

Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 63 (1995)

Artikel: Arsenic, nickel et antimoine : une approche de la métallurgie de Bronze moyen et final en Suisse par l'analyse spectrométrique : tome I
Autor: Rychner, Valentin / Kläntschi, Niklaus
Kapitel: 6: Synthèse
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-835407>

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: 17.04.2026

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

6

SYNTHÈSE

1. Les cuivres

1. Le Bronze moyen

Les 182 objets du Bronze moyen sont très inégalement répartis dans treize groupes de composition différents (tabl. 14 et fig. 49). Les groupes 3N (33.5% des objets), 2N (21.4%) et 2P (20.9%) sont de loin les plus importants de cette période. Dans tous les groupes où ils sont mélangés à des objets de périodes plus récentes, les objets Bronze moyen, comme on l'a vu, se distinguent très clairement de ces derniers, notamment par leurs basses teneurs en plomb et en cobalt.

Les treize groupes du Bronze moyen n'ont pas tous une signification métallurgique. En d'autres termes, il n'y a pas treize matières premières différentes au Bronze moyen, car plusieurs groupes doivent être réunis. Ainsi, pour commencer, 3N et 2N qui (malgré quelques petites différences, à notre avis non significatives, concernant le plomb, l'antimoine et le cobalt) paraissent indissociables et représentent certainement deux variantes purement statistiques d'un seul et même métal, caractérisé par la faiblesse de l'antimoine par rapport à l'arsenic et au nickel. Chacun de ces deux éléments peut être dominant, mais le nickel l'est nettement plus souvent que l'arsenic. A notre avis, les compositions pauvres de même schéma que les précédentes (celles des groupes 2P et 3P) doivent, elles aussi, être réunies et ne former qu'un seul grand groupe avec 3N et 2N. La grande similitude, dans ces quatre groupes, des teneurs en plomb, en argent, en bismuth et en cobalt est, en tout cas, un bon argument en faveur de cette hypothèse. De surcroît, on constate que la réunion des groupes 2N et 2P d'une part, celle des groupes 3N et 3P d'autre part, contiennent chacune presque la même proportion des objets Bronze moyen (42.3% et 39%). L'unique objet Bronze moyen du groupe 3R (489) est, de toute évidence, à rattacher lui aussi à ce premier

type de métal Bronze moyen, à l'intérieur duquel on ne peut mettre en évidence qu'une seule variation spatiale importante: la fréquence un peu plus faible du groupe 2N dans l'Ouest du pays.

L'autre type principal de métal Bronze moyen est représenté par les objets Bronze moyen des groupes 1N, 4N, 5N, 6N et 7N, qu'il s'agit de réunir. En effet, ils sont tous caractérisés, par rapport aux précédents, par le rôle important de l'antimoine, dont les concentrations sont équivalentes à celles d'arsenic et de nickel — les teneurs en plomb, en bismuth et en cobalt restant identiques à celles observées dans les groupes 2 et 3. Dans ce type de cuivre, souvent désigné comme "*Fahlerzmetall*" ou cuivre de "type fahlerz"¹³, deux variétés se laissent facilement distinguer à partir des teneurs en argent. La première, plus importante en volume, est caractérisée par une teneur très

13 Voir, par exemple, Otto/Witter 1952, p. 74-76 et Pernicka 1995, p. 98-99. On regroupe sous le nom de *Fahlerze*, ou *cuivres gris*, des minerais de cuivre sulfureux, de minéralogie très complexe et de compositions très variables, dont la formule approximative est $Cu_3(As, Sb)S_3$ (Ramdohr 1980, 562-571). Une caractéristique générale des *fahlerz* (nous préférons conserver — tout en le francisant — le terme germanique, d'usage plus courant) est donc de contenir de bonnes quantités à la fois d'arsenic et d'antimoine — un peu plus de l'un ou de l'autre, selon que le minerai contient plus de tennantite (*fahlerz* riche en arsenic) ou de tétrahédrite (*fahlerz* riche en antimoine). D'autres éléments peuvent faire partie intégrante des *fahlerz*, ou leur être associés. Les principaux sont le fer, le zinc, le cobalt, le mercure, le nickel, le bismuth, l'étain et l'argent.

L'appellation conventionnelle "*Fahlerzmetall*", plus particulièrement "*Fahlerzmetall mit Nickel*" (Pernicka 1995, 98-99), dans le cas qui nous occupe et dans celui de tous les cuivres du Bronze final palafittique, se justifie dans la mesure où arsenic, antimoine et nickel constituent les principales impuretés, en quantités à peu près équivalentes. Cependant, parler de *Fahlerzmetall* dans le cas de cuivres ne contenant que quelques dixièmes de % d'arsenic et d'antimoine constitue certainement un abus de

faible, de l'ordre de celles en plomb et en cobalt. La seconde, plus de deux fois plus rare, est caractérisée au contraire par une forte teneur en argent, comparable à celles en arsenic, en antimoine et en nickel. La variété à faible teneur en argent est un peu moins fréquente dans le Centre-Ouest que dans l'Est et dans l'Ouest (8.4 contre 13.5 et 15.5%), mais on peut douter de la signification archéologique de cette statistique. La variété à argent fort est trop rare pour se prêter à une statistique géographique.

Quant aux derniers objets Bronze moyen, représentant les groupes 1P, 4P et 5P, nous ne savons pas exactement qu'en faire. S'agit-il de les rattacher aux deux grands types de composition définis ci-dessus, ou faut-il au contraire leur accorder une signification métallurgique propre ? Les deux compositions du groupe 1P (487, 888), qui se ressemblent beaucoup, nous sembleraient plutôt constituer un cas particulier. Elles frappent, en effet, par leur teneur en plomb relativement forte, d'une part; par la très forte dominance de l'arsenic par rapport à l'antimoine et au nickel, d'autre part, dont les teneurs sont inférieures à celles en argent. L'unique composition du groupe 4P et celle du groupe 5P doivent probablement être réunies. Elles sont caractérisées toutes deux par des teneurs *grosso modo* équivalentes d'arsenic, d'antimoine et de nickel, et pourraient donc être considérées comme la variante à basses teneurs des compositions de type 1N/4N/5N/6N/7N à faible argent.

En résumé, nous sommes d'avis que le Bronze moyen est caractérisé par deux types principaux de composition. Le premier, de loin le plus répandu, est constitué de l'assemblage des groupes 3N, 3P, 3R, 2N et 2P. Il réunit 82.4% des compositions Bronze moyen. Le second, beaucoup plus rare, rassemble les groupes 1N, 4N, 5N, 6N et 7N. Il concerne 15.3% des compositions Bronze moyen. Il comprend une variante à argent fort (4.4%) et une variante à argent faible (10.9%). Le premier type et les deux variantes du second correspondent à trois matières premières différentes. La signification des 2% restants des compositions Bronze moyen (1P, 4P, 5P) est encore incertaine.

Les trois principaux cuivres du Bronze moyen ne sont pas une nouveauté de l'époque. Ils ont, tous trois, circulé au moins dès une phase avancée du Bronze ancien. C'est, en effet, ce que montrent les neuf objets Bronze ancien de notre corpus. Ainsi, 665 et 835, du groupe 2N, représentent le type de composition principal, à antimoine faible. Il en va très probablement de même de 553 et de 837, toujours du groupe 2N, bien que les teneurs en argent soient déjà nettement plus élevées que la moyenne du groupe 2N. 1 et 806, du groupe 1N, ainsi que 2, du groupe 4N, représentent le type de composition à antimoine important de la variante à argent fort (1 et 2 ont perdu une partie de leur argent lors de la dissolution des échantillons). La teneur en antimoine de 836 est à la limite supérieure, rarement atteinte, des teneurs du groupe 3N.

Nous hésitons donc entre une attribution au type à antimoine faible ou au type à antimoine fort et argent faible. Quant à 190, du groupe 6P, c'est une composition pauvre, difficile à interpréter, à rapprocher des deux compositions Bronze moyen des groupes 4P et 5P.

2. Le Bronze D - Hallstatt A1

Bien que nettement moins nombreux dans notre corpus que ceux du Bronze moyen, les objets BzD-HaA1 sont, dans notre classification, beaucoup plus dispersés (tabl. 14 et fig. 49). Le groupe le plus nombreux (3P), en effet, ne réunit qu'à peine 20% du tout, alors que le groupe 3N rassemble plus du tiers des objets Bronze moyen. De même, les trois groupes les plus peuplés du BzD-HaA1 (3P, 1P, 3N) rassemblent à peine la moitié des objets, alors que les trois groupes principaux du Bronze moyen en réunissaient plus des trois quarts. Il faut donc en conclure soit que la diversité des cuivres utilisés est réellement plus accentuée au BzD-HaA1, soit que notre système de classement est moins bien adapté au BzD-HaA1 qu'aux autres périodes.

Nous penchons en faveur de la deuxième hypothèse. Il est probable, en effet, que le niveau absolu des teneurs soit, dans ce cas, plus significatif que le schéma de composition. C'est ce que suggère, par exemple, la dispersion des dix lingots d'Ollon (176-179, 182-187), tous de composition pauvre et qui ont l'air de représenter un seul type de cuivre, dans pas moins de six de nos groupes (1P, 2P, 3P, 4P, 5P, 6P). Cela signifie peut-être que les groupes de compositions pauvres doivent être réunis en un seul, comme doivent l'être les groupes 2N et 3N, en fonction de ce que nous en avons dit à propos du Bronze moyen. L'éclatement des huit lingots d'Aesch dans sept groupes différents est lui aussi, sans doute, en partie artificiel, quoique les compositions de ce dépôt soient certainement plus hétérogènes que celles du dépôt d'Ollon.

Que leur variété, comparée à ce qui précède, soit ou non plus marquée, les compositions BzD-HaA1 introduisent en tout cas un très net changement par rapport au Bronze moyen: l'augmentation frappante des teneurs en plomb et en bismuth, et cela dans tous les schémas de composition. Cette augmentation se manifeste dans 86%

langage, car les *fahlerz* véritables en contiennent toujours des quantités très supérieures, souvent comprises entre 10 et 20% (voir, par exemple, Schroll/Azer Ibrahim 1959). *Sensu stricto*, seules les plus riches de nos compositions riches mériteraient donc l'appellation "*Fahlerzmetall*" ou "type *fahlerz*". Les compositions "normales" du même type, quant à elles, doivent résulter, en fait, de la réduction de minerais contenant seulement une petite part de *fahlerz*, mêlée à une majorité de chalcopryrite, comme cela arrive très souvent (par exemple au Mitterberg, voir Pernicka 1995, 75).

des cas, seuls 14% des objets gardant des niveaux de plomb et de bismuth de type Bronze moyen (267, 938, 866, 420, 861, 864, 183, 418, 704, 713, 528, 300, 940, 863, 812, 865, 470). Ces compositions de type ancien sont plus fréquentes à l'Est (18.9% des objets BzD-HaA1) et dans le Centre-Ouest (18.6%) que dans l'Ouest du pays (5%), ce qui pourrait suggérer une origine occidentale pour les innovations du BzD-HaA1. L'augmentation des teneurs en plomb et en bismuth semble être assez exactement contemporaine des débuts de la période. En effet, seuls cinq objets du Bronze moyen montrent des teneurs comparables ($Pb > 0.1\%$, $Bi > 0.009\%$): 535 (1N), 888 (1P), 937 et 886 (3N), 561 (6N). Plomb et bismuth paraissent plus ou moins corrélés, mais de loin pas exactement. Parmi les lingots d'Ollon, par exemple, les teneurs en bismuth inférieures à 0.01% correspondent, dans trois cas sur quatre (183, 186, 187), à des teneurs en plomb inférieures à 0.1%, mais le quatrième cas (185) correspond à une teneur en plomb supérieure à 1%. Dans l'autre sens, une teneur en plomb inférieure à 0.1% (179) peut correspondre à plus de 0.01% de bismuth.

Comme nous l'avons déjà mentionné plusieurs fois, l'autre grande caractéristique des compositions BzD-HaA1 est le bas niveau des teneurs (fig. 12): 62.8% de compositions pauvres contre 28.6% au Bronze moyen, 3% seulement au HaA2.

Par ailleurs, le BzD-HaA1 ne recèle aucune trace des compositions à nickel dominant et fort cobalt du HaA2. En revanche, les huit objets BzD-HaA1 du groupe 6N de schéma $Sb > As > Ni$ ont assez exactement les mêmes teneurs que les objets HaB2 du même groupe (la plus forte moyenne de bismuth au BzD-HaA1 tient à l'"accident" du lingot d'Aesch 868) et ne semblent donc pas pouvoir en être dissociés. Ce type de cuivre aurait donc circulé en Suisse dès le BzD-HaA1, en quantités très modestes, avant de s'imposer trois siècles plus tard, au HaB2.

En résumé, on peut affirmer que les importants changements typologiques du BzD-HaA1 vont de pair avec des changements non moins sensibles dans le métal utilisé, même si l'inventaire exact des différentes sortes de cuivre de cette époque est encore difficile à établir.

3. Le Hallstatt A2

Les objets du HaA2 sont répartis en onze groupes de composition, d'importance très inégale. Le groupe 4N est de loin le plus volumineux (58.8%), suivi par les groupes 5N (13.1%), 3N (11.6%) et 6N (10.6%). Les sept autres groupes ne jouent qu'un rôle anecdotique. Au point de vue de la dispersion des compositions, le changement par rapport au BzD-HaA1 est donc très frappant, puisque les trois groupes les plus nombreux contiennent 83.5% des objets, contre seulement 49.6% au BzD-HaA1 (tabl. 14 et fig. 49).

Au point de vue de la nature des compositions, le changement n'est pas moins spectaculaire. Aux teneurs plutôt basses du BzD-HaA1 succèdent, en effet, des compositions aux teneurs relativement élevées, caractérisées dans la grande majorité des cas par un schéma à nickel dominant et un niveau de cobalt élevé. Cette forte teneur en cobalt est sans doute le meilleur signe distinctif de la période. C'est pourquoi, non seulement les objets HaA2 du groupe 3N, mais aussi ceux des minigroupes 5R, 7N et 3R doivent être considérés comme ne faisant qu'un avec ceux du groupe principal 4N. On peut donc dire que le cuivre principal du HaA2 est à l'origine de 72.9% des objets de la période.

Pour autant qu'on puisse en juger, l'apparition du nouveau métal semble contemporaine des débuts des palafittes du Bronze final, soit d'un HaA2 assez évolué. En effet, nous n'en connaissons aucune trace au BzD-HaA1, pas même parmi des objets qui pourraient passer pour récents dans cette période, voire même caractéristiques d'un HaA2 prépalafittique, comme les haches à ailerons médians-supérieurs, à profil déjà très HaA2, du type de celles de Douanne/Ile Saint-Pierre (270, 271, 272, 567, 604, 693).

Les groupes 5N et 6N correspondent sans doute à deux autres sortes de cuivre, très voisines l'une de l'autre et se distinguant de 4N non seulement par des schémas différents, mais aussi par des teneurs en cobalt nettement moins accusées. Les compositions de type 5N annoncent le rôle prépondérant de ce groupe au HaB1, tandis que celles de type 6N semblent devoir être considérées comme la suite de celles rencontrées au BzD-HaA1 et la préfiguration du rôle grandissant de ce groupe au HaB1 et, surtout, au HaB2.

Avec ses teneurs en impuretés beaucoup plus élevées, le nouveau métal du HaA2 oblitère presque complètement les éventuelles survivances des cuivres antérieurs. Le hameçon 719 (2N) est le seul objet à montrer un type de composition à antimoine faible, Bronze moyen voire BzD-HaA1. Le couteau de type Matrei 877, du groupe 6P à majorité BzD-HaA1, est peut-être lui aussi fait d'un ancien métal. Il forme une bonne paire, en tout cas, avec le bracelet d'Ollon 546, du BzD-HaA1. Les deux objets HaA2 du groupe 5P (96, 515) ne sont pas, quant à eux, à considérer comme faits d'un métal ancien. Ils sont, au contraire, les premiers représentants du cuivre de schéma $Sb > Ni > As$ à basses teneurs, caractéristique de l'Ouest du pays au HaB1. Ils proviennent d'ailleurs tous deux du Léman. Les deux compositions du groupe 4P (21, 315), difficiles à interpréter, sont peut-être à rattacher à la même famille. Ils sont étroitement apparentés, en tout cas, à deux objets HaB1 de Bevaix (60, 818).

Aussi bien du point de vue des cuivres utilisés que de celui de l'alliage (voir p. 61), la métallurgie du HaA2 donne l'impression d'un phénomène très homogène, sans

doute très contrôlé, qui n'a certainement pas duré très longtemps. Le style des objets, cependant (en particulier des haches à ailerons), ainsi que certaines particularités de l'alliage (p. 62) montrent qu'au moins trois groupes de bronziers étaient à l'œuvre, à l'Ouest, dans le Centre-Ouest et dans l'Est du pays (Rychner 1986c).

Le changement métallurgique intervenant au HaA2 est le plus spectaculaire de tous. Il va de pair non seulement avec une nouvelle morphologie des objets, mais aussi avec le phénomène historique de la recolonisation des rives lacustres.

4. Le Hallstatt B1

Le HaB1 constitue la classe chronologique la moins nombreuse, mais aussi la plus dispersée. Les objets HaB1 se retrouvent, en effet, dans quinze groupes différents; mais neuf d'entre eux, ne contenant qu'entre 0.9 et 2.6% des objets, n'ont qu'une importance anecdotique. Le groupe le plus nombreux ne réunit que 21.9% des objets, et les trois principaux groupes seulement 58.7% (tabl. 14 et fig. 49).

Nous proposons de distinguer cinq cuivres différents, les trois premiers étant les plus caractéristiques de la période.

Le groupe 5N, le plus nombreux, est réparti sur tout le territoire, mais avec une fréquence plus élevée dans le Centre-Ouest et à l'Ouest.

Les compositions riches du groupe 5R, auxquelles il faut adjoindre celles du groupe 6R, sont surtout connues à l'Est, et un peu dans le Centre-Ouest. Une seule provient de l'Ouest. Ce groupe est principalement représenté par le dépôt des bracelets de Sursee.

Le groupe 5P, moins nombreux, auquel il faut ajouter 60 et 818 du groupe 4P, est, au contraire, spécialement caractéristique de l'Ouest et du Centre-Ouest. Aucun objet de ce groupe ne provient de l'Est.

Les compositions du groupe 4N sont héritées du HaA2. Par rapport à cette période, le niveau un peu plus bas des teneurs pourrait s'expliquer par les refontes successives du métal.

Le rôle déjà important du groupe 6N préfigure, quant à lui, le rôle central qu'il jouera au HaB2. On remarquera, cependant, que le niveau moyen des teneurs est nettement plus élevé que celles de ce groupe au HaB2 et au HaA2. En fait, une partie du groupe 6N au HaB1 doit probablement être rattachée au groupe 5N, voire au groupe 4N en ce qui concerne les fortes teneurs en cobalt.

Les traces de métal prépalafittique ne sont pas absentes du HaB1. C'est ainsi qu'une hache de Sursee (797, 3N3) est très probablement issue de la refonte d'un objet Bronze moyen ou BzD-HaA1. On peut, sans doute, poser le même diagnostic pour une épingle de Cortaillod (36, 3P).

5. Le Hallstatt B2

L'hétérogénéité du HaB1 fait place à l'exceptionnelle homogénéité métallurgique du HaB2, qui dépasse encore celle du HaA2. Elle s'exprime non seulement par le nombre plus restreint de groupes concernés (neuf), mais surtout par le fait que le groupe le plus important contient, à lui seul, les trois quarts des objets, et que pas moins de 95.9% des objets sont compris dans les trois groupes principaux, qui sont 6N, 1N et 5N. Aucun des six autres groupes ne contient plus de deux objets HaB2 (1%) (tabl. 14 et fig. 49).

Les trois groupes principaux correspondent probablement à trois cuivres différents. D'assez nombreux lingots de schéma $Sb > As > Ni$ (924, 922, 295; voir aussi Rychner 1987, pl. 31/2; Rychner 1984a, fig. 1/2-3), ainsi que des objets en cuivre pur (par exemple 381) attestent, en premier lieu, que les objets du groupe 6N sont bel et bien issus d'un métal neuf, et non pas du recyclage d'objets plus anciens. Il en va de même du groupe 1N (lingots 294, 296), que des arguments à la fois chimiques, géographiques et chronologiques nous poussent à considérer comme un métal distinct, et non pas seulement comme variété minoritaire des compositions de type 6N. En effet, il se distingue de 6N par des proportions moindres d'argent, mais supérieures de cobalt et de bismuth.

D'autre part, sa répartition dans le pays n'est pas uniforme mais va en décroissant d'Est en Ouest: 19.2% à l'Est, 14.7% dans le Centre-Ouest, 4.3% à l'Ouest. De surcroît, les compositions de type 1N jouent un rôle important à Auvernier/Nord (15.9%), alors que leur fréquence est nulle à Corcelettes (Rychner 1983), station littorale que des arguments typologiques poussent certains à considérer comme plus récente qu'Auvernier dans le HaB2 (Rychner 1984b, 367; Gross 1986, 74).

Un autre argument chronologique nous semble pouvoir être tiré de la teneur moyenne en étain du groupe 1N (7.99%), que l'on peut considérer comme "normale" et qui est, de 26.8% relatifs, supérieure à celle du groupe 6N (5.85%). Cette différence pourrait montrer que les objets du groupe 1N ont été fabriqués avant que ne se manifeste la pénurie d'étain caractérisant la fin du HaB2 (voir p. 61). Quant au groupe 5N, il n'est pas très différent, dans ses teneurs en impuretés, du groupe principal 6N. Il a aussi en commun avec ce dernier une basse teneur moyenne d'étain (4.96%).

Le HaB2 montre quelques cas manifestes de recyclage d'objets anciens. C'est ainsi qu'une hache d'Ollon (156, 3P) est issue d'un objet Bronze moyen (Pb < 0.1%), tandis que le métal d'une hache de Winterthour (290, 3N) remonte plutôt au BzD-HaA1 (Pb, Bi). Quant aux deux haches HaB2 du groupe 5P (201, 164), elles sont faites en métal de schéma Sb>Ni>As pauvre, caractéristique du HaB1 occidental.

2. Les alliages

Les variations chronologiques et géographiques des teneurs en étain et en plomb sont exprimées dans les tableaux 15 et 16 et les figures 50 à 54. Il va de soi que les statistiques concernant l'alliage tiennent compte seulement des objets finis, à l'exclusion des lingots de cuivre pur.

1. L'étain

Pendant tout l'âge du Bronze, l'alliage en étain ne montre pas de variations significatives en fonction des types d'objets (voir l'exemple du HaB2 d'Auvernier/Nord, Rychner 1987, 27). D'autre part, comme notre corpus est formé principalement de haches, nous pouvons nous permettre d'établir une seule statistique globale, pour l'ensemble du matériel.

Du Bronze moyen au HaA2, la teneur en étain, remarquablement stable, se situe entre 8 et 9% (tabl. 15). Les faibles coefficients de variation, ainsi que la compacité des histogrammes, indiquent que les teneurs sont bien groupées autour des moyennes et que celles-ci ont donc un sens.

Au *Bronze moyen*, la teneur moyenne est de 8.13%. Les teneurs inférieures à 4% sont très rares (2.3% des cas), celles supérieures à 10% nettement plus fréquentes (11.9%). Les variations spatiales sont minimales, ce qui correspond bien à la difficulté qu'il y a de distinguer à cette époque de nettes différences typologiques entre les trois parties du pays. Si l'Est et l'Ouest, donc, donnent assez exactement la même moyenne (vers 8.3%), le Centre-Ouest se distingue par une moyenne légèrement inférieure (7.87%), confirmée par le léger décalage de l'histogramme en direction des basses valeurs et par la proportion nettement moindre de teneurs supérieures à 10%. A l'Ouest, les teneurs sont un peu plus dispersées, ce qui se voit à la fréquence plus élevée qu'ailleurs de teneurs supérieures à 10% et inférieures à 4%.

Au *Bronze D - Hallstatt A1*, la teneur moyenne en étain atteint son maximum: 8.69%. C'est à cette époque, en effet, que les teneurs supérieures à 10% sont les plus nombreuses (20% des cas, c'est-à-dire presque deux fois plus nombreuses qu'au Bronze moyen), alors que les teneurs

inférieures à 4% sont encore plus rares qu'au Bronze moyen. L'alliage est remarquablement stable sur tout le territoire. C'est de nouveau à l'Ouest que l'on enregistre la plus forte proportion de teneurs supérieures à 10%.

Le *Hallstatt A2* se distingue par le minimum de variabilité de la teneur en étain. A la grande homogénéité du cuivre utilisé correspond donc aussi une recette de fondeur extrêmement constante. C'est à cette époque, néanmoins, qu'apparaissent nettement des différences morphologiques entre l'Est, le Centre-Ouest et l'Ouest du pays, principalement parmi les haches à ailerons (Rychner 1986c). Ces différences ne se reflètent que très faiblement dans la teneur en étain. Les moyennes légèrement inférieures de l'Ouest et du Centre-Ouest correspondent au décalage, d'un cran vers la gauche, du pic des deux histogrammes. Les teneurs sont encore plus stables à l'Est que dans les deux autres régions, ce qui pourrait tenir à un nombre d'ateliers moins élevé. Les variations spatiales seront beaucoup plus sensibles, en revanche, en ce qui concerne l'usage du plomb.

La moyenne générale du *Hallstatt B1* traduit une baisse très sensible de la teneur en étain. Les teneurs normales enregistrées à l'Ouest et dans le Centre-Ouest montrent bien que cette baisse ne s'explique pas par une pénurie passagère d'étain mais par l'usage, avant tout à l'Est du pays, d'un cuivre spécialement riche en impuretés (surtout 5R), auquel on ajoute volontairement une petite quantité d'étain seulement, voire même pas d'étain du tout (778). Même à l'Est, l'alliage des cuivres normaux continue à se situer vers 8%, et on remarquera que les teneurs supérieures à 10% sont même très nettement plus fréquentes qu'au HaA2, dans les trois parties du pays.

La réelle baisse générale des teneurs en étain intervient au *Hallstatt B2*. Elle se traduit non seulement par la teneur moyenne en déclin (6.29%), mais aussi par la fréquence beaucoup plus élevée des teneurs inférieures à 4% (19.1% des cas). La baisse des teneurs en étain n'est que partiellement compensée par l'augmentation de celles en plomb. En effet, la teneur moyenne cumulée en étain et de plomb n'atteint que 7.79%, contre 9.05% au HaA2. Les objets à basse teneur en étain sont en grande majorité des outils dont on exige d'habitude une certaine dureté, obtenue justement par l'alliage en étain. On peut donc en conclure que la baisse des teneurs n'est pas le résultat d'un nouveau choix technique, mais d'une véritable pénurie d'étain. Le groupe 1N semble relativement épargné, ce qui pourrait tendre à montrer que sa période d'usage est antérieure à celle du type 6N. La raréfaction de l'étain commencerait ainsi non pas au début du HaB2, mais seulement dans une phase relativement avancée, en pleine période d'utilisation du cuivre de type 6N. C'est, en tout cas, comme on vient de le voir, l'interprétation que l'on peut donner de la comparaison entre Auvernier/Nord et Corcelettes (Rychner 1983, 79). A Auvernier/Nord, qui serait la plus ancienne des deux stations, la teneur en

étain est encore de 7.12%, alors qu'elle chute à 5.32% à Corcelettes, où tous les objets analysés sont rattachables au groupe 6N.

On pourrait peut-être établir une comparaison du même ordre entre les dépôts HaB2 de Winterthur, Bâle, Kerzers, Ollon et Sion. Ceux de Bâle et de Winterthur pourraient être les plus anciens. A Bâle, en effet, non seulement le groupe 1N joue un rôle prépondérant parmi les objets finis analysés, mais la seule basse teneur est celle d'un objet du groupe 6N. On remarquera, d'autre part, la teneur en étain spécialement élevée de trois objets du groupe 1N de ce dépôt (918, 919, 921), teneurs que l'on retrouve dans trois haches du dépôt de Winterthur (289, 291, 293), dont deux sont également du groupe 1N, et où l'on ne remarque aucune basse teneur. Mais ce groupe d'objets 1N à forte teneur d'étain peut avoir un sens géographique aussi bien que chronologique. Rappelons, en effet, que le groupe 1N du HaB2 est beaucoup plus fréquent à l'Est et au Centre-Ouest qu'à l'Ouest.

Géographiquement, la baisse de l'étain est, en moyenne, la plus sensible dans le Centre-Ouest, mais c'est surtout dans la variabilité des teneurs que résident les principales différences régionales. L'Est, en effet, se signale par une dispersion des teneurs beaucoup plus accentuée qu'à l'Ouest et au Centre-Ouest. A la proportion étonnamment élevée de teneurs supérieures à 10% que nous venons de remarquer à Bâle et Winterthur, et qui ne se retrouve absolument pas dans les deux autres régions, correspond, en effet, une proportion de teneurs inférieures à 4% également plus élevée que dans le reste du pays. L'image du HaB2 oriental est donc en total contraste avec celle du HaA2 dans la même région. Au point de vue de la recette du fondeur, l'Est, au HaB2, forme ainsi un ensemble beaucoup plus disparate que l'Ouest et le Centre-Ouest, dont les histogrammes ont une belle régularité.

2. Le plomb

Du Bronze moyen jusqu'à la fin du Bronze final, la teneur moyenne en plomb croît régulièrement (tabl. 16).

Au *Bronze moyen*, le plomb n'est, à coup sûr, qu'une impureté du cuivre. La teneur moyenne est inférieure à 0.1% et les teneurs inférieures à 0.2% représentent près de 90% des cas. Les teneurs supérieures à 0.5% sont extrêmement rares.

Au *Bronze D - Hallstatt A1*, le plomb ne peut pas non plus être considéré comme un élément de l'alliage — bien que, nous l'avons déjà souligné, l'augmentation de la teneur en plomb soit une des principales caractéristiques des compositions de cette époque. La hausse, en effet, reste très modeste, puisque la teneur moyenne ne dépasse pas 0.33% et que la fréquence des teneurs supérieures à

1% est encore inférieure à celle du Bronze moyen (1% des cas). Le nombre des lingots BzD-HaA1 ne contenant pas d'étain mais des quantités appréciables de plomb (177, 178, 182, 184, 185, 196, 863, 868) nous pousse à attribuer au plomb de cette époque le même statut qu'à celui du Bronze moyen: celui d'impureté du cuivre.

C'est au *Hallstatt A2* que les choses changent, au moins en partie. Si la teneur moyenne n'est pas encore très élevée (0.97%), elle triple cependant par rapport au BzD-HaA1 et, surtout, la fréquence des teneurs supérieures à 1% passe de 1 à 32.1%. Ce qu'il y a de très intéressant, c'est que l'usage du plomb n'est de loin pas répandu régulièrement dans toute la Suisse, et que cette variabilité contraste avec la grande uniformité des cuivres utilisés. On constate, en effet, que le plomb caractérise avant tout l'Ouest du pays et, dans une mesure légèrement moindre, le Centre-Ouest. Cela se traduit, d'une part, par les teneurs moyennes décroissantes d'Ouest en Est (1.23% à l'Ouest, 0.95% dans le Centre-Ouest, 0.76% à l'Est); d'autre part, et mieux encore, par la fréquence décroissante des teneurs supérieures à 1 et à 2%. Ces dernières, en effet, concernent 21.3% des objets de l'Ouest, seulement 5.9% de ceux du Centre-Ouest et 0% de ceux de l'Est.

Les teneurs en plomb sont trop dispersées pour être réunies dans un seul histogramme significatif. C'est pourquoi nous en proposons deux sortes. La première (fig. 51), avec un pas de deux dixièmes de %, rassemble les teneurs supérieures à 0.8%; la seconde (fig. 52), avec un pas d'un dixième de %, les teneurs comprises entre 0 et 1.9%. Les histogrammes de la figure 51 montrent chacun une discontinuité intervenant vers 2%, bien confirmée par les histogrammes régularisés, dont chaque colonne représente la moyenne de deux colonnes contiguës de l'histogramme normal. Cette discontinuité est plus sensible au HaA2 et au HaB2 qu'au HaB1. Les histogrammes des teneurs inférieures à 1.9% (fig. 52) montrent, d'une part, que cet ensemble ne constitue pas un tout homogène; d'autre part, que la dispersion des teneurs varie d'une région à l'autre. L'histogramme du Centre-Ouest (fig. 52) permet sans doute de distinguer trois catégories différentes mais se recoupant largement. La première a son centre de gravité vers 0.3 - 0.4%, la deuxième vers 0.6 - 0.7%, la troisième se situant entre 1.1 et 1.5% environ.

A l'Ouest, comme nous l'avons déjà dit, les objets contenant plus de 2% de plomb sont beaucoup plus nombreux, mais la répartition des teneurs inférieures à 1.9% est en partie la même que dans le Centre-Ouest (fig. 52). On retrouve, en effet, un groupe de basses teneurs vers 0.3 - 0.4%, mais la deuxième concentration importante se situe cette fois à un niveau légèrement inférieur, aux alentours de 0.9%, tandis qu'aucun pic vraiment significatif ne se dessine entre 1 et 2%.

A l'Est (fig. 52), la répartition des teneurs est sensiblement différente. Deux objets, avec des teneurs de 1.79

et 1.83%, sont isolés et représentent les objets les plus chargés en plomb de la région. On retrouve à nouveau un groupe d'objets vers 0.3 - 0.4%, mais il recoupe très largement la principale concentration, située environ entre 0.6 et 1%, c'est-à-dire au même niveau que la deuxième concentration du Centre-Ouest. L'histogramme oriental dégage donc une impression d'homogénéité nettement plus forte que ceux de l'Ouest et du Centre-Ouest, ce qui pourrait signifier, par exemple, une période de fabrication plus courte. On remarquera aussi que les couteaux évitent pour la plupart les colonnes les plus fréquentées de l'histogramme (0.6 - 0.9%), pour se retrouver de préférence dans les plus faibles et dans les plus hautes teneurs. Il y a donc lieu de penser qu'ils n'ont pas été fabriqués en même temps, ni au même endroit, ni par la même personne que la majorité des haches.

Au *Hallstatt B1*, la teneur moyenne en plomb décroît légèrement à l'Est (de 0.76 à 0.66%), mais elle augmente légèrement dans le Centre-Ouest (de 0.94 à 1.15%) et à l'Ouest (de 1.23 à 1.62%). Alors que les teneurs supérieures à 2% sont toujours inconnues à l'Est, leur fréquence augmente à l'Ouest et dans le Centre-Ouest (respectivement 23 et 10%). La dispersion des teneurs inférieures à 1.9%, à nouveau différente à l'Est et dans le Centre-Ouest, ressemble à ce qu'elle était au HaA2. Dans le Centre-Ouest, en effet, on retrouve dans une certaine mesure le découpage en trois groupes du HaA2, mais l'importance relative de ces trois groupes n'est plus la même. Assez logiquement, au point de vue de l'importance grandissante du plomb au Bronze final, les teneurs inférieures à 0.6% se raréfient, en même temps que les teneurs supérieures deviennent plus fréquentes. On y retrouve deux groupes: l'un vers 0.7%, l'autre aux alentours de 1.3 - 1.4%.

A l'Est, les teneurs en plomb sont encore plus groupées qu'au HaA2. Dans l'histogramme régularisé, en effet, on ne distingue plus qu'un seul grand groupe entre 0.1 et 1%, avec quelques teneurs isolées plus élevées. Les objets HaB1 de l'Ouest, quant à eux, ne sont pas assez nombreux pour se prêter à une statistique détaillée.

Au *Hallstatt B2* la teneur moyenne de plomb augmente dans les trois régions pour atteindre 1.13% à l'Est, 1.37% dans le Centre-Ouest et 1.73% à l'Ouest (les haches 164 et 253, étrangères, ne sont pas comprises dans ces deux dernières moyennes). La plus grande richesse de l'Ouest en plomb se manifeste également au travers de la fréquence des teneurs supérieures à 1 et 2%, ces dernières faisant au HaB2 leur première apparition à l'Est.

La distribution des teneurs inférieures à 1.9% continue d'être irrégulière et variable d'une région à l'autre. A l'Est, le changement par rapport au HaB1 est très frappant. En effet, on y distingue maintenant une répartition en trois groupes, semblable à celle observée dans le Centre-Ouest au HaA2, mais encore plus nette (fig. 52). Le centre de gravité du premier groupe est situé vers 0.3%, celui du

deuxième vers 0.6% et celui du troisième vers 1%. Les teneurs supérieures à 1.3%, à partir de 1.6%, sont nettement séparées des autres.

La tripartition des teneurs inférieures à 1.9% est également très nette à l'Ouest, où elle reprend en partie, mais dans des proportions différentes, celle observée au HaA2. Un premier groupe, en effet, cette fois très restreint, est situé vers 0.4%; un deuxième, plus important, vers 0.8 - 0.9%; un troisième, vers 1.3%.

Curieusement, c'est maintenant dans le Centre-Ouest, et non plus à l'Est, que les teneurs inférieures à 1.9% forment le tout le plus compact. Il n'est guère possible, en effet, d'isoler des groupes nettement distincts entre 0.4 et 1.5%.

Il reste, bien sûr, à tenter l'interprétation des différentes classes de teneur en plomb observées du HaA2 au HaB2. Le groupe des teneurs les plus élevées, mis en évidence dans les histogrammes des teneurs supérieures à 0.8% et dont la limite inférieure se situe, suivant les cas, entre 1.6 et 2.4% environ, correspond vraisemblablement à un alliage intentionnel, dans le creuset du fondeur. Rappelons, en effet, que la circulation du plomb dans les palafittes est bien attestée par d'assez nombreux objets de ce métal (par exemple, Rychner 1984a, fig. 8-9). Il semblerait donc que la pratique d'un véritable alliage ternaire cuivre/étain/plomb commence dès le HaA2, surtout dans la partie occidentale du pays. Sa fréquence augmente ensuite au HaB1 et surtout au HaB2, et elle finit par gagner l'Est du pays où son rôle, cependant, ne fut jamais aussi important qu'à l'Ouest.

Le statut du plomb en plus faibles doses et l'existence de classes de teneurs distinctes sont plus difficiles à expliquer. Les teneurs les plus faibles, centrées pendant les trois phases aux alentours de 0.3 - 0.4%, pourraient correspondre à la teneur naturelle en plomb des cuivres utilisés. Pour le HaA2 et le HaB1, nous ne disposons malheureusement d'aucun lingot de cuivre qui nous permette de mesurer la pertinence de cette hypothèse. Pour le HaB2, nous connaissons, en revanche, huit lingots de cuivre bien datés: ceux de Winterthur (294-296), de Bâle (922-924) et d'Auvernier/Nord (Rychner 1987, pl. 31/1-2). D'après leur schéma Sb>As>Ni, deux lingots de Corcelettes devraient aussi dater du HaB2 (Rychner 1984a, fig. 1/2-3). Cinq objets finis contenant moins de 0.2% d'étain complètent notre échantillon de cuivre pur du HaB2: 252 et 381, du présent corpus, et trois objets d'Auvernier/Nord (Rychner 1987, pl. 9/2, 26/4, 27/2). Neuf des quinze objets ont une teneur en plomb inférieure à 0.1%, qui ne se retrouve dans aucun objet fini allié d'étain du Bronze final palafittique. Les six autres ont des teneurs comprises entre 0.107 et 0.98%. Les teneurs en plomb des objets de bronze de la catégorie 0.3 - 0.4% au HaB2 peuvent donc être naturelles, mais ce n'est vraisemblablement pas le cas de la majorité d'entre elles car, en cas de teneurs naturelles,

les concentrations inférieures à 0.1% devraient aussi se rencontrer en bon nombre, comme dans les lingots de cuivre. Nous sommes donc amenés à penser que la grande majorité des teneurs en plomb du HaB2, même basses, ne sont pas naturelles, et qu'un plomb autre que celui du minerai de cuivre a été ajouté au cuivre et à l'étain, intentionnellement ou non. Cette hypothèse devrait être valable également pour le HaA2 et le HaB1.

De quelle manière l'apport de plomb s'est-il opéré ? En si faibles quantités, l'apport direct de plomb dans le creuset du fondeur n'est pas vraisemblable. L'hypothèse la plus crédible nous paraît être celle de la relative confusion qui a pu exister entre plomb et étain dès le moment où le plomb est entré en usage, c'est-à-dire au HaA2. Cette confusion ou, en tout cas, le mélange des deux métaux est attesté, en effet, dans les palafittes en même temps que l'usage du plomb pur (par exemple Rychner 1984a, fig. 7), et cela dès le HaA2 (Rychner-Faraggi 1993, 21). Il est donc tout à fait possible, dès cette époque, que la plus grande partie de l'étain n'ait pas circulé à l'état pur, mais "pollué" par des quantités variables de plomb. C'est par ce phénomène de mélange, non réellement intentionnel, que nous voudrions expliquer la plupart des teneurs de plomb d'époque palafittique comprises entre 0 et 2% environ. La refonte d'objets intentionnellement plombifères a cependant aussi dû jouer un rôle dans la genèse de ces teneurs en plomb — de même, peut-être, que l'usage de véritables alliages-mères cuivre/plomb, comme on les connaît dans le dépôt d'Echallens (Rychner 1984b, 369, lingots 5 et 9). Que l'on envisage l'une ou l'autre de ces hypothèses (mélange de l'étain et du plomb; recyclage d'alliages ternaires cuivre/étain/plomb; usage d'alliages-mères cuivre/plomb) il semble qu'on devrait s'attendre à une répartition des teneurs soit régulière, soit complètement aléatoire. Or ce n'est justement pas le cas, puisqu'un découpage en trois groupes des teneurs inférieures à 1.9% intervient assez régulièrement du HaA2 au HaB2. Chacun de ces groupes correspond-il à une façon différente d'introduire le plomb dans le bronze, par exemple aux trois que nous supposons ? ou ces groupes ont-ils plutôt un sens chronologique ou chorologique (ateliers différents) ? Nous ne sommes pas en mesure, pour le moment, de répondre à la question.

Une autre explication de l'augmentation des teneurs en plomb dès les débuts du Bronze final, encore différente de celles que nous proposons, a été suggérée par K. Waniczek (1986) à partir de l'étude de matériaux d'Europe centrale. Cette augmentation interviendrait au moment où, dans la fabrication du bronze, l'usage de l'étain métallique remplacerait celui de la cassitérite. C'est dans le processus de réduction de la cassitérite en étain métallique que le plomb aurait été ajouté, intentionnellement, dans le but d'éviter la formation de nodules (*Härtlinge*) étain/fer, dans lesquels se perdaient une partie de l'étain. Il en résulterait que, dès cette période (qui pourrait correspondre en Suisse au BzD-HaA1),

l'étain aurait toujours contenu un peu de plomb. Les variations régionales que nous observons dans les teneurs en plomb pourraient-elles alors s'expliquer par la diversité des zones stannifères qui ont approvisionné la Suisse ?

De toute façon, les différences géographiques mises en évidence dans l'usage du plomb confirment ce que la typologie des haches (et, dans une moindre mesure, la répartition de certains types de cuivre) disaient déjà de l'organisation métallurgique de la Suisse au Bronze final palafittique. Celle-ci, en effet, ne constitue pas un tout homogène, mais se laisse diviser en au moins trois zones de production différentes: à l'Est, dans le Centre-Ouest et à l'Ouest, travaillant la plupart du temps avec les mêmes cuivres, mais pratiquant des recettes de fondeur différentes.

L'usage différencié du plomb, ainsi que celui de l'étain, surtout au HaB2, qui sont en contraste avec la très faible variabilité du cuivre utilisé, montrent que cuivre, plomb et étain n'ont probablement pas la même origine. L'usage plus généreux du plomb dans l'Ouest de la Suisse peut sans doute être mis en rapport avec l'importance de ce métal dans le Bronze final atlantique et avec l'exposition favorable de la zone lémanique à ce courant métallurgique, dont l'influence en Suisse orientale ne se serait faite ressentir qu'à retardement.

3. Les compositions jumelles

Si nous nous sommes appliqué à mettre en évidence, dans notre corpus, les objets pouvant être considérés comme de composition identique (ce que nous avons appelé les "jumeaux de coulée" et les "jumeaux de lingot"), c'était dans l'espoir d'aller plus loin dans notre connaissance de la circulation des objets et des fondeurs, que là où nous menait la simple typologie externe du matériel.

1. Les jumeaux de coulée

L'interprétation de loin la plus vraisemblable des jumeaux de coulée (alliage et impuretés identiques) est, à notre avis, de les considérer comme des objets issus de la même coulée de métal, donc fabriqués au même endroit, en même temps, par le même bronzier. Le principal argument en faveur de cette interprétation réside dans le fait que les (rares) lingots retrouvés sont, sauf exception, toujours en cuivre, et dans la conclusion que nous en tirons: c'est le fabricant d'objets qui composait lui-même l'alliage dans son creuset. Théoriquement, en effet, les jumeaux de coulée pourraient aussi être issus du même lingot de bronze, refondu en plusieurs fois et pas forcément par le même artisan. Une troisième interprétation possible serait de considérer l'identité des compositions comme purement fortuite.

Les jumeaux de coulée considérés comme certains, c'est-à-dire satisfaisant complètement à nos critères, sont extrêmement rares. En effet, nous en avons relevé sept cas seulement, tous au HaB. Trois d'entre eux concernent la série des bracelets HaB1 de Sursee (groupe 5R). La série des sept exemplaires 777, 780, 781, 786, 787, 788 et 790 représente le seul cas où une coulée identifiée réunit plus de deux objets. Les deux autres paires de Sursee sont constituées des bracelets 776/789 et 784/791. Les quatre autres cas de jumeaux de coulée sont du HaB2. Les paires 918/921 (groupe 1N) et 379/380 (groupe 4N3) réunissent des objets provenant chaque fois du même site. Comme nous l'avons déjà dit, les deux fragments de hache de Bâle peuvent ne représenter qu'un seul et même objet. Les deux bracelets de Zurich, quant à eux, sont aussi des jumeaux morphologiques. Quant aux deux dernières paires, l'examen morphologique ne pouvait pas les mettre en évidence puisqu'elles réunissent deux types d'objet: un couteau et une hache (456/634, groupe 6N2), une faucille et une hache (25/584, groupe 6N2). Les deux paires sont constituées d'objets de provenances différentes: Vully-le-Bas et Estavayer, Cortaillod et Estavayer. Les objets (ou celui qui les colportait) ont donc circulé, mais à l'intérieur du même territoire, en l'occurrence celui des Trois-Lacs, centre de gravité de ce que nous avons appelé le Centre-Ouest.

Deux des trois paires de jumeaux de coulée légèrement déficientes (mais très probablement à repêcher) ne modifient pas ce tableau. Elles sont formées chacune de deux objets morphologiquement identiques: deux bracelets HaB1 d'Hauterive (901/902, groupe 6R), deux haches HaA2 de Concise et d'Estavayer (621/697, groupe 4N1). La troisième paire "repêchée" est la seule que nous puissions proposer pour la période prépalafittique. Elle réunit une des faucilles du dépôt Bronze moyen de Grenchen et une hache Bronze moyen atypique de Eschenz, en Thurgovie (833/287, groupe 2P). Non seulement la distance entre les deux sites est relativement considérable (122 km à vol d'oiseau), mais ce serait aussi le seul cas de jumeaux de coulée dispersés dans deux régions différentes. Grenchen, en effet, est proche de la limite orientale du Centre-Ouest, tandis qu'Eschenz est en pleine région Est.

Le poids reconstitué de chacune de ces dix coulées reste très modeste: de 153 g (901/902) à 1299 g (621/697), ce qui représente des volumes d'environ 17 à 144 cm³ — sans que nous sachions, bien entendu, si les coulées ainsi reconstituées sont complètes, ni s'il manque un ou plusieurs des objets qui en ont été issus.

2. Les jumeaux de lingot

Les jumeaux de lingot (cuivre identique, alliage différent) sont, bien sûr, beaucoup plus nombreux que les jumeaux de coulée. Nous avons relevé trente et un cas certains,

dont six seulement concernent plus de deux objets. Ils sont répartis de façon très inégale dans la chronologie: onze au HaA2, douze au HaB2, deux au HaB1, cinq qui paraissent mélanger deux phases palafittiques différentes et un seul exemple prépalafittique, au BzD-HaA1. En effet, tous les cas recensés au Bronze moyen souffrent de plus ou moins graves déficiences.

L'interprétation des jumeaux de lingot dans le sens de la mobilité des objets et des fondeurs est moins facile que celle des jumeaux de coulée, car leur signification nous paraît équivoque. Il n'est pas dit du tout, en effet, que des objets montrant exactement le même cuivre doivent nécessairement avoir été fabriqués par un seul et même artisan. Ce n'est qu'une possibilité. En effet, la même fournée de smeltage a très bien pu donner plusieurs lingots de composition identique ou — ce qui revient au même — un gros lingot immédiatement divisé. Nous ignorons tout, hélas ! du système selon lequel s'effectuait ensuite la distribution du cuivre brut; nous ne savons rien, en particulier, de l'existence éventuelle d'intermédiaires entre les ateliers de fonte du minerai, à proximité des gisements cuprifères, et les ateliers producteurs d'objets finis, dans des zones d'habitat souvent fort éloignées de ces gisements. Cependant, que les fabricants d'objets finis, installés dans les différentes régions, soient allés se procurer eux-mêmes leur matière première près des gisements, ou qu'ils l'aient reçue chez eux de la part de colporteurs ou des extracteurs eux-mêmes, les différents lingots d'une même fournée, de composition identique, ont très bien pu parvenir à des fondeurs différents, travaillant même dans des régions différentes. D'autre part, comme les deux sortes principales de cuivre utilisées au HaA2 et au HaB2 (groupes 4N et 6N) montrent une exceptionnelle stabilité de composition, il se peut aussi que l'identité des teneurs en impuretés soit parfois fortuite et ne signifie donc même pas que les objets concernés soient issus d'une même fournée de smeltage. Certains exemples, comme on va le voir, paraissent confirmer le bien-fondé de ces réserves.

Les jumeaux de lingot, en effet, peuvent se rattacher à trois types différents:

- 1) comme pour les jumeaux de coulée, les objets, typologiquement compatibles, proviennent du même site ou de la même région; il est alors vraisemblable ou probable, selon les cas, que les objets aient été fabriqués par le même fondeur;
- 2) les deux objets formant la paire ont été retrouvés dans des régions différentes; leurs styles ne sont pas contradictoires et la possibilité existe donc qu'ils aient été fabriqués par le même bronzier, soit au même endroit (les objets circulant ensuite), soit à plusieurs endroits différents;
- 3) les deux jumeaux proviennent de régions différentes et leurs styles sont tellement différents que l'hypothèse d'un fabricant unique n'est pas soutenable.

La fréquence de chacun de ces trois types n'est pas du tout la même au HaA2 et au HaB2.

Au HaA2, deux seulement des onze paires répertoriées se rattachent au type 1. Elles intéressent la région Est: hache et faucille de Zurich (323/362, groupe 5N1), couteau de Hitzkirch et hache de Zurich (771/312, groupe 4N1).

Le type 2, en revanche, est le plus fréquent, avec six exemples, tous du groupe 4N1: 57/102, 703/89, 89/18, 221/299, 54/511, 121/730. Les six rapprochent les régions de l'Ouest et du Centre-Ouest, à l'exclusion de toute association entre l'Est et l'Ouest ou entre l'Est et le Centre-Ouest.

Le type 3, enfin, est représenté par deux exemples du groupe 4N1. Il s'agit de deux paires formées chacune d'une hache de type Trois-Lacs, du lac de Neuchâtel (84, 675), et d'une hache de type lémanique, provenant du Léman (519, 497). Les objets sont si différents qu'on ne peut pas admettre qu'ils aient été fabriqués par un seul et même artisan. Le doute est ainsi jeté sur la signification archéologique des paires de type 2. Une troisième paire peut être rattachée au type 3. Elle est formée d'une hache de Delémont (915), de style indéfini, et d'une hache de pur style lémanique (153), qui ne semblent pas avoir été façonnées par le même artisan.

Au HaB2, neuf des douze cas répertoriés de jumeaux de lingot se rattachent à notre type 1; autrement dit, les paires, voire les triplets, sont chaque fois formés d'objets provenant du même site ou de la même région. Les trois régions de l'Est (394/396, groupe 6N3), du Centre-Ouest (244/249, groupe 6N3; 14/15, 17/456/634, 13/638, groupe 6N2) et de l'Ouest (159/207, groupe 5N1; 134/140, 188/160/162, 129/499, groupe 6N2) sont représentées.

Le type 2, le plus fréquent au HaA2, est au contraire beaucoup plus rare au HaB2. Seules deux paires (157/637, groupe 6N2; 399/570, groupe 6N3) et un triplet (25/584/894, groupe 6N2), en effet, associent deux régions différentes: une fois l'Est et le Centre-Ouest, deux fois le Centre-Ouest et l'Ouest. Tout comme au HaA2, il n'existe aucune liaison directe entre l'Est et l'Ouest.

Quant à notre type 3, réunissant des objets de même âge mais stylistiquement incompatibles, il n'est pas représenté au HaB2.

Quatre fois, en revanche, un ou deux objets HaB2 sont associés à un objet plus ancien (213/246, 80/661, 572/348/369, groupe 6N2; 256/303, groupe 5N2). Trois de ces "accidents" sont sans doute artificiels et simplement causés par une erreur d'appréciation chronologique. La datation des haches 213 (HaA2-B1), 661 et 348 (HaB1), en effet, peut fort bien être descendue au HaB2. Un cas assimilable, c'est-à-dire typologiquement non irréductible, est celui de la paire 442/477 (groupe 3N1), associant deux

faucilles, l'une datée HaA2-B1, l'autre HaB1-B2. L'incompatibilité chronologique existant entre 256 et 303 est plus difficile à résoudre, car il s'agit bel et bien d'un bracelet HaB2 du dépôt de Kerzers et d'une hache HaA2 de Zurich. Trois solutions sont possibles: le bracelet de Kerzers est issu de la refonte d'un objet jumeau de la hache zurichoise; la ressemblance des deux compositions est fortuite; la différence des teneurs en argent est significative et il ne s'agit donc pas de vrais jumeaux. Le doute, en effet, existe, car la teneur de 256 (0.089%) se situe bien en deçà de la quantité maximum ayant pu être mesurée dans les trois cents deux premiers échantillons (environ 0.15%; voir p. 16).

Au HaB1, les deux seules associations sûres sont du type 1. Elles concernent la région Est et le groupe 5R. Le bracelet de Sursee 783 est, en effet, jumeau de lingot des bracelets jumeaux de coulée 776 et 789, tandis qu'un autre bracelet de Sursee, 779, est apparemment issu du même lingot que la hache de Zurich 349.

A la période BzD-HaA1, dans le groupe 3P, les quatre objets 422 (hache de Ins), 462, 472 (haches de Zurich) et 413 (ciseau de Oberkulm) forment un carré très soudé, mais seules les paires 422/462, 462/472 et 413/462 sont vraiment acceptables. L'Est et le Centre-Ouest sont, en tout cas, sûrement associés (422/462). Les deux paires repêchées de cette période, elles, également dans le groupe 3P, ne mélangent pas les régions. La première (234/588) réunit deux haches de Belp et de Steffisburg, dans le Centre-Ouest, la seconde (416/425) un bracelet de Neftenbach et une hache de Künsnacht, à l'Est.

Au Bronze moyen, comme nous l'avons déjà dit, nous n'avons pu mettre en évidence aucune paire vraiment satisfaisante, sans doute à cause des problèmes posés par l'appréciation des basses teneurs. Il est donc difficile de se prononcer sur l'apport des analyses à l'étude de la circulation des objets au Bronze moyen. Des huit paires recensées, plus ou moins approximatives, deux sont du type 1 et réunissent donc des objets de la même région: le Centre-Ouest dans le premier cas (286/884, groupe 2P), l'Est dans le second (832/833, groupe 2P). Les six autres associent toutes l'Est et la partie orientale du Centre-Ouest – Sutz-Lattrigen, au bord du lac de Bienne, représentant le point le plus occidental (712/840, 842/280, 803/287, 691/803, 285/803, groupe 2P; 578/644, groupe 2N).

3. Conclusion

Comme nous venons de le constater, les exemples de jumeaux de composition sont nombreux seulement au début et à la fin de la période palafittique du Bronze final, aux phases HaA2 et HaB2. Pour ces deux périodes, le premier enseignement des analyses, répétons-le, a été de montrer la très forte stabilité de composition des deux principaux cuivres utilisés, ceux des types 4N et 6N, qui

ne varient pas d'une extrémité à l'autre du Plateau suisse. Il est donc indiscutable que la même matière première a circulé partout.

A un niveau de détail plus poussé, l'étude des jumeaux de composition, associée à l'étude stylistique des objets concernés, montre qu'au sein de cette province métallurgique homogène qu'est le Plateau suisse, les objets finis et/ou les fondeurs ont une aire de circulation beaucoup plus restreinte que celle du métal brut. L'existence d'une production organisée en trois grandes régions principales (Est, Centre-Ouest, Ouest), postulée à partir de la typologie des haches et confirmée par la variation des alliages, n'est en effet pas contredite par les jumeaux de coulée — bien rares il est vrai — qui n'associent jamais deux régions différentes. L'association de deux régions différentes — soit du Centre-Ouest et de l'Ouest, soit du Centre-Ouest et de l'Est, mais jamais de l'Est et de l'Ouest — est attestée, en revanche, par des jumeaux de lingot de type 2, nombreux seulement au HaA2. Leur signification archéologique nous paraît sérieusement mise en doute, cependant, par l'existence de jumeaux de lingot de type 3, qui réunissent des haches ne pouvant réellement pas avoir été fabriquées par le même artisan.

Parmi les haches, les preuves indiscutables de la circulation d'objets d'une région à l'autre sont rarissimes. Nous ne voyons guère que celui de la hache lémanique de Corcellettes 153, qui apparaît au bord du lac de Neuchâtel hors de son domaine d'origine. La hache 629, de Cortaillod, peut, elle aussi, passer pour un outil occidental déplacé en milieu centre-occidental, tandis que 101, 102 et 143, différentes des autres haches HaA2 de Morges, pourraient être considérées comme d'origine centre-occidentale. Les mouvements entre l'Est et le Centre-Ouest, quant à eux, sont sans doute attestés par la hache 764 de Hitzkirch (Est), de forme très centre-occidentale, ainsi que par 676, de Montilier (Centre-Ouest), qui est extrêmement proche des exemplaires zurichois. Quant à la circulation des faucilles et des couteaux (pour rester dans le domaine des outils), elle est beaucoup plus difficile à déterminer, car leurs variations spatiales ne sont pas encore mises en évidence. Les particularités régionales et la circulation des objets et/ou des bronziers sont faciles à démontrer, en revanche, dans le domaine de la parure (Rychner 1979, cartes 1-14). La répartition des bracelets de type Cortaillod (Paszthory 1985, pl. 186 A), fortement centrée sur la région des Trois-Lacs mais touchant aussi l'Est (Zurich, Sursee) et l'Ouest (région lausannoise, Valais), est un exemple de liaison Est – Centre-Ouest – Ouest que nous n'arrivons pas à démontrer à partir des outils. La répartition de certains types d'épingles devrait en fournir d'autres exemples.

C'est la typologie fine et non les analyses chimiques qui permet souvent d'aller encore plus loin dans l'approche des "territoires métallurgiques", en mettant en

évidence des coups de main différents, correspondant à la production d'artisans différents. L'exemple le plus net, parmi les outils, est celui des haches à ailerons dans le Centre-Ouest au HaA2 et au HaB1. Ainsi, une série de haches d'Hauterive (83, 473, 474, 727, 728, 729), dont on retrouve un exemplaire à Bevaix (84), se distingue aisément d'une autre série, caractéristique surtout de Concise (622, 623, 624, 625), mais attestée aussi à Bevaix (57) et à Cortaillod (31). Une troisième série, répartie entre Bevaix, Estavayer et Concise (434, 581, 582, 627), témoigne encore d'un autre coup de main. Il ne s'agit que de trois exemples, et il serait facile d'identifier encore d'autres fondeurs. Remarquons, en passant, que les jumeaux morphologiques ne sont pas nécessairement des jumeaux de composition.

Les exemples que nous avons donnés ci-dessus de la circulation des objets, à partir des variations régionales ou locales de style, sont fondés sur la morphologie de la hache à ailerons et concernent surtout le HaA2 et le HaB1. Au HaB2, en effet, la variabilité spatiale de la hache à ailerons paraît s'estomper, même si un type lémanique continue à se distinguer (125, 132, 135, 499, etc.). Comme le montre, au contraire, la très forte individualité du Centre-Ouest se dessinant à ce moment à partir de la typologie des bracelets, et comme le suggère peut-être aussi la rareté des jumeaux de lingot provenant de régions différentes au HaB2, la variabilité moindre de la hache ne signifie pas, cependant, que le cloisonnement régional observé au HaA2 et au HaB1 disparaisse complètement au HaB2.

4. Les objets « étrangers »

En parlant de typologie et de chronologie, nous avons signalé l'existence, dans notre corpus, d'un certain nombre d'objets qui sont en Suisse en dehors de leur aire d'extension habituelle, et que leur morphologie permet ou ordonne de considérer comme des "importations". Au point de vue métallurgique qui est ici le nôtre, les plus intéressantes de ces importations ne sont pas forcément celles qui viennent des contrées les plus éloignées et qui peuvent montrer des compositions chimiques très différentes de celles des objets autochtones mais, au contraire, celles qui sont originaires des régions limitrophes de la Suisse et qui révèlent des types de composition bien attestés en Suisse. Elles permettent, en effet, une première approche, très prudente, du problème de l'extension géographique de certains types métallurgiques, et peut-être de celui, pour le moment encore plus inaccessible, de l'origine de certaines matières premières. C'est aux phases palafittiques ancienne et moyenne du Bronze final que les éléments d'une telle discussion sont les plus nombreux et les plus intéressants. C'est donc par là que nous commençons.

1. Le Hallstatt A2 et le Hallstatt B1

La série d'importations la plus remarquable est constituée par les sept haches à ailerons considérées comme protovillanoviennes (p. 21), donc de provenance italique, entre Alpes et Latium (114, 151, 326, 327, 432, 682, 930). Les exemplaires 114 (Morges), 432 (Estavayer) et 682 (Font) appartiennent à notre groupe de composition 4N (sous-groupe 4N2) et s'intègrent donc parfaitement à la majorité des objets suisses de l'époque. Il en va de même de 326 (Zurich), du groupe 1N avec forte teneur de cobalt. Trois hypothèses sont possibles:

- 1) seule l'"inspiration" de ces outils est étrangère; ils ont été coulés en Suisse à partir de la matière première normale de l'époque;
- 2) ces quatre haches sont réellement importées et représentatives, chimiquement, d'une partie au moins des matériaux protovillanoviens. Elles montrent qu'une même source de cuivre alimentait non seulement la Suisse du nord des Alpes mais aussi, en partie, l'Italie protovillanovienne;
- 3) l'identité de composition entre objets suisses et italiens signifie seulement l'identité des *types* de minerais, qui peuvent avoir des origines géographiques différentes.

La troisième hypothèse paraît la moins vraisemblable. Comme les influences de l'Italie du nord au HaA2-B1 se reflètent aussi dans d'autres domaines de la civilisation matérielle (en particulier, très probablement, dans l'industrie du verre; Rychner-Faraggi 1993, 63-65), nous penchons en faveur de la deuxième hypothèse. L'alliage en étain de trois des quatre outils en question (114, 326, 682) constitue peut-être un indice positif supplémentaire. D'environ 30% supérieur à la moyenne suisse de l'époque (environ 8%), il témoigne, en effet, d'une autre recette de fondeur et contribue ainsi à montrer que ces haches n'ont pas été fabriquées sur le Plateau suisse.

Les haches 151 et 930 s'intègrent elles aussi parfaitement dans un groupe métallurgique suisse du Bronze final, mais il s'agit cette fois du groupe 6N — attesté, certes, dès le HaA2, mais caractéristique surtout du HaB2. Et les objets dont se rapprochent le plus 151 et 930 (70, bracelet de Concise; 252, hache de Kerzers) sont effectivement du HaB2. Si elles sont elles aussi importées — l'alliage en étain, nettement supérieur à la moyenne, pourrait à nouveau constituer un argument en faveur de cette hypothèse — et si le cuivre de type 6N était déjà bien représenté au HaA2 au sud des Alpes (ce que nous ignorons), ces deux haches pourraient montrer l'origine plutôt sud-alpine de ce métal et le début de sa percée sur le Plateau suisse au HaA2, avant son triomphe au HaB2. Mais ce n'est là que pure spéculation.

La hache 327, enfin, se rattache à notre minigroupe 4P, qui rassemble surtout des objets BzD-HaA1 et HaB1.

C'est à un objet BzD-HaA1 que 327 ressemble le plus par sa composition (411, hache de Oberkulm).

Quatre couteaux témoignent eux aussi de relations avec le nord de l'Italie et le Tyrol du sud. 77 (Font, type Fontanella) et 879 (Grabs/Werdenberg, type Pfatten-Vadena) appartiennent également au groupe 6N (sous-groupe 6N1) et ne se distinguent absolument pas des autres objets de ce groupe, presque exclusivement HaB2. Le problème est donc le même qu'à propos des haches 151 et 930. 850 (Hauterive, type Fontanella) se rattache au groupe 5N (sous-groupe 5N1) et ne se distingue pas non plus du matériel lacustre de ce type de composition, qui est principalement HaA2 et HaB1, donc contemporain du type Fontanella. Le problème d'interprétation est donc assimilable à celui posé ci-dessus par les haches protovillanoviennes du groupe 4N. Quant à 877 (Grabs/Werdenberg, type Matrei), il appartient au groupe 6P, à dominante BzD-HaA1. Son interprétation est difficile. Contrairement à celui des haches italiques, l'alliage en étain de ces quatre couteaux ne s'écarte pas de la norme palafittique.

Un problème comparable à celui des haches protovillanoviennes "importées" est posé au HaA2-B1 par les cinq haches de type Laugen-Melaun de notre corpus (328, 925, 926, 928, 929). Au Montlingerberg, en effet, d'où proviennent quatre des cinq exemplaires, ces haches sont certes "chez elles", c'est-à-dire à l'intérieur de l'aire de répartition de la culture de Laugen-Melaun, mais le type auquel elles appartiennent est également répandu, tout comme la culture elle-même, dans le Tyrol du sud et le Trentin. L'exemplaire de Zurich, lui, est à considérer comme une importation, au même titre que les haches italiques. Le type Laugen-Melaun, à notre connaissance, n'est pas attesté dans les palafittes du Centre-Ouest et de l'Ouest de la Suisse. Quant à leur composition, les cinq haches de type Melaun sont à nouveau entièrement assimilables à l'industrie HaA2-B1 du Plateau suisse, puisque 328 est du groupe 3N à fort cobalt et les quatre autres du groupe 4N. L'ignorance dans laquelle nous sommes de la composition chimique du matériel tyrolien et d'Italie septentrionale empêche une fois de plus d'aller loin dans l'interprétation. On peut hésiter entre deux hypothèses:

- 1) les haches du Montlingerberg n'ont de Laugen-Melaun que leur forme; elles sont coulées dans le métal typique du Plateau suisse;
- 2) la composition des haches du Montlingerberg est représentative de toute la culture de Laugen-Melaun, Tyrol et Trentin y compris. Plateau suisse, Tyrol et Trentin seraient donc alimentés par la même source de métal.

L'identité de composition entre les haches de type Laugen-Melaun et quatre des haches protovillanoviennes nous fait pencher en faveur de la seconde hypothèse. On remarquera, enfin, que l'alliage en étain des haches de type Laugen-Melaun est à nouveau très supérieur à la moyenne

suisse de l'époque et qu'il relève donc d'une autre technique. Quant à la hache 756 (Coire), nous avons dit sa ressemblance seulement partielle avec le type Laugen-Melaun et son rattachement possible au type Hallstatt. Elle montre, en tout cas, une composition très différente des autres (groupe 3P) et un alliage en étain encore plus riche, alors que la teneur en plomb est à peu près nulle.

Un objet du corpus peut encore passer pour morphologiquement étranger dans le HaA2-B1 palafittique. Il s'agit du couteau 736 (Hauterive), sans parallèle dans les matériaux suisses mais entretenant des affinités certaines avec des couteaux de Thuringe. Importation, ou simple objet "hors normes" ? La composition chimique de son cuivre est en tout cas parfaitement normale, puisqu'elle est de type 3N à fort cobalt.

2. Le Hallstatt B2

Les deux seuls objets clairement étrangers du corpus sont, à cette époque, les deux haches à douille du type Plainseau, originaires de Picardie, qui accompagnaient chacune une série d'outils autochtones dans les dépôts d'Ollon et de Kerzers (164, 253). Leur alliage en étain et en plomb, beaucoup plus riche que celui pratiqué d'ordinaire sur le Plateau suisse au HaB2, suffit à montrer qu'elles relèvent d'une tradition métallurgique vraiment étrangère. Les teneurs en impuretés, pauvres selon nos normes, se distinguent elles aussi clairement des compositions suisses de type 6N, typiques du HaB2. Ces deux haches ne sont pas pour autant isolées dans le Bronze final suisse. 164, en effet, est parfaitement intégrée au groupe 5P (sauf en ce qui concerne l'argent), nettement occidentale, plus typique du HaB1 mais attesté aussi au HaB2. 253, quant à elle, est très bien intégrée au groupe 6P, surtout attesté au BzD-HaA1. Elle forme une grappe bien homogène mais chronologiquement disparate avec 32 (hache occidentale HaA2-B1 de Cortaillod), 190 (hache Bronze ancien de Genève) et 755 (hache BzD-HaA1 de Coire). La composition chimique de 164 et 253 correspond bien à celle de trois exemplaires du même type appartenant au dépôt éponyme du Plainseau à Amiens (Bourhis 1984, N° 3684-3686).

3. Le Bronze moyen et le Bronze D - Hallstatt A1

Après les haches italiques, les couteaux de types Fontanella et Pfatten-Vadena et les haches de type Laugen-Melaun, les deux "étrangers" du BzD-HaA1 constituent deux exemples supplémentaires des liens entre la Suisse, l'Italie du nord et le Tyrol au Bronze final. Du couteau de type Baierdorf de Vétroz (651), on peut dire qu'il est métallurgiquement à sa place, puisqu'il est bien intégré au groupe 1P, à dominante clairement BzD-HaA1 mais surtout fréquent dans l'Ouest. S'il s'agit d'une véritable importation, il montre que le groupe 1P n'est pas propre à la Suisse, mais de caractère alpin plus international. La hache à ailerons de

Bertschikon (429) paraît, elle, plus isolée dans le milieu métallurgique suisse du BzD-HaA1. A cause de ses teneurs relativement fortes en antimoine et en argent, elle occupe, en effet, une position très à part dans le groupe 6P.

L'origine des quatre objets étrangers du Bronze moyen n'est pas à chercher, elle, au sud ou au sud-est de la Suisse, mais au nord et à l'ouest. Les deux haches à rebords 589 et 914 (Muttentz et canal Nidau-Büren) proviennent, en effet, du nord de l'Allemagne (Abels 1972, p. 64), tandis que les deux haches à talon 494 et 838 (Douvaine et Allschwil) sont certainement originaires de France (peut-être d'Allemagne, en ce qui concerne 838). Quant à leur type de cuivre, toutes les quatre ne se distinguent en rien des productions suisses du Bronze moyen. Elles sont parfaitement intégrées, en effet, aux groupes de composition 2N (494, 589, 914) et 2P (838), les plus importants du Bronze moyen avec 3N et 3P. C'est une preuve de plus de l'importance européenne de ce type de métal au Bronze moyen. Remarquons aussi que trois de ces haches étrangères (494, 589, 914) se distinguent de la plupart des exemplaires indigènes par une teneur en plomb très supérieure à la moyenne suisse du Bronze moyen.

5. Le zinc et les objets d'authenticité douteuse

Il est établi depuis longtemps qu'une importante quantité de zinc (dès environ 1%) dans un objet européen de l'âge du Bronze constitue, sauf exceptions, sinon la preuve, du moins l'indice sérieux de son inauthenticité — ou, pour être plus exact, d'une fabrication contemporaine ou postérieure à la deuxième moitié du 1er siècle av. J.-C. (Witter 1936, 281; Otto/Witter 1952, 79; Otto 1957/58; Junghans/Sangmeister/Schröder 1974, 9; Tylecote 1976, 48; Riederer 1977, 86; Maréchal 1983, 281; Pernicka 1995, 55-56). C'est, en effet, aux Romains, à la période augustéenne, que l'on attribue la première production importante de laiton en Europe. Il est alors exclusivement produit par cémentation du cuivre à partir du minerai de zinc le plus courant, la calamine ($ZnCO_3$). Ce procédé, d'ailleurs, restera en vigueur jusqu'au 18e siècle, c'est-à-dire jusqu'au moment où le zinc métallique passe pour avoir été "inventé".

L'histoire de l'alliage cuivre-zinc remonte cependant beaucoup plus haut dans le temps que la période romaine (Craddock 1978a-b et 1980, que nous résumons ici très grossièrement). Si l'on excepte le cas, douteux, du laiton Bronze ancien de Gezer, en Palestine, les plus anciens groupes d'objets à base de cuivre contenant des quantités notables de zinc proviennent de Chypre (entre 2 et 8% de zinc) et des Cyclades, à Thermi (jusqu'à 16.9% de zinc, voir Begemann et al. 1992). Ils datent du Bronze ancien et leur signification métallurgique est encore incertaine.

Il ne s'agirait pas, semble-t-il, d'un alliage intentionnel mais du résultat fortuit de la réduction de minerais de cuivre contenant aussi beaucoup de zinc. Quelques cas isolés et comparables sont également connus dans l'âge du Bronze du Proche-Orient et d'Asie mineure. Quant à la première production délibérée de laiton, elle remonterait au 8^e siècle environ et se situerait en Asie mineure. Quelques objets, ainsi que le terme "orichalque", qui désigne très vraisemblablement le laiton, montrent que cet alliage est connu des Grecs dès environ le 7^e siècle. La connaissance du laiton est ensuite attestée à la période hellénistique en Grèce et en Méditerranée orientale. Quelques cas sont aussi connus chez les Étrusques mais, d'une façon générale, il est certain que les objets préromains en laiton sont rares et que la production à grande échelle de cet alliage ne débute qu'au 1^{er} siècle av. J.-C.

Que savons-nous, maintenant, de la présence du zinc dans la métallurgie de l'âge du Bronze en Europe à l'ouest des Balkans ? Pour Craddock (1978a, 3) "*no european group of Bronze Age metalwork from a hoard, or excavated from a barrow, for example, has shown more than a small amount of zinc*". Cette affirmation mérite d'être nuancée. En effet, il existe en Toscane une production métallurgique très particulière du Bronze ancien, montrant des teneurs en zinc dépassant couramment 2%, pour des teneurs en plomb presque toujours supérieures à 1% et un alliage en étain normal, compris le plus souvent entre 5 et 10%. Elle est principalement connue par les deux dépôts de la Murecce à Castiglione d'Orcia et de Santa Croce à Montemerano (Radmilli 1975; analyses dans Junghans/Sangmeister/Schröder 1974, N° 20188-20243, 20559-20572; 20573-20584), et passe pour être issue des chalcopyrites de Campiglia Marittima et de Monte Calvi, dont les gisements sont du "type Banat", avec fer, étain et sulfures de plomb et de zinc (Maréchal 1962, 236).

Le corpus de Stuttgart (Junghans/Sangmeister/Schröder 1974) révèle encore de nombreux autres exemples d'objets à forte teneur en zinc, mais assez isolés et dispersés dans diverses régions d'Europe centrale et septentrionale (Hongrie: 12370, 13159; Yougoslavie: 13112-13113; Bohême: 16431-16435; France: 19537; Écosse: 11713; Irlande: 16721, 16729-16730, 16803-16807, 16810-16811, 17438, 17596). L'authenticité de ces objets demanderait naturellement à être vérifiée cas par cas, spécialement en ce qui concerne le matériel irlandais, qui est presque toujours de provenance inconnue. Un autre exemple, isolé lui aussi mais, semble-t-il, incontestable, est celui du dépôt BzD-HaA1 de Cannes-Ecluse (Seine-et-Marne; Gaucher/Robert 1967) qui, à côté de très nombreux lingots de cuivre et objets en bronze, contenait aussi une barre de zinc pur (Giot/Bourhis/Briard 1970, 43 et tabl. 22, N° 736; Mohen 1977, 214, 259). Un lingot du même dépôt contient 2% de zinc pour 2.8% de plomb, et de nombreux autres lingots et objets révèlent des teneurs de zinc comprises entre 0.1 et 0.5% (Mohen 1977, 259, N° 709, 727, 762, 764, 769, 770, 774-776,

787, 789). On ne sait pas si la barre de zinc de Cannes-Ecluse doit être considérée comme un pur "accident" ou comme la tentative, réussie, de "fonte expérimentale de la blende, peut-être confondue ou recueillie avec de la galène" (Giot/Bourhis/Briard 1970, 43). Cette "anomalie inexplicable" (Mohen 1977, 214), néanmoins, montre que non seulement des objets en cuivre à forte teneur de zinc mais aussi du zinc métallique ont pu, à l'occasion, circuler dans l'Europe "barbare" de l'âge du Bronze, bien avant la période hellénistique, durant laquelle il est attesté par une découverte, isolée elle aussi, de l'Agora d'Athènes (Craddock 1978b, 4-5).

Mais revenons à notre propre corpus d'analyses (tabl. 17). C'est, au premier chef, à cause de leur haute teneur en zinc que nous avons écarté six objets des statistiques: 577, 640, 642, 692, 742 et 908. Au contraire de certains "faux objets lacustres" en bronze, immédiatement identifiables à leur forme extravagante, à leur facture grossière ou à leur poids exagéré, cinq des six objets suspects sont de forme parfaitement normale (577, 640, 642, 692, 908). Ce sont des haches à rebords du Bronze moyen, de types parfaitement définis et très répandus: type Grenchen, variante A (577, 692); type Habsheim, variante A (642, 908); type Möhlin, variante A (640). Si ces haches, morphologiquement, sont à ce point réussies, c'est qu'elles semblent, pour quatre d'entre elles en tout cas, avoir été moulées sur des originaux au "pedigree" garanti (la même constatation a pu être faite par H. Otto [1957/58] à propos des séries d'objets falsifiés du musée de Halle). Les deux haches de type Grenchen sont exactement identiques à deux exemplaires du dépôt même de Grenchen, qui sont nos N° 282 (modèle de 577) et 280 (modèle de 692). Les deux haches de type Habsheim, identiques, paraissent, elles, avoir pour modèle une hache de Sutz-Lattrigen, notre N° 578. Quant à la hache de type Möhlin 640, elle ne paraît pas pouvoir être considérée comme la copie absolument conforme d'une des haches publiées de ce type (Abels 1972, pl. 22). Si crédibles qu'elles soient quant à leur forme générale, quatre de ces haches (577, 640, 692, 908), à l'examen visuel, avant l'analyse, ont cependant éveillé notre méfiance, principalement à cause de leur patine louche, trop uniforme, de couleur bizarre ou visiblement étendue au pinceau. Quelques coups de lime trop voyants contribuaient aussi à cette apparence suspecte. Ce ne fut pas le cas, avouons-le, de 642, dont l'aspect extérieur nous a paru entièrement normal.

Dans le cas des haches, l'analyse a confirmé les soupçons nés de l'examen visuel. En premier lieu, la quantité de zinc qu'elles contiennent sort en effet complètement du cadre des valeurs mesurées dans les autres objets du corpus, puisque la teneur moyenne de zinc, au Bronze moyen et pendant tout le Bronze final palafittique, est comprise entre un et deux centièmes de pour cent. Elle est un peu plus forte au BzD-HaA1 mais reste toutefois très inférieure au dixième de pour cent (0.062%). Des 941 objets que nous considérons comme authentiques, vingt-

six seulement ont une teneur en zinc égale ou supérieure à 0.1% (tabl. 17). La plupart se rencontrent au Bronze moyen et, surtout, au BzD-HaA1. Leur fréquence est extrêmement basse au HaA2 et au HaB1, nulle au HaB2. La teneur maximum de ces objets “riches” en zinc ne dépasse pas 0.78% (421), et dans dix-huit cas sur vingt-six elle reste comprise entre 0.1 et 0.2%. Remarquons aussi que onze des vingt-six objets en question, soit 42.3%, sont des lingots de cuivre, alors que les lingots ne constituent que 4.5% de notre corpus. La présence préférentielle de lingots parmi les objets riches en zinc n'étonne pas, puisque cet élément, extrêmement volatile (ébullition dès 905°C), montre une forte tendance à disparaître au fur et à mesure des refontes successives du métal. De 3.49% en moyenne (de 2.36 à 4.28%), la teneur en zinc des cinq haches du Bronze moyen considérées comme douteuses est donc en total contraste avec celle des objets authentiques.

Un autre élément plus que suspect de la composition chimique de ces objets est la teneur en plomb, qui dépasse 2% dans les cinq cas, alors que la teneur moyenne au Bronze moyen n'est que de 0.08%, et que neuf objets sur dix de cette période en contiennent moins de 0.2% (tabl. 16). Remarquons encore, en ce qui concerne l'alliage, que si la teneur en étain de 640 et 642 est parfaitement dans la norme (quoique inférieure à la moyenne), celle de 577, 692 et 908 est, en revanche, anormalement basse. La fréquence des teneurs en étain inférieures à 4%, au Bronze moyen, n'est, en effet, que de 2.3% (tabl. 15). La teneur en fer constitue un dernier élément déviant — mais beaucoup plus discret que les précédents — de la composition de nos cinq haches douteuses. En effet, elle se situe (les cinq fois) au-dessus de la moyenne du Bronze moyen, qui est de 0.109% (lingots non compris).

Si les teneurs en zinc, en plomb, en fer et, partiellement, en étain sont donc très anormales, on ne peut pas en dire autant, en revanche, de celles en arsenic, antimoine, argent, nickel, bismuth et cobalt. Ces haches, en effet, ne sont pas faites du cuivre très pur souvent utilisé pour la fabrication des falsifications (Otto 1957/58, 213-214), et elles s'intègrent toutes les cinq dans l'un ou l'autre des groupes de composition. Ainsi, 642, 577 et 692, de schéma $As>Sb>Ni$, appartiennent au type 1N. 642 est très voisine de 82 (faucille HaB2 d'Hauterive) et de 816 (bouterolle HaB2 de Corcelettes) — sauf, cependant, en ce qui concerne le cobalt et, dans une moindre mesure, l'argent. 577 et 692, qui sont jumelles de composition et qui sortent donc du même atelier, sont extrêmement proches, quant à elles, de 920 (hache HaB2 de Bâle), 78 (couteau HaB2 de Mörigen) et 739 (lingot non daté de Zurich). La proximité des compositions est assez saisissante, mais le cobalt de 577 et 692 est à nouveau plus faible. La hache 640, de schéma $Sb>As>Ni$ à teneurs relativement basses, se rattache au groupe 6N2 où elle forme un groupe extrêmement compact avec 243 (hache HaB2 de Kerzers), 381 (faucille HaB2 de Zurich), 266 (Hache

BzD-HaA1 de Gals), 341 (hache HaB1 de Zurich), 278 (hache Bronze moyen de Köniz) et 667 (hache Bronze moyen de Oberried). De nouveau, la teneur en cobalt, nulle, de la hache “falsifiée” est inférieure à celle des autres objets. 908, enfin, de schéma $As>Ni>Sb$, à la limite des compositions normales et pauvres, possède d'excellents parallèles dans le groupe 2N: 554 (hache Bronze moyen de Villars-St.-Croix), 417 (hache BzD-HaA1 de Lausanne), 719 (hameçon HaA2 d'Hauterive), 415 (bracelet BzD-HaA1 de Neftenbach), 274 (hache BzD-HaA1 d'Orpund) et 820 (bracelet HaB de Bevaix). Dans ce cas, c'est la teneur supérieure en argent de 908 qui constitue le petit élément déviant.

Mais ces rapprochements comportent une anomalie qui nous paraît plus sérieuse: sauf dans le cas de 908 (qui est du type 2N, un des trois principaux du Bronze moyen), ils concernent des groupes de composition dont l'importance au Bronze moyen est très faible, voire nulle. Les types 1N et 6N ne représentent, en effet, respectivement, que le 5.5% et le 4.4% des compositions de cette époque. Ces rapprochements, malgré tout, restent assez frappants et on pourrait même se demander si les “faussaires” n'ont pas, dans certains cas, refondu une matière première préhistorique en y rajoutant du zinc et du plomb pour en faciliter la coulée.

Si, dans le cadre suisse, les comparaisons que l'on peut faire concernant la composition chimique des cinq haches douteuses constituent donc des éléments très défavorables à leur authenticité, il n'en va peut-être pas toujours de même si nous nous plaçons à l'échelle européenne. En effet, les teneurs en zinc et en plomb se situeraient encore dans les limites de ce qu'on pourrait attendre dans le cas de traitement de minerais complexes de type chalcopryrite-galène-blende (Maréchal 1983, 280-281); par ailleurs, l'industrie particulière du Bronze ancien toscan que nous avons signalée plus haut, ainsi que plusieurs objets publiés par le groupe de Stuttgart, peut-être authentiques, montrent des teneurs en zinc, en plomb et en fer très comparables à celles des cinq haches suisses. Lesquelles, d'autre part, contiennent beaucoup moins de zinc que les falsifications allemandes étudiées par Otto (1957/58, 213-214; Zn presque toujours >10%). Si nos haches suspectes étaient de types étrangers à la Suisse, et non pas typiquement régionales comme elles le sont en fait, et si leur aspect, dans quatre cas sur cinq, ne présentait pas les caractères douteux que nous avons signalés, leur inauthenticité serait donc plus discutable.

Notre conclusion est qu'il convient de retirer de la circulation ces cinq haches, qui ont passé pour authentiques jusque dans les inventaires les plus récents (Abels 1972; Osterwalder 1971). Il est peut-être exagéré, en revanche, de les qualifier sans hésiter de falsifications, car nous ne savons pas si, à l'origine, elles ont été fabriquées en vue de passer pour authentiques, donc de tromper un client. Quoi qu'il en soit, elles ont cependant été intégrées

dès le siècle passé à des collections officielles et ont donc été considérées comme authentiques.

Qu'en est-il, maintenant, du vase en bronze coulé 742, censé provenir d'Hauterive (Vouga 1933, 184) ? Son cas nous paraît plus délicat, en premier lieu parce qu'il s'agit, dans ce matériau, d'un *unicum* absolu, qu'on ne peut donc rapprocher de rien, si ce n'est des innombrables vases à épaulement en terre cuite de l'époque HaA2-B1. Sa facture, d'autre part, n'est ni trop belle, ni trop laide. Sa surface en partie corrodée, les restes de patine et de calcite pourraient être ceux d'un objet lacustre authentique. Au point de vue du décor, cependant, le remplissage de hachures entre les lignes horizontales du col peut paraître un peu bizarre, puisqu'on ne le rencontre pas, à notre connaissance, sur les exemplaires en terre cuite. Quant à sa composition chimique, 742 est également moins déviant que les haches. Sa teneur en zinc (1.29%), en effet, est à mi-chemin entre la teneur la plus haute d'un objet authentique (0.78%) et la plus basse d'un objet "falsifié" (2.36%);

les teneurs en étain, en plomb et en fer sont, par ailleurs, tout à fait normales. Par son schéma de composition As>Sb>Ni et sa composition pauvre, 742 s'intègre très bien au groupe 1P, où il a de bons parallèles: 193 (bracelet BzD-HaA1 de Genève), 497 et 888 (lingots Bronze moyen de Douvaine et de Meikirch), 513 (hache BzD-HaA1 de Genève). Et c'est dans ce groupe que se rencontrent la plus haute et la troisième plus haute teneur en zinc (421, 0.78%; 176, 0.55%). Le groupe 1P, cependant, est inconnu au HaA2 et représenté seulement par un seul objet au HaB1. Le vase 742 devrait donc être considéré comme le produit de la refonte d'objets prépalafittiques. En conclusion, le doute existe, et rien ne permet pour l'instant de ranger définitivement 742 dans la catégorie des falsifications, à laquelle nous l'avons peut-être attribué trop rapidement. Il pourrait s'agir d'un essai, d'un objet "hors normes" comme l'est d'ailleurs aussi un autre objet du même site, la fameuse plane d'Hauterive (827), présentée d'ailleurs par Vouga (1933) dans la même publication.