# Les Eaux-Vives à Genève : aspects de la métallurgie lémanique à l'âge du Bronze final

Autor(en): **Rychner, Valentin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Genava : revue d'histoire de l'art et d'archéologie**

Band (Jahr): **34 (1986)**

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-728562

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Les Eaux-Vives à Genève. Aspects de la métallurgie lémanique à l'âge du Bronze final

Par Valentin RYCHNER

## INTRODUCTION

L'analyse chimique de cinquante-quatre haches en bronze provenant de la station littorale de la Grande-Cité de Morges, VD (RYCHNER, 1986 a) a montré que la métallurgie de cette partie du Léman à l'âge du Bronze final (périodes Hallstatt (Ha) A2, B1 et B2, environ 1050-800 av. J.-C.) était très étroitement apparentée à celle du lac de Neuchâtel (RYCHNER, 1981, 1983). Est-il possible d'en dire autant du matériel genevois, dont la morphologie révèle le caractère assez particulier et des liens certainement plus étroits avec la Savoie qu'avec la région des Trois-Lacs (Neuchâtel, Bienne, Morat)? C'est à cette question que cherche à répondre le présent article. Il s'appuie sur l'analyse chimique de trente-sept objets en bronze choisis dans l'imposant mobilier récolté surtout dans le troisième quart du siècle passé sur la station palafittique des Eaux-Vives[1], à l'occasion de l'aménagement du port et des quais de cette partie de la rade de Genève. Il en va de ces objets comme de la plus grande partie des anciennes collections palafittiques suisses: nous ne connaissons rien de leur position stratigraphique et topographique. Leur chronologie ne peut donc être approchée qu'au travers de la typologie, par comparaison avec des ensembles de référence.

Ce travail prend place dans une étude d'ensemble de la métallurgie du Bronze moyen et final en Suisse, réalisée avec l'aide financière du F.N.S.R.S. et en collaboration avec l'EMPA de Dübendorf[2] où sont effectuées les analyses. La méthode utilisée est la spectrométrie d'émission atomique (source ICP à plasma d'argon). Les limites de détection sont les suivantes: Sn 0.016%; Pb 0.002; As 0.002; Sb 0.001; Ag = 0.0004; Ni 0.002; Bi 0.006; Co 0.008; Zn 0.0003; Fe 0.0004. La précision relative varie entre 1 et 5% environ selon les éléments. Les quantités d'argent mesurées dans les objets que nous discutons ici sont systématiquement trop basses, sans que l'on puisse estimer exactement le facteur d'erreur. Elles ont en effet été faussées par la précipitation de chlorure d'argent insoluble lors de la mise en solution du bronze dans le mélange d'acides chlorhydrique et nitrique.

## RÉSULTATS DES ANALYSES

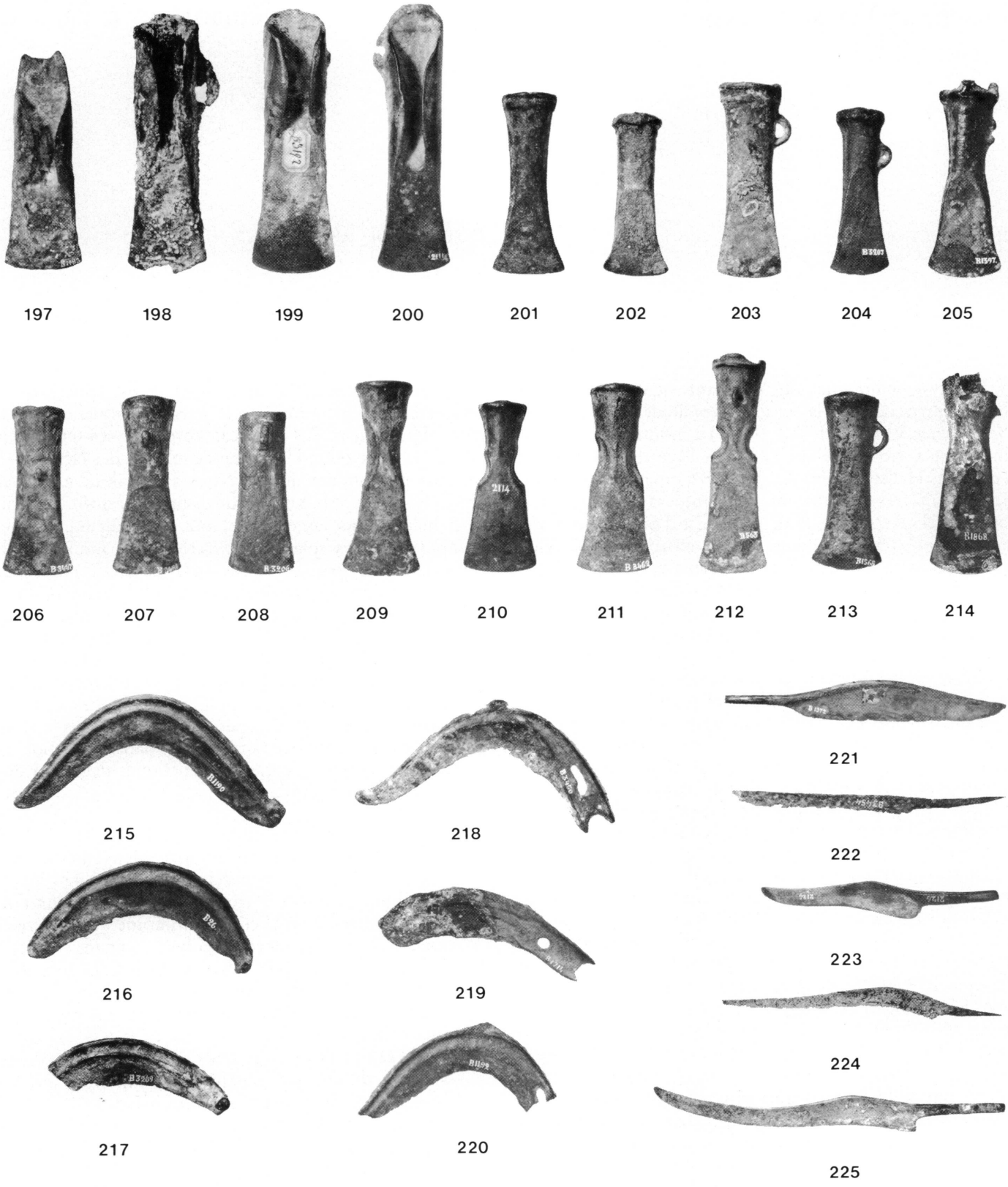
A l'étude du matériel de Morges, il est apparu que le caractère dans notre optique le plus significatif du spectre d'un objet était moins le niveau absolu de ses teneurs que son *profil*, c'est-à-dire l'importance relative des éléments les uns par rapport aux autres. Nous avons donc à nouveau choisi le *chi carré* pour critère de distance de notre classification hiérarchique ascendante[3] qui, par ailleurs, ne tient compte que des quatre impuretés pour nous les plus importantes: *arsenic, antimoine, nickel* et *cobalt*. Nous nous intéressons donc ici plutôt au cuivre qu'à la manière dont il a été allié à l'étain et au plomb. Les groupements résultant de la classification automatique sont exprimés dans l'arbre hiérarchique de la fig. 3. Au-dessus du niveau 0.35, on distingue deux grandes familles de volume très inégal, numérotées 1 et 2. La section des branches de l'arbre au niveau 0.13, arbitrairement choisi, permet d'individualiser quatre groupes dans la première famille, trois dans la seconde. Les annexes 3-5 donnent leurs caractéristiques détaillées dont voici, en clair, les principales:

1.1. 10.8% des objets; importance du nickel; schéma moyen Ni>As = Sb; cobalt fort relativement; faible variance des quatre impuretés, mais aussi de l'étain et du plomb; bonnes à très bonnes corrélations entre plomb, arsenic, nickel et antimoine, entre cobalt, nickel et arsenic, et entre cobalt et étain.

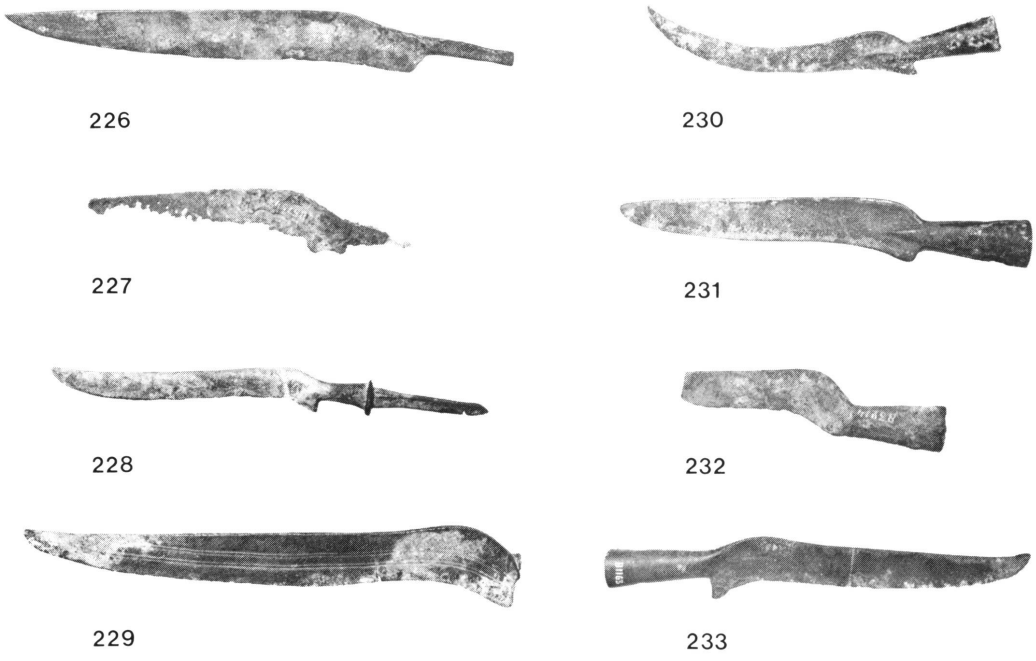
1.2. Schéma Sb>As = Ni; cobalt spécialement fort relativement; 209[4] a des concentrations en arsenic, antimoine, nickel et cobalt environ deux fois plus faibles que celles de 202.

1.3. Avec 228 (1.4) les trois seuls objets des Eaux-Vives à arsenic dominant; schéma As>Ni>Sb; moindre importance du cobalt; les concentrations de 223 en arsenic, antimoine, nickel et cobalt sont en gros quatre fois inférieures à celles de 218; les deux objets ont une forte concentration d'étain.

1.4. Arsenic dominant; schéma As>Sb>Ni; cobalt très fort.

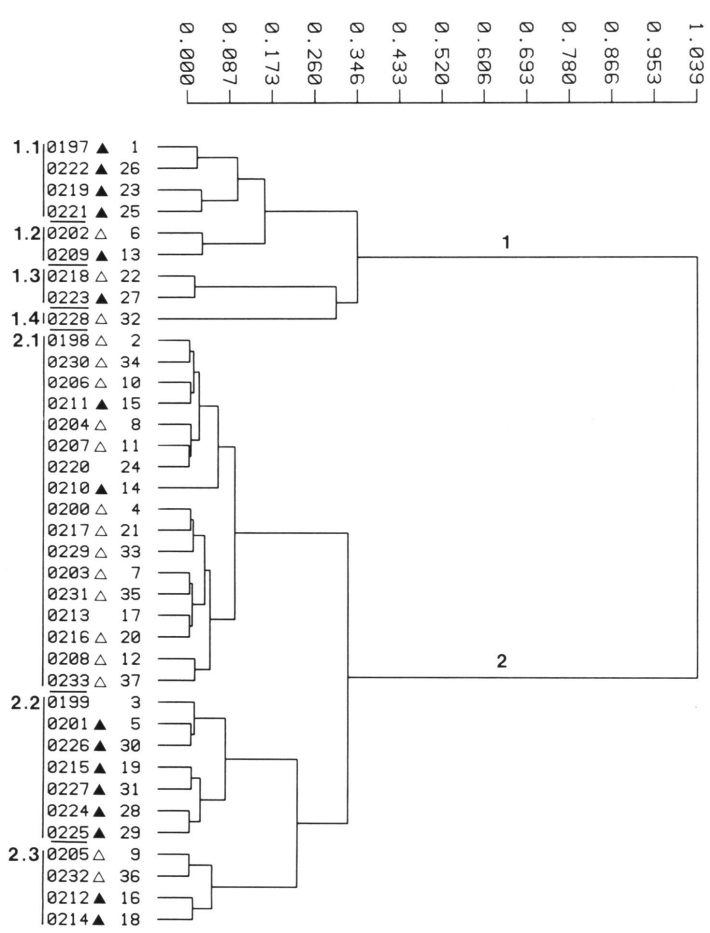



1. Genève, Les Eaux-Vives. Objets analysés (MAH Genève). Echelle 1:3 (voir annexe 1). Photos V. Rychner.




2. Genève, Les Eaux-Vives. Objets analysés (MAH Genève). Echelle 1:3 (voir annexe 1)

Photos V. Rychner.

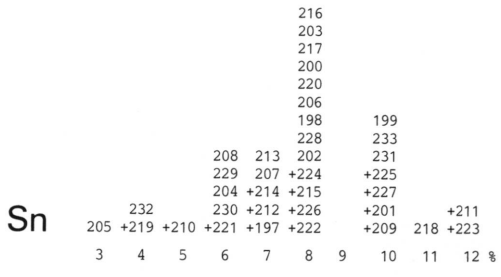


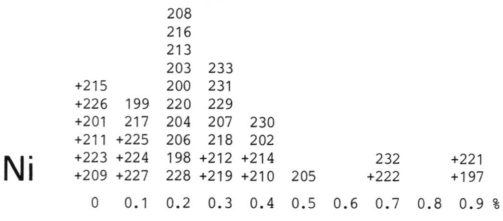

2.1. Groupe le plus important (45.9%); schéma Sb>As = Ni; cobalt nettement moins important que dans 1.1; faible variance des quatre impuretés mais aussi de l'étain et du plomb; bonnes corrélations entre arsenic, antimoine et nickel; un objet (211) à concentrations très faibles, apparenté par là, mais aussi par ses teneurs d'étain et de plomb, à 223 de 1.3, dans une moindre mesure à 209 de 1.2 et au groupe 2.2 dans son ensemble.

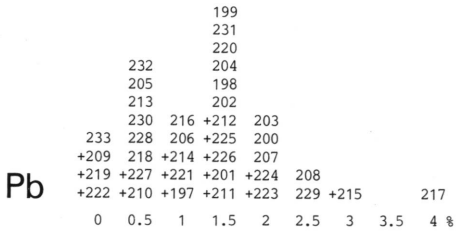
2.2. Deuxième groupe en importance (18.9%); antimoine dominant systématiquement, mais de peu; schéma Sb>Ni>As; cobalt faible; groupe le plus homogène (variance moyenne la plus faible, y compris plomb et étain); très bonne corrélation entre antimoine et nickel, bonne entre cobalt et arsenic.

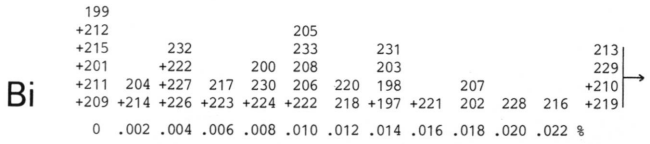
2.3. 10.8% des objets, comme 1.1; antimoine dominant, mais beaucoup plus nettement que dans 2.1 et 2.2; schéma Sb>Ni>As, comme 2.2, mais cobalt relativement plus faible que dans les autres groupes; corrélations très fortes, voire maximum, entre arsenic, nickel et antimoine, bonnes entre plomb et étain (mélange préalable des deux éléments?) et entre cobalt et étain (voir aussi 1.1); nombreuses et fortes corrélations négatives à partir de l'étain et du plomb; 205 et 232 ont des compositions deux fois plus fortes que 212 et 214.

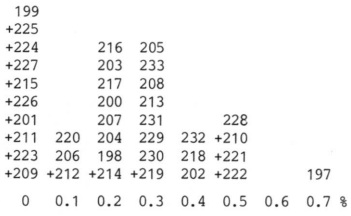
3. Genève, Les Eaux-Vives. Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante (chi carré). Eléments considérés: arsenic, antimoine, nickel, cobalt. Les objets Ha A2-B1 sont marqués d'un triangle noir, les objets Ha B2 d'un triangle blanc.

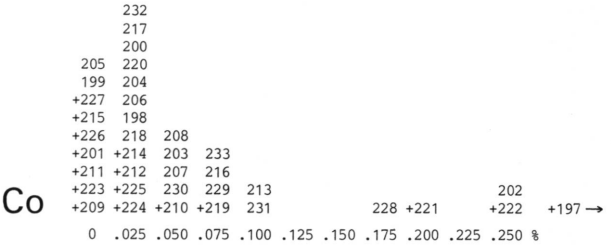


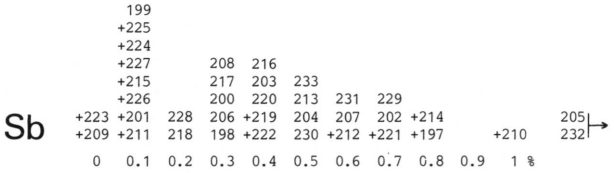



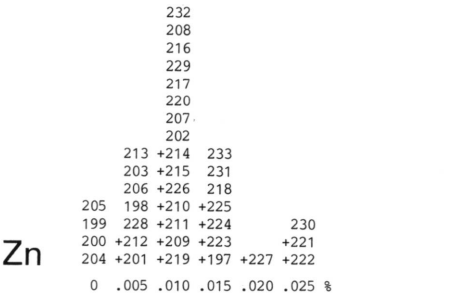



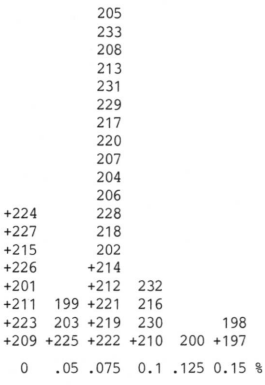



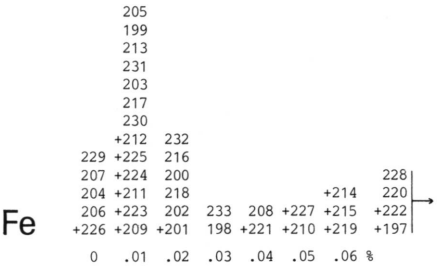



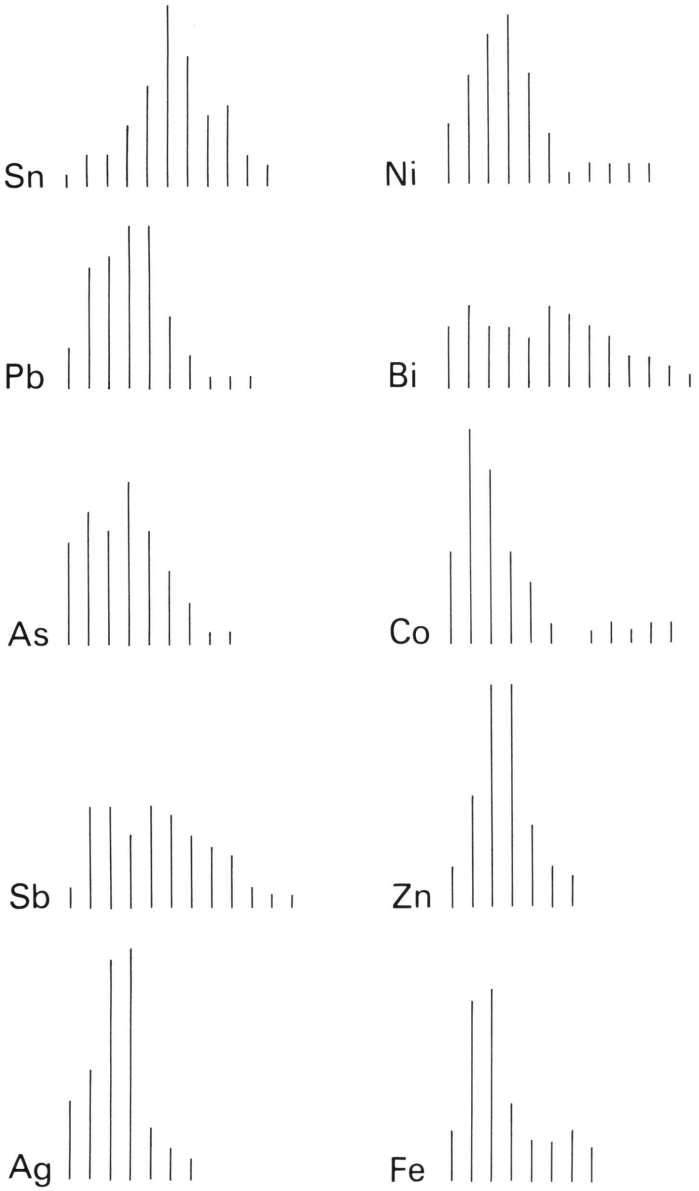




4. Genève, Les Eaux-Vives. Histogrammes de fréquence des teneurs. Les objets Ha A2-B1 sont marqués d'un signe +.




5. Genève, Les Eaux-Vives. Histogrammes de fréquence des teneurs. Courbes régularisées (chaque colonne représente la moyenne de deux colonnes contiguës de l'histogramme correspondant de la fig. 4).

Le classement opéré par le chi carré nous semble pour l'instant satisfaisant dans ses grandes lignes, mais pas toujours dans le détail car il est patent, dans le cas de Genève, que le niveau absolu des teneurs est lui aussi signifiant. Il n'est sûrement pas très heureux, par exemple, que 211, du groupe 2.1, soit si éloigné du groupe 2.2 alors qu'il a lui aussi le schéma Sb>Ni>As et des teneurs basses, étonnamment proches, d'ailleurs, de celles de 226. Le calcul des proximités à partir du carré de la distance euclidienne aurait réuni, lui, tous les objets à basses teneurs. A son extrémité, le dendrogramme rapproche cependant les pièces qui se ressemblent le plus. Dans le groupe 2.1, 200 et 217 sont les objets les plus voisins de toute la collection. Leurs teneurs d'étain, d'arsenic, d'antimoine, de nickel et de cobalt sont en effet presque identiques, mais celles de plomb sont trop différentes (même en tenant compte de la répartition sensiblement inhomogène de cet élément dans le bronze) pour admettre qu'ils sont issus de la même coulée. Ils proviennent assurément du même lingot de cuivre (ou de bronze), mais l'ajout de plomb a été différent pour les deux coulées. Le même cas se présente vraisemblablement pour 215 et 227 dans le groupe 2.2 (identité des impuretés seulement), moins probablement pour 201 et 226, dont les teneurs respectives en arsenic et en antimoine sont déjà un peu moins proches.

Les *histogrammes de fréquence* (fig. 4-5) ne nous apprennent pas grand-chose de plus que la classification automatique. Le trou de l'étain à 9% disparaît presque complètement dans la courbe régularisée. Il n'a donc pas grande signification. La courbe du plomb, dont le vide relatif à 1% est parfaitement comblé par la régularisation, ne permet pas, une fois de plus, de situer la limite à partir de laquelle il doit être considéré comme élément intentionnel de l'alliage. La forte corrélation existant entre plomb, arsenic, antimoine et nickel dans le groupe 1.1 constitue cependant un élément intéressant dans cette discussion. Elle pourrait tendre à montrer, en effet, que le plomb, dans ce cas, est une impureté naturelle, au même titre que l'arsenic, l'antimoine et le nickel, et que même dans ce statut, sa concentration peut dépasser 1%. Les colonnes 0 et/ou 0.1 de l'arsenic, de l'antimoine et du nickel sont occupées chaque fois par les mêmes objets, à teneurs uniformément basses, c'est-à-dire par le groupe 2.2, auquel s'ajoutent 209 (1.2), 223 (1.3) et 211 (2.1). Dans les courbes de l'arsenic et de l'antimoine, ces objets à basses teneurs ont tendance à constituer un groupe relativement séparé. Ce n'est pas le cas dans la courbe du nickel où s'individualisent en revanche quatre objets à forte concentration, dont trois appartiennent au groupe 1.1 à nickel dominant. Les trois mêmes individus ressortent également bien à l'extrémité de la courbe du cobalt.

## Interprétation des résultats

### *Datation*

L'interprétation des résultats nécessite en premier lieu la datation la plus précise possible du matériel analysé. Or cette datation bute sur de sérieuses difficultés. Comme nous l'avons déjà dit, le mobilier des Eaux-Vives, par sa morphologie, s'individualise nettement par rapport à celui

des Trois-Lacs ou même à celui de Morges, ce qui exclut souvent la possibilité de le comparer aux ensembles de référence de la région neuchâteloise. Cette difficulté concerne avant tout les haches à douille, majoritaires à Genève mais rarissimes dans les Trois-Lacs, et dont la chronologie, par ailleurs, demeure plus ou moins flottante. Le même problème se pose pour les faucilles. Des moules trouvés en relative abondance sur la station des Eaux-Vives dès le siècle passé attestent la présence d'un atelier de fondeur sur le site et permettent de considérer la plus grande partie du matériel étudié comme de production locale.

La chronologie des treize *couteaux* (RYCHNER, 1979, pp. 79-80) est sans doute la plus facile à établir. Le dos droit, le cran aigu entre le tranchant et la partie proximale, la pièce cylindrique intermédiaire à fausse virole (228) et le décor de côtes longitudinales (229) sont des marques de fabrique indiscutables du Ha B final (B2 dans notre langage, B3 dans celui de H. Müller-Karpe et de son école). Le couteau à douille est beaucoup plus fréquent au bout du Léman et en Savoie que dans les Trois-Lacs et dans la région zurichoise. Il est considéré comme essentiellement tardif (Ha B2) et cette datation nous paraît en effet difficilement contestable pour 230, 231, 232 et 233. A l'autre bout de la chronologie lacustre, au Ha A2, prend certainement place 221. Il n'a pas la soie recourbée, mais le dos en bourrelet arrondi, à sommet médian, est un critère suffisant. Les autres couteaux (pour autant que la corrosion n'empêche pas le diagnostic) sont typologiquement intermédiaires et devraient donc remplir la case Ha B1. 222 se situe probablement à la limite typologique de Ha A2 et de Ha B1.

Dans les stations littorales du lac de Neuchâtel, les *faucilles* (RYCHNER, 1979, p. 81) à languette perforée sont antérieures au Ha B2 et datent donc de Ha A2 et B1. Les faucilles du Ha B2 sont à languette non perforée. Cette chronologie n'a cependant pas de valeur universelle puisque dans les dépôts français et allemands du Ha B2, le type à languette perforée est très largement répandu. L'âge des faucilles 218, 219 et 220 n'est donc pas très assuré. A cause de son embryon d'ergot, nous datons 219 du Ha A2 ou du B1, tandis que la lame ondulée de 218 nous fait pencher en faveur d'une datation au Ha B2. Quant à 220, elle manque de caractères significatifs. Au Bronze final, la faucille à bouton, sauf rares exceptions, est inconnue au bord des Trois-Lacs et dans la région zurichoise, mais abondamment représentée dans les Alpes, en Savoie et dans le Jura français. A Genève, elle constitue donc un autre trait occidental. Elle se distingue de la faucille à bouton du Bronze moyen par la forme arrondie ou pointue de l'extrémité proximale ainsi que par la lame en général plus recourbée. Elle n'est malheureusement pas considérée comme un bon indicateur chronologique. C'est en tout cas l'avis récent de plusieurs auteurs français (BOCQUET et LEBASCLE, 1976, p. 66; NICOLARDOT et GAUCHER, 1975, p. 94), qui ne proposent ni les uns ni les autres de datation précise. En fait, on constate que les exemplaires les plus proches des nôtres proviennent de dépôts dont tout le monde, jusqu'à présent, reconnaît la date d'enfouissement tardive (Ha B2): Areste-Longue à l'Epine (COURTOIS, 1960, fig. 45/2) et Réallon (AUDOUZE et COURTOIS, 1970, pl. 27 a/49) dans les Alpes, Briod (COUTIL, 1914 a, p. 445, fig. 2, p. 446, fig. 3) dans le Jura. Quant aux faucilles de Larnaud (COUTIL, 1914 b, pl. 4), qui datent du Ha A2-B1, elles ont une extrémité plus carrée et une lame plutôt moins recourbée. Nous sommes donc enclins à dater 215, 216 et 217 du Ha B2.

Les *haches à ailerons* (RYCHNER, 1979, pp. 81-82) supérieurs de la région lémanique connaissent la même évolution générale que les outils des Trois-Lacs, mais les formes ne sont pas exactement les mêmes. Sans anneau, 197 peut être datée au Ha A2 avec beaucoup de sûreté, tandis que 198 et 200, avec anneau et plutôt légères, datent très vraisemblablement du Ha B2. La même datation est probablement valable pour 199, mais on ne peut pas exclure un âge un peu plus ancien (Ha B1). Reste le cas des *haches à douille* ronde, type très rare dans les Trois-Lacs et à Morges, mais le plus fréquent aux Eaux-Vives. Les exemplaires 201 à 208 se rattachent à un type bien connu, baptisé «à lame en méplat» (BRIARD et VERRON, 1976, pp. 71-72) ou «à lame biseautée, type Frouard» (CHARDENOUX et COURTOIS, 1979, n$^{os}$ 890-945; KIBBERT, 1984, n$^{os}$ 617-644). Avec ou sans anneau, sous forme de haches ou d'herminettes, elles font partie de très nombreux dépôts Ha B2 en France et en Allemagne (KIBBERT, 1984, pp. 104 et 135). En Suisse occidentale, sa présence dans les dépôts d'Echallens (RYCHNER, 1984, fig. 2/20) et d'Ollon/Charpigny (BOCKSBERGER, 1964, p. 97, fig. 28/22) confirme cette datation. Le dépôt de Ehingen (MÜLLER-KARPE, 1959, pl. 168/5) nous paraît être le seul à associer une telle hache (allongée, sans anneau) à des objets nettement Ha B1. Au bord du Léman, la datation au Ha B2 ne semble pas faire de doute. La hache à constriction médiane (BRIARD et VERRON, 1976, pp. 73-74), dite aussi «à bords pincés» (CHARDENOUX et COURTOIS, 1979, pp. 107-112), très rare également dans les Trois-Lacs, semble avoir une datation plus élastique. A Ribiers (CHARDENOUX et COURTOIS, 1979, n° 872; AUDOUZE et COURTOIS, 1970, pl. 27 B) et à Larnaud (COUTIL, 1914, b, pl. 1) elle appartient à un contexte Ha A2-B1, en tout cas antérieur à Ha B2. Celle de Ribiers n'a pas d'anneau et un seul bourrelet à l'embouchure de la douille. Elle est voisine de 211. Les trois exemplaires illustrés de Larnaud, avec et sans anneau, proches de 212, ont un seul bourrelet également. La même datation, antérieure au Ha B2, est valable pour les haches anglaises du groupe de Wilburton (BURGESS, 1968, p. 36), que l'on met chronologiquement en parallèle avec le Ha B1 centre-européen (JOCKENHÖVEL, 1975, p. 146). A Vaudrevanges (REBOUL et MILLOTTE, 1975, F 44/10) et à Vénat (COFFYN, GOMEZ et MOHEN, 1981, pl. 20/10-11), en revanche, les haches à constriction médiane sont en contexte Ha B2. Elles sont à anneau, avec deux bourrelets, très proches de celles de Morges (RYCHNER, 1986, fig. 2/142). En attendant que le type soit étudié dans son ensemble, il nous paraît

donc difficile de nous prononcer définitivement sur l'âge des haches des Eaux-Vives. Cependant, comme la case Ha B2 est déjà occupée par les haches à lame biseautée et par quelques haches à ailerons, et comme, d'autre part, les haches genevoises montrent plus d'affinités pour celles de Ribiers et de Larnaud que pour celles de Vénat et de Vaudrevanges, il nous paraît très raisonnable de dater simplement 209, 210, 211, 212 et 214 d'avant le Ha B2, soit au Ha A2-B1. A cause de sa proximité typologique avec les haches de type Frouard (constriction et ailerons très peu marqués), une datation au Ha B2 ne nous paraît pas exclue, en revanche, pour 213.

Les rapprochements entre objets sur la base de leur composition chimique mettent parfois en évidence le caractère très discutable des datations purement typologiques et de la démarche visant à enfermer les types dans des tiroirs chronologiques. C'est le cas pour deux paires d'objets du groupe 2.2, 201 et 226 d'une part, 215 et 227 d'autre part. Les deux premiers, en effet, sont de compositions si voisines (voir ci-dessus) qu'il est difficile d'admettre entre leurs fabrications respectives un long espace de temps, si même ils n'ont pas été coulés en même temps. Or nous avons affaire à un couteau de forme nettement Ha B1 et à une hache que la statistique typologique place au Ha B2. Le même cas – avec des ressemblances encore plus fortes entre les impuretés – se présente pour 215 et 227, ce dernier, cependant, étant gravement corrodé. Sa proximité morphologique de 226 et donc son âge Ha B1 plutôt que B2, n'est cependant guère contestable. On a vu, d'autre part, que la situation chronologique des faucilles à bouton du Bronze final est loin d'être claire. En pareils cas, nous donnerons la préférence aux liens de composition chimique et, sur la foi de la typologie des couteaux, moins branlante que celles des haches à douille et des faucilles à bouton, nous daterons donc 201 et 215 plutôt du Ha B1 que du Ha B2. Nous remarquerons, d'ailleurs, que 224, 225 et 226, dans le groupe 2.2, sont indiscutablement antérieurs à Ha B2, et que 211 (2.1), très proche du groupe 2.2, est lui aussi ancien.

En récapitulant, et en ne distinguant, pour simplifier, que deux grandes catégories chronologiques, nous arrivons finalement aux datations suivantes:

| | |
|---|---|
| Ha B2 | couteaux 228, 229, 230, 231, 232, 233 |
| | faucilles 216, 217, 218 |
| | haches 198, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208 |
| Ha A2-B1 | couteaux 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227 |
| | faucilles 215, 219 |
| | haches 197, 201, 209, 210, 211, 212, 214 |

Voyons maintenant comment les groupes métallurgiques définis se comportent au point de vue chronologique. Les quatre objets du groupe 1.1 sont tous indiscutablement antérieurs à Ha B2. Les minigroupes 1.2 et 1.3 sont partagés entre Ha B2 et Ha A2-B1. L'unique objet de 1.4 est Ha B2. Le grand groupe 2.1 est à 76.5% Ha B2, avec seulement 11.8% de Ha A2-B1 et autant d'indatables. Le groupe 2.2 est à très forte majorité Ha A2-B1 (85.7%). Le groupe 2.3, enfin, est également partagé entre les deux périodes. On constate donc que 85% des objets Ha B2 se retrouvent dans le groupe 2, et 65% dans le seul groupe 2.1. Les objets Ha A2-B1, quant à eux, occupent entièrement le petit groupe 1.1 et à 85.7% le groupe 2.2, mais ils sont dans l'ensemble plus dispersés, puisque 37.5% d'entre eux, en effet, se trouvent dans des groupes où ils ne sont pas majoritaires (1.2; 1.3; 2.1; 2.3), alors que 22% seulement des objets Ha B2 se trouvent dans la même situation (1.2; 1.3; 2.3).

En ce qui concerne l'étain et le plomb, il n'y a pas de différences très significatives entre les objets anciens et récents. En moyenne, on emploie à peine moins d'étain et plus de plomb au Ha B2 (annexe 6) – ce qui correspond bien à l'évolution habituelle – et les plus fortes proportions d'étain se rencontrent dans des objets Ha A2-B1 (223, 211). C'est un objet attribué au Ha B2 qui révèle la plus forte proportion de plomb (217), mais les teneurs dépassant 1.5% se retrouvent fréquemment dans les objets Ha A2-B1.

*Comparaisons*

Le groupe 1.1 des Eaux-Vives est assimilable aux groupes 1.1 et 1.2 de Morges, qui sont eux aussi à nickel dominant. Il est plus proche de Morges 1.2 par les rapports entre arsenic, antimoine et nickel, mais il a exactement le même rapport nickel-cobalt que Morges 1.1. Les corrélations entre arsenic, antimoine et nickel sont moins bonnes à Morges, mais celles entre cobalt, nickel et arsenic sont équivalentes à Morges et à Genève. Les corrélations entre plomb, arsenic, nickel et antimoine n'existent pas à Morges. Sont-elles, à Genève, purement accidentelles? Au point de vue chronologique, la correspondance entre les deux stations est parfaite, puisque Morges 1.1 et 1.2, comme Genève 1.1, sont à 100% antérieurs à Ha B2. La suite de nos analyses est d'ailleurs en train de souligner de plus en plus l'importance de ce type de cuivre à nickel dominant dans les débuts de la métallurgie palafittique du Bronze final.

Le minigroupe 1.2 est très voisin de Morges 2.3 pour ce qui est des rapports entre arsenic, antimoine et nickel. Le cobalt est cependant plus important à Genève. Morges 2.3 rassemble presque tous les objets Ha B2 de cette station.

Les trois objets constituant 1.3 et 1.4, à arsenic dominant, se rapprochent de Morges 142, lui-même isolé dans son contexte et par sa composition et par sa forme (hache à douille à constriction médiane et ailerons simulés).

Le groupe 2.1, à très forte majorité Ha B2, est voisin de Morges 2.3, lui aussi Ha B2. En valeurs absolues, les teneurs moyennes en cobalt sont identiques au millième près dans les deux groupes, mais la variance de l'élément est un peu plus forte à Morges. Dans les deux stations, quelques objets de forme clairement ancienne montrent que les changements métallurgiques ne correspondent pas exacte-

ment aux changements typologiques. En ce qui concerne l'étain et le plomb, il est intéressant d'observer que la recette du fondeur emploie à Genève plus d'étain (8.11% contre 6.91%) et moins de plomb (1.80 contre 2.15) qu'à Morges. Si le rapport entre antimoine et nickel est pratiquement le même à Genève et à Morges, l'arsenic est cependant beaucoup plus faible à Genève, où il ne dépasse le nickel que de justesse et seulement en moyenne. En fait, arsenic et nickel sont équivalents (huit objets à nickel dominant légèrement arsenic, neuf objets à arsenic dominant légèrement nickel). Le schéma typique du Ha B2 genevois est donc bien plutôt Sb>As = Ni que le Sb>As>Ni caractéristique de Corcelettes (RYCHNER, 1983) et de Morges. Remarquons que le rapport moyen entre arsenic et nickel décroît régulièrement de Corcelettes à Genève: 136 à Corcelettes, 117 à Morges 2.3, 103 à Genève 2.1.

Avec son schéma uniformément Sb>Ni>As, le groupe 2.2 se rapproche de Morges 2.2 et tout spécialement des trois objets à basses teneurs de ce groupe (96, 98, 123). Les rapports sont également forts avec quelques objets à schéma Sb>Ni>As du groupe 2.1 de Genève (206, 230, 198, 211), surtout avec 211, qui est aussi à basses teneurs et que nous avons daté du Ha A2-B1. La majorité des objets de Genève 2.2 sont en effet anciens, comme la totalité de ceux de Morges 2.2. L'antimoine dominant et les faibles teneurs relient également le groupe 2.2 à certains objets du dépôt d'Echallens (RYCHNER, 1984, fig. 2/17, 19).

Le schéma Sb>Ni>As prononcé de Genève 2.3 évoque lui aussi Morges 2.2, mais l'antimoine est plus fort à Genève, de même que le rapport nickel-arsenic. Les deux objets les plus concentrés sont anciens, les deux autres récents.

A Morges, les différences dans l'usage de l'étain et du plomb entre Ha A2-B1 et Ha B2 sont un peu plus marquées qu'à Genève, mais la diminution de l'étain et l'augmentation du plomb au Ha B2 est plus sensible à Morges qu'à Genève.

Une des particularités les plus frappantes de la métallurgie Bronze final des Eaux-Vives, comparée à celles des Trois-Lacs et de Morges, est le nombre élevé des objets à basses teneurs (<0.1%) en arsenic, antimoine et nickel. Ils représentent, en effet, plus du quart de tous les objets et la majorité des objets antérieurs à Ha B2. Or, une première approche de l'évolution des compositions entre le Bronze moyen et le Bronze final en Suisse centre-occidentale (RYCHNER, 1986, b) a montré que les basses concentrations en impuretés étaient une des principales caractéristiques du Bronze moyen et du Bz D – Ha A1. En fait, seul 223, aux Eaux-Vives, pourrait évoquer ces périodes anciennes. Les dix autres objets à basses teneurs se rattachent tous, en effet, au schéma Sb>Ni>As, alors que les deux tendances principales du Bronze moyen sont As>Ni>Sb et Ni>As>Sb, ces deux schémas étant en outre caractérisés par la faiblesse de l'antimoine ainsi que par des concentrations en nickel et en arsenic nettement plus élevées que celles des objets genevois en question. Le plomb représente une autre différence très frappante entre les basses teneurs des Eaux-Vives et celles du Bronze moyen. Sa présence aux Eaux-Vives est en effet très soutenue alors qu'il se situe au-dessous de 0.1% dans presque tous les objets du Bronze moyen. Il nous paraît donc impossible de considérer les objets des Eaux-Vives à basses teneurs, en particulier le groupe 2.2, comme un prolongement de la métallurgie du Bronze moyen.

## CONCLUSIONS

Les difficultés rencontrées dans la datation typologique du matériel des Eaux-Vives hypothèquent certainement l'interprétation de son analyse métallurgique. Elles ne sauraient, cependant, masquer une triple évidence:

1) il existe aux Eaux-Vives plusieurs groupes métallurgiques;
2) ceux-ci ont une indiscutable signification chronologique;
3) ils ne se rattachent qu'en partie aux groupes définis à Morges et dans la région des Trois-Lacs.

Au Ha A2-B1, le type de cuivre fortement chargé en impuretés et à nickel le plus souvent dominant, mis en évidence à Morges et dans la région des Trois-Lacs, est également attesté aux Eaux-Vives (1.1), mais par une petite proportion d'objets seulement. La majorité des objets antérieurs au Ha B2 se rattachent en effet à un autre type de cuivre (2.2; 209, 223, 211), caractérisé par ses basses teneurs en impuretés et par la prépondérance de l'antimoine (9 cas sur 10). Ce type n'est représenté à Morges que par 4 objets (96, 98, 123, 142), eux aussi antérieurs au Ha B2. Il n'est pas exclu que la distinction entre ces deux types de cuivres anciens aux Eaux-Vives revête une signification chronologique. Les deux seuls objets indiscutablement Ha A2 (221, 197) appartiennent en effet au groupe 1.1, où les accompagnent 222 et 219 qui peuvent (mais ne doivent pas) recevoir la même étiquette chronologique. D'autre part, aucun des objets à basses teneurs ne doit être daté au Ha A2, mais plusieurs, en revanche, doivent être datés au Ha B1 (223, 226, 227, 225). Ainsi, la faible représentation du cuivre «riche» à nickel dominant tient peut-être au fait que la fréquentation des Eaux-Vives a commencé dans le Ha A2 plus tard qu'à Morges. Dans l'état encore très approximatif de nos connaissances, il semble bien, cependant, que l'importance du cuivre «pauvre» constitue aux Eaux-Vives une originalité «occidentale» par rapport à Morges et aux Trois-Lacs.

Le caractère particulier de la métallurgie des Eaux-Vives continue à s'affirmer au Ha B2. Près des trois quarts des objets se rattachent alors au type de cuivre très bien défini

du groupe 2.1, dont nous avons souligné la similitude seulement partielle avec le cuivre contemporain de Morges et de Corcelettes. La présence d'un objet de forme ancienne (210) dans le groupe métallurgique récent, et celle d'objets de forme en partie au moins récente (201, 215) dans le groupe à cuivre «pauvre» montrent que les changements métallurgiques ne correspondent pas absolument aux cloisons artificiellement étanches de la typologie.

Si l'on admet que les différentes sortes de cuivre définies à l'analyse correspondent à des matières premières différentes, on peut dire que l'histoire métallurgique des Eaux-Vives est parallèle dans ses grands traits à celle de Morges. Elle connaît elle aussi, en effet, deux sortes principales de cuivre au Ha A2 et au Ha B1 (à Morges: cuivres à nickel dominant et de schéma Sb>Ni>As) ainsi qu'un changement net au Ha B2 avec l'introduction d'un cuivre moyennement chargé à antimoine dominant. Les deux métallurgies, cependant, ne suivent pas des voies tout-à-fait parallèles car les types de cuivre ne sont pas identiques et n'ont pas la même importance dans les deux stations. L'originalité métallurgique du matériel des Eaux-Vives apparaît donc comme le pendant de son originalité morphologique.

[1] Contrairement aux grandes stations des Trois-Lacs et à celles de Morges, les stations littorales de la rade de Genève ne jouent qu'un rôle extrêmement discret dans les publications du XIX[e] et du début du XX[e] siècle (bibliographie dans: PFAHLBAUTEN 12, pp. 52-55). Les renseignements les plus complets sont donnés par R. MONTANDON (1922) et par L. BLONDEL (1923). Une certaine confusion semble avoir régné dans l'attribution des objets aux différentes stations ainsi que dans les noms de ces dernières. Les plus importantes trouvailles de l'âge du Bronze final ont d'abord été attribuées, par tous les auteurs y compris L. Blondel, à la plus grande station de la rade, celle de la *Cité de Genève*. C'est la station D de L. Blondel, qu'il baptisa pour sa part station de *Plonjon* ou *de la fonderie*. La station des *Eaux-vives* (F chez L. Blondel) est alors considérée comme surtout néolithique. C'est cependant sous cette dernière appellation que le matériel a été enregistré au Musée d'art et d'histoire de Genève. L'équation «Cité de Genève = Eaux-Vives» est proposée pour la première fois par R. MONTANDON (1922, p. 181).

Le mobilier des stations genevoises de l'âge du Bronze est presque entièrement inédit. On trouve chez E. VOGT (1930) le dessin sommaire de seize poteries des Eaux-Vives, chez D. VIOLLIER (1926) les photographies de 15 moules en pierre de la même station et chez R. MONTANDON (1922, pl. IX-XI) trois planches reúnissant les photographies de six poteries et soixante objets en bronze de diverses stations parmi lesquels on reconnaît nos n[os] 203 et 215.

Les objets étudiés ici, de même que la plus grande partie des inventaires palafittiques genevois, sont conservés au Musée d'art et d'histoire de Genève. Ce nous est un très agréable devoir de remercier Madame Yvette Mottier, conservatrice en chef de la section d'archéologie, pour son accueil toujours bienveillant et les grandes facilités de travail qu'elle a bien voulu nous accorder.

[2] Nos remerciements vont à M. A. Esenwein, chef du Département de chimie inorganique et physique, ainsi qu'à M. N. Kläntschi, responsable des analyses.

[3] Les calculs et le dendrogramme ont été réalisés sur l'ordinateur du Centre de calcul de l'Université de Neuchâtel (Digital, VAX VMS 780), à l'aide des progiciels CLAS (A. Strohmeier, M. Graf, A. Belkoniene et J. Moret, Faculté de droit et des sciences économiques, Groupe de recherche en méthodes quantitatives) et P-STAT.

[4] Nous conservons ici la numérotation courante des analyses.

*Bibliographie:*


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

BLONDEL, L.
1923 *Relevés des stations lacustres de Genève*, dans: *Genava*, t. 1, 1923, pp. 88-112.

BOCQUET, A. et LEBASCLE, M.-C.
1976 *Les dépôts et la chronologie du Bronze final dans les Alpes du Nord*, dans: *Les âges des métaux dans les Alpes* (Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques, 9e Congrès, Nice, 1976. Colloque 26. Prétirage), pp. 35-71.

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

BRIARD, J. et VERRON, G.
1976 *Typologie des objets de l'âge du Bronze en France*. Fascicule IV: *Haches (2), herminettes*, Paris, Société préhistorique française, 1976.

BURGESS, C.
1968 *The later Bronze age in the British Isles and north-western France*, dans: *The Archaeological Journal*, t. 125, 1968, pp. 1-45.

CHARDENOUX, M.-B. et COURTOIS, J.-C.
1979 *Les haches dans la France méridionale*, München, Beck, 1979 (Prähistorische Bronzefunde, IX, 11).

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).

COURTOIS, J.-C.
1960 *L'âge du Bronze dans les Hautes-Alpes*, dans: *Gallia-Préhistoire*, t. 3, 1960, pp. 47-108.

COUTIL, L.
1914 a *La cachette de l'âge du Bronze de Briod (Jura)*, dans: *Congrès préhistorique de France. Compte rendu de la 9e session, Lons-le-Saunier 1913*, Paris, Société préhistorique française, 1914, pp. 443-450.
1914 b *La cachette de fondeur de Larnaud (Jura)*, dans: *Congrès préhistorique de France. Compte rendu de la 9e session, Lons-le-Saunier 1913*, Paris, Société préhistorique française, 1914, pp. 451-469.

JOCKENHÖVEL, A.
1975 *Zum Beginn der Jungbronzezeitkultur in Westeuropa*, dans: *Jahresbericht des Instituts für Vorgeschichte der Universität Frankfurt a. M.*, 1975, pp. 134-181.

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

MONTANDON, R.
1922 *Genève des origines aux invasions barbares*, Genève, Georg, 1922.

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

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

PFAHLBAUTEN 12
*Die keltischen Pfahlbauten in den Schweizer Seen. 12. Bericht*, dans: *Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich*, t. 30, 1930, Heft 7, pp. 1-90 [pagination propre].

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).

RYCHNER, V.
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*, dans: *Musée neuchâtelois*, t. 18, 1981, pp. 97-124.
1983 *Le cuivre et les alliages du Bronze final en Suisse occidentale*. II: *Corcelettes VD*, dans: *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, t. 66, 1983, pp. 75-85.
1984 *De l'âge du Bronze à l'âge du Fer. Le dépôt d'Echallens (canton de Vaud, Suisse)*, dans: *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 81, 1984, pp. 357-370.
1986 a *L'évolution du cuivre à l'âge du Bronze final: le cas de Morges VD*, dans: *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, t. 69, 1986, pp. 121-132.
1986 b *De l'âge du Bronze moyen au groupe Rhin-Suisse en Suisse centre-occidentale: le phénomène métallurgique*, 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, prétirages.

VIOLLIER, D.
1926 *Moules de fondeurs de l'âge du Bronze au Musée de Genève*, dans: *Genava*, t. 4, 1926, pp. 83-90.

VOGT, E.
1930 *Die spätbronzezeitliche Keramik der Schweiz und ihre Chronologie*, Zürich, Druckerei Fretz, 1930 (Denkschriften der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft, 66, 1930).

ANNEXE 1

| | N° inv. | longueur | poids | | N° inv. | longueur | poids |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 197 | B 1183 | 116 | 235 | 216 | B 26 | 56/123 | 57 |
| 198 | B 5520 | 139 | 399 | 217 | B 3209 | 99 | 99 |
| 199 | B 3192 | 140 | 515 | 218 | B 3450 | 67/140 | 63 |
| 200 | 2111 | 143 | 394 | 219 | B 1714 | 119 | 55 |
| 201 | B 3190 | 97 | 159 | 220 | B 1192 | 108 | 41 |
| 202 | B 1569 | 88 | 134 | 221 | B 1572 | 154 | 39 |
| 203 | 2115 | 105 | 157 | 222 | B 3454 | 149 | 19 |
| 204 | 3207 | 91 | 98 | 223 | 2126 | 128 | 34 |
| 205 | B 1397 | 105 | 159 | 224 | B 3453 | 152 | 17 |
| 206 | B 3447 | 91 | 140 | 225 | B 22 | 191 | 42 |
| 207 | B 3461 | 95 | 130 | 226 | B 1169 | 203 | 45 |
| 208 | B 3206 | 88 | 156 | 227 | B 5754 | 130 | 25 |
| 209 | B 3463 | 105 | 159 | 228 | B 1201 | 173 | 39 |
| 210 | 2114 | 92 | 137 | 229 | B 1163 | 198 | 71 |
| 211 | B 3462 | 101 | 161 | 230 | B 3213 | 138 | 31 |
| 212 | B 563 | 116 | 175 | 231 | B 1162 | 154 | 63 |
| 213 | B 1568 | 96 | 102 | 232 | B 3214 | 105 | 50 |
| 214 | B 1868 | 108 | 167 | 233 | B 1163 | 169 | 70 |
| 215 | B 1190 | 68/147 | 85 | | | | |

1. Numéro d'inventaire (MAH Genève), longueur en mm et poids en g des objets analysés. Les dimensions données pour les faucilles 215, 216 et 218 sont celles du plus petit rectangle enveloppant.

ANNEXE 2

| | | Sn | Pb | As | Sb | Ag | Ni | Bi | Co | Zn | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.1 | 197 | 7.04 | 1.14 | 0.70 | 0.80 | 0.153 | 0.90 | 0.015 | 0.32 | 0.016 | 0.53 |
| | 222 | 8.73 | 0.43 | 0.51 | 0.49 | 0.090 | 0.79 | 0.011 | 0.26 | 0.025 | 0.099 |
| | 219 | 4.70 | 0.42 | 0.39 | 0.44 | 0.082 | 0.39 | 0.055 | 0.099 | 0.014 | 0.066 |
| | 221 | 6.38 | 1.31 | 0.64 | 0.78 | 0.085 | 0.93 | 0.017 | 0.21 | 0.025 | 0.046 |
| 1.2 | 202 | 8.68 | 1.70 | 0.49 | 0.71 | 0.085 | 0.40 | 0.019 | 0.25 | 0.013 | 0.021 |
| | 209 | 10.56 | 0.40 | 0.019 | 0.035 | 0.004 | 0.024 | 0. | 0.010 | 0.010 | 0.014 |
| 1.3 | 218 | 11.16 | 0.56 | 0.43 | 0.24 | 0.085 | 0.31 | 0.012 | 0.039 | 0.016 | 0.022 |
| | 223 | 12.59 | 2.06 | 0.095 | 0.064 | 0.014 | 0.084 | 0.006 | 0.011 | 0.017 | 0.010 |
| 1.4 | 228 | 8.89 | 0.68 | 0.52 | 0.29 | 0.084 | 0.23 | 0.020 | 0.199 | 0.009 | 0.108 |
| 2.1 | 198 | 8.43 | 1.52 | 0.22 | 0.37 | 0.151 | 0.24 | 0.015 | 0.047 | 0.008 | 0.034 |
| | 230 | 6.26 | 0.82 | 0.33 | 0.57 | 0.111 | 0.40 | 0.008 | 0.062 | 0.029 | 0.011 |
| | 206 | 8.49 | 1.38 | 0.169 | 0.33 | 0.084 | 0.20 | 0.010 | 0.038 | 0.008 | 0.002 |
| | 211 | 12.02 | 1.86 | 0.052 | 0.111 | 0.027 | 0.075 | 0. | 0.013 | 0.011 | 0.019 |
| | 204 | 6.62 | 1.58 | 0.25 | 0.50 | 0.086 | 0.26 | 0.003 | 0.038 | 0.003 | 0.009 |
| | 207 | 7.91 | 2.11 | 0.29 | 0.66 | 0.077 | 0.34 | 0.019 | 0.052 | 0.014 | 0.003 |
| | 220 | 8.02 | 1.53 | 0.195 | 0.44 | 0.093 | 0.24 | 0.012 | 0.043 | 0.013 | 0.092 |
| | 210 | 5.06 | 0.82 | 0.53 | 1.08 | 0.106 | 0.44 | 0.031 | 0.054 | 0.012 | 0.051 |
| | 200 | 8.34 | 2.48 | 0.22 | 0.36 | 0.141 | 0.20 | 0.008 | 0.039 | 0. | 0.021 |
| | 217 | 8.94 | 4.34 | 0.22 | 0.32 | 0.076 | 0.180 | 0.007 | 0.045 | 0.012 | 0.018 |
| | 229 | 6.23 | 2.97 | 0.38 | 0.70 | 0.082 | 0.35 | 0.028 | 0.089 | 0.010 | 0.004 |
| | 203 | 8.47 | 2.19 | 0.21 | 0.40 | 0.072 | 0.22 | 0.015 | 0.064 | 0.006 | 0.011 |
| | 231 | 10.02 | 1.77 | 0.39 | 0.67 | 0.086 | 0.38 | 0.014 | 0.123 | 0.015 | 0.010 |
| | 213 | 7.31 | 0.66 | 0.31 | 0.57 | 0.088 | 0.28 | 0.063 | 0.115 | 0.009 | 0.019 |
| | 216 | 8.28 | 1.33 | 0.24 | 0.44 | 0.117 | 0.20 | 0.023 | 0.077 | 0.013 | 0.022 |
| | 208 | 6.69 | 2.76 | 0.32 | 0.38 | 0.091 | 0.22 | 0.011 | 0.070 | 0.013 | 0.047 |
| | 233 | 10.84 | 0.42 | 0.37 | 0.53 | 0.083 | 0.34 | 0.011 | 0.096 | 0.015 | 0.035 |
| 2.2 | 199 | 10.90 | 1.87 | 0.041 | 0.153 | 0.074 | 0.120 | 0. | 0.011 | 0. | 0.017 |
| | 201 | 10.45 | 1.89 | 0.029 | 0.104 | 0.027 | 0.083 | 0.001 | 0.013 | 0.007 | 0.023 |
| | 226 | 8.69 | 1.69 | 0.043 | 0.122 | 0.030 | 0.094 | 0.004 | 0.014 | 0.010 | 0.004 |
| | 215 | 8.87 | 3.41 | 0.068 | 0.117 | 0.032 | 0.093 | 0. | 0.016 | 0.013 | 0.066 |
| | 227 | 10.72 | 0.84 | 0.063 | 0.119 | 0.045 | 0.103 | 0.005 | 0.020 | 0.023 | 0.054 |
| | 224 | 8.18 | 2.39 | 0.067 | 0.155 | 0.041 | 0.121 | 0.008 | 0.031 | 0.017 | 0.013 |
| | 225 | 10.32 | 1.60 | 0.089 | 0.185 | 0.052 | 0.141 | 0.005 | 0.034 | 0.017 | 0.015 |
| 2.3 | 205 | 3.89 | 0.88 | 0.30 | 1.34 | 0.082 | 0.57 | 0.011 | 0.018 | 0.004 | 0.019 |
| | 232 | 4.80 | 0.90 | 0.46 | 1.94 | 0.123 | 0.74 | 0.005 | 0.027 | 0.014 | 0.022 |
| | 212 | 7.46 | 1.69 | 0.177 | 0.61 | 0.095 | 0.37 | 0. | 0.028 | 0.006 | 0.016 |
| | 214 | 7.84 | 1.21 | 0.26 | 0.87 | 0.091 | 0.43 | 0.003 | 0.030 | 0.012 | 0.063 |

2. Résultats des analyses, rangés dans l'ordre de la hiérarchie fig. 3. Les valeurs expriment des % de poids.

ANNEXE 3

| | | moy. | e.t. | var. | min. | max. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.1 | Sn | 6.713 | 1.667 | 25 | 4.70 | 8.73 |
| | Pb | 0.825 | 0.467 | 57 | 0.42 | 1.31 |
| | As | 0.560 | 0.138 | 25 | 0.39 | 0.70 |
| | Sb | 0.628 | 0.189 | 30 | 0.44 | 0.80 |
| | Ni | 0.753 | 0.249 | 33 | 0.39 | 0.93 |
| | Co | 0.222 | 0.094 | 42 | 0.099 | 0.32 |
| 2.1 | Sn | 8.114 | 1.745 | 22 | 5.06 | 12.02 |
| | Pb | 1.796 | 0.974 | 54 | 0.42 | 4.34 |
| | As | 0.276 | 0.108 | 39 | 0.052 | 0.53 |
| | Sb | 0.496 | 0.212 | 43 | 0.111 | 1.08 |
| | Ni | 0.269 | 0.094 | 35 | 0.075 | 0.44 |
| | Co | 0.063 | 0.029 | 46 | 0.013 | 0.123 |
| 2.2 | Sn | 9.733 | 1.113 | 11 | 8.18 | 10.90 |
| | Pb | 1.956 | 0.791 | 40 | 0.84 | 3.41 |
| | As | 0.057 | 0.020 | 35 | 0.029 | 0.089 |
| | Sb | 0.136 | 0.029 | 21 | 0.104 | 0.185 |
| | Ni | 0.108 | 0.020 | 19 | 0.083 | 0.141 |
| | Co | 0.020 | 0.009 | 45 | 0.011 | 0.034 |
| 2.3 | Sn | 5.998 | 1.950 | 53 | 3.89 | 7.84 |
| | Pb | 1.17 | 0.378 | 32 | 0.88 | 1.69 |
| | As | 0.299 | 0.119 | 40 | 0.177 | 0.46 |
| | Sb | 1.19 | 0.584 | 49 | 0.61 | 1.94 |
| | Ni | 0.528 | 0.165 | 31 | 0.37 | 0.74 |
| | Co | 0.026 | 0.005 | 19 | 0.018 | 0.030 |

3. Teneurs moyennes, écarts types, variances ($\frac{\text{écart type}}{\text{ten. moy.}} \times 100$), teneurs minimums et maximums des principaux groupes définis dans la hiérarchie fig. 3.

ANNEXE 4

| | | As | Sb | Ni | Co |
|---|---|---|---|---|---|
| As | 1.1 | -- | 89 | 74 | 252 |
| | 2.1 | -- | 56 | 103 | 438 |
| | 2.2 | -- | 42 | 53 | 285 |
| | 2.3 | -- | 25 | 57 | 1150 |
| Sb | 1.1 | 112 | -- | 83 | 282 |
| | 2.1 | 180 | -- | 184 | 787 |
| | 2.2 | 239 | -- | 126 | 680 |
| | 2.3 | 398 | -- | 225 | 4577 |
| Ni | 1.1 | 134 | 120 | -- | 339 |
| | 2.1 | 97 | 54 | -- | 427 |
| | 2.2 | 189 | 79 | -- | 540 |
| | 2.3 | 177 | 44 | -- | 2030 |
| Co | 1.1 | 40 | 35 | 29 | -- |
| | 2.1 | 23 | 13 | 23 | -- |
| | 2.2 | 35 | 15 | 19 | -- |
| | 2.3 | 9 | 2 | 5 | -- |

4. Importance relative (en %) des éléments les uns par rapport aux autres dans les groupes de la hiérarchie fig. 3, calculée d'après les teneurs moyennes indiquées en annexe 3.

ANNEXE 5

| | | Sn | Pb | As | Sb | Ag | Ni | Bi | Co | Zn | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.1 | Sn | 100 | | | | | | | | | |
| | Pb | — | 100 | | | | | | | | |
| | As | — | 88 | 100 | | | | | | | |
| | Sb | — | 98 | 96 | 100 | | | | | | |
| | Ag | — | — | — | — | 100 | | | | | |
| | Ni | — | 76 | 92 | 82 | — | 100 | | | | |
| | Bi | -87 | — | -76 | — | — | -93 | 100 | | | |
| | Co | 77 | — | 82 | — | 76 | 83 | -89 | 100 | | |
| | Zn | — | — | — | — | — | — | — | — | 100 | |
| | Fe | — | — | — | — | 100 | — | — | — | — | 100 |

| | | Sn | Pb | As | Sb | Ag | Ni | Bi | Co | Zn | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.1 | Sn | 100 | | | | | | | | | |
| | Pb | — | 100 | | | | | | | | |
| | As | — | — | 100 | | | | | | | |
| | Sb | — | — | 92 | 100 | | | | | | |
| | Ag | — | — | — | — | 100 | | | | | |
| | Ni | — | — | 90 | 91 | — | 100 | | | | |
| | Bi | — | — | — | — | — | — | 100 | | | |
| | Co | — | — | — | — | — | — | — | 100 | | |
| | Zn | — | — | — | — | — | — | — | — | 100 | |
| | Fe | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 100 |

| | | Sn | Pb | As | Sb | Ag | Ni | Bi | Co | Zn | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.2 | Sn | 100 | | | | | | | | | |
| | Pb | — | 100 | | | | | | | | |
| | As | — | — | 100 | | | | | | | |
| | Sb | — | — | — | 100 | | | | | | |
| | Ag | — | — | — | — | 100 | | | | | |
| | Ni | — | — | — | 98 | — | 100 | | | | |
| | Bi | — | — | — | — | — | — | 100 | | | |
| | Co | — | — | 84 | — | — | — | 78 | 100 | | |
| | Zn | — | — | — | — | — | — | — | — | 100 | |
| | Fe | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 100 |

| | | Sn | Pb | As | Sb | Ag | Ni | Bi | Co | Zn | Fe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.3 | Sn | 100 | | | | | | | | | |
| | Pb | 80 | 100 | | | | | | | | |
| | As | — | -81 | 100 | | | | | | | |
| | Sb | -78 | -85 | 98 | 100 | | | | | | |
| | Ag | — | — | — | — | 100 | | | | | |
| | Ni | -78 | -83 | 98 | 100 | — | 100 | | | | |
| | Bi | -87 | -84 | — | — | — | — | 100 | | | |
| | Co | 83 | — | — | — | — | — | -89 | 100 | | |
| | Zn | — | — | — | — | 76 | — | — | — | 100 | |
| | Fe | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 100 |

5. Corrélations entre éléments dans les groupes de la hiérarchie fig. 3. Seuls sont retenus les coefficients égaux ou supérieurs à 80.

ANNEXE 6

| | Sn | | Pb | |
|---|---|---|---|---|
| | *A2-B1* | *B2* | *A2-B1* | *B2* |
| Morges | 8.24 | 6.92 | 1.36 | 2.34 |
| Eaux-Vives | 8.72 | 7.94 | 1.45 | 1.69 |

6. Comparaisons des proportions moyennes de plomb et d'étain (% de poids) à Morges et aux Eaux-Vives, aux phases Ha A2-B1 et Ha B2.