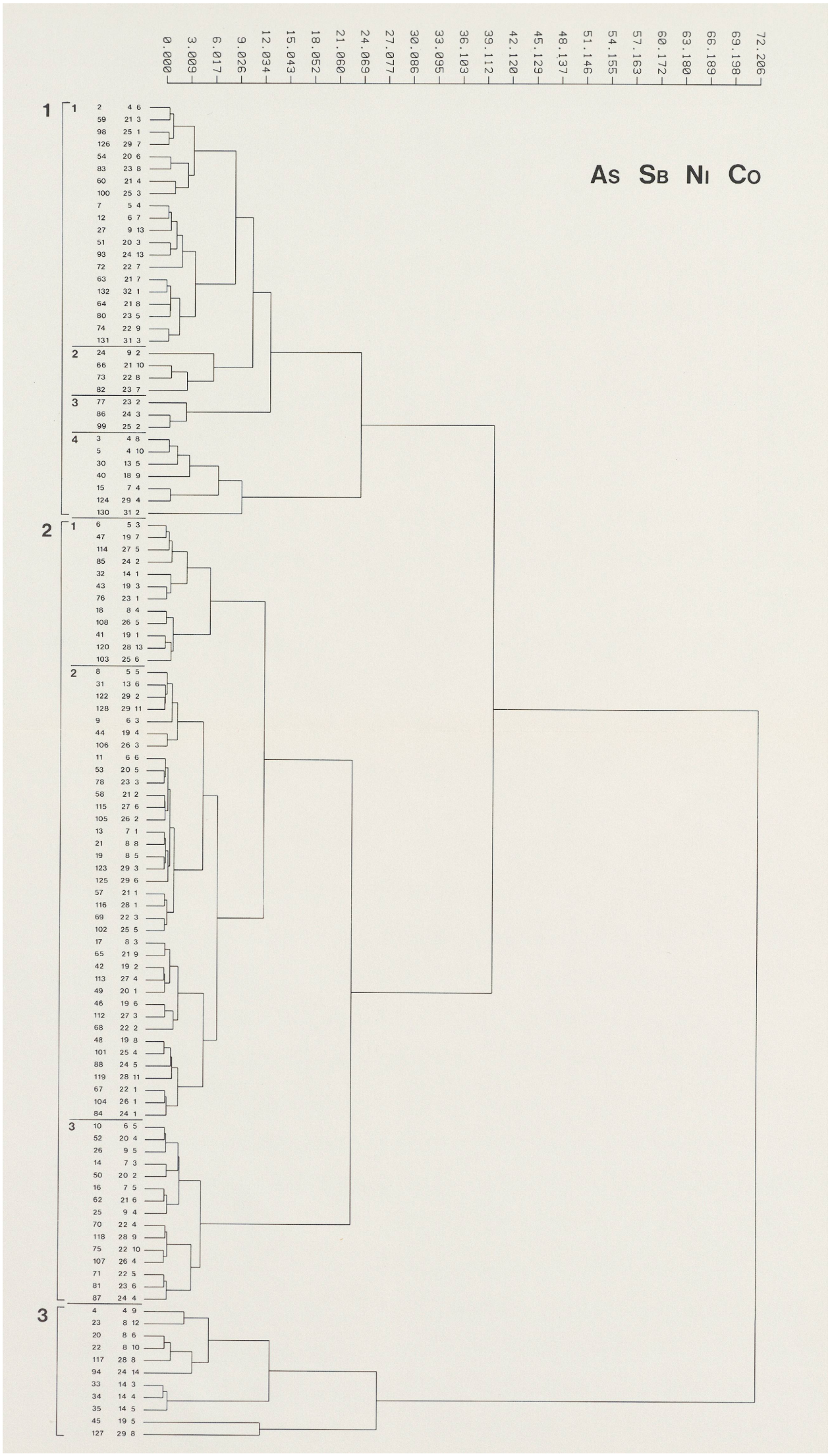
Dépliant 1 Auvernier/Nord. Composition chimique des cent cinq objets «normaux» (voir p. 28). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante selon étain et plomb (voir tableau 5 et annexe 5, p. 103). Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet. Pour chaque analyse, on donne son numéro d'ordre et le numéro de l'objet sur les planches.


0.000
2.190
4.379
6.569
8.759
10.949
13.138
15.328
17.518
19.707
21.897
24.087
26.277
28.466
30.656
32.846
35.035
37.225
39.415
41.604
43.794
45.984
48.174
50.363
52.553
SN PB
1
1 2 4 6
54 20 6
82 23 7
93 24 13
8 5 5
57 21 1
58 21 2
99 25 2
128 29 11
125 29 6
2 4 4 9
44 19 4
15 7 4
13 7 1
16 7 5
77 23 2
52 20 4
64 21 8
3 60 21 4
114 27 5
116 28 1
4 3 4 8
5 4 10
102 25 5
112 27 3
59 21 3
88 24 5
123 29 3
105 26 2
65 21 9
115 27 6
94 24 14
5 11 6 6
49 20 1
69 22 3
100 25 3
12 6 7
98 25 1
124 29 4
6 17 8 3
30 13 5
31 13 6
81 23 6
18 8 4
46 19 6
41 19 1
70 22 4
7 9 6 3
21 8 8
86 24 3
8 67 22 1
104 26 1
106 26 3
122 29 2
9 78 23 3
126 29 7
10 7 5 4
62 21 6
26 9 5
63 21 7
132 32 1
11 71 22 5
83 23 8
127 29 8
12 25 9 4
50 20 2
80 23 5
2
1 6 5 3
73 22 8
120 28 13
20 8 6
19 8 5
45 19 5
23 8 12
66 21 10
27 9 13
85 24 2
51 20 3
108 26 5
84 24 1
113 27 4
2 14 7 3
32 14 1
33 14 3
34 14 4
76 23 1
43 19 3
3 10 6 5
22 8 10
118 28 9
35 14 5
4 48 19 8
5 42 19 2
68 22 2
101 25 4
131 31 3
6 47 19 7
119 28 11
7 53 20 5
103 25 6
8 72 22 7
9 87 24 4
3
1 74 22 9
2 75 22 10
3 117 28 8

Dépliant 2 Auvernier/Nord. Composition chimique des cent cinq objets «normaux» (voir p. 28). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante selon étain, plomb, arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir tableau 6 et annexe 6, p. 104). Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet. Pour chaque analyse, on donne son numéro d'ordre et le numéro de l'objet sur les planches.


0.000
3.298
6.596
9.894
13.192
16.490
19.789
23.087
26.385
29.683
32.981
36.279
39.577
42.875
46.173
49.471
52.769
56.067
59.366
62.664
65.962
69.260
72.558
75.856
79.154
SN PB AS SB NI CO
1
1.1
2 4 6
59 21 3
98 25 1
60 21 4
100 25 3
3 4 8
5 4 10
83 23 8
51 20 3
93 24 13
54 20 6
82 23 7
1.2
7 5 4
12 6 7
63 21 7
132 32 1
64 21 8
9 6 3
106 26 3
122 29 2
21 8 8
112 27 3
67 22 1
104 26 1
53 20 5
78 23 3
126 29 7
2
4 4 9
15 7 4
124 29 4
30 13 5
6 5 3
85 24 2
47 19 7
20 8 6
22 8 10
8 5 5
128 29 11
31 13 6
44 19 4
84 24 1
113 27 4
18 8 4
41 19 1
108 26 5
120 28 13
17 8 3
46 19 6
49 20 1
65 21 9
94 24 14
114 27 5
3
77 23 2
99 25 2
86 24 3
2
1
10 6 5
118 28 9
48 19 8
27 9 13
131 31 3
66 21 10
73 22 8
88 24 5
42 19 2
68 22 2
101 25 4
119 28 11
2.1
11 6 6
69 22 3
102 25 5
105 26 2
115 27 6
13 7 1
123 29 3
16 7 5
125 29 6
19 8 5
57 21 1
58 21 2
116 28 1
2.2
26 9 5
62 21 6
52 20 4
70 22 4
14 7 3
81 23 6
3
25 9 4
50 20 2
71 22 5
80 23 5
3
72 22 7
87 24 4
74 22 9
75 22 10
117 28 8
4
23 8 12
33 14 3
34 14 4
35 14 5
32 14 1
43 19 3
76 23 1
45 19 5
103 25 6
127 29 8

Dépliant 3 Auvernier/Nord. Composition chimique des cent neuf objets «normaux» quand aux impuretés (voir p. 30). Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante selon arsenic, antimoine, nickel et cobalt (voir tableau 9 et annexe 7, p. 105). Distance: carré de la distance euclidienne, agrégation: chaînage complet. Pour chaque analyse, on donne son numéro d'ordre et le numéro de l'objet sur les planches.


0.000
3.009
6.017
9.026
12.034
15.043
18.052
21.060
24.069
27.077
30.086
33.095
36.103
39.112
42.120
45.129
48.137
51.146
54.155
57.163
60.172
63.180
66.189
69.198
72.206
AS SB NI CO
1
1
2 4 6
59 21 3
98 25 1
126 29 7
54 20 6
83 23 8
60 21 4
100 25 3
7 5 4
12 6 7
27 9 13
51 20 3
93 24 13
72 22 7
63 21 7
132 32 1
64 21 8
80 23 5
74 22 9
131 31 3
2
24 9 2
66 21 10
73 22 8
82 23 7
3
77 23 2
86 24 3
99 25 2
4
3 4 8
5 4 10
30 13 5
40 18 9
15 7 4
124 29 4
130 31 2
2
1
6 5 3
47 19 7
114 27 5
85 24 2
32 14 1
43 19 3
76 23 1
18 8 4
108 26 5
41 19 1
120 28 13
103 25 6
2
8 5 5
31 13 6
122 29 2
128 29 11
9 6 3
44 19 4
106 26 3
11 6 6
53 20 5
78 23 3
58 21 2
115 27 6
105 26 2
13 7 1
21 8 8
19 8 5
123 29 3
125 29 6
57 21 1
116 28 1
69 22 3
102 25 5
17 8 3
65 21 9
42 19 2
113 27 4
49 20 1
46 19 6
112 27 3
68 22 2
48 19 8
101 25 4
88 24 5
119 28 11
67 22 1
104 26 1
84 24 1
3
10 6 5
52 20 4
26 9 5
14 7 3
50 20 2
16 7 5
62 21 6
25 9 4
70 22 4
118 28 9
75 22 10
107 26 4
71 22 5
81 23 6
87 24 4
3
4 4 9
23 8 12
20 8 6
22 8 10
117 28 8
94 24 14
33 14 3
34 14 4
35 14 5
45 19 5
127 29 8

Imprimé en Suisse