

L'évolution du cuivre à l'âge du Bronze final : le cas de Morges VD

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte = Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie = Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia**

Band (Jahr): **69 (1986)**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-116992>

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.

L'évolution du cuivre à l'âge du Bronze final: le cas de Morges VD*

1. Introduction

A la suite des travaux menés dans ce secteur depuis longtemps déjà dans plusieurs pays d'Europe, des recherches préliminaires¹ sur les matériaux d'Auvergnier/Nord, de Neuchâtel/Le Crêt, de Grandson/Corcelettes et d'Echallens ont confirmé l'intérêt des analyses spectrographiques dans l'étude du Bronze final et la nécessité d'élargir en Suisse ce champ de recherche.

Grâce à l'aide financière du Fonds national suisse de la recherche scientifique et à la collaboration du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux² (EMPA) de Dübendorf, où s'effectuent les mesures, nous avons donc mis sur pied un programme de mille analyses en trois ans, portant sur les périodes du Bronze moyen et du Bronze final en Suisse, et ayant pour but la mise en évidence des variations spatiales et temporelles observables dans le cuivre utilisé ainsi que dans la manière de l'allier à l'étain et au plomb. Au moment de la rédaction du présent article (printemps 1985), 300 objets étaient déjà analysés. Ils proviennent de Suisse occidentale, entre Genève et le canton de Berne.

Les premières questions posées étaient:

- observe-t-on des changements de composition chimique entre le début et la fin du Bronze final palafittique?
- Le bassin lémanique au Bronze final se rattache-t-il ou non aux groupes métallurgiques de la région des Trois-Lacs (Neuchâtel, Bienne, Morat)?

A partir de l'analyse de 54 haches de Morges VD, le but du présent article est de proposer des réponses, encore provisoires, à ces deux questions.

2. Typologie

Si notre choix s'est porté sur le très important lot de haches de cette station, c'est pour 3 raisons: la hache est un excellent fossile directeur; l'unité typologique renforce l'homogénéité du groupe-test; la hache se prête sans dommage à la prise d'échantillon par forage.

Comme la plus grande partie des collections lacustres, celles de la Grande-Cité de Morges VD³, sur la rive nord du lac Léman, 11 km à l'ouest de Lausanne, ont été récoltées dès le siècle passé, sans que soit relevée la position topographique et stratigraphique des objets. La typologie permet donc seule d'opérer un tri chronologique.

* Publié avec l'appui du Département de l'instruction publique et des cultes du canton de Vaud

Au sein de l'ensemble, deux grandes séries sont ainsi très faciles à distinguer l'une de l'autre. Les nos 125–140 (nous conservons ici la numérotation courante des analyses) se rattachent en effet très clairement au groupe des haches à ailerons supérieurs et anneau les plus récentes, fossiles directeurs de la dernière phase d'occupation des palafittes⁴, soit du Ha (= Hallstatt) B2 ou BF (= Bronze final) IIIb⁵. Elles sont surtout caractérisées par leur taille et leur poids plutôt modestes (à Morges, 143 mm et 409 g en moyenne), ainsi que par leur silhouette élancée à bords nettement concaves.

Les nos 89–118 sont des haches à ailerons supérieurs sans anneau, plus anciennes que les précédentes et caractérisant les phases palafittiques antérieures au Ha B2. Sur le plan européen, elles passent pour typiques du Ha A2 et du Ha B1 (BF IIb–IIIa)⁶. Ce grand groupe d'outils comprend naturellement plusieurs variantes qui ont sans doute des significations chronologiques. C'est ainsi que plusieurs haches, encore inédites, assimilables aux nos 107–113 de Morges, à ressauts latéraux et extrémité proximale à «antennes», ont été trouvées à Hauterive NE/Champ-préveyres, dans un contexte Rhin-Suisse ancien typique des débuts du Bronze final palafittique (Ha A2). Les finesses de typologie ne sont cependant pas le but de cette étude. Il importe seulement de savoir que les haches sans anneau du modèle de celles de Morges sont à considérer en bloc comme antérieures au Ha B2.

Les haches à ailerons supérieurs et anneau 120–124 sont également plus anciennes que Ha B2. Elles se distinguent nettement de la série récente par leur taille plus importante et une silhouette massive, peu élancée, plus rectangulaire que biconcave. Deux haches comparables de Neuchâtel/Le Crêt⁷ appartiennent à un ensemble Ha B1. L'ensemble des haches anciennes de Morges se distinguent des plus récentes par une taille et un poids nettement supérieurs (161 mm et 573 g en moyenne).

Le no 119, incomplet, n'est pas datable avec précision, pas davantage que l'herminette sans anneau 141, qui se rencontre aussi bien au Ha B1 qu'au Ha B2⁸. La même difficulté existe pour le no 142, dont il faut surtout remarquer qu'elle est d'un type aussi rare à Morges que dans la région des Trois-Lacs. La hache à douille et constriction médiane est en revanche plus courante à l'extrémité occidentale du lac Léman. Elle passe pour un fossile directeur du groupe britannique de Wilburton⁹, qu'il est d'usage de paralléliser avec la phase centre-européenne Ha B1¹⁰. Mais elle se rencontre également en France et en Allemagne dans des ensembles aussi bien Ha B1 que Ha B2¹¹.

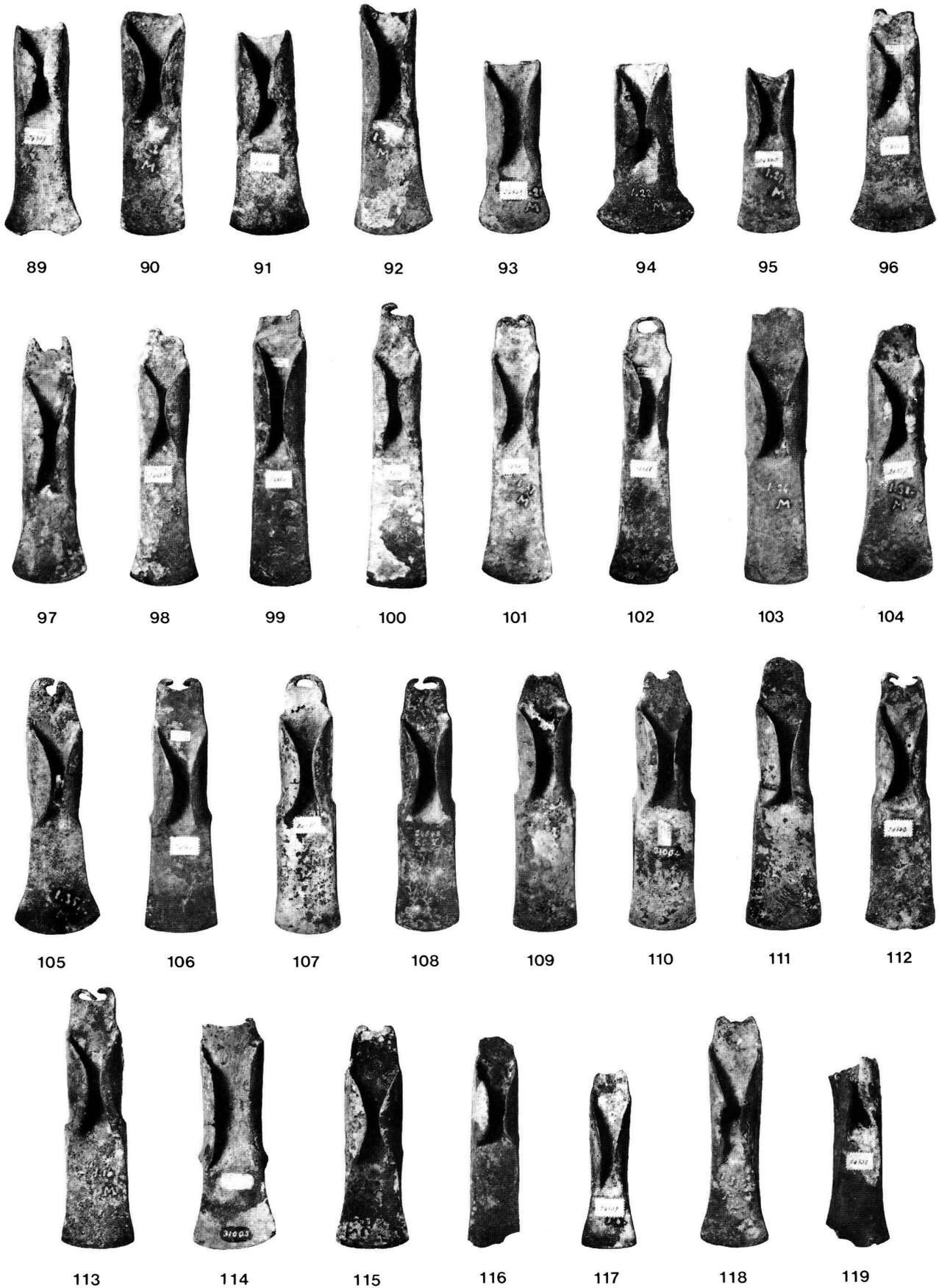


Fig. 1. Morges VD. Objets analysés. Approximativement 1:3.6, mais l'échelle relative n'est pas toujours respectée (voir annexe 1). Photos V. Rychner.

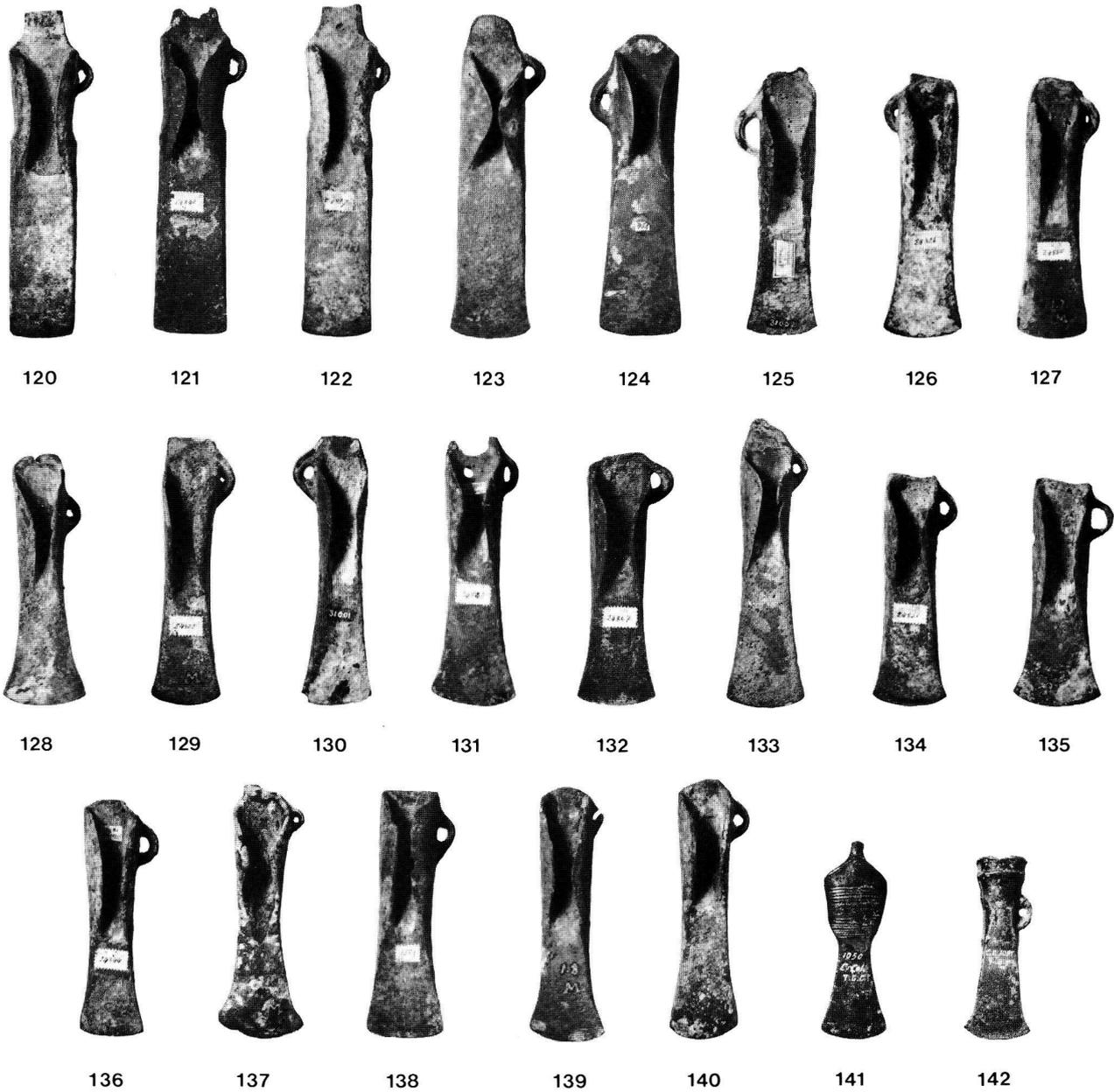


Fig. 2. Morges VD. Objets analysés. Voir fig. 1.

3. Résultats des analyses

En résumé, nous disposons à Morges de deux séries de haches bien distinctes et typologiquement bien datées, l'une récente (Ha B2) de 16 exemplaires (125–140), l'autre ancienne (Ha A2–B1) de 35 exemplaires (89–118, 120–124). Les no 119, 141 et 142 ne sont pas datables avec précision. Comme notre recherche est ici essentiellement chronologique, nous laissons provisoirement de côté ces trois outils, dont il n'est pas tenu compte dans les deux premières étapes de notre analyse (points 3.1 et 3.2).

Bien que les mêmes impuretés caractérisent l'ensemble de la collection envisagée, la première de nos deux questions mérite une réponse positive très nette: les haches récentes, en effet, n'ont pas la même composition chimique que les haches anciennes. Ces différences peuvent être mises en relief par trois moyens différents: les histogrammes de fréquence; le classement selon l'importance relative des impuretés; la classification hiérarchique ascendante et l'analyse des correspondances.

3.1. Les histogrammes de fréquence

Combinés aux tableaux des annexes 3 et 4, les histogrammes de fréquence (fig. 3) montrent que les haches récentes se distinguent des anciennes par des teneurs uniformément plus basses, sauf en bismuth. Les haches récentes constituent un groupe spécialement homogène, tandis que celui des haches anciennes, qui est aussi deux fois plus volumineux, paraît déjà plus hétéroclite. En ce qui concerne l'étain et le plomb, les différences entre les deux groupes sont moins frappantes. On constate cependant que la grande majorité des haches anciennes contiennent plus de 7% d'étain, et que la quasi-totalité des haches récentes contiennent plus de 1% de plomb. Mais une fois de plus, il n'est pas possible de déterminer la limite à partir de laquelle le plomb ne doit plus être considéré comme simple impureté mais comme élément intentionnel de l'alliage. Des teneurs dépassant 2% tendent cependant à montrer que le bronze au plomb était occasionnellement fabriqué dès avant la fin du Bronze final.

3.2. L'importance relative des impuretés

Les histogrammes montrent que le bismuth ne joue pas ici un rôle discriminant. Quant au zinc et au fer, ils varient au moins deux fois plus que les autres éléments. Il s'ensuit, dans le cas qui nous occupe, que les principales impuretés sont l'arsenic, l'antimoine, l'argent, le nickel et le cobalt, parmi lesquelles l'argent est la moins utilisable du fait de sa trop faible variance, peut-être liée à des problèmes techniques de mesure. Les quatre impuretés cardinales sont donc l'arsenic, l'antimoine, le nickel et le cobalt. L'une au moins des trois premières, mais le plus souvent les trois, dominent le cobalt en quantité, le no 105 constituant la seule exception. L'arsenic, l'antimoine ou le nickel, en revanche, peuvent chacun dominer les deux autres. D'où l'idée d'un classement des analyses selon l'importance relative de ces trois éléments.

Ce classement (annexe 5) se révèle très significatif au point de vue de la chronologie. On constate en effet que la grande majorité des haches anciennes sont dans les groupes Ni>Sb>As, Ni>As>Sb et Sb>Ni>As, tandis que les haches récentes sont presque exclusivement dans le groupe Sb>As>Ni (ou Sb>As=Ni), les deux exemplaires récents de type Sb>Ni>As (140, 132) ayant d'ailleurs des valeurs d'arsenic et de nickel presque équivalentes. Le nickel dominant est le propre exclusif des haches anciennes. Les no 93 et 137 sont les seuls à révéler un spectre à arsenic dominant. Le no 93, dans lequel l'arsenic ne dépasse le nickel que de trois centièmes, se rapproche beaucoup du groupe à nickel dominant. Quant à 137, une des compositions les plus déviantes de notre lot, elle se signale d'autre part par sa très forte teneur en cobalt.

3.3. Classification automatique et analyse des correspondances¹²

Pour affiner et assouplir le classement précédent, nous avons choisi le chi carré pour critère de distance d'une classification hiérarchique ascendante, qui ordonne ainsi les objets non pas d'après la valeur absolue des teneurs mais en fonction des proportions relatives des éléments les uns par rapport aux autres. Les quatre impuretés cardinales – arsenic, antimoine, nickel, cobalt – sont seules retenues mais la totalité des 54 objets sont pris en compte dans le calcul.

Au-dessus du niveau 0.629, le dendrogramme qui en résulte (fig. 4) distingue deux groupes de volume inégal. La section des branches de l'arbre au niveau 0.069, arbitrairement choisi, permet ensuite d'isoler des sous-groupes, deux dans le groupe 1, trois dans le groupe 2. Leurs caractéristiques détaillées sont données dans les annexes 6 à 8.

Les sous-groupes 1.1 et 1.2 sont à nickel dominant. Ils se distinguent l'un de l'autre par le cobalt, beaucoup plus important dans 1.2. L'ensemble du groupe 2 est à antimoine dominant. Le sous-groupe 2.1 rassemble les quatre objets les plus pauvres relativement en cobalt. Le sous-groupe 2.2 est du type Sb>Ni>As, le sous-groupe 2.3 du type Sb>As>Ni. Entre 1.2 et 2.1 s'insèrent 105, 114 et 137, les trois compositions les plus particulières de la collection, caractérisées les trois par l'importance du cobalt. La troisième est en outre à arsenic dominant.

Vu le critère de distance choisi, les corrélations entre éléments sont évidemment bonnes (annexe 8). Elles atteignent un niveau particulièrement remarquable dans les sous-groupes 2.1 (il est, bien sûr, petit) et surtout 2.2, où l'arsenic, l'antimoine, le nickel et le cobalt ne sont jamais corrélés entre eux à moins de 93, ce qui souligne non seulement l'homogénéité du groupe mais aussi la signification certaine du métal auquel il correspond.

Au point de vue chronologique, cette classification ne fait que confirmer la précédente. Le sous-groupe 2.3 est en effet composé à 74% de haches de forme récente, dont 12.5% seulement (2 exemplaires) figurent dans d'autres sous-groupes de l'arbre. Le groupe 1 (nickel dominant) et le sous-groupe 2.2 (Sb>Ni>As) sont, quant à eux, 100% antérieurs à Ha B2. La position chronologique des trois objets de datation incertaine peut maintenant être reconsidérée à la lumière de leur composition. L'herminette 141, dans le sous-groupe 2.3, est du type classique Sb>As>Ni. Elle a donc statistiquement toutes les chances de dater du Ha B2. A cause de sa proportion de cobalt, la même datation est également vraisemblable pour 119, intégrée dans le même sous-groupe, mais qui est de type Sb>As=Ni. Quant à la hache à douille 142, isolée à une extrémité de l'arbre, sa composition en confirme le caractère exogène mais ne contribue pas, pour l'instant, à en préciser la datation.

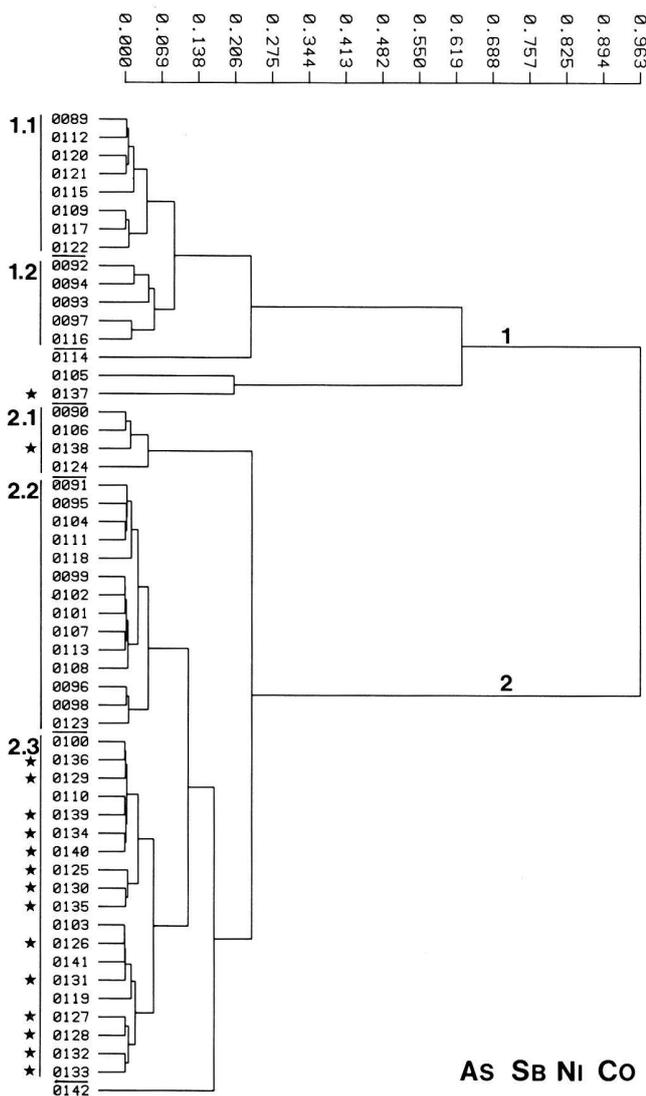


Fig. 4. Morges VD. Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante (chi carré). Eléments considérés: arsenic, antimoine, nickel, cobalt. Les objets Ha B2 sont marqués d'une étoile.

La plan de l'analyse factorielle des correspondances (fig. 5) qui, par définition, utilise la même distance du chi carré, permet de valider le découpage opéré dans l'arbre hiérarchique. Les cinq sous-groupes définis correspondent en effet à cinq nuages bien individualisés. Avec des signes contraires sur le 3^e axe, les sous-groupes 1.1 (négatif) et 1.2 (positif) sont même plus éloignés l'un de l'autre qu'ils ne le paraissent sur ce plan. La même remarque est valable pour 142, apparemment intégrée au sous-groupe 2.3 mais qui en est en fait bien séparée par sa forte valeur négative sur l'axe 3 (faiblesse du cobalt). La position marginale de 105, en revanche, est bien mise en évidence, de même que celles de 114 et 137, situées à l'extérieur des limites de notre plan.

4. Interprétation

4.1. Du Ha A2-B1 au Ha B2

Le cuivre des haches récentes est donc bien individualisé par rapport à celui ou à ceux des haches anciennes. L'évolution va dans le sens d'une baisse générale du taux global d'impuretés (de 2.42% en moyenne à 1.22%). A première vue, deux explications sont possibles:

- le cuivre récent est le même que le cuivre ancien, mais épuré par des refontes successives;
- le cuivre récent correspond à l'apparition d'une nouvelle matière première.

En fait, la première solution nous paraît très invraisemblable. Les refontes successives d'un cuivre donné, en effet, ne semblent pouvoir conduire qu'à une baisse de l'arsenic et du zinc, qui ont un point d'ébullition nettement inférieur (610 et 910 °C) au point de fusion du cuivre (1084 °C). L'antimoine, mais surtout le nickel et le cobalt ne devraient pas être affectés par un tel traitement puisqu'ils s'évaporent respectivement à 1440, 2051 et 2723 °C¹³.

Un argument positif solide en faveur de la deuxième solution est constitué par l'existence à Corcelettes et à Auvernier de deux lingots et d'un bracelet en cuivre pur¹⁴, sans plomb ni étain, qui ne peuvent donc pas résulter de la refonte de vieux objets de bronze, et qui se rattachent tous trois à notre type récent Sb>As>Ni. Il est donc certain que le type métallurgique du Ha B2 tel qu'il est défini à Morges et à Corcelettes correspond à l'apparition d'une nouvelle matière première, dont les premiers témoins remontent au Ha B1. Aux changements typologiques et topographiques (nouvelle phase de construction) marquant le passage du Ha B1 au Ha B2, s'ajoute ainsi, selon toute vraisemblance, un changement économique. La localisation dans l'espace des différentes voies d'approvisionnement, en revanche, est encore loin d'être réalisée. Rappelons seulement que la trinité arsenic-antimoine-argent, qui caractérise tous les cuivres décrits ici, indique vraisemblablement que le minerai de base était une chalcoppyrite ou un fahlerz¹⁵, et que ces deux types de minerais se rencontrent dans les trois principales zones cuprifères de la Suisse: le Valais, les Alpes centrales et les Grisons¹⁶.

4.2. La métallurgie de Morges dans le cadre de la Suisse occidentale

Quant à la deuxième question posée au départ, à savoir si le bassin lémanique au Bronze final se rattache aux types métallurgiques identifiés dans la région des Trois-Lacs, les résultats acquis à Morges permettent d'y apporter une réponse positive provisoire. Le cuivre récent de Morges, en effet, est en tous points comparable à celui défini à Corcelettes¹⁷ à la même époque. Les teneurs moyennes en impuretés sont presque identiques et, fait si-

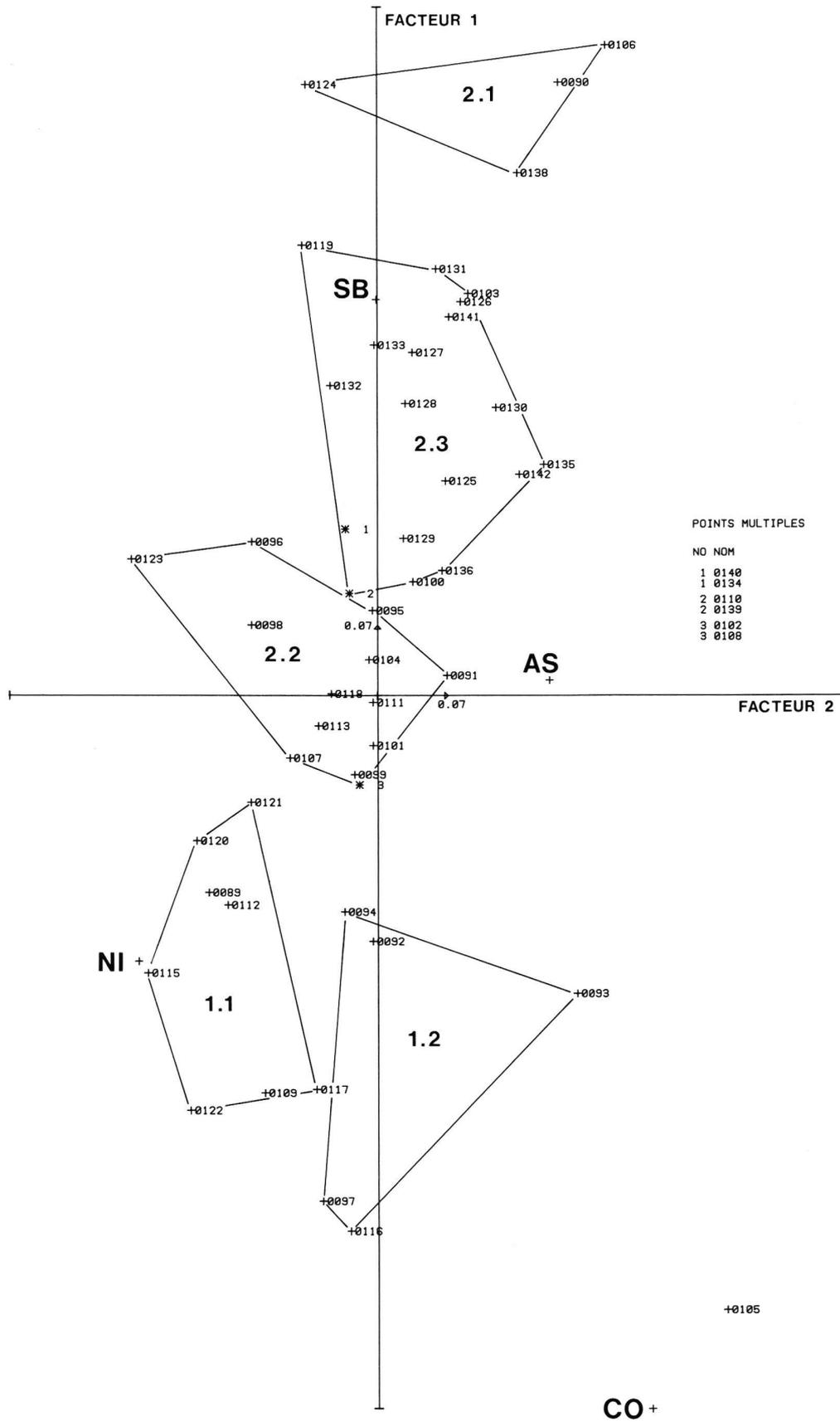


Fig. 5. Morges VD. Plan de l'analyse factorielle des correspondances. Eléments considérés: arsenic, antimoine, nickel, cobalt. La numérotation des nuages reprend celle des groupes définis dans le dendrogramme de la fig. 4.

gnificatif, les trente-sept objets de Corcelettes sont tous du type Sb>As>Ni. Les haches de Morges, par contre, contiennent nettement plus d'étain que celles de Corcelettes (6.9% contre 4.5%). Les teneurs d'impuretés mesurées à Auvernier/Nord¹⁸, toujours au Ha B2, sont un peu plus élevées qu'à Corcelettes et à Morges, mais le schéma moyen reste le même (Sb>As>Ni). Des 45 objets analysés au Laboratoire de recherche des musées de France, seuls 57.8%, cependant, se rattachent au groupe Sb>As>Ni. 31.1% sont à arsenic dominant (très rare à Morges), et 11% sont du type Sb>Ni>As. Il est remarquable de constater que la totalité des objets à arsenic dominant d'Auvernier, ainsi que quatre sur cinq des objets de type Sb>Ni>As, sont des objets de rebut, brisés, donc en bonne partie indatables. Ils pourraient ainsi représenter à Auvernier la part la plus ancienne du matériel, et accréditer, peut-être, l'hypothèse d'un appauvrissement par usure du métal en arsenic. Quoi qu'il en soit, cette nouvelle comparaison entre Corcelettes et Auvernier constitue un indice de plus en faveur de l'antériorité d'Auvernier/Nord par rapport à Corcelettes et de l'existence de plusieurs phases à l'intérieur du Ha B2¹⁹.

Les seules analyses publiées d'objets plus anciens que le Ha B2 en Suisse occidentale sont celles de Neuchâtel/Le Crêt²⁰, ensemble typologiquement datable du Ha B1. Sept des onze objets analysés sont du type Sb>Ni>As, deux du type Sb>As>Ni, un du type Sb>As=Ni et un seul du type Ni>Sb>As, la moyenne étant Sb>Ni>As. Neuchâtel/Le Crêt est d'autre part caractérisé par des valeurs très hautes d'antimoine, de nickel et d'arsenic, mais relativement basses en cobalt. La très faible proportion d'étain est une autre particularité de ce site. Des résultats encore inédits obtenus depuis dans le cadre de notre programme sur du matériel Ha A2-B1 du lac de Neuchâtel correspondent parfaitement aux observations faites à Morges. Ils montrent qu'il n'y a pas qu'une sorte de métal entre Ha A2 et B1, et donc que le type de Neuchâtel/Le-Crêt ne peut pas passer seul pour représentatif de cette période. Ces nouvelles analyses confirment d'autre part que la très grande majorité des objets du Bronze final antérieurs au Ha B2 se rattachent aux types à nickel dominant ou Sb>Ni>As, le premier paraissant spécialement caractéristique du Ha A2. Au Bronze final, Morges fait donc partie de la même famille métallurgique que la région des Trois-Lacs. L'analyse du matériel de la station des Eaux-Vives à Genève permettra de préciser la position métallurgique du Bas-Léman.

Nous ne proposons pas ici de comparaisons à l'échelle européenne, pour lesquelles, d'ailleurs, les matériaux feraient assez largement défaut. Il faut cependant remarquer que nos résultats tendent à distinguer plusieurs sous-groupes dans le métal de type «S», dont l'origine alpine ou centre-européenne et la diffusion vers le nord, jusque dans les Iles britanniques, viennent d'être décrits par J. P. Northover²¹.

	No inv.	longueur	poids	
	89	24849	140	506
	90	M. 1.25	147	603
	91	24860	134	566
	92	24823	151	572
	93	24858	115	437
	94	24861	113	491
	95	24852	109	255
	96	24863	148	603
	97	24824	168	563
	98	24833	176	685
	99	24864	192	684
	100	24855	198	660
	101	24847	188	648
	102	24866	186	601
	103	24838	177	648
	104	24827	166	641
	105	24828	168	596
	106	24865	167	701
	107	24836	177	689
	108	24848	174	637
	109	24857	172	608
	110	31004	171	674
	111	30191	179	715
	112	24853	167	491
	113	24841	168	637
	114	31003	151	490
	115	24845	150	565
	116	24830	133	298
	117	24859	118	220
	118	24856	154	472
	119	24831	125	447
	120	24834	183	568
	121	24840	182	618
	122	24837	185	580
	123	24839	179	728
	124	794	164	600
	125	31002	149	340
	126	24826	148	505
	127	24850	147	419
	128	22367	137	411
	129	24832	151	417
	130	31001	148	433
	131	24842	146	460
	132	24867	136	374
	133	M. 1.6	159	457
	134	24851	128	271
	135	23428	125	334
	136	24844	130	314
	137	24835	146	501
	138	1569	139	472
	139	M. 1.8	148	402
	140	792	149	434
	141	1050 Co1.	110	171
	142	1051 Co1.	102	127

Annexe 1. Numéro d'inventaire (MCAH Lausanne), longueur en mm et poids en g des objets analysés.

		SN	PB	AS	SB	AG	NI	BI	CO	ZN	FE
1.1	89	8.10	1.20	0.52	0.56	0.147	0.825	0.012	0.196	0.007	0.895
	112	6.39	0.76	0.66	0.82	0.142	1.12	0.010	0.32	0.015	0.101
	120	7.90	1.42	0.42	0.58	0.164	0.73	0.006	0.181	0.009	0.100
	121	8.88	0.95	0.50	0.67	0.145	0.76	0.009	0.20	0.007	0.050
	115	10.43	3.17	0.164	0.22	0.140	0.35	0.	0.096	0.31	0.30
	109	8.47	0.77	0.71	0.60	0.142	1.19	0.010	0.41	0.016	0.24
	117	7.24	0.46	0.58	0.45	0.145	0.87	0.008	0.32	0.030	0.24
	122	7.56	0.79	0.61	0.46	0.148	1.09	0.005	0.31	0.012	0.148
1.2	92	6.76	0.90	0.485	0.57	0.158	0.685	0.012	0.29	0.030	0.575
	94	9.02	0.32	0.185	0.37	0.149	0.36	0.010	0.179	0.013	0.101
	93	7.54	0.34	0.72	0.63	0.141	0.69	0.012	0.43	0.037	0.600
	97	8.67	0.99	0.57	0.46	0.153	1.00	0.	0.44	0.	0.45
	116	4.96	0.57	0.50	0.59	0.179	1.07	0.005	0.58	0.013	1.26
	114	10.82	1.16	0.157	0.186	0.083	0.84	0.001	0.32	0.022	0.90
	105	10.24	0.189	0.25	0.34	0.105	0.36	0.	0.43	0.020	1.84
	137	9.46	0.48	0.98	0.26	0.139	0.25	0.028	0.68	0.007	0.073
2.1	90	7.64	0.45	0.40	0.79	0.182	0.153	0.017	0.025	0.036	0.110
	106	7.20	0.35	0.46	0.91	0.164	0.135	0.023	0.030	0.017	0.049
	138	5.18	2.70	0.47	0.84	0.136	0.23	0.013	0.033	0.	0.004
	124	1.91	0.67	1.15	3.73	0.161	1.15	0.015	0.050	0.004	0.005
2.2	91	7.00	0.27	0.50	0.73	0.127	0.51	0.015	0.21	0.014	0.145
	95	8.61	1.03	0.500	0.80	0.167	0.56	0.016	0.172	0.	0.086
	104	7.84	0.46	0.60	0.85	0.157	0.67	0.015	0.20	0.019	0.167
	111	8.18	1.52	0.60	0.87	0.136	0.71	0.013	0.24	0.021	0.26
	118	8.02	0.28	0.37	0.74	0.167	0.56	0.011	0.21	0.024	0.43
	99	7.70	2.54	0.72	0.82	0.147	0.84	0.016	0.25	0.	0.095
	102	7.67	0.84	0.68	0.76	0.153	0.79	0.012	0.24	0.012	0.193
	101	8.93	2.25	0.57	0.68	0.150	0.64	0.014	0.198	0.008	0.164
	107	8.63	2.22	0.60	0.75	0.153	0.79	0.013	0.20	0.008	0.044
	113	9.71	2.27	0.53	0.69	0.157	0.66	0.012	0.177	0.011	0.057
	108	8.06	2.56	0.60	0.78	0.154	0.73	0.013	0.27	0.034	0.162
	96	12.17	2.53	0.047	0.092	0.047	0.066	0.	0.013	0.	0.013
	98	8.32	6.05	0.116	0.20	0.093	0.166	0.	0.036	0.	0.029
	123	8.41	1.86	0.079	0.167	0.069	0.141	0.002	0.018	0.005	0.007
2.3	100	7.98	2.35	0.64	0.875	0.154	0.595	0.017	0.166	0.005	0.148
	136	7.39	1.39	0.32	0.44	0.146	0.28	0.014	0.086	0.002	0.059
	129	5.78	1.18	0.28	0.38	0.138	0.25	0.013	0.058	0.007	0.006
	110	7.76	1.65	0.53	0.79	0.145	0.58	0.018	0.144	0.009	0.014
	139	6.69	1.35	0.25	0.34	0.143	0.25	0.012	0.062	0.	0.069
	134	7.07	1.72	0.27	0.40	0.156	0.27	0.014	0.054	0.002	0.010
	140	8.11	1.62	0.26	0.40	0.143	0.27	0.015	0.056	0.	0.020
	125	8.48	1.78	0.25	0.36	0.144	0.199	0.011	0.051	0.007	0.082
	130	7.01	4.21	0.24	0.32	0.144	0.152	0.013	0.033	0.	0.102
	135	7.43	3.15	0.37	0.45	0.137	0.22	0.013	0.065	0.006	0.027
	103	7.17	0.65	0.56	1.00	0.163	0.37	0.024	0.078	0.060	0.27
	126	6.89	3.23	0.31	0.55	0.140	0.21	0.007	0.043	0.	0.025
	141	4.92	0.83	0.44	0.82	0.148	0.32	0.015	0.073	0.	0.005
	131	5.01	2.29	0.33	0.66	0.135	0.24	0.011	0.047	0.	0.007
	119	4.81	2.92	0.54	1.24	0.31	0.54	0.026	0.037	0.004	0.012
	127	7.88	3.76	0.22	0.36	0.144	0.169	0.007	0.026	0.003	0.008
	128	6.89	2.80	0.23	0.35	0.139	0.184	0.003	0.030	0.	0.005
	132	7.56	1.39	0.32	0.63	0.138	0.33	0.012	0.054	0.002	0.007
	133	6.45	2.55	0.23	0.46	0.138	0.21	0.007	0.039	0.003	0.008
	142	13.26	0.82	0.097	0.076	0.039	0.052	0.003	0.003	0.	0.017

Annexe 2. Résultats des analyses, rangés dans l'ordre de la hiérarchie fig. 4. Les valeurs indiquées expriment des % de poids.

	moy.	e.t.	var.	min.	max.
Sn	8.24 <i>6.92</i>	1.34 <i>1.00</i>	16 <i>14</i>	4.96 <i>5.01</i>	12.17 <i>8.48</i>
Pb	1.36 <i>2.34</i>	1.18 <i>0.95</i>	87 <i>41</i>	0.189 <i>1.18</i>	6.05 <i>4.21</i>
As	0.475 <i>0.290</i>	0.193 <i>0.066</i>	41 <i>23</i>	0.047 <i>0.22</i>	0.72 <i>0.47</i>
Sb	0.612 <i>0.463</i>	0.241 <i>0.147</i>	39 <i>32</i>	0.092 <i>0.32</i>	1.00 <i>0.84</i>
Ag	0.142 <i>0.141</i>	0.030 <i>0.005</i>	21 <i>4</i>	0.047 <i>0.135</i>	0.182 <i>0.156</i>
Ni	0.635 <i>0.231</i>	0.299 <i>0.047</i>	47 <i>20</i>	0.066 <i>0.152</i>	1.19 <i>0.33</i>
Bi	0.010 <i>0.011</i>	0.007 <i>0.003</i>	70 <i>27</i>	0 <i>0.003</i>	0.024 <i>0.015</i>
Co	0.223 <i>0.049</i>	0.134 <i>0.016</i>	60 <i>33</i>	0.013 <i>0.026</i>	0.58 <i>0.086</i>
Zn	0.024 <i>0.002</i>	0.052 <i>0.003</i>	217 <i>150</i>	0 <i>0</i>	0.31 <i>0.007</i>
Fe	0.301 <i>0.029</i>	0.396 <i>0.032</i>	132 <i>110</i>	0.007 <i>0.004</i>	1.84 <i>0.102</i>

Annexe 3. Teneurs moyennes, écarts types, variances, teneurs minimums et maximums des haches Ha A2-B1 et Ha B2 (en italique). Les no 124 et 137, déviants, sont écartés.

	Ha A2 - B1	Ha B2
Sn	< 7% ≥ 7%	11.4 % 88.6
Pb	< 1% ≥ 1%	54.3 45.7
As	< 0.4% ≥ 0.4%	22.9 77.1
Sb	< 0.5% ≥ 0.5%	28.6 71.4
Ag	< 0.15% ≥ 0.15%	51.4 48.6
Ni	< 0.3% ≥ 0.3%	14.3 85.7
Co	< 0.1% ≥ 0.1%	22.9 77.1
Zn	< 0.01% ≥ 0.01%	40 60
Fe	< 0.1% ≥ 0.1%	31.4 68.6

Annexe 4. Répartition des haches Ha A2-B1 et B2 dans deux classes de teneur par élément.

	Ha A2-B1	Ha B2
Ni dominant	100 %	0 %
Sb > Ni > As	86.7	13.3
Sb > As > Ni	26.7	73.3

Annexe 5. Répartition des haches Ha A2-B1 et B2 dans les trois groupes principaux issus du classement selon l'importance relative de l'arsenic, de l'antimoine et du nickel.

		moy.	e.t.	var.	min.	max.
1.1	As	0.521	0.171	33	0.164	0.71
	Sb	0.545	0.176	32	0.22	0.82
	Ni	0.867	0.272	31	0.35	1.19
	Co	0.254	0.102	40	0.096	0.41
1.2	As	0.492	0.195	40	0.185	0.72
	Sb	0.524	0.107	20	0.37	0.63
	Ni	0.761	0.285	37	0.36	1.07
	Co	0.384	0.154	40	0.179	0.58
2.1	As	0.620	0.355	57	0.40	1.15
	Sb	1.567	1.443	92	0.79	3.73
	Ni	0.417	0.490	118	0.135	1.15
	Co	0.035	0.011	31	0.025	0.050
2.2	As	0.465	0.225	48	0.047	0.72
	Sb	0.638	0.269	42	0.092	0.87
	Ni	0.560	0.254	45	0.066	0.840
	Co	0.174	0.087	50	0.013	0.270
2.3	As	0.347	0.130	37	0.22	0.64
	Sb	0.570	0.262	46	0.32	1.24
	Ni	0.297	0.134	45	0.152	0.595
	Co	0.063	0.036	57	0.026	0.166

Annexe 6. Caractéristiques des groupes de la hiérarchie fig. 4.

	As	Sb	Ni	Co
1.1 As	--	96	60	205
Sb	105	--	63	215
Ni	166	159	--	341
Co	49	47	29	--

	As	Sb	Ni	Co
1.2 As	--	94	65	128
Sb	107	--	69	136
Ni	155	145	--	198
Co	78	73	50	--

	As	Sb	Ni	Co
2.1 As	--	40	149	1771
Sb	253	--	376	4477
Ni	67	27	--	1191
Co	6	2	8	--

	As	Sb	Ni	Co
2.2 As	--	73	83	267
Sb	137	--	114	367
Ni	120	88	--	322
Co	37	27	--	31

	As	Sb	Ni	Co
2.3 As	--	61	117	551
Sb	164	--	192	905
Ni	86	52	--	471
Co	18	11	21	--

Annexe 7. Importance relative (en %) des éléments les uns par rapport aux autres dans les groupes de la hiérarchie fig. 4, calculée d'après les teneurs moyennes indiquées en annexe 6.

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
1.1 Sn	100									
Pb	81	100								
As	-76	-92	100							
Sb	...	...	...	100						
Ag	...	...	...	...	100					
Ni	...	-84	97	...	...	100				
Bi	...	-75	76	78	...	...	100			
Co	...	-79	92	...	...	93	...	100		
Zn	75	92	-82	-76	...	-75	-80	...	100	
Fe	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
1.2 Sn	100									
Pb	...	100								
As	...	...	100							
Sb	...	...	80	100						
Ag	-80	...	...	...	100					
Ni	...	...	...	...	...	100				
Co	...	...	...	...	...	91	...	100		
Zn	...	...	...	...	...	...	89	...	100	
Fe	-95	...	...	...	79	77	...	87	...	100

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
2.1 Sn	100									
Pb	...	100								
As	-93	...	100							
Sb	-91	...	100	100						
Ag	...	-89	...	...	100					
Ni	-94	...	100	100	...	100				
Bi	...	...	...	...	...	...	100			
Co	-98	...	97	96	...	97	...	100		
Zn	...	...	...	...	89	...	...	...	100	
Fe	77	...	...	...	85	...	...	...	100	100

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
2.2 Sn	100									
Pb	...	100								
As	100							
Sb	94	100						
Ag	85	92	100					
Ni	98	93	88	100				
Bi	92	96	88	89	100			
Co	94	95	86	95	90	100		
Zn	100	
Fe	100

	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Ni	Bi	Co	Zn	Fe
2.3 Sn	100									
Pb	...	100								
As	100							
Sb	89	100						
Ag	100					
Ni	90	80	...	100				
Bi	77	77	...	...	100			
Co	77	...	100		
Zn	100	

Annexe 8. Corrélations inter-élémentaires dans les groupes de la hiérarchie fig. 4. Seuls sont retenus les coefficients égaux ou supérieurs à 75.

Résumé

Une série de 54 haches provenant de la station palafitique de Morges VD/La Grande-Cité (lac Léman) a été soumise à une analyse chimique quantitative par spectrométrie d'émission atomique. La typologie permet d'en attribuer 16 à la fin du Bronze final (Ha B2) et 35 à des phases antérieures (Ha A2–B1). Les résultats révèlent de très nettes différences de composition entre les deux groupes. Par rapport aux anciennes, les haches récentes sont en effet caractérisées par des taux d'impuretés beaucoup plus bas, ainsi que par le schéma $Sb > As > Ni$. La comparaison avec les résultats obtenus à Grandson VD/Corcelettes et à Auvernier/Nord NE (lac de Neuchâtel) montre que Morges au Ha B final fait partie du même groupe métallurgique.

Valentin Rychner
Université de Neuchâtel
Séminaire de préhistoire
Avenue Du Peyrou 7
2000 Neuchâtel

Remerciements

Notre très sincère gratitude s'adresse à Mlle Anne Geiser, conservatrice ad interim du Musée cantonal d'archéologie et d'histoire de Lausanne, à son collaborateur M. Claude Michel ainsi qu'à Mme Jacqueline Moret, conseillère en statistiques à la Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel.

Notes

- 1 Rychner 1981, 1983 et 1984b.
- 2 Responsables: N. Kläntzchi et A. Esenwein (chef de la section de chimie inorganique). Technique: spectrométrie d'émission atomique, source ICP. Un rapport détaillé sur la méthode d'analyse figurera dans la publication définitive de notre recherche. Des expériences préliminaires ont montré que les résultats de l'EMPA étaient parfaitement compatibles avec ceux du L.R.M.F. Le cas de l'argent reste toutefois réservé.
- 3 Il n'existe aucune étude monographique de cette station. Les renseignements les plus détaillés sont dus à F. A. Forel (1876, 42–47; 1904, 430–432), le principal explorateur de la station. Les haches 107 (?), 115, 123 et 132 sont données en photo dans Forel 1904, pl. XIII. Un exemplaire à anneau, non identifiable, est dessiné dans Troyon 1860, pl. X/6. Sauf erreur de notre part, toutes les autres haches sont inédites.
- 4 Rychner 1979, 82, avec références.
- 5 Nous nous en tenons ici à la simple bipartition de Ha B. Ha B2 est donc synonyme de Ha B final.
- 6 Rychner 1979, 81, avec références.
- 7 Rychner 1975, pl. 6–7; 1981, 118.
- 8 Rychner 1979, 82, avec références.
- 9 Burgess 1968, 36 et fig. 9/13.
- 10 Jockenhövel 1975, 146.
- 11 Briard/Verron 1976, 73–74; Chardenoux/Courtois 1979, 107–112.
- 12 Les calculs et les graphiques 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 et ANAFAC dus à A. Strohmeier, M. Graf, A. Belkoniene et J. Moret (Faculté de droit et des sciences économiques, Groupe de recherche en méthodes quantitatives).
- 13 Un exemple de stabilité de composition du cuivre est donné par les expériences de W. Lorenzen (1965, 36–38).
- 14 Rychner 1984a, fig. 1/2–4, 2/1–2 et p. 77.
- 15 Coghlan/Butler/Parker 1963, 12–14.
- 16 Kündig/de Quervain 1953, 130–134.
- 17 Rychner 1983.
- 18 Rychner 1981, 1983 et à paraître.
- 19 Gross 1984, 70; Rychner 1984b.
- 20 Rychner 1981.
- 21 Northover 1982, 56–97.

Zusammenfassung

Eine Serie von 54 Bronzebeilen aus der Station Morges VD/La Grande-Cité am Genfersee wurde durch Atomemissionsspektrometrie quantitativ chemisch untersucht. 16 dieser Beile sind auf typologischem Weg dem Ende der Spätbronzezeit (Ha B2) zuweisbar, 35 Beile sind etwas älter (Ha A2–B1). Als Resultat der Untersuchungen zeigte sich ein sehr deutlicher Unterschied in der Materialzusammensetzung dieser beiden Gruppen. Verglichen mit den älteren Beilen weisen die jüngeren einen viel geringeren Anteil an Unreinheiten auf, sie lassen sich auch durch das Schema $Sb > As > Ni$ charakterisieren. Der Vergleich mit den Resultaten, die am Material von Grandson VD/Corcelettes und von Auvernier/Nord NE am Neuenburgersee gewonnen werden konnten, zeigt, dass Morges im späten Ha B zur gleichen metallurgischen Gruppe gehört.

Bibliographie

- Briard, J. et Verron, G. (1976) Typologie des objets de l'âge du Bronze en France. Fascicule IV: Haches (2), herminettes. Société préhistorique française, Paris.
- Burgess, C. (1968) The later Bronze age in the British Isles and north-western France. *The Archaeological Journal* 125, 1–45.
- Chardenoux, M. B. et Courtois, J. C. (1979) Les haches dans la France méridionale. *Prähistorische Bronzefunde*, IX, 11. München.
- Coghlan, H. H., Butler, J. J. et Parker, G. (1963) Ores and metals. A report of the Ancient mining and Metallurgy Committee. Royal Anthropological Institute, London.
- Forel, F. A. (1876) Notes sur quelques stations lacustres de la rive vaudoise du lac Léman. *MAGZ* 19 (Pfahlbauten, 7. Bericht), 42–49.
- (1904) Le Léman. Monographie limnologique. Tome III. Lausanne.
- Gross, E. (1984) Die Stratigraphie von Vinelz und ihre Ergebnisse für die Chronologie der westschweizerischen Spätbronzezeit. *JbSGUF* 67, 61–72.
- Jockenhövel, A. (1975) Zum Beginn der Jungbronzezeitkultur in Westeuropa. Jahresbericht des Instituts für Vorgeschichte der Universität Frankfurt a. M., 134–181.
- Kündig, E. et de Quervain, F. (1953) Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. 2. Ausgabe. Bern.
- Lorenzen, W. (1965) Helgoland und das früheste Kupfer des Nordens. Ein Beitrag zur Aufhellung der Anfänge der Metallurgie in Europa. Otterndorf.
- Northover, J. P. (1982) The exploration of the long distance movement of bronze in Bronze and early Iron age Europe. *University of London, Bulletin of the Institute of archaeology* 19, 45–72.
- Rychner, V. (1975) A propos de quelques trouvailles récentes de l'âge du Bronze final neuchâtelois. *Musée neuchâtelois* 12, 49–78.
- (1979) L'âge du Bronze final à Auvernier (lac de Neuchâtel, Suisse). Typologie et chronologie des anciennes collections conservées en Suisse. *CAR* 15–16. Bibliothèque historique vaudoise, Lausanne.
- (1981) Le cuivre et les alliages du Bronze final en Suisse occidentale. Premières analyses spectrographiques à Auvernier/Nord et Neuchâtel/Le Crêt. *Musée neuchâtelois* 18, 97–124.
- (1983) Le cuivre et les alliages du Bronze final en Suisse occidentale. II: Corcelettes VD. *ASSPA* 66, 75–85.
- (1984a) La matière première des bronziers lacustres. *AS* 7, 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, 357–370.
- (à paraître) Le mobilier métallique de l'âge du Bronze final découvert à Auvernier entre 1968 et 1975. Formes et techniques.
- Troyon, F. (1860) Habitations lacustres des temps anciens et modernes. Lausanne.