

<b>Zeitschrift:</b>	Cahiers d'archéologie romande
<b>Herausgeber:</b>	Bibliothèque Historique Vaudoise
<b>Band:</b>	63 (1995)
<b>Artikel:</b>	Arsenic, nickel et antimoine : une approche de la métallurgie de Bronze moyen et final en Suisse par l'analyse spectrométrique : tome I
<b>Autor:</b>	Rychner, Valentin / Kläntschi, Niklaus
<b>Kapitel:</b>	8: Bilan et perspectives
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-835407">https://doi.org/10.5169/seals-835407</a>

### 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:** 22.02.2026

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

## BILAN ET PERSPECTIVES

### 1. Bilan

Le Bronze moyen, le début du Bronze final et les trois phases du Bronze final palafittique (HaA2, HaB1, HaB2) sont caractérisés chacun par un ou plusieurs types de composition chimique, pour la plupart très bien définis. La variation diachronique des compositions est donc indiscutable. La rupture la plus spectaculaire a lieu entre le BzD-HaA1 et le HaA2, avec l'introduction du cuivre à nickel dominant et fort cobalt (4N et 3N à cobalt), une des variantes des cuivres du Bronze final palafittique qui sont exclusivement de type fahlerz, c'est-à-dire contenant à la fois de bonnes quantités d'arsenic, d'antimoine, d'argent et de nickel — contrairement à ceux du Bronze moyen et du BzD-HaA1, qui sont en majorité du type arsenic/nickel à faible antimoine et faible argent. Au point de vue de la composition du cuivre, la période la plus homogène est le HaB2, pendant laquelle trois objets sur quatre appartiennent au groupe 6N, et 96% aux trois groupes principaux 6N, 1N et 5N.

Sur le Plateau suisse, la variation spatiale, synchrone, de la composition du cuivre n'est pas importante. En règle générale, donc, les trois régions définies (Est, Centre-Ouest et Ouest), à une époque donnée, utilisent les mêmes types de cuivre dans des proportions équivalentes. A notre avis, seuls trois cas de variation spatiale peuvent ou doivent être considérés comme significatifs: 1) la fréquence nettement plus grande à l'Ouest qu'au Centre-Ouest des compositions pauvres (surtout du groupe 5P), et leur absence complète à l'Est, au HaB1; 2) la plus grande fréquence des compositions riches (surtout du groupe 5R) à l'Est et dans le Centre-Ouest, au HaB1 également; 3) la fréquence décroissante d'Est en Ouest du groupe 1N au HaB2.

Comparées à celles du cuivre, les variations dans le temps du type d'alliage sont peu importantes, voire inexistantes (tabl. 15). Du Bronze moyen au HaA2 y compris, en effet, la proportion d'étain ne varie pour ainsi dire pas. Cette stabilité continue au HaB1, sauf à l'Est, où la fréquence des cuivres riches, très faiblement alliés en étain, est la plus forte. Au HaB2, en revanche, on assiste à une baisse généralisée de la teneur moyenne en étain ainsi qu'à une plus forte variabilité des teneurs, surtout à l'Est.

Les teneurs en *ploom* varient beaucoup plus que celle en étain, dans le temps et dans l'espace (tabl. 16). Dans le temps, elles augmentent régulièrement du Bronze moyen à la fin du Bronze final. Dans l'espace — et c'est sans doute le plus intéressant — du HaA2 au HaB2 y compris, les hautes teneurs en plomb ont une fréquence décroissante d'Ouest en Est.

Quant à la circulation des objets, l'étude des jumeaux de composition confirme ce que la morpho-typologie montrait déjà, à savoir qu'elle a lieu essentiellement à l'intérieur de chacune des trois zones géographiques définies, qui sont autant de zones de production différentes, regroupant chacune plusieurs centres de production. C'est l'étude morphologique détaillée des objets, et non leur analyse chimique, qui permettra d'aller plus loin dans ce domaine.

En conclusion, il est donc permis d'affirmer, croyons-nous, que les résultats de notre enquête sont assez importants pour que ses buts principaux soient considérés comme atteints.

## 2. Le problème de l'origine du cuivre

Pour l'essentiel, notre travail est resté *descriptif*. Aucune *interprétation* n'a été proposée, en particulier, pour le principal phénomène mis en évidence: celui des changements de composition chimique au cours du temps. Ce n'est pas par excès de timidité, mais tout simplement parce que cette interprétation est complètement dépendante du problème de l'*origine du cuivre*, et que ce problème est loin d'être résolu, c'est le moins qu'on puisse dire ! Si nous croyons utile d'y consacrer ci-dessous quelques lignes sommaires, c'est avant tout pour mettre en évidence l'étendue de notre ignorance dans ce domaine et justifier, par là, notre réticence temporaire face à l'interprétation.

### 1. Les obstacles à surmonter

La clé de voûte de toute recherche visant à reconstituer les maillons de la chaîne métallurgique et économique reliant un groupe d'objets à leur minerai d'origine est le principe selon lequel la ressemblance chimique de ces objets implique leur origine commune. En d'autres termes, un type de composition chimique, bien défini dans le détail de ses teneurs en impuretés, est censé correspondre à une matière première unique, donc à un minerai de cuivre particulier, susceptible d'être situé précisément dans l'espace. En fait, ce principe est à considérer plutôt comme un acte de foi, archéologique, que comme de véritables prémisses scientifiquement démontrées. C'est pourquoi nombreux sont les métallurgistes ou les minéralogistes qui en sourient, sans en avoir encore — il faut le dire — prouvé positivement la complète vanité. Il est néanmoins patent — et tout le monde en est aujourd'hui conscient — que la portée de cet axiome de base est sérieusement limitée par de nombreuses incertitudes d'ordres aussi bien archéologique que métallurgique et minéralogique. Nous en passons ci-dessous quelques-unes en revue.

La première concerne la *signification* de nos groupes de composition. Leur signification archéologique, c'est-à-dire chronologique, est indiscutable dans la plupart des cas et nous n'y reviendrons donc pas. Qu'en est-il, en revanche, de leur signification *métallurgique* et *minéralogique* ? Les principaux groupes de composition, ou les "assemblages" de groupes tels que nous les avons proposés dans le chapitre 6 correspondent-ils chacun à une seule matière première, un cuivre, résultant lui-même du smelting d'un seul minerai ?

Nous ne pouvons en aucune façon le démontrer, mais la stabilité de composition de ces groupes, ainsi que leur signification chronologique nous paraissent constituer des arguments positifs. On ne peut pas exclure, cependant, que certains groupes de composition soient issus du

mélange, très régulier, de plusieurs cuivres d'origines différentes. Il ne s'agirait pas d'un mélange opéré individuellement par les fondeurs d'objets — la stabilité de composition interdit, en effet, cette hypothèse — mais d'une opération effectuée quelque part au carrefour de plusieurs voies d'approvisionnement, à un niveau intermédiaire entre celui des emplacements de smelting et celui des ateliers locaux. Parce qu'on ne retrouve pas, ou presque pas, leur type de composition dans des objets finis, des lingots de Schiers (759) et du Montlingerberg (933, 934) pourraient être considérés, le cas échéant, comme des cuivres destinés à être mélangés à d'autres. Il est vraisemblable, en effet, qu'un cuivre chargé en antimoine et en arsenic comme l'est celui du Montlingerberg était "dilué" dans un autre cuivre plus pur, de façon à donner une matière première plus facile à travailler. Le Montlingerberg, par ailleurs, peut être considéré comme le point de convergence de trois voies potentielles d'approvisionnement en métal: tyrolienne (via le Vorarlberg, lui aussi cuprifère), grisonne et saint-gallo/glaronnaise. En tout état de cause, le mélange de cuivres différents paraît plus vraisemblable que celui de minerais d'origines différentes lors du smelting, car celui-ci, logiquement, devait avoir lieu de préférence à proximité des sites d'extraction.<sup>22</sup>

Une autre incertitude, souvent discutée, concerne l'*effet du smelting sur les teneurs en impuretés du minerai de cuivre*. Dans quelle mesure, en effet, les "signature chimiques" du minerai et du cuivre qui en est issu doivent elles correspondre ? Parmi les éléments pris en compte dans nos analyses, l'argent, le nickel, le bismuth et le cobalt ont un comportement pyrométallurgique très voisin de celui du cuivre. Ils ne devraient donc pas être affectés par le smelting (Pernicka 1995, 76-78; voir aussi Schulz 1983, Tylecote et al. 1977), lequel peut avoir un léger effet sur l'antimoine, l'arsenic et le plomb. Ces trois éléments, cependant, sont toujours considérés comme de bons "indicateurs". Le fer et le zinc, en revanche, offrent l'exemple de métaux qui, beaucoup moins facilement réductibles que les précédents, passent de préférence dans la scorie. Or le fer est justement un des principaux constituants de la chalcopyrite, minerai certainement le plus couramment exploité au Bronze moyen et final. Son élimination, qui constitue (avec celle du soufre) le but principal du smelting, entraîne une augmentation relative des teneurs en impuretés du métal par rapport à celles du minerai. C'est pourquoi, quand on compare cuivres et minerais, il est recommandé de confronter non pas les teneurs prises individuellement, mais plutôt les *rapports* existant entre les différentes teneurs. Ceci dit, aucune expérimentation de smelting de minerais sulfureux fortement chargés en

22 Cette "logique" ne semble pas avoir été toujours respectée, comme le montrent les fours de smelting découverts à Fennhals (Haut-Adige), que cinq heures de marche sépareraient des minerais les plus proches (Nothdurft/Hauser 1988, 177).

impuretés n'a jamais été publiée, qui pourrait donner une idée chiffrée et plus concrète du comportement de ces impuretés.<sup>23</sup>

Une autre difficulté à surmonter, constamment invoquée, est la *variabilité de composition* dont peut témoigner non seulement un gisement dans son ensemble mais aussi un seul filon de minéral, quelquefois constitué de l'association complexe de divers minéraux dont les proportions varient d'un mètre à l'autre (Pernicka 1995, 75, fig. 24). Dans les gisements alpins exploités à l'âge du Bronze ou ayant pu l'être, cette variation n'a jamais été exactement quantifiée, ni son impact mesuré sur la composition des cuivres correspondants. La réexploitation par E. Pernicka des échantillons récoltés et analysés autrefois par Neuninger, Preuschen et Pittioni va sans doute permettre de voir plus clair dans ce domaine (Pernicka 1995, 76, fig. 25, qui mélange malheureusement deux minéraux différents !; Christoforidis/Pernicka/Schickler 1988, 535, fig. 2). Il est évident, en tout cas, qu'une analyse isolée ne suffit pas à définir un minéral, et que l'analyse d'une grande série d'échantillons peut seule rendre compte de l'amplitude des variations de composition.

A l'examen de nos analyses de métal, on peut cependant douter que cette amplitude ait été très considérable dans les minéraux concernés. C'est, sans doute, au Bronze moyen qu'elle a été la plus forte, puisqu'on a en même temps, en tout cas pour le schéma 2, des compositions pauvres et normales dont il ne semble pas possible de faire des groupes métallurgiques et archéologiques distincts. Au Bronze final palafittique, qui voit s'imposer définitivement les cuivres de type fahlerz, la variation des teneurs est beaucoup moins importante, quelquefois spectaculairement faible. Le HaB1, période durant laquelle on rencontre une proportion notable de compositions riches et pauvres, surtout du schéma 5 qui est alors le type dominant, semble faire exception. En fait, cette variation des teneurs ne semble pas pouvoir être considérée comme l'expression de la variation de composition d'un seul et même minéral. Les compositions pauvres, en effet, ne sont pas réparties également sur tout le territoire mais très nettement concentrées à l'Ouest, où elles représentent probablement une matière première particulière, qui n'a pas circulé à l'Est, et seulement peu dans le Centre-Ouest. Les compositions riches du HaB1, quant à elles, qui sont plutôt caractéristiques de l'Est, peuvent correspondre soit à un gisement spécial, soit à un tronçon plus enrichi du filon qui a aussi donné le cuivre de type 5N.

Pour l'instant, donc, tout porte à croire qu'à chacune des phases du Bronze final palafittique, le ou les principaux gisements de cuivre alimentant le Plateau suisse étaient très stables dans leur composition et qu'ils étaient, de surcroît, traités selon des procédés de smelting très contrôlés. Ce qui n'est pas exclu, en revanche, c'est que les variations définissant les trois types successifs de cuivre de type fahlerz du Bronze final (groupes 4, 5 et 6)

reflètent non pas le passage d'un gisement à un autre, mais seulement la variation en profondeur, très progressive, de la composition d'un seul très gros gisement.

Dans quelle mesure la *signature chimique d'un gisement de cuivre est-elle unique* et dans quelle mesure, au contraire, un type de minéral donné peut-il montrer des compositions identiques, même à des distances considérables ? C'est une incertitude de plus — et de taille ! — que l'on ne peut pas encore éclaircir, faute de données. En fait, il est certain qu'un type de minéral peut montrer des compositions très équivalentes dans des régions très différentes. Des chalcopyrites irlandaises, par exemple, sont caractérisées à la fois par l'arsenic, l'antimoine, l'argent, le nickel et le cobalt, comme le sont des chalcopyrites est-alpines (Coghlan/Butler/Parker 1963, fig. 4 et 6; Pittioni 1980b, 85-86); et des fahlerz irlandais montrent des compositions à arsenic/antimoine et faible nickel tout à fait comparables à celles des fahlerz est-alpins (Coghlan/Butler/Parker 1963, fig. 8-12; Schroll/Azer Ibrahim 1959). Ce que l'on ignore, c'est jusqu'où, dans le détail, l'identité peut aller.

Idéalement, enfin, la recherche des minéraux utilisés à l'âge du Bronze exigerait l'établissement du *catalogue exhaustif de tous les gisements potentiellement utilisables à l'époque*. De toute évidence, cet idéal est inaccessible, pour deux raisons principales. La première, c'est que rien ne dit qu'il reste encore quelque chose des filons exploités à l'âge du Bronze, qui peuvent soit avoir été épuisés à l'époque déjà, soit avoir été détruits par les exploitations postérieures. La deuxième raison, c'est que l'âge du Bronze, dit-on, aurait très bien pu se satisfaire de modestes gisements de cuivre ne figurant plus dans les inventaires actuels, ou alors seulement sous les rubriques plomb, zinc ou fer, dont les gisements de type sulfureux contiennent souvent de la chalcopyrite en quantité appréciable. Cette objection, cependant, paraît moins sérieuse que la première. En effet, la composition chimique des objets, d'une grande stabilité à chaque époque, parle plutôt en faveur de l'exploitation de gisements relativement importants.

Comme on le voit, les obstacles de principe semés sur le chemin devant mener à l'identification des minéraux peuvent passer pour insurmontables et décourager les meilleures volontés. Nous ne pensons pas, cependant, qu'il faille se montrer si pessimiste. C'est pourquoi nous essayons d'aller plus loin, dans le but non de faire progresser nos connaissances, mais de faire simplement le point sur le cas précis de la Suisse.

23 Cela s'explique probablement par la grande difficulté (nous la connaissons par l'expérience!) qu'il y a, en "conditions préhistoriques", à obtenir des lingots de cuivre à partir de minéraux sulfureux.

## 2. Le cas de la Suisse

Dans la recherche de l'origine des cuivres utilisés en Suisse à l'âge du Bronze, le réflexe le plus naturel est de s'intéresser d'abord, dans la zone productrice potentielle principale (les Alpes), aux régions où la preuve existe de l'exploitation préhistorique des minerais de cuivre. Ces régions sont l'Autriche, le Trentin/Haut-Adige et les Grisons.

Dans les Alpes autrichiennes, les traces directes d'exploitation préhistorique, sous forme de tranchées, de galeries et/ou d'amas de scories (*Schlackenhalden*), existent au Mitterberg près de Bischofshofen (Salzbourg) ainsi que dans la région de Kitzbühel (Tyrol), sur les sites de Kelchalm, Kupferplatte et Jochberg/Wurzhöhe (Eibner 1982; Pittioni 1980a, 33-37; 1980b, 77-92). Par ailleurs, l'exploitation préhistorique est très probable, quoique non encore démontrée, dans la vallée de l'Inn autour de Schwaz, ainsi que dans le sud de la région de Salzbourg. Si l'exploitation préhistorique a eu lieu dans ces régions, son reflet doit alors être retrouvé dans l'industrie régionale de l'âge du Bronze. C'est à l'étude de ces relations entre minerais et objets finis que Neuninger, Preuschen et Pittioni ont voué pendant des décennies de considérables efforts. Comme nous l'avons déjà mentionné (p. 73) — et regretté ! — il est maintenant établi que les milliers d'analyses spectrographiques semi-quantitatives effectuées par eux sont aujourd'hui inutilisables, et que les idées très arrêtées de Pittioni sur les relations entre minerais et objets finis dans les Alpes autrichiennes ne peuvent pas passer pour démontrées (Neuninger/Pittioni 1962; Christoforidis/Pernicka/Schickler 1988, fig. 1). Il existe, cependant, de fortes présomptions que les chalcopyrites du Mitterberg et/ou de Kitzbühel, de type arsenic/nickel et faible antimoine (Pittioni 1980b, 85; Pernicka 1995, 73), soient à l'origine de ce qu'on appelle souvent le "*ostalpines Kupfer*", un type de cuivre répandu loin à la ronde au Bronze moyen et présent dès le Bronze ancien sous la forme, en particulier, de lingots en forme d'agrafes (*Spannenbarren*). Caractérisé par la nette prépondérance du nickel et de l'arsenic sur l'antimoine, c'est assez exactement le type de cuivre que nous rencontrons dans nos groupes 2 et 3 au Bronze moyen (voir p. 73). Les chances sont donc grandes que le cuivre le plus utilisé sur le Plateau suisse au Bronze moyen provienne des Alpes autrichiennes. Mais, encore une fois, la prudence s'impose ! Nous avons remarqué, en effet, que le cuivre du Bronze moyen atlantique, lui aussi de type arsenic/nickel, n'était pas toujours facile à distinguer du cuivre est-alpin (voir p. 74-75).

Les Alpes autrichiennes sont également très riches en minerais — chalcopyrites et fahlerz — ayant pu donner des cuivres de type fahlerz comparables à ceux qui caractérisent le Bronze final suisse d'époque palafittique. C'est, du moins, l'impression que donnent les analyses semi-quantitatives de Pittioni. Le type *Alte Zeche-Bertagrupe*

(Schwaz) en est un exemple (Pittioni 1980b, 86). Quant au nickel apparemment dominant du minerai des gisements salzbourgeois méridionaux, il pourrait évoquer nos types 4N et 3N (à cobalt) du HaA2, mais... La reprise de l'analyse (malheureusement très orientée vers les seuls problèmes du Néolithique et du Bronze ancien) des chalcopyrites et des fahlerz de Kitzbühel et de Schwaz laisse entrevoir l'espoir de différences chimiques assez claires à l'intérieur de la région est-alpine (Christoforidis/Pernicka/Schickler 1988). Des chalcopyrites de Kitzbühel évoqueraient plutôt nos compositions pauvres, tandis que les fahlerz de la même région, qui semblent être à arsenic dominant, peuvent rappeler nos compositions de type 1N du HaB2. D'une façon générale, cependant, les fahlerz est-alpins tels que les décrivent Schroll et Azer Ibrahim (1959) semblent caractérisés par la faiblesse du nickel par rapport à l'arsenic et l'antimoine. Même en admettant qu'une partie de l'arsenic et de l'antimoine disparaît au smelting, donc que le rapport Ni/Cu augmente un peu, il est difficile d'en trouver un dont on puisse rapprocher nos compositions de type fahlerz du Bronze final, qui ont des teneurs à peu près équivalentes d'arsenic, d'antimoine et de nickel, ou qui sont même caractérisées par le nickel dominant (4N, 3N à cobalt). Les plus riches en nickel des fahlerz est-alpins semblent être ceux du Rellstal (Montafon, Vorarlberg), qui ont à la fois plus de 1% de nickel et de cobalt pour des teneurs d'arsenic et d'antimoine dépassant 10% (Schroll/Azer Ibrahim 1959, N° 65-66). Quatre lingots de cuivre HaB1 provenant du cimetière de Volders (Tyrol) et que Pittioni considérait comme la matière première du cuivre "type Volders" (Neuninger/Pittioni/Preuschen 1960, 26), ont été réanalysés<sup>24</sup>. Ils contiennent entre 10 et 17% d'antimoine, entre 4 et 7% d'arsenic pour seulement 0.002-0.003% de nickel. S'ils ne correspondent donc pas du tout à ce que nous mesurons dans nos objets, ils peuvent, en revanche, être rapprochés des lingots du Montlingerberg 933 et 934<sup>25</sup>.

Dans le Trentin et le Haut-Adige, l'activité minière de l'âge du Bronze est surtout attestée par des installations de smelting, qui ne sont pas toujours en rapport immédiat avec des gisements de cuivre connus (Nothdurft/Hauser 1988; Perini 1989, 1992; Preuschen 1973). Par ailleurs, la composition des cuivres exploités dans la région est inconnue, et les produits finis du Bronze final régional n'ont pas encore été analysés.

L'idée que des minerais des Alpes suisses (Kündig/de Quervain 1953) aient pu être exploités à l'âge du Bronze est presque aussi vieille que la recherche archéologique en Suisse. Elle fut exprimée pour la première fois, en effet,

<sup>24</sup> Résultats inédits aimablement communiqués par H.-P. Maurer (Munich), que nous remercions très sincèrement.

<sup>25</sup> L'analyse isotopique des lingots de Volders permettrait de les mettre en relation avec les gisements tyroliens de Schwaz-Brixlegg (Sperber 1992, 83, note 43, d'après une communication orale de H.-P. Maurer).

par le grand précurseur des analyses de bronze que fut L.R. von Fellenberg, sur la base de l'association Ni/Co, connue dans des minéralisations du Valais et qu'il retrouvait dans certains objets (1860, 59). La preuve de cette exploitation préhistorique, cependant, est plus récente d'environ un siècle. Elle fut établie non pas en Valais mais dans les Grisons, sur le site de Crestaulta (Lugnez), où des scories de smelting purent être identifiées (Burkart 1946, 41). Depuis, l'évidence de l'exploitation préhistorique du cuivre dans les Grisons s'est considérablement élargie, et c'est avant tout aux recherches de E. Brun (1987, 1991) et de R. Wyss (1993), ainsi qu'aux fouilles de J. Rageth (1986) au Padnal de Savognin que nous le devons. Les preuves de cette activité préhistorique, concentrées pour l'instant dans la vallée de l'Oberhalbstein, consistent avant tout dans les restes d'activité métallurgique mis au jour dans plusieurs habitats, dès le Bronze ancien, ainsi que dans de vastes et nombreuses *Schlackenhalden*. Sept d'entre elles ont été datées au  $^{14}\text{C}$ , à raison d'un échantillon par site (Wyss 1993, 202). Trois datent du Bronze final (entre 1432 et 840 av. J.-C.), tandis que les autres sont plus récentes (entre 831 et 33 av. J.-C.). Ce que nous ignorons encore totalement, c'est le rôle qu'a pu jouer cette exploitation dans l'approvisionnement en cuivre du Plateau suisse au Bronze final. En effet, les minéraux de l'Oberhalbstein — comme tous les autres minéraux de cuivre de Suisse — n'ont pour ainsi dire pas été analysés quant à leurs teneurs en impuretés, et encore moins dans une perspective archéologique. Il est donc impossible de tester l'éventuelle compatibilité chimique de ces minéraux avec les objets finis. Nous savons seulement (Dietrich 1972) que le principal minéral de cuivre de l'Oberhalbstein est la chalcopyrite; qu'en importance, il vient au troisième rang derrière la pyrrhotine et la magnétite (minéraux de fer, eux aussi exploités très tôt), et que la teneur en cuivre de ces chalcopyrites, d'après les rares échantillons analysés, oscille entre 0.1 et 7.3%. A Cotschens, site d'extraction présumé de l'âge du Bronze, les minéraux de cuivre et de fer sont associés à des quantités assez importantes de bravoïte ( $[\text{Ni}, \text{Co}, \text{Fe}]S_2$ ). Le type de cuivre que le smelting de cette association minéralogique (chalcopyrite + bravoïte) a pu donner, dont le nickel et le cobalt devaient constituer les principales impuretés, se retrouve peut-être dans certains lingots et pics de Schiers et de Filisur (752, 753, 758, 759). Ces objets représentent un type de composition pour l'instant assez isolé. L'analyse d'une série représentative d'objets du Bronze moyen et final des Grisons, qui sont trop rares dans notre corpus, permettrait de voir s'il est fréquent, voire dominant, dans la région, et si celle-ci se distingue donc du Plateau suisse.

Dans la recherche sur l'origine des cuivres, il s'agira, cependant, de ne pas rester exclusivement braqué sur l'est du massif alpin, où nos regards sont attirés non seulement par l'abondance des gisements de cuivre, mais aussi par l'état de la recherche archéologique, beaucoup plus développé dans ce secteur que dans celui des *Alpes occidentales* (à l'ouest de l'Oberhalbstein, qui constitue grossièrement

*modo* la limite entre Alpes de l'est et Alpes de l'ouest), où il n'est pas exclu du tout que mines préhistoriques et traces de smelting apparaissent le jour où on les recherchera systématiquement. L'exploitation préhistorique des gisements valaisans, entre autres, paraît très vraisemblable. Dans le Val d'Anniviers, par exemple, la mine de Plantorin, récemment étudiée au point de vue géologique (Schmutz 1986), montre des minéralisations associant cuivre, arsenic, antimoine, argent, nickel et cobalt, qui évoquent nos cuivres de type fahlerz tout autant que le font les gisements est-alpins. Les gisements de cuivre sont également nombreux dans les Alpes françaises. Leurs rapports éventuels avec l'âge du Bronze indigène ont déjà été évoqués (Rebillard/Bocquet 1984). C'est peut-être de cette région que provient le cuivre à l'origine des compositions pauvres du HaB1 qui, sur le territoire suisse, ont une répartition très occidentale.

En ce qui concerne l'âge du Bronze suisse, les Alpes représentent, certes, la source de cuivre potentielle la plus importante et la plus proche. D'autres zones cuprifères, cependant, ne doivent pas être oubliées pour autant. Même s'ils ne peuvent plus passer pour le berceau de la plus ancienne métallurgie européenne, comme le pensait O. Witter (1938a-b), et même s'ils n'ont pas, comme le pensait le même auteur, l'exclusivité des fahlerz argentifères, les gisements de Thuringe (par exemple) pourraient entrer en ligne de compte. En l'absence de traces d'exploitation préhistorique, et aussi d'analyses précises de minéraux, l'argumentation de Witter consistait essentiellement à rapprocher les compositions de type fahlerz (avec Ag), constatées dans les objets de la région, des gisements de la région de Saalfeld, qui en auraient constitué la seule source possible (ce qui est faux; voir Pernicka 1995, 65). Une analyse isolée d'un fahlerz de Kamsdorf (Witter 1938a, 76), associant arsenic, antimoine, argent, bismuth et cobalt (le nickel n'est pas analysé !), montre, en tout état de cause, une composition pas très différente de celle des fahlerz est-alpins.

Aux alentours immédiats du territoire suisse actuel, la Forêt-Noire et les Vosges peuvent ou doivent aussi être considérées comme une source de cuivre potentielle, comme l'a déjà suggéré R. Krause à propos du Bronze ancien de Singen (1988, 215-216).

En résumé, nous verrions sans doute déjà beaucoup plus clair si nous disposions de l'analyse chimique précise, non pas de la totalité des minéraux potentiels — c'est un idéal inaccessible — mais seulement, pour commencer, des principaux gisements alpins. Et le jour où, toujours dans le massif alpin, l'étude des isotopes du plomb sera enfin mise en jeu dans une perspective archéologique, notre vision des choses s'éclaircira encore plus. On peut douter, certes, qu'on arrive jamais à des certitudes positives et que nous puissions un jour affirmer que tel type de composition a pour origine tel gisement de cuivre très précis. Il ne paraît pas douteux, cependant, que l'on puisse,

dans un avenir pas trop lointain, réaliser des "progrès négatifs", c'est-à-dire écarter définitivement un certain nombre d'hypothèses et consolider sérieusement certaines de celles qui resteront en jeu. Rien ne pourra se faire, cependant, si l'intérêt pour l'archéométallurgie du Bronze final n'augmente pas sensiblement autour de l'arc alpin, et si des équipes multidisciplinaires ne sont pas mises sur pied, qui seules seront capables de s'attaquer, par régions, à l'énorme travail qui reste à faire. On devrait commencer, à notre avis, par l'analyse d'objets du Bronze moyen et final des régions voisines de la Suisse (est et sud-est de la

France, sud et sud-ouest de l'Allemagne, Autriche, Tyrol du sud et Trentin, nord de l'Italie), analyse qui permettrait de mieux cerner la répartition spatiale des types de composition, et d'orienter ainsi la recherche minéralogique.

Nous espérons que la caractérisation chimique du mobilier Bronze moyen et final du Plateau suisse proposée dans le présent travail puisse être considérée comme un préambule à cette longue recherche, qui devrait jeter, un jour, quelque lumière sur un aspect central de l'économie protohistorique.