

**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  
**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:** 28.07.2025

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

Cahiers d'archéologie romande N° 63

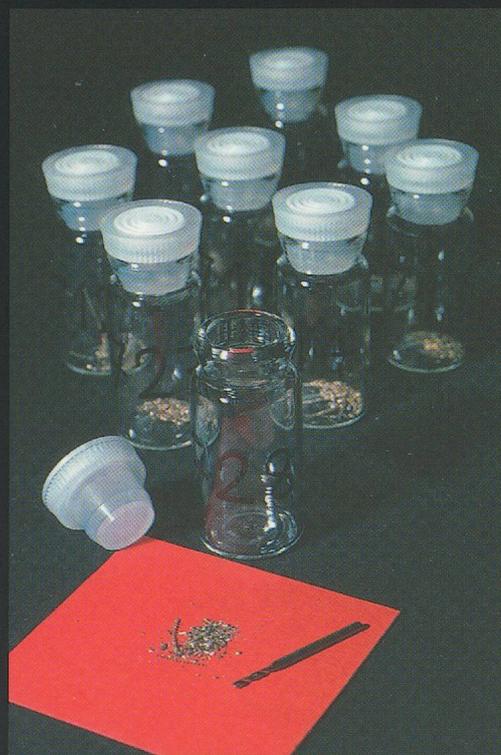
---

Collection créée par Colin Martin

# ARSENIC, NICKEL ET ANTIMOINE

---

Valentin Rychner et Niklaus Kläntschi



Tome I

---

Lausanne 1995



# Arsenic, nickel et antimoine

Arsenic, Nickel et Antimoine

Ce volume est publié  
avec l'aide du Fonds national suisse de la recherche scientifique  
et grâce à l'appui du Département de l'instruction publique et des cultes du canton de Vaud,  
de l'Université de Neuchâtel et de l'EMPA de Dübendorf.

Tous les droits de traduction et d'adaptation réservés pour tous les pays  
© 1995 by Cahiers d'archéologie romande  
ISBN 2-88028-063-X

Les commandes et demandes d'ouvrages peuvent être adressées à

Cahiers d'archéologie romande  
Case postale 210  
CH-1000 Lausanne 17

Tirage : 500 exemplaires  
Photo de couverture : Valentin Rychner  
Couverture : Atelier FHUGUE - Neuchâtel  
Composition : Jérôme Brandt • Neuchâtel  
Photolitho : Denz Lith-Art • Berne  
Impression : Imprimerie Zwahlen S.A. • Saint-Blaise

Avant-propos ..... 9

## 1. INTRODUCTION

1. Genèse du travail ..... 11  
2. Objectifs ..... 12  
3. Choix des objets analysés ..... 12  
4. Prélèvement et conditionnement ..... 12  
5. Les éléments chimiques considérés ..... 13  
6. Représentativité des échantillons ..... 13  
7. Exactitude des résultats ..... 14

Valentin Rychner

# Arsenic, nickel et antimoine

## Une approche de la métallurgie du Bronze moyen et final en Suisse par l'analyse spectrométrique

1. Resultate und Diskussion ..... 13  
2. Überprüfung an Referenzproben ..... 15  
3. Statistische Auswertung ..... 15  
4. Schwirrigkeiten bei einzelnen Elementen ..... 16

avec la collaboration de

Niklaus Kläntschi (EMPA, Dübendorf)

## 2. TYPOLOGIE ET CHRONOLOGIE

1. Introduction ..... 17  
2. Coureaux ..... 18  
3. Haches ..... 19

TOME I

1. Le Bronze ancien ..... 19  
2. Le Bronze moyen ..... 19  
3. Le Bronze D - Hallstatt A1 ..... 20  
4. Le Hallstatt A2, le Hallstatt B1 et le Hallstatt B2 ..... 20  
5. Haches et herminettes à douille ..... 22



# SOMMAIRE

Avant-propos .....	9
<b>1. INTRODUCTION</b>	
1. Genèse du travail .....	11
2. Objectifs .....	12
3. Choix des objets analysés .....	12
4. Prélèvement et conditionnement des échantillons .....	12
5. Les éléments chimiques considérés .....	13
6. Représentativité des échantillons .....	13
7. Exactitude des résultats .....	14
8. Die ICP-Analysen an der EMPA (N. Kläntschli) .....	14
1. Einleitung .....	14
2. Experimentelles .....	14
<i>Verwendetes Gerät</i> .....	14
<i>Analytisches Messprogramm für die ICP-AES-Bestimmung</i> .....	14
<i>Stamm-, Blindwert-, Bezugs- und Leerwertlösungen</i> .....	15
<i>Probenvorbereitung</i> .....	15
<i>ICP-Atomemissionsmessung</i> .....	15
<i>Resultatauswertung</i> .....	15
<i>Stabilität der Lösungen</i> .....	15
3. Resultate und Diskussion .....	15
<i>Ueberprüfung an Referenzproben</i> .....	15
<i>Statistische Auswertung</i> .....	15
<i>Schwierigkeiten bei einzelnen Elementen</i> .....	16
<b>2. TYPOLOGIE ET CHRONOLOGIE</b>	
1. Introduction .....	17
2. Couteaux .....	18
1. Couteaux à soie perforée .....	18
2. Couteaux à soie droite ou repliée .....	18
3. Couteaux à languette .....	19
4. Couteaux à manche en bronze .....	19
5. Couteaux à douille .....	19
3. Haches .....	19
1. Le Bronze ancien .....	19
2. Le Bronze moyen .....	19
3. Le Bronze D - Hallstatt A1 .....	20
4. Le Hallstatt A2, le Hallstatt B1 et le Hallstatt B2 .....	20
<i>Les haches à ailerons de forme standard</i> .....	20
<i>Formes particulières de haches à ailerons</i> .....	21
5. Haches et herminettes à douille .....	22

4. Faucilles .....	22
1. Faucilles à bouton .....	22
2. Faucilles à languette perforée et ergot .....	22
3. Faucilles à languette perforée sans ergot .....	22
4. Faucilles à languette non perforée, avec ergot .....	23
5. Faucilles à languette non perforée, sans ergot .....	23
6. Faucilles de type indéterminé .....	23
5. Épingles .....	23
6. Bracelets .....	23
7. Lingots .....	23
8. Divers .....	23
9. Conclusions .....	24
<b>3. GÉOGRAPHIE</b> .....	<b>25</b>
<b>4. DESCRIPTION GLOBALE DES RÉSULTATS</b> .....	<b>25</b>
1. Le niveau absolu des teneurs .....	27
1. Le Bronze moyen .....	28
2. Le Bronze D - Hallstatt A1 .....	28
3. Le Hallstatt A2 .....	28
4. Le Hallstatt B1 .....	28
5. Le Hallstatt B2 .....	28
6. Compositions pauvres, normales et riches .....	29
2. L'importance relative des impuretés .....	29
3. Les compositions jumelles .....	30
<b>5. TYPOLOGIE DES COMPOSITIONS</b> .....	<b>33</b>
1. Méthode .....	33
2. Groupe 1 N .....	34
1. Chronologie • 2. Géographie • 3. Caractéristiques du groupe • 4. Objets particuliers • 5. Compositions jumelles	
3. Groupe 1 P .....	35
4. Groupe 1 R .....	36
5. Groupe 2 N .....	36
6. Groupe 2 P .....	37
7. Groupe 2 R .....	39
8. Groupe 3 N .....	39
9. Sous-groupe 3 N 1 .....	40
10. Sous-groupe 3 N 2 .....	40
11. Sous-groupe 3 N 3 .....	41
12. Groupe 3 P .....	42

13. Groupe 3 R .....	42
14. Groupe 4 N .....	43
15. Sous-groupe 4 N 1 .....	43
16. Sous-groupe 4 N 2 .....	44
17. Sous-groupe 4 N 3 .....	45
18. Sous-groupe 4 N 4 .....	45
19. Groupe 4 P .....	46
20. Groupe 4 R .....	46
21. Groupe 5 N .....	47
22. Sous-groupe 5 N 1 .....	47
23. Sous-groupe 5 N 2 .....	48
24. Sous-groupe 5 N 3 .....	48
25. Groupe 5 P .....	49
26. Groupe 5 R .....	50
27. Groupe 6 N .....	51
28. Sous-groupe 6 N 1 .....	52
29. Sous-groupe 6 N 2 .....	52
30. Sous-groupe 6 N 3 .....	54
31. Groupe 6 P .....	54
32. Groupe 6 R .....	55
33. Groupe 7 N .....	56
34. Groupe 7 P .....	56

## 6. SYNTHÈSE

1. Les cuivres .....	57
1. Le Bronze moyen .....	57
2. Le Bronze D - Hallstatt A1 .....	58
3. Le Hallstatt A2 .....	59
4. Le Hallstatt B1 .....	60
5. Le Hallstatt B2 .....	60
2. Les alliages .....	61
1. L'étain .....	61
2. Le plomb .....	62
3. Les compositions jumelles .....	64
1. Les jumeaux de coulée .....	64
2. Les jumeaux de lingot .....	65
3. Conclusion .....	66
4. Les objets « étrangers » .....	67
1. Le Hallstatt A2 et le Hallstatt B1 .....	68

2. Le Hallstatt B2 .....	69
3. Le Bronze moyen et le Bronze D - Hallstatt A1 .....	69
5. Le zinc et les objets d'authenticité douteuse .....	69

## 7. COMPARAISONS

1. Avertissement .....	73
2. Le Bronze moyen .....	73
1. Les compositions à arsenic et nickel .....	73
2. Les compositions à arsenic, nickel et antimoine .....	75
3. Le Bronze D - Hallstatt A1 .....	75
4. Le Hallstatt A2 et le Hallstatt B1 .....	77
1. Le cuivre à fort cobalt des groupes 4N et 3N .....	77
2. La Suisse et le métal de type "S" .....	78
3. Les compositions de type 5 au Hallstatt B1 .....	80
4. Le dépôt de Blanot .....	80
5. Le Hallstatt B2 .....	81
6. Conclusions .....	82

## 8. BILAN ET PERSPECTIVES

1. Bilan .....	83
2. Le problème de l'origine du cuivre .....	84
1. Les obstacles à surmonter .....	84
2. Le cas de la Suisse .....	86

Bibliographie .....	89
Résumé – Zusammenfassung – Summary – Riassunto .....	97

<b>TOME II: INDEX DES SITES</b> .....	3
CATALOGUE DES OBJETS ANALYSÉS .....	11
CATALOGUE DES ANALYSES (1. Les analyses dans l'ordre numérique) .....	45
CATALOGUE DES ANALYSES (2. Les analyses dans l'ordre typologique) .....	61
ANNEXES .....	95
TABLEAUX .....	119
FIGURES .....	127
CARTES .....	169
PLANCHES .....	181

## AVANT-PROPOS

Le présent travail présente, classe et discute les analyses de neuf cent cinquante objets provenant de vingt-sept musées suisses. Avant toute chose, c'est donc la bienveillance des conservateurs de musées qui en a permis la réalisation, et c'est à eux que s'exprime en premier lieu notre profonde gratitude: Rita Bernhard (Historisches Museum, Steckborn), Jakob Bill (Natur-Museum, Lucerne), Elisabeth Bleuer et Marcus Bourquin (Musée Schwab, Bienne), Jacques Bovet (Musée de l'Areuse, Boudry), Hermann Buchs (Historisches Museum, Thoune), Jost Bürgi (Historisches Museum des Kantons Thurgau, Frauenfeld), Denise Cornamusaz (Musée d'Yverdon), Jörg Davatz (Museum des Landes Glarus, Näfels), feu Pierangelo Donati (Ufficio cantonale monumenti storici, Bellinzona), H.W.Doppler (Historisches Museum, Baden), Michel Egloff (Musée cantonal d'archéologie, Neuchâtel), Jürg Ewald (Amt für Museen und Archäologie, Liestal), Anne Geiser (Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne), R.Gimmel (Historisches Museum, Arbon), Irmgard Grüninger (Historisches Museum, Saint-Gall), Suzanne Haas (Museum für Völkerkunde, Bâle), Martin Hartmann (Vindonissa-Museum, Brugg), Arthur Heiz (Fricktaler Museum, Rheinfelden), Gilbert Kaenel (Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne), Joseph Martin Lusser (Heimatmuseum, Allschwil), Ingrid Metzger (Rätisches Museum, Coire), Marie-Claude Morand (Musée cantonal d'archéologie, Sion), Yvette Mottier (Musée d'art et d'histoire, Genève), Béatrice Ruckstuhl (Museum zu Allerheiligen, Schaffhouse), Hugo Schneider (Historisches Museum, Olten), Hanni Schwab (Musée d'art et d'histoire, Fribourg), Jean-Marie Theurillat (Abbaye de Saint-Maurice), feu Raoul Wiesendanger (Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne), René Wyss (Musée national suisse, Zurich), Karl Zimmermann (Bernisches Historisches Museum, Berne).

Le Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel, le Musée national suisse de Zurich, le Musée cantonal d'archéologie et d'histoire de Lausanne, le Musée d'art et d'histoire de Genève et le Bernisches Historisches Museum de Berne ont fourni à eux seuls plus des quatre cinquièmes du corpus. Notre dette envers eux est donc particulièrement élevée.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent également aux personnes et aux institutions suivantes:

- l'EMPA de Dübendorf, où ont été effectuées les analyses, dans le cadre d'une collaboration toujours agréable et fructueuse, et qui, par un subside, a contribué à l'impression du livre (T.H. Erismann, alors directeur; N. Kläntschli, chef du département de chimie inorganique et responsable des analyses; A. Esenwein, alors chef du département de chimie inorganique; R. Knechtle, adjoint du président de la direction);
- Beat Hug, chef du Laboratoire de restauration et de conservation du Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel, qui nous a réservé dans ses locaux un accueil amical et efficace pour le prélèvement des échantillons;
- l'entreprise JPS-Chimie, alors à Neuchâtel, qui s'est chargée du pesage et de la mise en solution des échantillons (Ph. Pousaz, G. Jeanneret);
- le Fonds national suisse de la recherche scientifique, qui, après avoir pris en charge les frais d'analyse et de préparation des échantillons, a bien voulu accorder le principal subside de publication;
- Jaqueline Moret, conseillère en statistiques à la Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel, pour l'aide qu'elle n'a jamais manqué de nous prodiguer dans notre initiation aux outils informatiques;
- L'État de Vaud et l'Université de Neuchâtel, qui ont généreusement pris en charge une partie des frais d'impression;

- Le Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel, qui a financé le clichage des cartes de répartition;
- Yves André, photographe au Service cantonal d'archéologie de Neuchâtel, qui a assuré le tirage des photographies d'objets;
- Françoise Bachmann (Service cantonal d'archéologie, Neuchâtel), qui s'est chargée de la première mise au net de la plupart des tableaux;
- Michel Egloff et Marc-Antoine Kaeser, qui ont bien voulu relire le texte et suggérer maintes corrections;
- Les Cahiers d'archéologie romande, qui, par l'intermédiaire de Gilbert Kaenel, ont bien voulu accepter le manuscrit dans leur collection;
- Jérôme Brandt, enfin, qui a effectué la mise en pages de l'ouvrage, pour sa collaboration efficace et sympathique.

1. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	65
2. La Suisse au début de la révolution	66
3. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	69
4. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	73
5. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
6. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
7. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
8. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
9. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
10. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
11. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
12. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
13. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
14. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
15. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
16. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
17. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
18. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
19. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
20. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
21. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
22. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
23. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
24. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
25. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
26. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
27. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
28. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
29. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
30. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
31. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
32. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
33. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
34. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
35. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
36. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
37. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
38. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
39. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
40. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
41. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
42. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
43. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
44. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
45. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
46. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
47. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
48. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
49. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
50. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
51. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
52. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
53. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
54. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
55. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
56. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
57. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
58. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
59. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
60. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
61. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
62. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
63. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
64. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
65. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
66. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
67. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
68. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
69. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
70. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
71. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
72. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
73. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
74. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
75. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
76. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
77. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
78. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
79. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
80. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
81. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
82. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
83. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
84. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
85. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
86. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
87. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
88. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
89. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
90. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
91. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
92. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
93. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
94. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
95. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
96. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
97. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
98. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
99. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77
100. Le cadastre à fort cobalt des groupes IN et JN	77

# 1

## INTRODUCTION

### 1. Genèse du travail

On peut faire remonter l'origine du présent travail au printemps de 1979, quand nous eûmes la chance de participer, à Urbino puis à Rome, à la première "École d'été européenne" organisée par la Division de l'enseignement supérieur et de la recherche du Conseil de l'Europe. Placée sous la direction de Tony Hackens et ayant pour thème la "Caractérisation des métaux anciens", elle fut, en effet, le premier stimulus de notre intérêt pour la métallurgie de l'âge du Bronze et, plus particulièrement, pour l'analyse chimique des objets. Familiarisé que nous étions, depuis une dizaine d'années, avec la typologie et la chronologie du Bronze final suisse, c'est tout naturellement à l'industrie de cette période que nous nous sommes intéressé en premier lieu. C'était aborder une *terra incognita* car, en matière d'analyse chimique, rien n'avait encore été fait en Suisse pour cette période<sup>1</sup>.

Les premiers essais, menés sur les matériaux d'Auvernier/Nord et de Neuchâtel/Le Crêt (Rychner 1981), révélèrent tout de suite l'intérêt de cette direction de recherche. Ils montrèrent, en effet: 1) que les objets du Bronze final avaient des compositions aussi bien définies que celles des objets du Néolithique et du Bronze ancien, et qu'ils ne résultaient donc pas de la refonte aléatoire de matériaux d'âges et d'origines diverses; 2) que les compositions de Neuchâtel/Le Crêt (HaB1) se distinguaient très nettement de celles d'Auvernier/Nord (HaB2), et qu'on pouvait donc s'attendre à mettre en évidence des changements diachroniques dans la composition du métal au Bronze final.

Une deuxième série d'analyses porta sur des matériaux HaB2 de Grandson/Corcelettes (Rychner 1983) et révéla l'existence, entre cette station et celle d'Auvernier, de variations de composition significatives à l'intérieur d'une même phase chronologique. L'étude du dépôt

d'Echallens (Rychner 1984b), confirma ces premières observations.

Le besoin — et l'envie ! — se faisaient donc sentir de lancer une enquête de plus grande envergure, qui couvrirait l'ensemble du Bronze final suisse (il fallait bien, hélas, limiter géographiquement nos ambitions) et qui commencerait dès le Bronze moyen, c'est-à-dire là où le groupe de Stuttgart s'était arrêté (Junghans/Sangmeister/Schröder 1960, 1968, 1974). La réalisation d'un millier d'analyses nous parut, à la fois, constituer un objectif réalisable et garantir, d'autre part, le caractère représentatif du corpus. Encore fallait-il trouver le laboratoire prêt à effectuer ces analyses, car les partenaires qui avaient, jusqu'alors, bénévolement et généreusement collaboré (la Fonderie Boillat SA à Reconvilier et le Laboratoire de recherche des musées de France à Paris) ne pouvaient pas, évidemment, prendre en charge un programme si important. C'est, finalement, avec le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (EMPA) de Dübendorf qu'un accord fut trouvé: il acceptait d'effectuer les analyses, pour autant que les échantillons lui fussent livrés déjà mis en solution, opération dont voulut bien se charger la maison JPS-Chimie, alors à Neuchâtel. Le financement des analyses elles-mêmes, de la mise en solution des échantillons et du petit matériel nécessaire au prélèvement et au stockage des échantillons

1 Compte non tenu des travaux de pionnier effectués par L.R. von Fellenberg (1860-61), qui n'ont plus qu'un intérêt historique.

En Suisse, comme dans le reste de l'Europe centrale (Autriche exceptée) et dans la plus grande partie de l'Europe occidentale, les recherches sur la composition des cuivres préhistoriques ont essentiellement porté, jusqu'à présent, sur les débuts de la métallurgie, au Néolithique et au Bronze ancien (Junghans/Sangmeister/Schröder 1960, 1968, 1974; Ottaway 1982).

Pour l'historique et la problématique générale des analyses spectrographiques, on se reportera aux travaux de H.Härke (1978) et de E.Pernicka (1984; 1995, 63-67).

fut pris en charge par le Fonds national suisse de la recherche scientifique. Les premières analyses eurent lieu en novembre 1984 et se poursuivirent, par séries de cent, jusqu'en mai 1987. Entre 1986 et 1993, elles ont donné lieu à quelques publications ponctuelles et à un essai provisoire de synthèse (Rychner 1986a, 1986b, 1988a, 1988b, 1990a, 1990b, 1993; Rychner/Kläntschi 1989).

## 2. Objectifs

Il y en a trois principaux:

- 1) l'établissement d'une typologie des compositions chimiques;
- 2) la mise en évidence de la *signification chronologique* des types de composition définis (variation dans le temps);
- 3) la mise en évidence de leur *signification géographique* (variation dans l'espace).

C'est au *cuivre*, principale matière première mise en jeu, que s'intéresse avant tout le présent travail. La question de l'alliage en étain, ainsi que celle du plomb ne sont pas négligées pour autant, mais elles sont traitées séparément (p. 61-64). Notre but — nous le déclarons très explicitement — n'est pas de discuter l'*origine* du cuivre<sup>2</sup>. Le présent travail, en effet, ne constitue qu'une étape, obligée, sur le chemin encore long qui aboutira, espérons-le, à la solution de ce problème.

## 3. Choix des objets analysés

La méthode d'analyse (spectrométrie d'émission atomique, source ICP [= inductively coupled plasma]), destructive<sup>3</sup>, et l'appareillage à disposition imposaient la prise d'un échantillon relativement important (environ 30 mg). Le choix du forage comme méthode de prélèvement eut une importance déterminante sur la sélection des objets, qui devaient être assez massifs pour subir ce traitement sans trop de dommages. C'est pourquoi les haches (surtout), les couteaux et les faucilles sont les trois catégories d'objets de loin les plus fréquentes dans notre corpus (tabl. 1). La catégorie la plus sous-représentée est celle des épingles, qui sont les objets les plus fréquents en Suisse, en tout cas à l'âge du Bronze final, mais qui ne pouvaient pas être percés sans dommages. La sélection "technique" des objets analysés n'a, toutefois, aucune incidence négative sur la valeur des résultats, car haches, couteaux et faucilles sont d'excellents marqueurs chronologiques et, d'autre part, pratiquement aucune variation de composition significative, même dans l'alliage, ne peut être mise en évidence en fonction des différents types d'objets (Rychner 1987, 27, tabl. 4).

## 4. Prélèvement et conditionnement des échantillons

Grâce à la confiance des conservateurs<sup>4</sup>, qui ont bien voulu laisser sortir les objets de leurs musées<sup>5</sup>, nous avons eu la chance de pouvoir traiter la plus grande partie de notre matériel à Neuchâtel même, au Laboratoire de conservation et de restauration du Musée cantonal d'archéologie, dans les meilleures conditions possibles (examen, mensuration, pesage, photographie, prise d'échantillon). L'objet étant maintenu dans un étau, le prélèvement a donc été pratiqué par forage, au moyen d'une perceuse électrique montée sur un support et d'une mèche en acier de 1 mm de diamètre et de 7.5 mm de long (partie active) ne contenant aucun des éléments recherchés (sauf le fer, évidemment !). Après que la partie correspondant à la surface eut été soufflée, le produit du forage — poudre ou copeaux selon les cas — était recueilli en partie sur l'objet lui-même, en partie sur une feuille de papier placée sous l'étau, et transvasé dans un pilulier en verre obturé par un bouchon en polyéthylène. Une fois rebouché avec de la cire d'abeille teintée, le trou était difficile à repérer, voire même complètement invisible. Nous en avons fait nous-même l'expérience en échantillonnant deux fois le même objet, sans nous en rendre compte (le numéro 809, qui est supprimé, et le numéro 949) ! Dans la mesure du possible, le trou était toujours percé au même endroit: sur le côté, à peu près au milieu de l'objet en ce qui concerne les haches; généralement dans la soie des couteaux; à l'emplacement du jet de coulée dans les faucilles, c'est-à-dire au milieu du dos (faucilles à languette) ou à l'extrémité proximale (faucilles à bouton). Parmi les objets en tôle de bronze, seuls ont pu être analysés des exemplaires déjà endommagés, le prélèvement ne pouvant être réalisé que par segmentation d'un petit fragment.

2 Un bref état de la question, cependant, est donné au chapitre 8.

3 Elle est même doublement destructive: non seulement elle nécessite le prélèvement d'un échantillon, mais ce dernier, dissous dans l'acide, est entièrement consumé dans la flamme du spectromètre. La possibilité d'une vérification ultérieure n'existe donc pas. Une méthode comme l'activation neutronique, destructive elle aussi dans la plupart des cas, n'a pas cet inconvénient: les échantillons sont analysables autant de fois qu'on le désire (Pernicka 1995).

4 Nous avons reçu bon accueil dans tous les musées sauf au Rätisches Museum de Coire, qui s'est montré extrêmement restrictif. C'est une des raisons pour lesquelles le matériel des Grisons est trop peu représenté dans notre corpus.

5 Les neuf cent cinquante objets analysés proviennent de vingt-sept musées différents, mais six de ces musées ont fourni à eux seuls plus de 82% du corpus: le Musée cantonal d'archéologie de Neuchâtel (228 objets), le Musée national suisse de Zurich (218), le Musée cantonal d'archéologie et d'histoire de Lausanne (121), le Musée d'art et d'histoire de Genève (114) et le Bernisches Historisches Museum de Berne (99).

Par séries de cent, les échantillons étaient transmis au chimiste pour leur mise en solution. C'est durant cette opération que deux ballons de verre furent cassés et les échantillons correspondants perdus (numéros 606 et 614). Dès qu'elles étaient prêtes, les solutions étaient transportées par la route à Dübendorf, en général un vendredi, puis analysées la semaine suivante. Étant, en fait, extrêmement stables (tabl. 6), les solutions auraient pu attendre encore beaucoup plus longtemps avant d'être analysées.

## 5. Les éléments chimiques considérés

Nous avons dosé les éléments traditionnellement étudiés dans ce genre de travail, à savoir: le cuivre (Cu), l'étain (Sn), le plomb (Pb), l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), l'argent (Ag), le nickel (Ni), le bismuth (Bi), le cobalt (Co), le zinc (Zn) et le fer (Fe).

Le cuivre est l'élément principal, la "matrice" de tout objet en bronze. Son dosage constitue avant tout un moyen de contrôler celui des autres éléments et de détecter, en cas de somme notablement inférieure à 100%, la présence importante d'un élément non dosé (le soufre en particulier).

L'étain est l'élément ajouté au cuivre par le fondeur pour obtenir du bronze. Son dosage permet donc de caractériser la technique de l'alliage (voir p. 61-62).

De faibles quantités de plomb sont présentes dans presque tous les minerais de cuivre alpins exploités à l'âge du Bronze. A ce point de vue, il représente donc une des impuretés du cuivre. Mais le plomb, au Bronze final, peut ou doit, suivant les cas, être considéré aussi comme un élément intrusif, ajouté au cuivre volontairement<sup>6</sup> ou non (voir p. 62-64). Son statut n'est donc pas toujours facile à déterminer.

Tous les autres éléments dosés sont des impuretés du cuivre, c'est-à-dire des éléments présents, sous une forme ou sous une autre, dans le filon exploité, constitué le plus souvent de plusieurs minéraux différents. Ce ne sont pas, bien entendu, les seules impuretés possibles du cuivre — il y en a des dizaines — mais ce sont les plus importantes en quantité et, pour certaines, en signification (Pernicka 1995, 76-79; Schulz 1983). L'argent, le nickel, le bismuth et le cobalt, en effet, ont un comportement pyrométallurgique très voisin de celui du cuivre, et ils restent donc avec le cuivre lors du smeltage<sup>7</sup> du minerai. En principe, les rapports Ag/Cu, Ni/Cu, Bi/Cu et Co/Cu sont donc identiques dans le minerai et dans le métal qu'on en tire. C'est pourquoi ces quatre éléments, parmi ceux qui sont ici dosés, sont considérés comme les plus significatifs dans la recherche des minerais d'origine (voir p. 84). L'arsenic et l'antimoine sont un peu moins facilement réductibles que les précédents et, de ce fait, il peut s'en perdre une petite

partie dans la scorie. Malgré tout, ils sont eux aussi considérés comme très largement significatifs.

Le zinc et le fer, au contraire, beaucoup moins facilement réductibles que le cuivre, sont des éléments qui passent de préférence dans la scorie et dont la présence dans le cuivre peut donner des indications sur les conditions de smeltage. Les refontes successives du métal en font notablement baisser les teneurs. C'est pourquoi le métal brut contient en général plus de zinc et de fer que les objets finis. Mais le dosage du zinc sert surtout à dépister les objets falsifiés qui sont, en effet, presque toujours caractérisés par des teneurs en zinc très supérieures à celles mesurées dans les objets de l'âge du Bronze (voir p. 69-72).

Parce qu'il ne peut pas être dosé par spectrométrie en même temps que les autres, un élément important pour l'étude des conditions de smeltage n'est pas pris en considération: c'est le soufre, un des composants principaux, avec le fer, de la quasi-totalité des minerais exploités à l'âge du Bronze, et que le smeltage a justement pour but de séparer du cuivre.

## 6. Représentativité des échantillons

La minime quantité de métal analysée est-elle représentative de l'objet tout entier ? En d'autres termes, les objets sont-ils de composition chimique à ce point homogène que de si petits échantillons soient représentatifs ? C'est une question bien entendu fondamentale à laquelle, heureusement, nous pouvons répondre positivement et pratiquement sans réserves, sur la base d'une expérience qui a porté sur six haches du Bronze moyen, du BzD-HaA1, du HaA2 et du HaB2. Cinq d'entre elles appartiennent au présent corpus (56, 83, 474, 693, 727), et la sixième (Auv. 2268) a été publiée avec le mobilier métallique d'Auvergnier/Nord (Rychner 1987, pl. 27/6). Les résultats (annexe 1 et tabl. 2) démontrent la très bonne homogénéité de composition des objets, au moins à l'échelle — micro-structuralement très grossière — de nos échantillons. En effet, comparés à ceux déterminés à l'EMPA par la mesure répétée d'un échantillon de référence (tabl. 7-8), les coefficients de variation de l'étain, de l'arsenic, de l'antimoine et du nickel sont aussi bons et parfois meilleurs (c'est-à-dire moins élevés). Comme on pouvait s'y attendre puisque cet élément n'est pas soluble dans le cuivre, la seule inhomogénéité réelle concerne le plomb. Sa variation (3.94), notablement supérieure à celle constatée à l'EMPA (1.4),

6 La fonction du plomb est alors d'améliorer la fluidité de la coulée.

7 Que l'on veuille bien nous permettre cet anglicisme commode ! Il est tiré du verbe *to smelt*, qui signifie "extraire le métal du minerai" et pour lequel il n'existe pas de véritable équivalent en français.

est cependant loin d'être catastrophique. D'une façon générale, on constate que les coefficients de variation restent très faibles tant que les teneurs se situent au-dessus de 0.1%. Leur augmentation, quand les teneurs descendent sous cette limite, reflète davantage un simple problème de mesure qu'une réelle inhomogénéité. L'analyse, en effet, perd en précision au fur et à mesure que l'on s'approche de la limite de détection. Le cas du cobalt est, en ce sens, particulièrement significatif.

## 7. Exactitude des résultats

L'excellente *précision*, ou *reproductibilité* des mesures de l'EMPA est démontrée par les résultats de l'analyse multiple et/ou répétée du même objet (annexe 1, tabl. 2 et 3). L'*exactitude* des mesures, c'est-à-dire leur proximité des valeurs "justes", est démontrée, quant à elle, d'une part par l'analyse d'échantillons de référence (tabl. 7-8), d'autre part par la comparaison des résultats obtenus par différents laboratoires à partir des mêmes objets. Une série de sept objets d'Auvernier/Nord, en effet, a été analysée dans plus de quinze laboratoires différents. Cette enquête, dont les premiers résultats ont déjà été publiés sommairement (Rychner 1987, 97) avant d'être très partiellement repris par E. Pernicka (1995, 83, fig. 30), devrait faire l'objet d'une publication détaillée par P. Northover (Oxford). En attendant, l'annexe 2 donne, à l'état brut, les résultats fournis par huit de ces laboratoires. Ils montrent que, sauf accidents, il n'y a, aujourd'hui, plus trop de soucis à se faire quant à la compatibilité d'analyses effectuées avec des appareils différents et/ou selon des méthodes différentes, au moins en ce qui concerne les éléments les plus importants.

## 8. Die ICP-Analysen an der EMPA

(N. Kläntsch)

### 1. Einleitung

Die quantitative Charakterisierung der Kupferlegierungen umfasste einerseits die Bestimmung der Hauptelemente Kupfer und Zinn sowie der signifikanten Spurenverunreinigungen Blei, Arsen, Antimon, Silber, Nickel, Bismut, Kobalt, Zink und Eisen. Die ICP-Atomemissionsspektrometrie (ICP = induktiv gekoppeltes Plasma) eignet sich vorzüglich für eine derartige Problemstellung aufgrund

- der grossen Messkapazität einer Simultanmethode,
- dem weiten linearen Messbereich und der analytischen Empfindlichkeit, welche erlauben, Haupt- und Spurenelemente in einem Messvorgang zu erfassen,
- dem geringen Bedarf an Probenmaterial und
- der guten Präzision, die im Routinebetrieb erreichbar ist (Kläntsch 1993).

Der Probenmaterialbedarf liegt bei 25 bis 40 mg in Form von Spänen. Diese werden für die ICP-Messung in einem Gemisch von Salz- und Salpetersäure gelöst. Für die eigentliche Kalibrierung, die Nachkalibrierung und als Kontrollproben werden die üblichen Elementstandardlösungen verwendet. Eine Ausnahme bildet das Hauptelement Kupfer, für welches eine Lösung aus reinem Metall hergestellt wird. Die bei der Routinebestimmung anfallenden ICP-Messwerte werden einer nachträglichen Korrekturrechnung unterzogen. Sie beinhaltet eine Driftkorrektur, eine absolute Korrektur bezüglich mitgemessener Nullwert- und Bezugslösungen sowie die Probenverdünnung. Zwei Standardreferenzmaterialien ähnlicher Zusammensetzung wie die prähistorischen Objekte wurden während der dreijährigen Messperiode regelmässig als Proben zur Kontrolle mitanalysiert (Kläntsch 1990).

### 2. Experimentelles

#### *Verwendetes Gerät*

Applied Research Laboratories 3400-ICP (Kläntsch 1980), simultanes Luftspektrometer mit 1-m-Paschen-Runge-Aufstellung; Gitter 1920 Linien/mm; reziproke Dispersion 0.52 nm/mm in der ersten Ordnung. 29 fest eingebaute Elementlinien. Quarzstabilisierter Hochfrequenzgenerator, 27 MHz; Betriebsleistung 1.2 kW. Steuerung und Datenauswertung: pdp-11/04-Rechner mit zwei 8-Zoll-Disketten-Laufwerken, LAP-36-Drucker-Terminal. Argon-Gasströme 10, 0.3 und 0.3 l/min.

Meinhard-Zerstäuber Typ T-200-A4 in Verbindung mit einer peristaltischen Pumpe; Ansaugrate 0.8 ml/min.

Integrationszeiten 10 s. Die Empfindlichkeit der Kupferlinie wird durch Attenuatorumschaltung soweit reduziert, dass das Hauptelement bei gleichen Messbedingungen wie alle übrigen erfasst werden kann. Elementlinien und experimentell ermittelte Nachweisgrenzen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

#### *Analytisches Messprogramm für die ICP-AES-Bestimmung*

Alle Elemente inklusiv Kupfer werden absolut gemessen. Die Probenverdünnung von 1: 400 (25 mg Probe in 10 ml Lösungsvolumen) erweist sich als geeignet für die gleichzeitige Bestimmung der Haupt- und Spurenelemente. Für die Kalibration wurde mit linearen Bezugsfunktionen für alle Elemente ausser Kupfer gearbeitet, wo eine Funktion zweiten Grades zur Anwendung kam.

Insgesamt 20 Interelementkorrekturen sind im analytischen Programm implementiert und werden bei jeder Messung durch den Rechner automatisch ausgeführt. Damit sind spektrale Interferenzen durch Drittelemente berücksichtigt.

### Stamm-, Blindwert-, Bezugs- und Leerwertlösungen

Die Zusammensetzung und Elementkonzentrationen der verwendeten Standardlösungen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Zur Herstellung einer Kupferstammlösung werden 5.00 g Elektrolytkupfer in 100 ml  $\text{HNO}_3$  1:1 suprapur und etwas Wasser gelöst und im Masskolben auf 500 ml aufgefüllt, womit eine  $10'000 \mu\text{g/ml}$ -Cu-Lösung resultiert. Für die übrigen Elemente werden Merck-Einelement-Titrisol-Standardlösungen verwendet.

### Probenvorbereitung

Ca. 25 mg Bronzespäne in 20 ml Becherglas genau einwiegen. Zuerst mit 1.5 ml  $\text{HNO}_3$  Merck p.a. 1:1, dann zusätzlich mit 1 ml  $\text{HCl}$  p.a. 1:1 versetzen. Becherglas mit Uhrglas zudecken und Reaktion bei Raumtemperatur ablaufen lassen. Nach beendeter Gasentwicklung Becherglas zugedeckt während 30 Minuten auf Heizplatte erhitzen, so dass die Lösung knapp siedet. Abkühlen lassen. Lösung via Trichter in 10-ml Masskolben transferieren. Uhr- und Becherglas mit  $\text{HCl}$  1:10 gut nachspülen. Masskolben gut schütteln und mit  $\text{HCl}$  1:10 zur Marke auffüllen, nochmals gut schütteln. Die Lösung wird zur ICP-Messung verwendet.

Das Auffüllen des Masskolbens mit 1:10  $\text{HCl}$  verhindert das Ausfallen von Silberchlorid durch Bildung des entsprechenden Chlorokomplexes<sup>8</sup>. Dadurch wird Silber bis zu einem Massenanteil von ca. 1 % bezogen auf die Festprobe in Lösung gehalten.

### ICP-Atomemissionsmessung

Die routinemässige Messequenz der Probenlösungen mittels Autosampler beginnt mit der Nachkalibration anhand der Lösungen 0, B1 und B2 (Tabelle 5). Es folgen B1 und B2 als Bezugslösungen für die Anfangskontrolle, zweimal Lösung 0 zum Spülen und B0 als Blindlösung für sämtliche Elemente ausser Kupfer in der Hauptmatrix. Nach maximal 14 Probelösungen folgen wieder zweimal Lösung 0 zum Spülen, B0 als Blindlösung sowie B2 und B1 als Bezugslösungen für die Schlusskontrolle. Bei jeder Probenserie wurden Lösungen der Standard-Referenzmaterialien mitanalysiert.

### Resultatauswertung

Neben Kurzzeitschwankungen, die für ein gut funktionierendes ICP-Spektrometer im Bereich von ca. 0.5 - 1% relativ liegen (Thompson/Walsh 1983), ist bei längeren Messequenzen ohne Nachkalibrierung vielfach ein Driftverhalten zu beobachten. Systematische Untersuchungen haben ergeben, dass eine nachträglich angewendete lineare Driftkorrektur bezüglich Anfangs- und Schlusskontrolle für die dazwischen liegenden Proben zu wesentlich

besseren Ergebnissen führt, verglichen mit nichtkorrigierten Werten. Die Korrektur erfolgt linear in Einzelschritten entsprechend der Anzahl gemessener Proben zwischen Anfangs- und Schlusskontrolle. In die Rechnung miteinbezogen wird eine absolute Korrektur bezüglich der vorgegebenen Sollgehalte der Nullwert- und Bezugslösungen, ebenso Probeneinwage und Verdünnung (Kläntzchi/Esenwein/Müller 1987).

### Stabilität der Lösungen

Die in Lösung überführten Bronzemuster konnten aus Gründen der Infrastruktur und des technischen Ablaufs in der Regel erst am Tag oder Tage danach analysiert werden. Die gute Stabilität der stark sauren Lösungen am Beispiel von vier Elementen nach 14, bzw. 28 Tagen geht aus Tabelle 6 hervor.

## 3. Resultate und Diskussion

### Überprüfung an Referenzproben

Zwei Standardreferenzmaterialien ähnlicher Zusammensetzung wie die prähistorischen Objekte wurden während der rund dreijährigen Messperiode regelmässig als Proben mitanalysiert. Es handelt sich um zwei zertifizierte Analysenkontrollproben der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) in Berlin. Die ICP- Resultate (Tabellen 7 und 8) sind generell in guter Übereinstimmung mit den zertifizierten Werten. Nicht aufgeführt ist Kobalt, für das kein zertifizierter Wert vorliegt. Silber ist lediglich in Probe Nr. 211 enthalten. Generell ist die erreichte gute Präzision erwähnenswert. Sie äussert sich ebenfalls in den Resultaten wiederholter, unabhängiger Messungen am selben Objekt (Tabelle 3), ebenso in der guten Übereinstimmung mit Resultaten weiterer beteiligter Laboratorien (Anhang 2).

### Statistische Auswertung

Für die je über 80 unabhängigen Bestimmungen der Elementmassenanteile in den Standardreferenzmaterialien BAM Nr. 211 und 227 wurden Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient und Wiederfindungsrate berechnet. Eine logarithmische Darstellung des Elementmassenanteils gegen den ermittelten Variationskoeffizienten der ICP-Bestimmung ergibt die in Figur 1 gezeigte Abhängigkeit. Dabei resultiert die zu erwartende Zunahme des Variationskoeffizienten mit sinkendem Elementgehalt in der Probe. Für das Element Zinn resultiert ein im Vergleich zu den übrigen Elementen relativ hoher Variationskoeffizient. Dieses Resultat ist insofern erklärbar, als die im Spektrometer fest eingebaute Zinnlinie nicht ideal

<sup>8</sup> B.Magyar, ETH-Zürich, Anorganisch-Chemisches Institut, sei an dieser Stelle für die Untersuchungen zur Löslichkeit von Silber gedankt.

ist, weil erstens von relativ geringer Intensität und zusätzlich durch andere Elemente spektral gestört. Die Darstellung in Figur 2 unter Weglassung von Zinn ergibt ein bedeutend konsistenteres Bild.

Im übrigen ist zu beachten, dass sich die aufgelisteten Elementgehalte über immerhin vier Grössenordnungen erstrecken.

### Schwierigkeiten bei einzelnen Elementen

Zinn als Hauptelement wurde bereits im vorigen Abschnitt erwähnt. Beim Element Silber ergeben sich bei tieferen Gehalten keinerlei Probleme. Bei höheren Gehalten treten die erwähnten Begrenzungen aufgrund der Löslichkeit auf, die jedoch durch Komplexbildung mittels überschüssiger Chloridionen kontrollierbar sind. Dieses Phänomen der möglichen Niederschlagsbildung an Silber wurde jedoch erst im Lauf der Untersuchungen erkannt, so dass bei den ersten 302 analysierten Mustern die Messkolben nicht nach den beschriebenen Prozeduren aufgefüllt wurden. Dadurch resultiert in dieser Reihe bei

Silbergehalten höher als ca. 0.15 % Minderbefunde für dieses Element infolge Niederschlagsbildung.

Kobalt als Spurenelement bereitete die grössten Schwierigkeiten. Die im Spektrometer eingebaute Elementlinie erfuhr im Verlauf der Messperiode eine graduelle Einbusse an Intensität, wodurch die ursprünglich ermittelte Nachweisgrenze von 0.008 % (bezogen auf die Bronzeprobe) sich auf 0.03 % verschlechterte. Der Grund ist nicht bekannt. Anlässlich einer Geräterevision konnte eine graduelle Verbesserung erzielt, die ursprüngliche Präzision jedoch nicht mehr erreicht werden. Bezüglich der Resultate führte dies zu etwas schlechterer Präzision und Empfindlichkeit, jedoch nicht zu systematischen Abweichungen. Dies wird im vorliegenden Fall bestätigt durch die guten Übereinstimmungen mit den Resultaten eines dritten Laboratoriums. Die im Spektrometer fest eingebaute Co-Linie bei 350.23 nm gehört nicht zu den bevorzugten ICP-Linien für Kobalt (Winge et al. 1985). Die Linienwahl ergab sich aus der Notwendigkeit, Kompromissbedingungen für die 29 fest im Spektrometer eingebauten Elemente zu finden.

## 2

# TYPOLOGIE ET CHRONOLOGIE

## 1. Introduction

Le but principal de notre étude étant la mise en évidence des variations dans le temps de la composition chimique des objets, notre première tâche fut donc d'établir la chronologie de ces objets.

Du Bronze moyen à la fin du Bronze final, cinq phases chronologiques sont distinguées (tabl. 9).

- Le *Bronze moyen* (182 objets, 19.3% du corpus) est considéré ici comme un tout non subdivisé. Il est représenté en majorité par des trouvailles isolées terrestres, palustres, lacustres ou de cours d'eau.
- Le *Bronze D - Hallstatt A1* (BzD-HaA1) (121 objets, 12.9% du corpus) correspond au Bronze final prépalafittique et réunit en un seul ensemble les phases BzD et HaA1, très difficiles à distinguer l'une de l'autre en dehors du domaine de la parure.
- Le *Hallstatt A2* (HaA2) (199 objets, 21.1% du corpus) correspond au début des palafittes du Bronze final, *grosso modo* entre 1050 et 1000 av. J.-C.<sup>9</sup> C'est un HaA2 avancé, en transition vers le style Hallstatt B1.
- Le *Hallstatt B1* (HaB1) (114 objets, 12.1% du corpus) est, lui aussi, essentiellement représenté par du matériel palafittique. Il occupe *grosso modo* le 10<sup>e</sup> siècle av. J.-C.
- Le *Hallstatt B2* (HaB2) (196 objets, 20.8% du corpus), B3 de Müller-Karpe (1959), rassemble avant tout le mobilier de l'ultime phase palafittique du Bronze final, entre 900 et 850 av. J.-C. environ.

Une part non négligeable des objets (12.6% du corpus) n'est pas assez typique pour être attribuée à l'une ou l'autre de ces cinq phases. Trois catégories chronologiques plus vagues ont été créées pour elle:

- *Hallstatt A2-B1* et *Hallstatt B1-B2* (9.7% du corpus) pour les objets ne pouvant être assignés précisément à l'une des trois phases du Bronze final palafittique;
- *indéterminés* (3% du corpus) pour les objets ne pouvant être datés avec précision dans le Bronze final ou même dans l'ensemble Bronze moyen - Bronze final.

Neuf objets du *Bronze ancien* (0.96% du corpus) et un seul objet du *Hallstatt C* (0.11% du corpus) se situent aux deux extrémités de la période étudiée.

Les objets classés HaA2, HaB1, HaB2, HaA2-B1 et HaB1-B2 sont regroupés sous le label "*palafittiques*", les objets classés BzD-HaA1, Bronze moyen et Bronze ancien (bien que ces derniers proviennent de palafittes) sous le label "*prépalafittiques*". Avec 600 objets (65.8% du corpus), la classe palafittique domine très largement la classe prépalafittique, qui compte 312 objets (34.2%). Cette statistique n'est que le reflet de celle des objets métalliques de l'âge du Bronze suisse en général, qui sont fournis en beaucoup plus grande abondance par les palafittes du Bronze final que par les tombes, les dépôts et les trouvailles isolées du Bronze moyen et du BzD-HaA1.

9 Pour la dendrochronologie du Bronze final, voir Rychner 1988c et "à paraître".

## 2. Couteaux

### 1. Couteaux à soie perforée

Les couteaux à soie perforée comme 234, 329, 417 et 419 sont traditionnellement considérés comme des fossiles directeurs du HaA1 (Müller-Karpe 1959, 194-196). En Suisse, une tombe de Belp, de laquelle provient d'ailleurs 234, et qui contenait aussi deux épingles de Binningen à cinq côtes (Beck 1980, pl. 21 B), confirme bien cette datation. 300, 704 et 418, à soie plate perforée, sont eux aussi antérieurs aux palafittes. Ils ont de bons parallèles à Peschiera (Bianco Peroni 1976, N° 205-231) et à l'est des Alpes (Rihovsky 1972, pl. 1-3), mais aussi en Suisse même, dans les ensembles de Mels, Niederösch et Endingen (Beck 1980, pl. 10, 16 A, 19/3). Nous les datons donc du BzD-HaA1.

### 2. Couteaux à soie droite ou repliée

Ce groupe rassemble la grande majorité des couteaux palafittiques. La couche 3 des zones A et B d'Hauterive/Champ-préveyres (Rychner-Faraggi 1993, pl. 30-35) et Auvernier/Nord (Rychner 1987, pl. 19-20) sont les meilleurs ensembles de référence. Les modèles présents dans le premier sont considérés comme HaA2, ceux présents dans le second comme HaB2, tandis que les formes intermédiaires représentent le HaB1.

La majorité des couteaux palafittiques du HaA2 ont un dos épaissi en bourrelet arrondi, dont le sommet se situe vers le milieu de la lame ou même dans la moitié distale de celle-ci. Le tranchant est rectiligne ou concave, mais la pointe de la lame est généralement recourbée en direction du dos. A la limite de la soie et du tranchant, l'angle de la lame est obtus ou arrondi. La soie est droite ou, dans la majorité des cas, repliée (451, 452, 613, 615, 616, etc.). Avec le temps, le sommet de la courbure du dos tend à se déplacer en direction de l'extrémité proximale, et la lame devient ainsi plus ondulée (299, 350, 612, etc.). Les couteaux que nous situons à la fin du HaA2 ont le bourrelet du dos moins marqué, tendant à disparaître, et un angle plus aigu entre la soie et le tranchant (21, 352, 480). A la limite des styles A2 et B1 se situe 481, à lame décorée et virole. Son appartenance à la couche 3 d'Hauterive/Champ-préveyres permet de le considérer encore comme HaA2, mais il n'y a aucune rupture entre ce que nous appelons HaA2 et HaB1. La limite est floue et l'attribution chronologique des plus récents exemplaires d'une phase et des plus anciens de l'autre reste extrêmement subjective. Le couteau 708, atypique, n'est attribué au HaA2 qu'en fonction de son appartenance à la couche 3 d'Hauterive/Champ-préveyres. Il en va de même pour 709, certainement retaillé, mais dont la forme très HaB étonne dans ce contexte. En résumé, nous étiquetons HaA2 les couteaux suivants: 5, 7, 18, 19, 20, 21, 22, 33,

34, 59, 75, 76, 221, 222, 297, 298, 299, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 350, 352, 450, 451, 452, 453, 478, 479, 480, 481, 550, 612, 613, 614, 615, 616, 700, 705, 706, 707, 708, 709, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 771, 772, 773, 800, 801, 817, 845, 846, 847, 848, 849. Remarquons, au passage, la forme très spéciale de 736 (Hauterive), qui se distingue en effet par la nervure en relief bordant le dos, à la manière des faucilles, et qui est à notre connaissance sans parallèles dans les matériaux suisses. Il se rapproche beaucoup, en revanche, d'une série de couteaux "à lame de section profilée" de Thuringe (Simon 1986, en particulier fig. 3/2-3), ce qui n'implique pas forcément que 736 ait été fabriqué en Thuringe. La convergence est cependant frappante.

A l'autre bout de l'évolution typologique et de la chronologie se situent les couteaux à pièce cylindrique intermédiaire et fausse virole entre lame et soie, à lame non décorée ou ornée seulement de fines côtes en relief. L'élément cylindrique est ou non astragalé. Le dos, rectiligne ou concave, descend abruptement en direction de l'élément cylindrique. A son extrémité proximale, le tranchant forme un angle aigu et un cran très marqué. Ce type de couteau est bien représenté à Auvernier/Nord (Rychner 1987, pl. 19). Nous collons donc l'étiquette HaB2 sur les couteaux suivants: 16, 17, 26, 27, 78, 79, 80, 88, 228, 229, 240, 241, 275, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 568, 569, 570, 571, 653, 854. Remarquons, cependant, que la présence de 854 dans la couche 03 d'Hauterive/Champ-préveyres tend à montrer que quelques-uns des couteaux ci-dessus, sans décor astragalé, pourraient dater du HaB1.

Cinq couteaux ont la même forme que les précédents mais une lame richement décorée. Ils sont les intermédiaires typologiques entre les modèles à soie simple du HaB1 et ceux que nous venons de décrire. Ils sont considérés par Müller-Karpe comme typiques de sa phase HaB2 (1959, 214, fig. 50/7; 215, fig. 53/1). C'est à propos des couteaux — il faut en convenir — que l'introduction d'une phase typologique intermédiaire du HaB est la plus tentante. Nous datons donc ces couteaux d'un HaB1 avancé: 360, 361, 482, 737, 748.

Entre ceux du HaA2 et ceux du HaB2 s'intercale une série de couteaux décorés, à soie droite (sauf 68), quelquefois à vraie ou fausse virole. Ils passent pour caractéristiques du HaB1. Leur présence dans l'ensemble de Neuchâtel/Le Crêt (Rychner 1975, pl. 7/2) et dans la couche 03 d'Hauterive/Champ-préveyres ne contredit pas cette datation: 35, 58, 68, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 652, 746, 747, 818, 851, 852.

La datation des couteaux de même forme mais sans décor est en partie plus délicate. Une première série n'est que peu développée typologiquement et rappelle encore les derniers couteaux du HaA2. Leur datation au HaB1 ne fait guère de doute: 6, 223, 224, 225, 226, 351, 353, 745.

Une deuxième série, en revanche, à soie droite, est de forme très évoluée. Des exemplaires comparables font partie de l'inventaire d'Auvernier/Nord (Rychner 1987, pl. 20/1-3). Nous la datons du HaB1-B2: 227, 456, 710, 711, 853.

### 3. Couteaux à languette

Comme certaines haches, les couteaux à languette trahissent les relations existant au Bronze final entre la Suisse, le Tyrol et l'Italie du nord. 651 appartient au type Baierdorf (Müller-Karpe 1949/50, 320, fig. 5/1; 1954, 113-119), répandu en Vénétie et dans le Trentin mais aussi à l'est des Alpes et en Europe centrale (Bianco Peroni 1976, N° 7-11; Rihovsky 1972, N° 60-86). Il est considéré comme un représentant de la phase BzD (Müller-Karpe 1959, 189, fig. 23/18). 77 et 850 appartiennent au type Fontanella, connu surtout en Lombardie et dans le Trentin-Haut-Adige (Bianco Peroni 1976, N° 40-48). Il est daté HaA2-B1. La forme de la lame, en effet, correspond à celle des derniers couteaux palafittiques du HaA2 et à celle des premiers du HaB1. 877 appartient à la variante B du type Matrei, répandu dans le Trentin-Haut-Adige mais aussi dans le Tyrol du nord (Müller-Karpe 1949/50, 317-318; Bianco Peroni 1976, N° 23-37, surtout 33-35). Il est daté du HaA2 (Müller-Karpe 1959, 202, fig. 37/15). 879 appartient probablement à la variante tyrolienne du type Pfatten-Vadena (Bianco Peroni 1976, N° 51-61, surtout 58-60), mais il est dépourvu de l'élément cylindrique intermédiaire. Il est daté du HaB1 (Müller-Karpe 1959, 205, fig. 40/9), ce qui va bien avec la forme et le décor de la lame de 879.

### 4. Couteaux à manche en bronze

Par son décor et la forme de sa lame, 870 se rattache clairement au HaB1. Il provient d'ailleurs de la couche 03 d'Hauterive/Champréveyres. Non décoré, de forme évoluée, 81 peut aussi bien dater du HaB2 que du HaB1. Nous le rangeons donc simplement dans le HaB. 611 est un curieux exemplaire. On peut se demander, en effet, si le manche a la même origine que la lame, dont la forme évoque plutôt le HaA2. 878 possède un manche de même structure que ceux de 81 et 870, avec une virole flottante en plus. Le décor original de la lame évoque à la fois le type Matrei, les couteaux palafittiques du HaB1 et les bracelets à ocelles du HaB2 (Paszthory 1985, pl. 102-131). Nous le datons donc du HaB en général.

### 5. Couteaux à douille

En Suisse, ils ne sont fréquents que dans la région genevoise, d'où proviennent d'ailleurs quatre des cinq exemplaires. Leur datation a été discutée à propos du matériel de Genève/Les Eaux-Vives (Rychner 1986b, p. 74). La forme de la lame des cinq couteaux indique clairement leur appartenance au HaB2: 230, 231, 232, 233, 749.

## 3. Haches

### 1. Le Bronze ancien

Le Bronze ancien, déjà étudié par le groupe de Stuttgart (Junghans/Sangmeister/Schröder), se situait en dehors de notre objectif. C'est pourquoi cette période n'est représentée que par neuf haches à rebords. Selon la typologie d'Abels (1972), il s'agit des types: Auvernier A (1); Auvernier F (2); Les Roseaux A (190); Les Roseaux C (665); Les Roseaux D (553); Langquaid II A (835, 837); Langquaid K (806); Langquaid O (836). Les trois types datent de la dernière phase du Bronze ancien, le BzA2 ou le Bronze ancien IV de Gallay (1976). En effet, la datation par Abels du type des Roseaux dans la première phase du Bronze moyen repose sur un raisonnement typologique assez hasardeux. Le site éponyme passant, jusqu'à nouvel ordre, pour caractéristique du Bronze ancien IV, nous préférons, quant à nous, garder les haches des Roseaux dans le Bronze ancien. Remarquons cependant, d'une façon générale, que la distinction entre les formes les plus récentes du Bronze ancien et les plus anciennes du Bronze moyen reste souvent aléatoire. On peut se demander, par exemple, si le type Bodensee d'Abels se distingue vraiment du type Langquaid II, et si l'étiquette "Bronze moyen" collée sur le type Bodensee se justifie à Arbon/Bleiche, où les deux types se retrouvent ensemble.

### 2. Le Bronze moyen

Par ordre de fréquence, nous attribuons les objets aux types définis par Abels (1972). Grenchen A: 86, 260, 280, 281, 282, 283, 444, 577, 591, 664, 692; Grenchen B: 154, 258, 259, 278, 666; Grenchen C: 557, 738; Grenchen D: 405, 435, 468, 537, 831; Grenchen F: 493, 544, 667, 668, 912; Grenchen, variante indéfinie: 284, 558; Cressier A: 598; Cressier B: 276, 403, 523, 599, 670; Cressier C: 56, 302, 402, 437, 458, 461, 467, 539, 540, 669, 690, 884, 913; Cressier D: 597, 793, 876; Cressier E: 3, 404, 804; Cressier G: 173; Cressier H: 166; Möhlin A: 543, 593, 594, 640, 647, 648, 649, 802; Möhlin C: 641; Onnens A: 551, 552, 595, 687, 689, 695; Onnens B: 236, 401, 910; Boismurie A: 559, 560; Boismurie B: 261, 262, 605, 607, 671; Boismurie C: 536; Boismurie D: 407; Mägerkingen B: 438, 533, 555, 601, 872; Mägerkingen F: 530, 554, 656; Clucy A: 556, 644, 650, 655, 871; Clucy B: 654, 895; Clucy C: 859; Nehren C: 471, 538, 602, 691, 803, 830, 832; Habsheim A: 578, 590, 642, 908; Habsheim B: 277, 643; Esheim A: 805, 828, 829; Ilanz A: 657, 873; Ilanz B: 883; Bodensee: 834, 880; Herbrechtingen A: 596, 688; Lucerne: 646, 909; type nord-allemand: 589, 914; Baltringen: 606; Crailsheim: 600; Eggiwil: 592; Estavayer: 535; Villars-le-Comte: 165.

Neuf autres haches à rebords ne trouvent pas leur place dans le cadre ci-dessus. 459, 839 et 911 sont considérées par Abels comme atypiques, mais 459 est très proche du

type Grenchen. On ne peut pas dire grand-chose des fragments 167 et 168. Les quatre dernières ne sont pas publiées par Abels. C'est de la variante B du type Onnens que se rapproche le plus 833. 561, 562 et 685 sont presque des haches à ailerons naissants et se rapprochent donc de notre type Ollon du BzD-HaA1. Deux haches à talon, 494 et 838, closent la série des haches du Bronze moyen. 494 appartient au type "à talon naissant" (Briard/Verron 1976, p. 79-82) et se trouve à Douvaine, à la limite méridionale de son aire de répartition. En France, celle-ci est surtout atlantique (Bretagne, Normandie, Bassin Parisien), mais le type est par ailleurs fréquent en Allemagne du Nord et dans les Iles britanniques. Comme 494, 838 (Allschwil) n'a pas de bons parallèles en Suisse, où les haches à talon sont de toute façon très rares et apparemment toutes importées (Osterwalder 1971, pl. 35). On peut l'attribuer au type "continental à talon étroit" (Briard/Verron 1976, p. 117-119), peu répandu en France (p. ex. Millotte 1963, pl. 11/10), mais plus fréquent dans le nord de l'Allemagne (p. ex. Kibbert 1980, N° 632).

### 3. Le Bronze D - Hallstatt A1

La hache caractéristique de cette période est à ailerons médians. Pour la majorité des exemplaires, il n'est pas possible de distinguer les plus anciennes (BzD) des plus récentes (HaA1): 85, 174, 189, 191, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 410, 411, 412, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 436, 457, 462, 465, 466, 472, 529, 532, 541, 542, 545, 564, 565, 566, 579, 588, 658, 672, 673, 674, 686, 860, 861, 874, 881.

En revanche, on peut sans doute considérer les haches 279 et 470 comme typologiquement les plus anciennes, à mi-chemin entre le type Boismurie de la fin du Bronze moyen et la forme typique à ailerons médians du BzD-HaA1. Un autre type, que l'on pourrait baptiser "Ollon", devrait être lui aussi ancien dans le Bronze final prépalafittique. Il s'agit des exemplaires 175, 180, 181, 513, 563, 603, 755, 875 et 882. Les ailerons longs et peu saillants évoquent, en effet, les rebords du Bronze moyen. En Italie septentrionale, où il est bien connu (*ascia ad alette allungate*), ce type n'est cependant pas daté plus haut que le 12<sup>e</sup> siècle, c'est-à-dire des débuts du *Bronzo finale* (De Marinis 1992, 147 et 149).

Une autre série de haches, quant à elle, peut passer pour la plus récente de notre lot: 270, 271, 272, 273, 274, 567, 604, 693. Elles sont caractérisées par leurs ailerons déjà plus volumineux et surtout par l'épaisseur de la lame, plus forte que celle de la partie proximale de l'outil, qui est toujours en crochets. Six exemplaires proviennent de la région du lac de Biemme. Il n'est pas impossible que ces haches puissent se rattacher à un HaA2 précoce qui fait défaut, pour l'instant, dans les palafittes.

### 4. Le Hallstatt A2, le Hallstatt B1 et le Hallstatt B2

#### *Les haches à ailerons de forme standard*

En vertu de la convention généralement acceptée, les haches à ailerons supérieurs sans anneau sont du HaA2; les haches à ailerons supérieurs et anneau, de forme élancée, sont du HaB2, tandis que les haches à ailerons supérieurs et anneau, lourdes et de forme massive, encore proches des modèles sans anneau, occupent la case intermédiaire HaB1. Les principaux ensembles de référence, pour la Suisse palafittique, sont Hauterive/Champréveyres (Rychner-Faraggi 1993), Greifensee/Böschen (Eberschweiler/Riethmann/Ruoff 1987), Neuchâtel/Le Crêt (Rychner 1975) et Auvernier/Nord (Rychner 1987).

Ce schéma, surtout en Suisse occidentale, pose cependant un problème, dans la mesure où les exemplaires HaB1 sont beaucoup moins nombreux que ceux du HaA2 et du HaB2, alors même que la phase en question, au bord des lacs, est nettement plus longue que chacune des deux autres. Le problème a trois solutions possibles: 1) une partie des haches sans anneau date du HaB1; 2) on a moins fabriqué de haches au milieu du Bronze final palafittique qu'au début et à la fin, peut-être parce que l'activité de construction était moins importante; 3) on a "déposé" moins de haches au milieu qu'au début et à la fin du Bronze final palafittique (si l'on admet qu'une bonne partie des objets retrouvés correspond à des enfouissements volontaires).

La première hypothèse paraît la plus vraisemblable. Au moins à première vue, elle est soutenue par la situation en Allemagne du sud-ouest, où les haches à ailerons supérieurs sans anneau, à talon en crochets mais plutôt légères et de profil élancé, sont datées de la phase Lindenstruth, c'est-à-dire du HaB1 (Kibbert 1984, pl. 102). Dans le dépôt même de Lindenstruth (Richter 1970, pl. 92 A), une hache de ce type est en effet associée à un bracelet réniforme décoré, considéré comme un fossile directeur du HaB1. Le mobilier funéraire de Pfeddersheim (Richter 1970, pl. 91 A), cependant, où un bracelet de la même famille est accompagnée par une céramique Rhin-Suisse très HaA2 et par un couteau typologiquement peu évolué, pourrait montrer que ce HaB1 est en fait très proche de ce que nous appelons HaA2 dans la couche 3 des zones A et B d'Hauterive/Champréveyres. Les haches palafittiques sans anneau, d'autre part, sont nettement plus massives que les exemplaires allemands du HaB1. Enfin, l'apparition précoce de l'anneau, sur des formes encore très HaA2 (701), rend peu vraisemblable le fait que les haches sans anneau aient continué longtemps à être fabriquées. A l'appui des deuxième et troisième hypothèses, on peut rappeler la situation à Hauterive/Champréveyres, où la quasi-totalité des haches, sans anneau, provient de la zone arrière, alors qu'un seul exemplaire, à anneau,

provient des zones basse et est. On pourrait aussi admettre que la forme typique du HaB2 a existé dès avant la phase dendrochronologique d'Auvernier/Nord (878-850 av. J.-C.), au moins dès la fin du 10<sup>e</sup> siècle.

En tout état de cause, nous proposons pour nos haches les datations schématisées suivantes.

**HaA2.** Haches à ailerons supérieurs sans anneau (groupe auquel s'ajoute l'exemplaire à anneau 701, de la couche 3 d'Hauterive/Champréveyres): 23, 31, 57, 72, 74, 83, 84, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 143, 148, 149, 150, 152, 153, 197, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 428, 430, 431, 439, 447, 449, 473, 474, 475, 495, 496, 497, 509, 510, 511, 514, 515, 517, 518, 519, 520, 580, 581, 582, 621, 622, 623, 624, 625, 629, 630, 635, 636, 675, 676, 678, 680, 681, 683, 697, 699, 701, 702, 703, 727, 728, 729, 760, 761, 762, 763, 764, 766, 767, 768, 769, 770, 855, 915, 927.

**HaB1.** Haches à ailerons supérieurs et anneau, de forme massive (sauf 701, que son appartenance à la couche 3 d'Hauterive/Champréveyres date du HaA2): 30, 120, 121, 122, 123, 124, 144, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 366, 368, 371, 433, 434, 448, 516, 521, 626, 627, 628, 631, 632, 633, 661, 679, 684, 698, 765, 794, 795, 797, 799.

**HaB2.** Haches à ailerons supérieurs et anneau, de forme élancée (les fragments 250, 251, 919, 920 et 921 sont considérés comme de même date que les haches entières qui les accompagnent): 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 145, 146, 147, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 188, 198, 200, 237, 238, 239, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 288, 289, 290, 291, 292, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 443, 460, 476, 498, 499, 500, 501, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 522, 531, 572, 573, 574, 575, 576, 583, 584, 585, 608, 609, 634, 637, 638, 639, 660, 662, 663, 677, 696, 796, 798, 823, 824, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 916, 918, 919, 920, 921, 931. Haches à ailerons supérieurs sans anneau, mais de même forme que les précédentes: 293.

**HaB1-B2.** Haches à ailerons et anneau (incertain pour 119), encore plus difficiles que d'autres à forcer dans une des deux cases B1 ou B2: 119, 199, 367, 369, 370, 659, 844.

La morphologie des haches à ailerons palafittiques varie notablement d'un bout à l'autre du Plateau suisse. Ainsi que nous en avons esquissé la démonstration (Rychner 1986c), on peut parler, en effet, de trois styles différents, caractéristiques: le premier, du bassin lémanique; le deuxième, des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat; le troisième, de la région zurichoise. Cette distinction est surtout évidente au HaA2 et au HaB1.

Les herminettes à ailerons sont indissociables des haches mais, contrairement à ces dernières, les exemplaires sans anneau sont généralement datés du HaB2. C'est la datation que nous retenons pour 917, du dépôt de Bâle/Elisabethenschanze. On ne peut cependant exclure une datation un peu plus haute pour les exemplaires isolés, que nous rangerons donc simplement au HaB: 73, 141, 440.

#### *Formes particulières de haches à ailerons*

Ce sont des haches qui n'appartiennent pas aux types courants en Suisse à l'époque des palafittes. Toutes sont d'inspiration italique ou tyrolienne. 925, 926, 928, 929 (Montlingerberg) et 328 (Zurich) sont d'un type alpin propre à la civilisation de Laugen-Melaun, répandue dans le Trentin, le Tyrol du sud, l'Engadine et la vallée du Rhin saint-galloise. Elles ont été baptisées "Montlingeräxte" (Frei 1971, p. 97), "Melauneräxte" (Frei 1970, pl. 9/1) ou "Laugener Beile" (Lunz 1974, p. 38 et pl. 3/4, 5, 6, 8)<sup>10</sup>. Les quatre exemplaires du Montlingerberg ont été republiés récemment par R. Steinhauser-Zimmermann (1989, pl. 1/4, 3/33, 8/71, 81/1297), qui date 925 du HaA2, 926 du HaA2-B1, 928 et 929 du HaB1. Nous conservons la datation HaB1 pour 929, associée à un talon de lance décoré de demi-cercles concentriques (Steinhauser-Zimmermann 1989, pl. 81 D; Müller-Karpe 1959, pl. 170 B), et attribuons les trois autres, ainsi que 328, à une phase HaA2-B1. 756 appartient-elle aussi au type Montlingerberg ? Elle se distingue en tout cas des précédentes par une partie proximale plus étroite et aux bords plus parallèles, ainsi que par la forme de la lame, plus rectangulaire que trapézoïdale. Elle ressemble à certains exemplaires du type autrichien de Hallstatt (Mayer 1977, N°835 en particulier). Elle pourrait être plus récente que les précédentes, et nous la datons donc du HaB en général.

A cause des bords fortement concaves de sa lame, 930 (elle aussi du Montlingerberg) se rattache plutôt au groupe formé par 326 et 327, qui ont un bon parallèle dans le dépôt italien de Poggio-Berni, près de Forlì (Müller-Karpe 1959, p. 78, fig. 6/6), datable du HaA2. Le même dépôt contient aussi une autre hache à ailerons et ressaut, caractérisée par des ailerons peu saillants et très peu refermés, et donc proche de 114, 151, 432, et 682. D'une façon plus générale, ces dernières haches entretiennent d'évidents liens de parenté avec les haches protovillanoviennes de dépôts italiens attribués au 10<sup>e</sup> siècle: Monte Rovello (Peroni 1961, I.2, 4-(2)(3)), Monte Primo (Peroni 1963, feuilles I.7, 8-(3),(4),(8)), Goluzzo (Müller-Karpe 1959, pl. 47), Piediluco (Müller-Karpe 1959, pl. 50-51), Casalecchio (Müller-Karpe 1959, pl. 52/7). Nous retenons donc la datation imprécise HaA2-B1 pour les haches 930, 326, 327, 114, 151, 432 et 682.

<sup>10</sup> Les "Melauneräxte" de Suisse, ainsi que quelques exemplaires de style italique, ont été récemment rassemblés par J. Speck (1992).

La concavité des bords de la lame ainsi que le ressaut très marqué sous les ailerons reliant 429 aux haches précédentes, mais elle a la particularité d'avoir une lame de section lenticulaire. Le meilleur parallèle (la publication ne permet cependant pas de juger de la forme de la lame) provient de Povo (Trente; Lunz 1974, pl. 2/5), d'autres de Peschiera (Müller-Karpe 1959, pl. 103/35, 36, 38).

Un excellent parallèle, mais beaucoup plus lointain, est représenté par le moule en pierre de la "maison du marchand d'huile" de Mycènes (Müller-Karpe 1959, p. 93, fig. 9), qui constitue un des points de repère chronologiques de la phase de Peschiera, ou BzD, datation que nous retenons ici pour 429.

534, enfin, sort très probablement de notre cadre chronologique, par le bas. Elle a, en effet, des soeurs jumelles dans un groupe de haches de Vénétie et du Haut-Adige, définies comme "*altre asce ad alette prive di setto di divisione, con spalla brevissima*" et datées du 7<sup>e</sup> siècle (Carancini 1984, N° 3557-3574, surtout 3560-3563). Nous la datons donc du HaC.

## 5. Haches et herminettes à douille

En Suisse, les haches à douille ne sont fréquentes qu'à l'extrémité occidentale du lac Léman. La chronologie des deux types les plus fréquents a déjà été discutée à propos du matériel de la station palafittique de Genève/Les Eaux-Vives (Rychner 1986b, p. 74-75). Pour les haches à lame en méplat, dites aussi "à lame biseautée, type Frouard", nous avons retenu la datation HaB2: 163, 201, 202, 203, 204, 205, 206 207, 208, 502.

Les haches à constriction médiane, ou à bords pincés, sont à ranger dans les cases HaA2 et B1, datation retenue ici sans qu'il soit tout à fait exclu que quelques exemplaires subsistent au HaB2: 32, 142, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 441, 586, 587.

164 et 253 appartiennent au type atlantique du Plainseau, du BF IIIb ou HaB2 (Briard/Verron 1976, 35-36). Elles accompagnent chacune des haches à ailerons classiques dans les dépôts d'Ollon et de Kerzers.

512, enfin, à douille quadrangulaire, ne semble pas pouvoir être située avec précision dans la typo-chronologie. Nous la rangeons donc dans les indéterminés. Un exemplaire assez voisin, isolé et non daté lui aussi, provient de Lippe près de Paderborn (Kibbert 1984, N° 1006).

## 4. Faucilles

Nous nous rattachons ici à la typo-chronologie de M. Primas (1986).

### 1. Faucilles à bouton

Bronze moyen. Types Friedberg: 172, 409, 486; Vouvy: 463, 464, 525; Grenchen: 87, 285, 286, 287; Beilngries: 170, 484, 524, 548, 840; Haitzen: 169, 171, 301, 408, 485, 527, 841, 885; Haitzen ou Penkhof: 483; indéterminé: 526, 842.

BzD-HaA1. Types Gosheim: 10, 12; Penkhof: 11, 528, 547; indéterminé: 192.

HaA-B. Types Genève: 215, 216, 217; Bevaix: 52; à jet de coulée "dorsal": 53; indéterminé: 610.

### 2. Faucilles à languette perforée et ergot

BzD-HaA1. Types Langengeisling: 414.

HaA2. Type Prestavlky: 549.

HaA2-B1. Type Langengeisling, petite variante: 617. Les quatre types suivants sont regroupés par M. Primas dans le "Typengruppe" Pfeffingen, que la plupart des dépôts datent du HaA2. Dans les palafittes, cependant, en matière de faucille, il ne nous semble guère possible d'établir systématiquement la différence entre HaA2 et HaB1. C'est pourquoi nous proposons ici la datation HaA2-B1 pour ce groupe de faucilles, sauf pour 856, qui est daté HaB1 par son appartenance à la couche 03 d'Hauterive/Champréveyres. Dans l'ensemble, cependant, les faucilles à ergot, dans les palafittes, devraient être un peu plus anciennes que les faucilles sans ergot. Types Estavayer: 47, 48, 67, 364, 454, 618, 774; Wollishofen: 362, 363, 365, 775; Asperg: 66, 477, 730, 856; Cortaillod: 49.

### 3. Faucilles à languette perforée sans ergot

HaB1-B2. Groupe Boskovice, types Herrnbaumgarten: 50, 54, 55, 620; Boskovice: 4; Mainz: 51, 857; Corcelettes: 82, 218, 442, 619. M. Primas date toutes les faucilles de ce groupe du HaB final (p. 160). C'est un fait bien établi, en effet, qu'elles sont abondamment représentées dans les grands dépôts de cette période. M. Primas remarque cependant que le dépôt de Ehingen-Badfeld indique, lui, une date HaB1 (p. 161). Cette datation nous semble devoir être retenue pour une bonne partie des faucilles de ce groupe trouvées dans les palafittes. En effet, à Auvernier/Nord (Rychner 1987, pl. 21-24), seul ensemble de référence de la phase HaB2, une seule faucille à languette perforée s'oppose à une vingtaine de faucilles à languette non perforée (groupe Auvernier). Tout se passe donc comme si la plus grande partie du groupe Boskovice, dans les palafittes, remontait au HaB1. Dans le doute, nous proposons cependant l'étiquette HaB1-B2.

HaB2. Type Mimmenhausen: 219, 254.

#### 4. Faucilles à languette non perforée, avec ergot

BzD-HaA1. Type Uioara-Kuchl, variante Ladendorf: 825.

#### 5. Faucilles à languette non perforée, sans ergot

HaB2. Groupe Auvernier, types Hauterive: 15, 858; Auvernier; 13; Mörigen: 14, 24, 25, 381, 382, 455.

#### 6. Faucilles de type indéterminé

HaB2 (dépôt de Kerzers): 255. Indéterminé: 220.

### 5. Épingles

Bronze moyen. Épingles à col renflé perforé: 712, 935, 936; épingles à tête finement côtelée: 807, 808, 937, 948.

BzD-HaA1. Type Binningen: 713, 938, 939, 949; type Wollmesheim: 714; type Eschenbach: 940.

HaA2. Épingles à nodosités: 715, 716; à col orné de stries obliques alternes: 717, 942; "des palafittes" (*Pfahlbau-nadel*): 718 (Hauterive/Champréveyres, couche 3); à tête enroulée: 944 (Hauterive/Champréveyres, couche 3).

HaB1. Épingles céphalaires: 9, 63; atypiques ou cassées: 36, 37, 38, 40 (recueillies entre 1967 et 1969 à Cortaillod/Est, station datée depuis, par la dendrochronologie, entre 1010 et 950 av. J.-C.).

HaA2-B1. Épingles à tête biconique, conique, cylindro-conique ou bulbeuse: 8, 64, 65, 943, 757.

HaB2. Épingles à petite tête vasiforme: 946, 947.

Indéterminés. Épingles indatables, même si la tête de la première, subjectivement, nous paraît plutôt ancienne dans le Bronze final palafittique: 941, 945.

### 6. Bracelets

Faute de parallèles dans les ensembles de référence, les bracelets ne sont pas toujours faciles à dater typologiquement. Il n'est pas possible, en particulier, d'identifier sûrement les bracelets du HaA2. Les plus anciens et les plus récents de notre série sont ceux dont la datation pose le moins de problèmes. Les types Publy (193, 546), Pfullingen (235, 445, 446) et Binzen (415, 416) datent, en effet, des débuts du Bronze final (Beck 1980, p. 63, 53 et 65), alors que les bracelets ocellés en tôle (29, 62), le type Auvernier (897) et les divers types de bracelets astragalés

creux ou massifs (71, 28, 70, 256, 257, 379, 380) sont de la fin du Bronze final (Rychner 1987). L'importante série des bracelets type Cortaillod (Paszthory 1985, N° 840-900) passe pour typique du HaB1. On peut en signaler un exemplaire, en effet, dans l'ensemble de Neuchâtel/Le Crêt (Rychner 1975, pl. 6/3). 950, de section hexagonale, provient du même ensemble et reçoit donc lui aussi l'étiquette HaB1, de même que 46 et 821, très proches du type Cortaillod proprement dit. Nous attribuons encore la même datation à 896, à la frontière du type Auvernier, à 901 et 902, de la zone basse d'Hauterive/Champréveyres, et à 41, qui provient de Cortaillod/Est. 820 et 903 ne nous paraissent pas datables à l'intérieur du HaB, tandis que le reste des bracelets se répartit entre le HaA2 et le B1. En résumé, nous proposons les datations suivantes.

BzD-HaA1: 193, 235, 415, 416, 445, 446, 546.

HaA2-B1: 45, 819, 898, 899, 904, 905, 906.

HaB1: 41, 46, 60, 61, 69, 776, 777 à 791, 821, 822, 896, 900, 901, 902, 950.

HaB1-B2: 820, 903.

HaB2: 28, 29, 62, 70, 71, 256, 257, 379, 380, 897.

### 7. Lingots

A l'exception des deux lingots-barres du Montlingerberg (933, 934), tous les lingots sont de la forme plano-convexe habituelle. Ils ne sont datables avec précision que par l'intermédiaire des éventuelles trouvailles associées. C'est le cas de ceux de Douvaine et de Meikirch (487-490, 887-888), qui sont du Bronze moyen; de ceux d'Ollon (176-179, 182-187), de Genève/Maison Butin (194-196) et de Aesch (862-869), qui sont du BzD-HaA1; de Bâle (922-924) et de Winterthour (294-296), qui sont du HaB2. Quant aux lingots du Montlingerberg (932-934), d'Hauterive (843), de Zurich/Haumesser (739-741) et de Schiers (754, 759), ils sont certainement du Bronze final, mais on ne peut pas les dater plus précisément que HaA-B (indéterminés).

### 8. Divers

Parmi les épées, les plus anciens exemplaires, atypiques, sont ceux du dépôt Bronze moyen de Douvaine (491, 492). 810, 811 et 812, des types Rixheim, Russheim et Reutlingen, datent du BzD-HaA1 (Schauer 1971, N° 216, 306, 445 A). Les trois derniers exemplaires sont des fossiles directeurs de la phase HaB2. 242 et 814, en effet, appartiennent au type Mörigen, tandis que 813 se situe entre les types Auvernier et Mörigen (Krämer 1985, N° 167). Les bouterolles 815 et 816 sont de la même phase chronologique.

L'unique *pointe de lance* (750) est décorée du motif ondulé caractéristique du HaB1.

Les *marTEaux* sont de types variés. 420 est daté BzD-HaA1 par ses ailerons médians, mais 654 et 694, s'ils sont bien du Bronze final, ne sont pas datables avec précision. Il en va de même de la forme bipenne de 751, 752, 753 et 758, qui sont peut-être des lingots.

Les *ciseaux* 886 et 413 sont datés du Bronze moyen et du BzD-HaA1 par les trouvailles associées, mais 792 n'est pas datable avec précision.

Faute de pièces de comparaison, 827, couteau à deux manches ou *plane*, est indatable dans le Bronze final.

Le *hameçon* 719 est daté du HaA2 par son appartenance à la couche 3 d'Hauterive/Champrévevres.

Les *tasses* de type Kirkendrup 743-744 peuvent être datées HaA2-B1, de même que le vase à épaulement 742, qui a cependant des chances d'être de fabrication moderne (voir p. 72).

La *phalère* 826 n'est pas du type habituel à Auvernier au HaB2. Nous la datons simplement du HaB.

Les *appliques* 720, 722, 723 et 724 sont du HaA2 ou du HaB1.

L'*élément spiralé* 721 n'est pas datable avec précision.

La *virole* 725, de la couche 3 d'Hauterive/Champrévevres, reçoit l'étiquette HaA2, tout comme l'anneau 726.

Les *anneaux* 42, 43 et 44, de Cortaillod/Est, sont en revanche du HaB1.

## 9. Conclusions

Pour la plus grande partie d'entre eux, les objets de notre corpus, trouvailles anciennes sans contextes stratigraphique et topographique précis, sont datés seulement d'après leur forme. En fait, plutôt que réellement datés, ils sont attribués à des styles qui, certes, se recoupent en partie dans le temps, mais dont les centres de gravité correspondent cependant chaque fois à des périodes bien individualisées les unes par rapport aux autres.

En considérant les objets de la couche 3 de la zone arrière d'Hauterive/Champrévevres comme un ensemble chronologique homogène, bien que stylistiquement disparate, et en l'attribuant en bloc au HaA2, considéré dans ce cas plus comme une phase chronologique que comme un style, nous avons commis une entorse au principe de la datation typologique. Cela nous a conduit à étiqueter HaA2 certaines formes d'Hauterive/Champrévevres que nous rangeons ailleurs dans les styles HaA2-B1 ou même HaB1. Ainsi, la hache à anneau 701, par exemple, est considérée comme HaA2 à Hauterive/Champrévevres, alors que sa soeur jumelle de Concise (626) est rangée dans le HaB1; de même, l'épingle des palafittes 718, fossile directeur du HaB1, est également considérée comme HaA2 à Hauterive/Champrévevres.

L'irruption de la chronologie dans la typologie est également intervenue à propos de quelques objets récupérés entre 1967 et 1969 sur le site de Cortaillod/Est, daté depuis (par la dendrochronologie) de 1010 à 965 av. J.-C. Bien que complètement atypiques, ces objets sont rangés dans le HaB1, qui est effectivement le style dominant à Cortaillod/Est.

Ces deux entorses, qui sont des erreurs, n'ont cependant aucun effet négatif sur la valeur générale de notre chronologie typologique.

### 3

## GÉOGRAPHIE

Dans le but de mettre en évidence d'éventuelles variations spatiales synchroniques dans la composition des bronzes, nous avons découpé le territoire étudié en quatre grandes zones baptisées *Ouest*, *Centre-Ouest*, *Est* et *Sud* (carte 1, fig. 3 et tabl. 9).

Le rôle du *Sud* (2 objets, 0.2% du corpus), qui correspond au Tessin et au Misoix, est pratiquement nul.

L'*Ouest* (237 objets, 25.2% du corpus) correspond au bassin lémanique, avec son prolongement amont du Chablais vaudois et du Valais. Les quelques objets provenant de Haute-Savoie sont rattachés à ce groupe.

Le centre de gravité du *Centre-Ouest* (425 objets, 45.2% du corpus) est constitué par les lacs de Neuchâtel, Biemme et Morat (les Trois-Lacs). Si la délimitation occidentale de cette zone ne pose aucun problème à l'époque palafittique, quand les trouvailles terrestres sont rarissimes, elle est un peu plus délicate au Bronze moyen et au BzD-HaA1, quand les trouvailles terrestres prédominent. Nous avons choisi la limite naturelle des bassins: sont considérées comme du Centre-Ouest toutes les trouvailles faites dans le bassin du Rhin, c'est-à-dire dans les régions drainées par des rivières s'écoulant vers les Trois-Lacs (Orbe, Thielle, Broye, Sarine). Du côté oriental, la limite avec le groupe Est correspond à une zone vide d'objets sur toutes nos cartes, entre les rivières Emme et Wigger, *grosso modo* entre Soleure et Olten. Nous avons ainsi rangé dans la zone Centre-Ouest tous les points de trouvaille du Plateau, des Préalpes et des Alpes situés à l'ouest d'une ligne théorique reliant à peu près l'extrémité amont du lac de Brienz à Laufon dans la vallée de la Birse. Les

trouvailles de la région de Bâle et de Rheinfelden, naturellement reliées par le Rhin à l'Est du pays, sont attribuées à la zone Est. Quant à l'unique objet du canton du Jura, la hache de Delémont (915; carte 5, point 22), il est rattaché au Centre-Ouest.

A la zone *Est* (275 objets, 29.2% du corpus) sont avant tout rattachés les points de trouvaille situés le long du Rhin et sur le Plateau entre le lac de Constance et la limite occidentale définie ci-dessus, un peu à l'est de l'Emme. Quelques objets préalpins ou alpins, répartis entre Grisons et Suisse centrale, complètent la population du groupe Est.

La répartition géographique des objets analysés est donc très inégale. Non seulement le sud des Alpes n'est pratiquement pas considéré, mais les Alpes elles-mêmes sont très fortement sous-représentées, en particulier la région des Grisons, pourtant assez riche en mobilier métallique (voir note 4, p. 12). Il est donc évident que la présente étude porte avant tout sur le Plateau suisse — en grande partie par la force des choses, d'ailleurs, car c'est le Plateau, la plus peuplée des régions de Suisse, qui fournit pour l'âge du Bronze l'écrasante majorité des trouvailles en général et métalliques en particulier.

L'importance relative, dans notre corpus, de l'Est, du Centre-Ouest et de l'Ouest reste à peu près la même tout au long de la période envisagée (fig. 3). Les objets du Centre-Ouest sont toujours les plus nombreux, alors que ceux de l'Est et de l'Ouest sont en nombre presque équivalents, sauf au HaB1, période durant laquelle l'Ouest est nettement sous-représenté.



## 4

# DESCRIPTION GLOBALE DES RÉSULTATS

Au cours de l'âge du Bronze, la composition chimique des bronzes varie selon deux axes principaux:

- 1) *l'importance relative des impuretés les unes par rapport aux autres*, notion qui débouche sur celle de *schéma de composition*;
- 2) *le niveau absolu des teneurs*.

Ces deux types de variation sont également pertinents, c'est-à-dire qu'ils peuvent l'un comme l'autre servir de point de départ à la démonstration de l'évolution des compositions chimiques du bronze au cours du temps. En fait, les deux axes en question ne sont pas complètement indépendants l'un de l'autre mais, au contraire, largement corrélés. En d'autres termes, à un schéma de composition donné correspondent le plus souvent des teneurs bien définies. Pour analyser les résultats, on est cependant forcé, dans un premier temps, de distinguer les deux points de vue et de les envisager l'un à la suite de l'autre.

Notre effort, cependant, ne sera pas également réparti entre l'un et l'autre. Arbitrairement (mais aussi parce qu'elle nous paraissait plus originale et, surtout, mieux adaptée) nous avons choisi, en effet, de mettre l'accent sur l'étude des schémas de composition et d'appuyer en premier lieu sur elle nos approches de détail. L'examen des variations du niveau absolu des teneurs, ci-dessous, sera donc relativement sommaire et uniquement basé sur la notion de moyenne.

Pour mettre en évidence des variations diachroniques de composition chimique, d'autre part, on peut procéder de deux manières différentes. La première consiste à grouper *a priori* les objets selon leur âge et à vérifier ensuite dans quelle mesure ces groupes chronologiques s'opposent aussi sur le plan métallurgique. À l'inverse, la deuxième cherche à définir d'abord des groupes métallurgiques et à vérifier ensuite leur pertinence chrono-

logique. On adoptera ici le premier de ces deux points de vue pour l'examen des variations de concentration, mais le deuxième pour l'étude des schémas de composition.

### 1. Le niveau absolu des teneurs

Comme nous venons de le dire, nous confronterons ici les uns aux autres des groupes d'objets réunis en fonction de leur chronologie, en montrant dans quelle mesure ils se distinguent aussi au point de vue de la composition chimique.

Nous avons ainsi commencé par éliminer les cent dix-neuf objets de datation imprécise, de même que les neuf objets du Bronze ancien et l'unique objet du HaC, pour ne garder que les huit cent douze restants, qui peuvent entrer sans difficulté dans l'un ou l'autre des "tiroirs" Bronze moyen, BzD-HaA1, HaA2, HaB1 et HaB2. Les caractéristiques de composition chimique de ces cinq groupes chronologiques sont exprimées de trois façons différentes et complémentaires. Pour commencer, cinq graphiques construits sur le modèle proposé par Waterbolk et Butler (1965), et contenant un histogramme de fréquence par élément, à échelle logarithmique, décrivent chacun un groupe chronologique considéré dans son ensemble (fig. 4-8). Une autre série d'histogrammes de fréquence, à échelles linéaires pouvant varier d'un élément à l'autre, permet de mieux saisir les variations diachroniques de concentration, élément par élément (fig. 9). Un tableau de chiffres, enfin, indique, par élément et par période, la teneur moyenne, l'écart type, le coefficient de variation ainsi que les teneurs minimums et maximums (tabl. 10).

Il n'est pas besoin d'un long examen pour comprendre qu'un des buts principaux de notre recherche est atteint à ce stade déjà. Chiffres et graphiques, en effet, traduisent

de manière flagrante les changements intervenant entre le Bronze moyen et la fin du Bronze final, et montrent que chaque tranche chronologique ne s'individualise pas seulement par la morphologie des objets en bronze, mais aussi par la composition du métal utilisé.

### 1. Le Bronze moyen

Par rapport aux moyennes générales (tabl. 10, lignes "tout"), le Bronze moyen se définit par des teneurs moyennes en impuretés uniformément plus basses. Les faibles valeurs du plomb, de l'antimoine, du bismuth et du cobalt sont spécialement frappantes, alors que le niveau de l'arsenic et du nickel, du zinc et du fer sont proches de la moyenne. La somme totale des impuretés reste au-dessous de 1% (on ne tient pas compte dans cette somme du plomb dont le statut, du Bronze moyen au Bronze final, passe en partie de celui d'impureté à celui d'élément de l'alliage; voir p. 62-64 et tabl. 16).

Compte non tenu des lingots, la teneur moyenne en étain est d'environ 6% relatifs supérieure à la moyenne générale. Le faible coefficient de variation et la concentration de l'histogramme soulignent la signification de cette moyenne.

### 2. Le Bronze D - Hallstatt A1

La somme des impuretés (0.73%) est encore plus basse qu'au Bronze moyen. Elle est ici à son minimum. Les proportions d'arsenic et de nickel, en particulier, sont environ deux fois plus faibles, alors que celles de l'antimoine, de l'argent et du cobalt sont à peine supérieures à celles de la période précédente. La grande différence avec le Bronze moyen, cependant, est à chercher dans le plomb (environ quatre fois plus) et dans le bismuth (dix fois plus), dans une moindre mesure dans le zinc (environ trois fois plus). Il se confirme donc que cette phase intermédiaire entre Bronze moyen et Bronze final, au point de vue métallurgique également, n'est pas la simple continuation du Bronze moyen. Quant à la variabilité des compositions, elle est tout à fait comparable à celle du Bronze moyen.

La proportion d'étain, dans les objets finis, atteint son maximum au BzD-HaA1 (8.69%), mais elle n'est qu'à peine supérieure à celle du Bronze moyen.

### 3. Le Hallstatt A2

Cette période frappe par la très faible variabilité des compositions, traduite non seulement par l'apparence des histogrammes mais aussi par les coefficients de variation étonnamment bas. Le changement métallurgique intervenant au HaA2 est, par ailleurs, radical.

La somme totale des impuretés (2.54%) exprime parfaitement ce changement. Le cuivre du HaA2, en effet, est caractérisé par des teneurs supérieures à la moyenne pour toutes les impuretés majeures: arsenic, antimoine, argent, nickel et cobalt. La relative abondance de ce dernier élément, qui atteint alors ses teneurs maximums, est certainement l'une des "signatures" les plus caractéristiques de l'époque. L'abondance du fer, de loin supérieure à celle rencontrée avant ou après, est également très remarquable. Bismuth et zinc, en revanche, accusent une baisse assez nette par rapport au BzD-HaA1.

La teneur moyenne de *plomb*, impureté et/ou élément de l'alliage, augmente aussi de façon considérable depuis le BzD-HaA1 pour se situer aux environs de 1%. La variabilité des teneurs est cependant assez importante.

La moyenne de l'*étain*, à peine inférieure à celle du BzD-HaA1, se situe presque exactement au même niveau qu'au Bronze moyen. Les teneurs sont extrêmement bien groupées autour de la moyenne, puisque 86.9% des teneurs sont comprises entre 6 et 10%.

### 4. Le Hallstatt B1

La période se présente en partie comme la suite du HaA2, mais les teneurs moyennes en antimoine et en argent sont encore nettement plus élevées. Celles d'arsenic et de nickel restent stables, tandis que le cobalt et le fer baissent très nettement. La somme totale des impuretés atteint son maximum (3.15%). La grande différence avec le HaA2 réside dans l'homogénéité très inférieure du groupe. La plus grande dispersion des histogrammes et les indices de variation relativement élevés montrent, en effet, que l'unité métallurgique du HaB1 est bien moins forte que celle du HaA2, et que cette période est caractérisée par plusieurs sortes de cuivre, ce que confirmera d'ailleurs la suite de l'étude.

Le *plomb* reste au même niveau. C'est le seul élément à montrer un groupement supérieur à celui du HaA2.

Les teneurs d'*étain*, très dispersées, baissent sensiblement, pour tomber au-dessous de la moyenne générale.

### 5. Le Hallstatt B2

L'hétérogénéité caractéristique du HaB1 fait place à une unité comparable à celle du HaA2, voire même supérieure en ce qui concerne l'arsenic et le nickel. En même temps, le niveau moyen de toutes les principales impuretés baisse considérablement pour atteindre des valeurs très proches des moyennes générales. La somme totale des impuretés (1.54%) est également très voisine de la moyenne générale. Une des caractéristiques les plus frappantes du HaB2

est la forte augmentation de la teneur en *plomb*, qui va de pair avec la baisse de celle en *étain*. Cette dernière est de plus d'un quart inférieure à celle enregistrée au BzD-HaA1.

## 6. Compositions pauvres, normales et riches

Un simple coup d'œil à la liste des analyses permet de se rendre compte qu'un assez grand nombre de compositions "*pauvres*" en impuretés s'opposent à un petit nombre de compositions au contraire très "*riches*", et qu'entre ces deux extrêmes s'intercale la grande masse des compositions "*normales*". Dans la suite de notre travail, il a paru nécessaire de distinguer ces trois groupes — le tout étant, bien sûr, de leur trouver des limites. Tirées à travers un ensemble sans rupture, elles ne peuvent être qu'arbitraires et subjectives. Celles que nous proposons reposent en partie sur l'histogramme des *teneurs cumulées* en arsenic, antimoine et nickel (fig. 10), construit sur la même échelle logarithmique que celle des figures 4-8. Nous considérons comme *pauvres* les compositions des sept premières colonnes, dont les valeurs s'échelonnent entre 0.008 et 0.42%. Cette définition de la "*pauvreté*" correspond très largement à celle que nous avons tendance à proposer intuitivement, à savoir: les trois éléments < 0.1%; deux des trois éléments < 0.1%; un élément < 0.1%, les deux autres < 0.2%. Quant à la limite entre "*normal*" et "*riche*", nous la situons vers 4.3% de teneur cumulée (douzième colonne de l'histogramme), valeur que nous préférons arrondir à 4%. Les compositions riches comprennent presque toujours au moins une teneur, mais le plus souvent plusieurs, atteignant ou dépassant 2%.

Tout arbitraires qu'elles soient, ces limites définissent cependant trois groupes dont la signification chronologique saute aux yeux (fig. 11), comme cela, d'ailleurs, était facile à prévoir en fonction de ce qui a été dit plus haut de la variation absolue des teneurs. Plus de 80% des compositions pauvres, en effet, sont du Bronze moyen et du BzD-HaA1, période à laquelle elles sont même dominantes. Elles jouent cependant aussi un rôle non négligeable au HaB1. Quant aux compositions riches, elles sont surtout typiques du HaB1.

## 2. L'importance relative des impuretés

Avec l'argent, qui a posé des problèmes d'analyse (voir p. 16), et le cobalt, dont la prise en compte intervient à un stade ultérieur, les trois impuretés principales, en quantité et en signification, sont l'*arsenic*, l'*antimoine* et le *nickel*. L'importance relative de ces trois éléments varie beaucoup. C'est ainsi que l'on peut isoler treize *schémas de composition* différents. Le tableau 11 fait apparaître, d'une part, que l'importance en nombre d'objets de ces schémas est très variable, mais surtout que leur répartition chrono-

logique n'est pas aléatoire. La plupart d'entre eux, en effet, ont un centre de gravité assez précis. Les treize schémas, cependant, n'ont pas tous une signification chronologique propre. Certains peuvent donc être regroupés. C'est ainsi que nous proposons de reconnaître sept *types de schémas* principaux (sont considérées comme égales deux teneurs dont la différence n'excède pas 10% relatifs):

- 1) As>Sb>Ni, As>Sb=Ni et As=Sb>Ni
- 2) As>Ni>Sb et As=Ni>Sb
- 3) Ni>As>Sb
- 4) Ni>Sb>As, Ni=Sb>As et Ni>Sb=As
- 5) Sb>Ni>As
- 6) Sb>As>Ni et Sb>As=Ni
- 7) As=Sb=Ni

La signification chronologique des six premiers types est illustrée par les graphiques des figures 13 et 14. Ils ne tiennent compte que des huit cent quatre objets attribuables avec précision à l'une ou l'autre des phases Bronze moyen, BzD-HaA1, HaA2, HaB1 et HaB2, et laissent donc de côté les neuf objets du Bronze ancien, l'unique objet HaC ainsi que les cent dix-neuf objets de datation plus ou moins imprécise (HaA2-B1, HaB et indéterminés). Le schéma de type 7, le moins important numériquement et qui n'a sans doute pas grande signification, est également laissé de côté. La figure 13 montre l'importance variable des phases chronologiques dans chacun des six types de schémas; la figure 14, inversement, l'importance variable des schémas de composition dans chacune des cinq phases chronologiques.

On constate ainsi que plus de 80% des objets Bronze moyen ont des schémas de type 2 et 3. Le BzD-HaA1 est la période la moins bien définie. Le type de schéma le plus fréquent, le type 3, ne concerne en effet que 36% des objets. Le BzD-HaA1 est encore proche du Bronze moyen, dans la mesure où le type 3 est le plus important. Il s'en distingue cependant nettement, dans la mesure où le type 2 joue un rôle nettement moindre et où les types 1, 4, 5 et surtout 6 sont beaucoup plus représentés. Le HaA2 se distingue radicalement de ce qui précède, puisque les schémas de type 4, jusque là peu importants, rassemblent 60% des objets, alors que les types 1 et 2 disparaissent presque complètement. Les types de schémas 5 et 6 jouent déjà un rôle appréciable. Le HaB1 est surtout partagé entre les types 4, 5 et 6 (93% des objets), le plus fréquent étant le type 5. Le HaB2, quant à lui, est surtout caractérisé par les schémas de type 6 qui concernent 75% des objets. Le type 5 conserve une certaine importance, alors que le type 1, inexistant ou presque au HaA2 et au HaB1, joue un rôle presque aussi important qu'au BzD-HaA1.

La répartition des compositions pauvres, normales et riches dans les sept types de schémas de composition ne réserve aucune surprise (tabl. 13). Logiquement, puisqu'elles sont surtout caractéristiques du Bronze moyen et du BzD-HaA1, les compositions pauvres sont les plus

fréquentes dans les schémas typiques de ces périodes, c'est-à-dire dans les schémas de types 1, 2 et 3. Bien attestées également au HaB1, elles le sont donc dans le schéma le plus courant du HaB1, le schéma de type 5 qui contient, d'autre part, la plus grande concentration de compositions riches, typiques du HaB1.

### 3. Les compositions jumelles

Dans chacun des schémas de composition que nous allons étudier en détail, la classification automatique va créer des groupes d'objets de composition similaire. L'extrémité distale des branches du dendrogramme réunira, dans ces groupes, les compositions les plus voisines, par paires ou par groupes plus importants. La question se posera donc tout naturellement de savoir à partir de quel degré de ressemblance deux ou plusieurs objets peuvent ou doivent être considérés comme de composition identique, donc comme issus de la même coulée de métal ou, au moins, du même lingot de cuivre.

A défaut de données expérimentales, nous avons eu recours à la comparaison des analyses multiples ou répétées de onze objets (annexe 1), dans l'idée que la ressemblance chimique entre plusieurs échantillons d'un même objet ne devait pas être très différente de celle existant entre des objets différents issus de la même coulée. Pour obtenir une image chiffrée des ressemblances, nous avons calculé pour chaque objet et pour chacun des éléments les plus importants (Sn, Pb, As, Sb, Ag, Ni, Co) un *coefficient de ressemblance*, en multipliant par 100 le quotient de la plus petite valeur mesurée par la plus grande (tabl. 3). La ressemblance est ainsi proportionnelle à la valeur du coefficient, 100 exprimant l'identité des valeurs mesurées. Les variations observées tiennent aussi bien à la précision relative des analyses qu'à l'inhomogénéité des objets, apparemment très faible à l'échelle relativement grossière de nos échantillons.

L'examen de ces valeurs chiffrées appelle d'abord trois remarques générales: 1) les coefficients idéaux de 100 ne sont pas atteints quand il y a plus de deux analyses; 2) la variation des résultats est d'autant plus forte que les teneurs sont plus basses; 3) pour presque tous les éléments, si les teneurs ne sont pas trop basses, les coefficients de ressemblance sont compris entre 90 et 100.

Si l'on considère ensuite chacun des éléments, on constate que l'*étain* est très stable. Sa variation dépasse rarement 5% relatifs (83, 474). Le *plomb* varie un peu plus, et quand la teneur descend au-dessous de 0.1%, comme c'est le plus souvent le cas au Bronze moyen, le coefficient tombe au-dessous de 90. La situation semble être la même pour l'*antimoine* et l'*argent* mais, faute de points de repère, il est difficile de se faire une idée de la baisse des coefficients de ressemblance en cas de teneurs

d'*arsenic* et de *nickel* inférieures à 0.1%. On peut sans doute admettre qu'elle doit être au moins aussi forte que celle constatée pour l'*antimoine* et l'*argent*, dont les limites de détection sont inférieures à celles du *nickel* et de l'*arsenic*.

Le *cobalt* pose plus de problèmes. Abstraction faite d'une éventuelle répartition dans le bronze moins régulière que celle des autres impuretés, la principale raison en est le niveau général nettement plus bas des teneurs, qui frôlent et atteignent même souvent la limite de détection, située vers 0.03% (voir p. 16). Dans le cas des teneurs inférieures à 0.04% (A.419, 56), le coefficient moyen de ressemblance, en effet, n'est que de 65.5 (le coefficient idéal de A.337 devant être considéré comme le fruit du hasard, il est écarté des calculs). Il est de 77.5 pour les teneurs comprises entre 0.04% et 0.15%, et atteint l'excellent niveau de 97.1 quand les teneurs dépassent 0.15%. Dans la recherche des compositions jumelles, il s'agit donc, en ce qui concerne les impuretés, de choisir des critères d'identité plus ou moins sévères selon que les teneurs sont supérieures ou inférieures à environ 0.1% (tabl. 3). Il conviendra, d'autre part, de ne pas tenir compte du coefficient de ressemblance de l'*argent* quand un objet dont le numéro d'ordre est inférieur à 303 révèle une teneur inférieure à celle d'un objet à partir du numéro 303. Rappelons, en effet, que les échantillons 1 à 302 ont pu perdre une partie de leur *argent* lors de leur mise en solution (voir p. 16).

L'identité de composition de deux objets peut se situer à deux niveaux différents:

- 1) elle concerne les sept éléments envisagés, étain compris; si elle n'est pas fortuite, les chances sont très grandes qu'il s'agisse de "jumeaux de coulée", c'est-à-dire d'objets issus de la même coulée de métal, voire du même lingot de bronze refondu en plusieurs fois, sans modifications;
- 2) elle concerne seulement les impuretés du cuivre, à l'exclusion de l'alliage; il s'agit alors de "jumeaux de lingot", c'est-à-dire d'objets issus du même lingot de cuivre refondu en plusieurs fois avec des ajouts différents d'étain et, éventuellement, de plomb.

Le statut du *plomb*, en effet, varie au cours de l'âge du Bronze (voir p. 62-64 et tabl. 16). Au Bronze moyen, quand sa teneur est régulièrement inférieure à 0.1%, il est à considérer comme impureté du cuivre. Des jumeaux de lingot devraient alors montrer la même teneur de plomb. La situation est beaucoup moins claire dès le début du Bronze final, au moment où les teneurs sont plus élevées et varient beaucoup à l'intérieur d'un même groupe de composition. Nous sommes d'avis, cependant, que dans la plupart des objets de cette époque, le plomb n'est pas à considérer comme impureté du cuivre mais comme un élément intrusif mêlé à l'étain, accidentellement ou non,

et dans des proportions très variables. Dans ces conditions, la recherche des jumeaux de lingot ne doit pas tenir compte de la teneur en plomb.

Un cas se présente assez fréquemment: c'est celui de deux objets jumeaux quant aux impuretés et à l'étain, mais différents quant au plomb. A notre avis, il s'agit alors de jumeaux de lingot, et l'identité des teneurs en étain est le fait d'un hasard qu'explique facilement la très faible variabilité de l'alliage en étain.

En définitive, deux objets pourront être déclarés de composition identique et donc jumeaux (de coulée ou de lingot) si les coefficients de ressemblance des éléments considérés ne descendent pas au-dessous des minimums constatés ou, encore mieux, pas au-dessous des moyennes établies. Nous sommes parfaitement conscient des limites

que comporte l'application trop mécanique de cette méthode. Des exemples montrent, en effet, qu'il faut quelquefois compter avec des "accidents", même dans le cas de fabrication évidemment simultanée (voir, par exemple, les bracelets de Sursee dans le groupe 5R) et, dans l'autre sens, que toute paire satisfaisant à nos critères n'est pas forcément constituée d'authentiques jumeaux (voir, par exemple, le groupe 4N). L'utilisation critique, mais relativement stricte de nos critères nous apparaît cependant comme le meilleur moyen de réduire l'incertitude des quelques conclusions que nous pourrions tirer de ces rapprochements. C'est pourquoi nous nous limiterons, dans la plupart des cas, à la mention des paires d'objets satisfaisant entièrement aux critères définis, sans dresser la liste exhaustive des paires à peu près satisfaisantes. Le problème des compositions jumelles sera ensuite repris de façon synthétique au chapitre 6 (p. 64-67).

## 1. Méthode

Le classement qui est à la base de cette typologie est basé sur l'analyse chimique des objets, sans recours à aucune technique plus sophistiquée que l'analyse chimique traditionnelle. Il a conduit à classer les objets en sept types de schéma de composition.

- 1) As-Sb-Ni, As-Sb-Ni, As-Sb-Ni
- 2) As-Ni-Sb, As-Ni-Sb
- 3) Ni-As-Sb
- 4) Ni-Sb-As, Ni-Sb-As, Ni-Sb-As
- 5) Sb-Ni-As
- 6) Sb-As-Ni, Sb-As-Ni
- 7) Sb-As-Ni

Les sept familles issues de ce classement ont ensuite été dissociées d'après le nombre d'éléments qu'elles contiennent et donc divisées en trois sous-types: les schémas de composition normale; pauvres en nickel; et riches en nickel. Dans ce classement, nous avons pris en compte les compositions des objets en tant qu'ils sont, sans tenir compte de leur provenance. Les objets dont la composition est normale, c'est-à-dire qui contiennent les trois impuretés cardinales, sont classés en sept types de schéma de composition: 1, 2, 3, 4, 5, 6, ou 7. Les objets dont la composition est pauvre en nickel, c'est-à-dire qui ne contiennent que deux impuretés cardinales, sont classés en deux types de schéma de composition: 1 ou 2. Les objets dont la composition est riche en nickel, c'est-à-dire qui contiennent une seule impureté cardinale, sont classés en un seul type de schéma de composition: 3.



## 5

# TYPOLOGIE DES COMPOSITIONS

## 1. Méthode

Le classement qui est à la base de notre typologie n'a fait appel à aucune technique statistique particulière. Purement manuel, il a consisté à trier les analyses en fonction des sept types de schéma de composition:

- 1) As>Sb>Ni, As>Sb=Ni, As=Sb>Ni
- 2) As>Ni>Sb, As=Ni>Sb
- 3) Ni>As>Sb
- 4) Ni>Sb>As, Ni=Sb>As, Ni>Sb=As
- 5) Sb>Ni>As
- 6) Sb>As>Ni, Sb>As=Ni
- 7) Sb=As=Ni

Les sept familles issues de ce premier classement ont ensuite été dissociées d'après le niveau absolu des teneurs et donc divisées en trois selon que les compositions étaient normales, pauvres ou riches. Rappelons que nous appelons *pauvres* les compositions dont la teneur cumulée en arsenic, antimoine et nickel ne dépasse pas 0.42%; *riches*, celles dont cette teneur atteint ou dépasse 4%; *normales*, celles situées entre ces deux limites. Des deux étapes de ce classement — d'abord selon l'importance relative des trois impuretés cardinales, ensuite selon le niveau absolu de ces trois teneurs — résultent nos *types* ou *groupes de composition*. Ils sont désignés par un numéro qui est celui du type de schéma de composition, suivi d'une lettre — N, P ou R — indiquant s'il s'agit de compositions normales, pauvres ou riches. Le volume des vingt groupes ainsi définis (et non pas vingt et un car le schéma 7 ne comporte pas de compositions riches) est très variable: d'un seul à deux cent vingt-quatre objets (tabl. 13).

Satisfaisante dans ses grandes lignes, cette typologie reste néanmoins loin de la perfection dans la mesure où, d'une part, la plupart des groupes ne sont pas complètement homogènes et rassemblent ainsi souvent des compositions de types nettement différents (voir, par exemple, l'opposition Bronze moyen - HaA2 dans le groupe 3N, p. 39), et où, d'autre part, un même type de composition peut être distribué dans plusieurs groupes différents (par exemple, les compositions HaA2 à fort cobalt des groupes 3N et 4N). Il apparaît donc clairement que les deux critères utilisés pour la séparation des groupes — schéma de composition et niveau des teneurs — ne suffisent pas dans tous les cas à définir les différents types de composition. L'autre défaut majeur de notre système, c'est sa rigidité exagérée, selon laquelle n'importe quelle composition doit à tout prix entrer dans un tiroir "typique". En effet, bien que la très grande majorité des objets analysés ici prennent bel et bien place, sans peine aucune, dans l'un ou l'autre des types de composition définis, il en reste cependant un certain nombre qu'il convient de considérer précisément comme *atypiques* (au moins à l'échelle suisse) et qu'il est donc "contre nature" de ranger dans un type. Ces compositions déviantes seront signalées au passage. Malgré ses défauts, il faut cependant reconnaître que notre typologie n'est pas mauvaise, dans la mesure où les groupes définis ont quasiment tous une signification archéologique qui saute aux yeux.

C'est pour aider à mettre en évidence les différences, d'une part, et pour rapprocher les compositions qui se ressemblent, d'autre part, que nous avons fait intervenir un procédé de classification automatique dans la description de chaque groupe de composition pris individuellement.

Il s'agit d'une *classification hiérarchique ascendante* utilisant le carré de la distance euclidienne comme critère de distance et le chaînage complet comme critère d'agrégation<sup>11</sup>. Elle classe les compositions d'après le niveau absolu des teneurs. Aux variables arsenic, antimoine et nickel, seules retenues jusqu'à ce stade, s'ajoutent l'argent, le bismuth et le cobalt. Le résultat de cette classification, pour chaque groupe, est exprimé graphiquement sous la forme d'un arbre hiérarchique ou dendrogramme (fig. 16-48). La ressemblance chimique entre deux objets, représentés par les terminaux de l'arbre, est inversement proportionnelle à la distance qu'il faut parcourir dans le sens de la croissance des branches pour passer de l'un à l'autre. C'est sur la base du dendrogramme correspondant qu'est fondée, notamment, la subdivision en plusieurs sous-groupes des quatre groupes 3N, 4N, 5N et 6N, les plus volumineux. Deux opérations ont encore fait appel à des moyens de calcul automatique: la description chiffrée des groupes de composition et de leurs subdivisions, au moyen du progiciel P-STAT; la recherche des compositions jumelles, au moyen de deux programmes fabriqués pour la circonstance<sup>12</sup>, rapprochant, l'un chaque analyse de celle qui suit dans l'ordre de la classification hiérarchique, l'autre chaque analyse de toutes les autres.

Selon un schéma fixe, la description de chaque groupe, dans les pages qui suivent, cherche en premier lieu à mettre en évidence son comportement chronologique et géographique. Les caractéristiques du groupe sont ensuite dégagées, avant que ne soient signalés d'éventuels objets particuliers et les compositions jumelles.

La deuxième partie du catalogue des analyses (voir aussi fig. 16-48) constitue à la fois la base et le complément du commentaire formulé dans le texte. Pour chacun des groupes de composition, en effet, on y trouve: les analyses listées dans l'ordre de la classification hiérarchique et du dendrogramme; des tableaux indiquant par élément, pour le groupe entier et ses fractions, les teneurs moyennes, les écarts-types, les coefficients de variation, les minimums et les maximums; les compositions jumelles, exprimées en coefficients de ressemblance. Nous faisons l'économie, dans le texte, des renvois systématiques à cette partie documentaire.

Insistons encore sur le fait que notre typologie ne s'intéresse qu'à la matière première "*cuivre*" et que la construction des groupes de composition s'est donc effectuée tout à fait indépendamment des teneurs en étain et en plomb. Après avoir été brièvement abordée au chapitre précédent, toute la question de l'alliage sera traitée de façon synthétique dans le chapitre suivant (p. 61-64).

## 2. Groupe 1 N

Schémas de type 1: As>Sb>Ni, As>Sb=Ni, As=Sb>Ni.  
Compositions normales.

48 objets = 5.1% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	2	4.2%	22.2%
Bronze moyen	10	20.8%	5.5%
BzD - HaA1	3	6.2%	2.5%
HaA2	—	—	—
HaA2-B1	1	2.1%	1.7%
HaB1	1	2.1%	0.9%
HaB1-B2	3	6.2%	9.4%
HaB2	24	50.0%	12.2%
Indéterminés	4	8.3%	14.3%
Prépalafittiques	15	31.2%	4.8%
Palafittiques	29	60.4%	4.8%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

### 2. Géographie

HaB2:		
Est	10	19.2%
Centre-Ouest	11	14.7%
Ouest	3	4.3%
Bronze moyen:		
Est	4	7.7%
Centre-Ouest	2	2.4%
Ouest	4	8.9%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Les objets Bronze moyen sont trop peu nombreux pour que le déficit apparent du Centre-Ouest puisse avoir une vraie signification. En revanche, la très nette prépondérance, au HaB2, des objets de l'Est et du Centre-Ouest paraît beaucoup plus réelle.

- 11 Les calculs et les dendrogrammes ont été réalisés sur l'ordinateur (VAX) du Département de calcul de l'Université de Neuchâtel, à l'aide du progiciel CLAS du Groupe de recherche en méthodes quantitatives de la Faculté de droit et des sciences économiques (A. Strohmeier, M. Graf, A. Belkoniene, J. Moret). La bibliographie concernant les statistiques en archéologie est abondante. Pour le cas qui nous occupe, on consultera avec profit Massart/Kaufmann 1989. C'est par manque de connaissances, à l'époque, que nous avons choisi comme critère d'agrégation le chaînage complet plutôt que le chaînage moyen, comme cela se fait d'habitude (*average link cluster analysis*).
- 12 Par Jean-Claude Bliss, informaticien au Service cantonal d'archéologie de Neuchâtel, que nous remercions très sincèrement.

### 3. Caractéristiques du groupe

Considérés chacun en bloc, les objets prépalafittiques et palafittiques s'opposent nettement. L'élément discriminant est surtout le *cobalt*, dont la teneur moyenne est de 0.029% pour les objets prépalafittiques et de 0.185% pour les objets palafittiques. Le rapport arsenic/cobalt est lui aussi significatif: 15.4 contre 2.4. La teneur en bismuth est également plus élevée dans les objets palafittiques. Bien que deux fois plus nombreux, les objets palafittiques forment un ensemble beaucoup plus homogène.

A l'intérieur du groupe prépalafittique, deux sous-groupes sont à distinguer: 1) à argent fort (404-551, au milieu du dendrogramme, et vraisemblablement 1, dans la partie inférieure); 2) à argent faible. C'est la distinction entre les groupes 3a et 3b que nous avons proposée dans l'étude détaillée des compositions du Bronze moyen (Rychner/Kläntschi 1989).

Le groupe palafittique est presque exclusivement représenté par la phase HaB2. Les faucilles 51 et 82, les lingots de Zurich (739, 740) et la hache d'Anières (512) ont donc des chances d'être aussi de cette période. La hache zurichoise 337 montre cependant que le schéma de type 1 à bismuth et cobalt commence à se répandre dès le HaB1. D'après la hache 563, il paraît même attesté, de façon très isolée, dès avant le Bronze final palafittique. On remarquera aussi que cinq des six objets analysés du dépôt de Bâle/Elisabethenschanze appartiennent à ce groupe métallurgique.

Les lingots de Winterthur (294, 296) et de Zurich (739, 740) prouvent que le type de métal en question, au HaB2, correspond bel et bien à un type de cuivre pur et non pas à un mélange aléatoire. Curieusement, ces lingots ne contiennent pas la quantité de bismuth caractéristique des objets finis. Comme ils ont aussi beaucoup moins de plomb que les objets finis, et comme c'est aussi parallèlement au plomb que le bismuth augmente du Bronze moyen au BzD-HaA1, il n'est pas exclu que ces deux éléments forment une paire. Ils ne sont cependant pas corrélés au sens mathématique du terme.

Au niveau des comparaisons individuelles, la différence entre les objets palafittiques et prépalafittiques n'est pas toujours si nette (voir, par exemple, la grande ressemblance de composition entre 238 et 406). La partie supérieure du dendrogramme est presque exclusivement palafittique, la partie centrale prépalafittique, tandis que la partie inférieure est plus panachée.

### 4. Objets particuliers

654 La forme très inhabituelle du marteau de Sierre est sans doute "authenticifiée" par la composition chimique de l'objet, normale,

sauf en ce qui concerne le zinc, à la limite supérieure des teneurs admissibles (0.35%; voir p. 69-72).

- 326 Hache à ailerons de type italique, à forte teneur de cobalt (voir p. 21).
- 512 Hache à douille carrée, d'Anières, de forme rare. Le métal, en revanche, est normal, sinon très courant.
- 293 Hache à ailerons terminaux sans anneau, de Winterthur. Forme inconnue en Suisse au HaB2, elle est elle aussi d'un métal normal, proche de celui des haches de Bâle/Elisabethenschanze.
- 137 De morphologie normale, quoique d'un style peu répandu dans la région lémanique, cette hache de Morges est d'un cuivre très spécial dans la mesure où la teneur en cobalt, spécialement élevée (0.68%), dépasse celles en arsenic et en nickel.
- 867 Le lingot d'Aesch, qui n'est pas loin du schéma As=Sb=Ni, frappe par le haut niveau de ses teneurs en arsenic, antimoine et nickel.

### 5. Compositions jumelles

#### Jumeaux de coulée

918/921 Deux fragments de hache, proximal et distal, du dépôt HaB2 de Bâle/Elisabethenschanze. Le coefficient du cobalt est légèrement déficient (93.9). Les deux fragments peuvent ne représenter qu'un seul objet.

### 3. Groupe 1 P

Schémas de type 1: As>Sb>Ni, As=Sb>Ni, As>Sb=Ni.

Compositions pauvres.

24 objets = 2.5% du corpus.

#### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	2	8.3%	1.1%
BzD - HaA1	18	75.0%	14.9%
HaA2	—	—	—
HaA2-B1	3	12.5%	5.1%
HaB1	1	4.2%	0.9%
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	—	—	—
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	20	83.3%	6.4%
Palafittiques	4	16.7%	0.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

## 2. Géographie

### BzD - HaA1:

Est	2	5.4%
Centre-Ouest	4	9.3%
Ouest	11	28.2%

‰: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La couleur très nettement occidentale du schéma 1P au BzD-HaA1 n'est pas seulement due à l'accumulation des objets dans les dépôts d'Ollon et de Genève. En effet, les six points de trouvailles occidentaux sont également les plus nombreux. La fréquence de ce type de métal semble donc bel et bien décliner d'Ouest en Est. Le faible volume du groupe impose cependant la prudence.

## 3. Caractéristiques du groupe

Ce petit groupe, encore deux fois moins important numériquement que le précédent, est surtout prépalafittique, et plus précisément BzD-HaA1.

Par définition, les teneurs en arsenic, antimoine et nickel sont plus basses, mais celles de cobalt et de bismuth ont les mêmes valeurs que dans le groupe 1N. Le rapport arsenic/cobalt est donc plus faible.

Parmi les quatre objets d'époque palafittique ne figure aucun objet vraiment caractéristique. On remarquera, en revanche, que la hache à ailerons 272, que nous rangeons au BzD-HaA1, mais qui pourrait être aussi considérée comme typique d'un moment précoce du HaA2, d'avant les palafittes, est d'un bronze qui n'a encore rien à voir avec celui du HaA2 palafittique. Il est par contre extrêmement proche de celui d'une hache d'Ollon (180), du type d'Ollon, dont six des neuf exemplaires analysés se retrouvent dans ce groupe.

La signification de ce type de métal est soulignée par la présence, dans le groupe, de plusieurs lingots.

## 4. Objets particuliers

- 142 Hache à douille à bords pincés de Morges, très différente métallurgiquement et typologiquement des autres haches de Morges. Elle est d'un cuivre très voisin de celui de la hache BzD-HaA1 de Berg-am-Irchel (421). Les alliages des deux objets sont cependant très différents.
- 44 Cet anneau de Cortaillod est d'un cuivre que l'on peut considérer comme pur, allié à une proportion d'étain très inhabituelle.

## 5. Compositions jumelles

Néant.

## 4. Groupe 1 R

Schéma de type 1:  $As=Sb>Ni$ .

Composition riche.

1 objet = 0.1% du corpus.

Le lingot plano-convexe du Montlingerberg (932) est le seul objet de ce groupe. Comparée aux compositions riches "classiques" du HaB1, celle de 932 frappe par la faible proportion de nickel par rapport à l'arsenic, proportion qui est cependant nettement supérieure à celle que révèlent les deux lingots-barres du même site (933, 934). Ces trois lingots, pour l'instant, ne peuvent être rapprochés d'aucun objet fini.

## 5. Groupe 2 N

Schémas de type 2:  $As>Ni>Sb$ ,  $As=Ni>Sb$ .

Compositions normales.

55 objets = 5.8% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	4	7.3%	44.4%
Bronze moyen	39	70.9%	21.4%
BzD - HaA1	8	14.5%	6.6%
HaA2	1	1.8%	0.5%
HaA2-B1	—	—	—
HaB1	1	1.8%	0.9%
HaB1-B2	2	3.6%	6.2%
HaB2	—	—	—
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	51	92.7%	16.3%
Palafittiques	4	7.2%	0.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

### 2. Géographie

#### Bronze moyen:

Est	12	23.1%
Centre-Ouest	19	22.9%
Ouest	8	17.8%

#### BzD - HaA1:

Est	3	8.1%
Centre-Ouest	4	9.3%
Ouest	1	2.6%

‰: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Au Bronze moyen, la fréquence de ce type de cuivre est exactement la même en Suisse orientale et en Suisse centre-occidentale. Elle est légèrement inférieure à l'Ouest. Le sens de ce déficit est peut-être confirmé par la situation au BzD-HaA1, lorsque l'Ouest vient de nouveau derrière le Centre-Ouest et l'Est, qui sont à peu près à égalité. La faiblesse de l'échantillon n'autorise cependant aucune conclusion.

### 3. Caractéristiques du groupe

Le groupe est presque exclusivement prépalafittique, tout spécialement Bronze moyen, dont il représente un des principaux types métallurgiques (Rychner/Kläntzchi 1989, groupe 1). A une exception près (808, 0.021%), dont la datation au Bronze moyen pourrait d'ailleurs prêter à discussion, les teneurs de bismuth supérieures à 0.003% sont BzD-HaA1 ou postérieures. La proximité de composition, allant presque jusqu'à l'identité, entre 665 (hache du type des Roseaux en principe Bronze ancien) et 643 (hache de type Habsheim, en principe Bronze moyen) démontre le caractère incertain de la limite typologique séparant ces deux périodes.

Quatre objets palafittiques sont isolés dans ce groupe.

- 218 Faucille HaB1-B2 de Genève, presque jumelle de la hache Bronze moyen 236 de Mörigen. Le bismuth et le rapport nickel/antimoine beaucoup moins élevé la distinguent cependant des teneurs Bronze moyen. Elle n'est probablement pas à séparer des objets HaB2 du groupe 1N.
- 719 Hameçon d'Hauterive/Champréveyres, daté HaA2 du fait de son appartenance à la couche 3. De composition très voisine de celle du couteau HaA1 417, il pourrait en être contemporain et figurer parmi les objets d'Hauterive de fabrication antérieure à la construction du village.
- 820 Bracelet HaB1-B2 de Bevaix. Très forte proportion de cobalt (Co=As) et absence de bismuth, curieuse pour cette époque. Difficile à classer.
- 344 Hache HaB1 de Zurich. Malgré la proportion très élevée de cobalt (Co=As), à rapprocher (comme 218) des compositions HaB2 du groupe 1N, attestées dès le HaB1.

### 4. Objets particuliers

- 914, 589 Les deux haches à rebords de type nord-allemand sont faites du même métal que les haches indigènes.
- 494 Hache à talon de Douvaine. Forme étrangère ne se distinguant pas, par sa composition, de la production indigène.
- 714, 949 Teneurs en cobalt très inattendues au BzD-HaA1.

### 5. Compositions jumelles

#### Jumeaux de lingot

Aucune paire ne satisfait entièrement à nos critères mais l'une d'elles peut éventuellement être repêchée.

578/644 Deux haches Bronze moyen de Sutz-Lattrigen et de Zurich. Les coefficients de l'argent (77.4) et du nickel (92.3) sont inférieurs au minimum, mais les autres sont excellents.

## 6. Groupe 2 P

Schémas de type 2: As>Ni>Sb, As=Ni>Sb.

Compositions pauvres.

53 objets = 5.6% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	38	71.7%	20.9%
BzD - HaA1	13	24.5%	10.7%
HaA2	—	—	—
HaA2-B1	—	—	—
HaB1	1	1.9%	0.9%
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	—	—	—
Indéterminés	1	1.9%	3.6%
Prépalafittiques	51	96.2%	16.3%
Palafittiques	1	1.9%	0.2%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

### 2. Géographie

Bronze moyen:		
Est	15	28.8%
Centre-Ouest	18	21.7%
Ouest	4	8.9%
BzD - HaA1:		
Est	1	2.7%
Centre-Ouest	4	9.3%
Ouest	8	20.5%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La répartition spatiale du schéma 2P contribue à montrer que l'on a affaire à deux matériaux différents, l'un du Bronze moyen, l'autre du BzD-HaA1. La fréquence des objets Bronze moyen, en effet, décroît légèrement de l'Est vers le Centre-Ouest, puis fortement quand on arrive à l'Ouest. La situation est inverse au BzD-HaA1: la fréquence du matériau, assez élevée à l'Ouest, diminue très fortement en direction de l'Est. Le cuivre 2P de type Bronze moyen semble donc avoir moins circulé à l'Ouest que dans l'Est et le Centre-Ouest, alors que le cuivre 2P de type BzD-HaA1 apparaît comme une spécialité de Suisse occidentale et, dans une moindre mesure, de Suisse centre-occidentale.

### 3. Caractéristiques du groupe

Conformément à ce que nous avons déjà dit de la tendance aux basses teneurs du BzD-HaA1, cette période est mieux représentée que dans le groupe 2N. Si on les considère chacun en bloc, le Bronze moyen et le BzD-HaA1 s'opposent assez clairement. Si l'arsenic et le nickel sont à peu près au même niveau dans les deux groupes chronologiques, des teneurs plus fortes en plomb, en argent, en bismuth et en cobalt distinguent le BzD-HaA1, ce qui contribue à montrer que les compositions peu concentrées de cette phase ne correspondent pas simplement à l'usure des cuivres du Bronze moyen. Sauf dans un cas (492/267), la classification n'associe pas directement le Bronze moyen et le BzD-HaA1. Trois lingots, d'Ollon (178, 185, 186), font partie de ce groupe, qui comprend aussi les sept haches à rebords de type Nehren C et les huit objets analysés du dépôt de Grenchen.

### 4. Objets particuliers

- 223 Couteau HaB1 de Genève, probablement issu de la refonte directe d'objets Bronze moyen dont il a la composition, mais avec plus de plomb. Composition très voisine de la hache Bronze moyen genevoise 538.
- 838 Hache Bronze moyen d'Allschwil, à talon, donc de forme plutôt "étrangère". Elle fait partie du groupe Bronze moyen très homogène et très "régional" 712-838 et peut donc être considérée comme de facture indigène, à moins que ce type de métal ait été utilisé loin à l'extérieur de la Suisse.
- 178 Lingot BzD-HaA1 d'Ollon, caractérisé par un rapport As/Ni très élevé.
- 444 Hache Bronze moyen de Thielle, contenant une proportion d'argent exceptionnelle, très au-dessus de la moyenne des groupes 2N et 2P.

### 5. Compositions jumelles

Le dendrogramme met en évidence une grappe spécialement homogène de sept objets, tous Bronze moyen: 691 (hache de provenance inconnue), 285 (faucille de Grenchen), 803 (hache de Rheinfelden), 832 (hache de Bischofszell), 833 (hache de Eschenz), 154 (hache de Concise) et 287 (faucille de Grenchen). Les coefficients de variation n'y sont que de 5.8 pour l'arsenic, 12.3 pour l'antimoine et 5.3 pour le nickel. Une seule paire peut éventuellement correspondre à des jumeaux de coulée:

- 833/287 Les coefficients de l'étain (92.7) et du nickel (95.6) sont respectivement de 0.2 et de 0.1 inférieurs au minimum admis. Le mauvais coefficient de cobalt peut s'expliquer par la proximité de la limite de détection.

Les jumeaux de lingot sont plus nombreux:

- 285/803 (Pb 71.1) et  
832/833 (Pb 72.4) satisfont à nos critères, sauf pour le plomb, comme c'est également le cas pour la plupart des autres paires du groupe 2P. Si l'on admet, comme nous le pensons, que le plomb, au Bronze moyen, n'est qu'une impureté du cuivre et que l'étain utilisé en est exempt, cette insuffisance devrait empêcher de considérer les paires concernées comme formées de véritables jumeaux de lingot. Rappelons, cependant, que le coefficient minimum adopté pour des quantités de plomb inférieures à 0.1%, fondé sur l'analyse multiple d'un seul objet, est peut-être trop sévère.

En tolérant des coefficients de 1.0 au maximum au-dessous du minimum, deux autres paires peuvent être repêchées:

- 691/803 (Pb 81.8, As 91.0) et  
803/287 (Pb 68.9, Ni 94.7).

Quatre paires, enfin, révèlent un coefficient d'arsenic ou de nickel encore moins bon mais qui, supérieur à 90.0, peut à la rigueur être considéré comme un "accident" acceptable. Les coefficients de cobalt, très déficients, peuvent de nouveau s'expliquer par le très bas niveau des teneurs:

- 691/833 (Pb 52.7, As 91.4, Ni 92.5)  
285/832 (Pb 65.6, Ni 92.2)  
285/287 (Ni 92.8, Co 56.5)  
803/832 (Pb 46.7, Ni 94.1, Co 59.4)  
803/833 (Pb 64.4, Ni 90.6)

Une difficulté subsiste, que nous avons de la peine à éliminer. Les croisements entre objets étant multiples, en effet, on devrait s'attendre en bonne logique, à ce que si A égale B et A égale C, B égale aussi C. Or ce n'est pas toujours le cas. Nous posons par exemple les équations: 691 égale 803, et 803 égale 287 — mais 287 n'égale pas 691. Le cas se présente même dans le carré d'objets les plus ressemblants, formé de 285, 803, 832 et 833. Nous y avons, en effet, considéré comme acceptables cinq des six assemblages possibles; mais accepter la paire 285/833 reviendrait à considérer comme valable un coefficient de nickel de 88.7. Il est difficile de dire, dans ce cas (qui se présentera à nouveau) si nos critères pèchent par manque ou excès de sévérité.

Dans le reste du groupe, on peut signaler trois autres paires de jumeaux de lingot, dont seule la première satisfait complètement à nos critères (plomb excepté).

- 286/884 Faucille de Grenchen et hache de Reutigen (Pb 63.3).  
842/280 Faucille d'Allschwil et hache de Grenchen (Pb 75.5, As 91.6, Ni 95.5, Co 63.6).

712/840 Épingle d'Hauterive et faucille d'Allschwil  
(Pb 37.0, Co 50.0).

Remarquons encore, dans les cas où les teneurs de ce métal peuvent être prises en considération (objets à partir du numéro 303), que toutes les paires mentionnées dans le groupe 2P révèlent un coefficient d'argent de 100.0, ce qui est un argument en faveur de leur authenticité.

## 7. Groupe 2 R

Schéma de type 2: As=Ni>Sb.

Composition riche.

1 objet = 0.1% du corpus.

L'unique représentant de ce groupe, le lingot 843 d'Hauterive/Champréveyres, est à rattacher aux compositions riches du groupe 5R, plus particulièrement aux objets HaA2 de ce groupe (549, 726), vu sa haute teneur en cobalt.

## 8. Groupe 3 N

Schéma de type 3: Ni>As>Sb.

Compositions normales.

114 objets = 12.1% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	1	0.9%	11.1%
Bronze moyen	61	53.5%	33.5%
BzD - HaA1	18	15.8%	14.9%
HaA2	23	20.2%	11.6%
HaA2-B1	4	3.5%	6.8%
HaB1	3	2.6%	2.6%
HaB1-B2	2	1.7%	6.2%
HaB2	1	0.9%	0.5%
Indéterminés	1	0.9%	3.6%
Prépalafittiques	80	70.2%	25.6%
Palafittiques	34	28.9%	5.5%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

### 2. Géographie

Bronze moyen:

Est	15	28.8%
Centre-Ouest	30	36.1%
Ouest	15	35.6%

BzD - HaA1:

Est	9	24.3%
Centre-Ouest	5	11.6%
Ouest	3	7.7%

HaA2:

Est	4	8.0%
Centre-Ouest	15	14.7%
Ouest	4	8.5%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

On peut dire que le schéma 3N du Bronze moyen est également fréquent dans les trois régions. C'est le type de métal le plus répandu au Bronze moyen. Il en va différemment du schéma 3N du BzD-HaA1, dont la fréquence décroît nettement d'Est en Ouest. Les proportions à l'Ouest et au Centre-Ouest sont presque exactement les mêmes au HaA2 qu'au BzD-HaA1. Très curieusement, aucun des quatre objets de l'Est, qui sont tous lucernois, ne provient de Zurich.

### 3. Caractéristiques du groupe

En fait, ce groupe rassemble deux types de composition très différents:

- les compositions Bronze moyen à antimoine et cobalt faibles; c'est le groupe le plus important du Bronze moyen;
- les compositions d'époque palafittique, surtout HaA2, à antimoine et cobalt forts, toutes les autres impuretés étant d'ailleurs situées à un niveau plus élevé qu'au Bronze moyen.

Le rapport Ni/Co, qui est de 13 au Bronze moyen et de 2.8 seulement au HaA2, exprime bien l'importance non seulement absolue, mais aussi relative du cobalt dans le bronze du début de la période palafittique.

A l'intérieur du groupe, le BzD-HaA1 se distingue, dans l'ensemble, assez clairement du Bronze moyen: les teneurs en arsenic et en nickel sont plus faibles, mais celles en plomb et en bismuth plus élevées. Le rapport Ni/Co n'est plus que de 9.8.

Le dendrogramme sépare bien la majorité des compositions lacustres, qui forment la première grande grappe. Au milieu de l'arbre, 34, 328 et 775 se distinguent aisément par leur forte teneur en cobalt — tout comme 716, 117, 761 et 495 au bas de l'arbre. Inversement, 403, objet Bronze moyen isolé dans la première partie de l'arbre à cause de sa forte teneur en nickel, se distingue bien par ses faibles teneurs en cobalt et en antimoine. La confusion entre les deux périodes n'est donc guère possible.

Deux objets palafittiques, 290 et 826, dans la partie centrale de l'arbre, ont une composition "très Bronze moyen". Nous y reviendrons ci-dessous.

Pour faciliter le maniement de ce gros groupe d'objets, et pour faire apparaître plus clairement la distance séparant les objets, nous avons découpé le dendrogramme en trois tronçons et soumis chacun d'eux à une nouvelle classification hiérarchique ascendante, ce qui dispose les objets exactement dans le même ordre que dans la classification d'ensemble. Les deux coupures ne sont pas effectuées au même niveau, la distance séparant le sous-groupe 1 (palafittique) des sous-groupes 2 et 3 étant plus grande que celle séparant le sous-groupe 2 du sous-groupe 3 (ces deux derniers à forte majorité prépalafittique).

## 9. Sous-groupe 3 N 1

22 objets = 19.3% du groupe et 2.3% du corpus.  
403, Bronze moyen et isolé, est écarté.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	17	77.3%	8.5%
HaA2-B1	2	9.1%	3.4%
HaB1	2	9.1%	1.8%
HaB1-B2	1	4.5%	3.1%
HaB2	—	—	—
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	—	—	—
Palafittiques	22	100.0%	3.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Géographie

Ensemble du sous-groupe:		
Est	4	3.4%
Centre-Ouest	15	7.1%
Ouest	3	4.1%
HaA2:		
Est	3	6.0%
Centre-Ouest	12	11.8%
Ouest	2	4.3%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La fréquence du groupe 3N à la période palafittique est nettement plus forte au Centre-Ouest qu'à l'Est et à l'Ouest.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Le sous-groupe, exclusivement palafittique, comprend deux grappes principales, de 5 à 449 et de 75 à 680 — cette dernière caractérisée par des teneurs plus hautes, à la limite de celles que nous appelons "riches". Avec des coefficients de variation de 16, 15 et 14 pour l'arsenic, l'antimoine et le nickel, la grappe 5-449 est spécialement homogène.

### 4. Objets particuliers

Néant.

### 5. Compositions jumelles

#### Jumeaux de lingot

442/477 Faucille HaB de Sutz-Lattrigen et faucille HaA2-B1 d'Hauterive. Les deux outils, qui ne sortent pas du même moule, forment avec 480

(couteau HaA2 d'Hauterive) un trio très homogène (tous les coefficients sont supérieurs à 90.0), mais les paires 442/480 et 480/477 ne sont pas complètement satisfaisantes

## 10. Sous-groupe 3 N 2

50 objets = 43.9% du groupe et 5.3% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	30	60.0%	16.5%
BzD - HaA1	17	34.0%	14.0%
HaA2	1	2.0%	0.5%
HaA2-B1	—	—	—
HaB1	—	—	—
HaB1-B2	1	2.0%	3.1%
HaB2	1	2.0%	0.5%
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	47	94.0%	15.1%
Palafittiques	3	6.0%	0.5%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Géographie

Bronze moyen:		
Est	9	17.3%
Centre-Ouest	11	13.3%
Ouest	10	22.2%
BzD - HaA1:		
Est	9	24.3%
Centre-Ouest	5	11.6%
Ouest	3	7.7%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Au Bronze moyen, le sous-groupe 3N2 donne une image un peu différente de celle du groupe dans son ensemble. La fréquence au Centre-Ouest est, en effet, plus faible qu'à l'Est et, surtout, à l'Ouest. Presque tous les objets BzD-HaA1 du groupe se trouvant rassemblés dans le sous-groupe 3N2, la statistique n'est pas différente de celle de l'ensemble du groupe.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Il est entièrement prépalafittique, sauf trois exceptions intéressantes (voir ci-dessous).

### 4. Objets particuliers

290 Hache HaB2 de Winterthur, de composition prépalafittique, BzD-HaA1 plutôt que Bronze moyen, vu les teneurs en plomb et en bismuth. C'est un cas typique de refonte.

- 826 Phalère HaB2 de Corcelettes, de composition Bronze moyen, sans plomb ni bismuth. Autre cas typique de refonte.
- 944 Épingle enroulée d'Hauterive/Champréveyres, datée HaA2 à cause de son appartenance à la couche 3. Elle est de composition BzD-HaA1. Ce type d'épingle peut cependant fort bien remonter à cette époque. L'objet serait alors à classer parmi les "vieux" objets d'Hauterive/Champréveyres (Rychner-Faraggi 1993, fig. 77).

## 5. Compositions jumelles

Trois grappes sont particulièrement homogènes: 12-937, 87-525 et 265-467. Elles fournissent un certain nombre d'assez bonnes paires, mais aucune ne satisfait complètement à nos critères: 181/605 (Ag), 290/605 (Ni, Co), 264/860 (Ni), 671/861 (Ni, Pb), 265/483 (Sb, Ni), 435/805 (Pb, Sb, Co).

## 11. Sous-groupe 3 N 3

41 objets = 36.0% du groupe et 4.4% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	1	2.4%	11.1%
Bronze moyen	30	73.2%	16.5%
BzD - HaA1	1	2.4%	0.8%
HaA2	5	12.2%	2.5%
HaA2-B1	2	4.9%	3.4%
HaB1	1	2.4%	0.9%
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	—	—	—
Indéterminés	1	2.4%	3.6%
Prépalafittiques	32	78.0%	10.3%
Palafittiques	8	19.5%	1.3%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % sous-groupe - C: % classe chronol.

### 2. Géographie

Bronze moyen:		
Est	5	9.6%
Centre-Ouest	19	22.9%
Ouest	6	13.3%
HaA2 + A2-B1 + B1:		
Est	4	3.5%
Centre-Ouest	2	1.0%
Ouest	2	2.9%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Au Bronze moyen, c'est, cette fois, au Centre-Ouest que la fréquence est nettement plus élevée. Les objets palafittiques sont trop peu nombreux pour donner lieu à une statistique très solide.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Les teneurs d'arsenic, d'antimoine et de nickel sont nettement plus élevées que dans le sous-groupe 3N2. Les huit objets d'époque palafittique se distinguent tous par leur forte teneur en cobalt, sauf 797, cas patent de refonte. Six des huit objets analysés de Villars-le-Comte font partie de ce sous-groupe. Deux grappes particulièrement homogènes sont à signaler: 405-936 et 166-490.

### 4. Objets particuliers

- 797 Hache HaB1 de Sursee, de composition anachronique, très probablement BzD-HaA1 d'après les teneurs en plomb et en bismuth. Cas typique de refonte.
- 827 et 716 La plane d'Hauterive, unique et à propos de l'authenticité de laquelle il était donc permis de douter, est authentifiée d'abord par sa teneur normale en zinc (voir p. 72); ensuite, par la très forte ressemblance de sa composition avec l'épingle d'Hauterive 716, typique du HaA2. Les deux objets sont cependant d'un bronze très spécial, qui frappe non seulement par son alliage en étain très au-dessus de la norme, mais aussi par les très faibles quantités d'arsenic et d'antimoine, opposées à des teneurs en nickel et cobalt normales pour l'époque. Aussi bien en ce qui concerne le nickel et le cobalt qu'en ce qui concerne l'alliage en étain, la composition de 827 et 716 est à rapprocher de celles de trois pics et d'un lingot de Schiers et de Filisur (752, 753, 758, 759), dans les Grisons. Le type de composition de ces six objets peut éventuellement être mis en relation avec des minerais de l'Oberhalbstein (voir p. 87).
- 864 Le lingot BzD-HaA1 de Aesch ressemble beaucoup aux deux objets ci-dessus — sauf en ce qui concerne le cobalt, dont il est presque dépourvu.

### 5. Compositions jumelles

#### *Jumeaux de lingot*

Aucune paire n'est pleinement satisfaisante. Les trois meilleures sont 166/526 (Ni), 167/559 (Pb, Sb, Ag) et 599/655 (Sb, Co).

## 12. Groupe 3 P

Schéma de type 3: Ni>As>Sb.

Compositions pauvres.

40 objets = 4.2% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	–	–	–
Bronze moyen	10	25.0%	5.5%
BzD - HaA1	24	60.0%	19.8%
HaA2	–	–	–
HaA2-B1	–	–	–
HaB1	1	2.5%	0.9%
HaB1-B2	1	2.5%	3.1%
HaB2	1	2.5%	0.5%
Indéterminés	3	7.5%	10.7%
Prépalafittiques	34	85.0%	10.9%
Palafittiques	3	7.5%	0.5%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % groupe – C: % classe chronologique

### 2. Géographie

BzD - HaA1:		
Est	8	21.6%
Centre-Ouest	10	23.3%
Ouest	6	15.4%
Bronze moyen:		
Est	–	–
Centre-Ouest	4	4.8%
Ouest	6	13.3%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La fréquence du groupe 3P au BzD-HaA1 est un peu plus faible à l'Ouest qu'à l'Est et dans le Centre-Ouest. Cependant, il est assez douteux que cette variation ait un sens archéologique. On constate, en tout cas, que la situation est inverse au Bronze moyen, puisque la fréquence du schéma 3P à l'Ouest est plus de deux fois plus forte que dans le Centre-Ouest, et qu'elle est nulle à l'Est.

### 3. Caractéristiques du groupe

Comme on pouvait s'y attendre dans le cas de compositions pauvres, la majorité du groupe est composée d'objets BzD-HaA1, et les objets palafittiques sont rarissimes.

Le dendrogramme sépare clairement deux grappes d'inégale importance. La première (183-751) se distingue de la seconde (486-36) par le niveau spécialement bas des teneurs.

Trois lingots appartiennent au groupe. Ceux d'Ollon (183, 187) sont moins bien intégrés à leur grappe que celui d'Aesch (863) à la sienne.

## 4. Objets particuliers

- 156 Hache HaB2 du dépôt d'Ollon/Charpigny.  
756 Hache HaB de Coire.  
36 Faucille HaB1 de Cortaillod.

Les trois seuls objets d'époque palafittique ont, en fait, été obtenus à partir de la refonte d'objets Bronze moyen ou BzD-HaA1 (36, Pb). Le cas de la hache d'Ollon est particulièrement typique.

751 et 752 marteaux ou lingots de Filisur, contiennent une proportion de zinc très inhabituelle (0.84%, 0.98%; voir p. 69-71).

759 et 752 de Schiers et de Filisur, ont un type de composition particulier, caractérisé par la prépondérance du nickel et du cobalt, auquel appartiennent aussi 753 (groupe 4P) et 758 (groupe 4N3), de Schiers également, ainsi que 827 et 716 (groupe 3N3), d'Hauterive (voir aussi p. 87).

## 5. Compositions jumelles

### Jumeaux de lingot

Les quatre objets BzD-HaA1 413 (ciseau de Oberkulm), 422 (hache d'Ins), 462 et 472 (haches de Zurich) forment un carré, sinon parfait, du moins excellent. Des six paires possibles, trois satisfont pleinement à nos critères:

422/462, 462/472, 413/462.

Les trois autres paires sont légèrement déficientes:

413/422 (Ag 80.2), 422/472 (Sb 83.9), 413/472 (Sb 84.8, Ag 77.4).

Dans le reste du groupe, on peut signaler les paires suivantes.

416/425 Bracelet de Neftenbach et hache de Künsnacht, les deux du BzD-HaA1. Le fait qu'elle est dans les deux cas inférieure à la limite de détection dispense probablement de tenir compte de la teneur en cobalt.

234/588 Couteau de Belp et hache de Steffisburg, les deux du BzD-HaA1 (Ni 92.6).

## 13. Groupe 3 R

Schéma de type 3: Ni>As>Sb.

Compositions riches.

3 objets = 0.3% du corpus.

22 est une composition typique du HaA2, à fort cobalt. 489 et 865 ont des compositions Bronze moyen et BzD-HaA1 typiques du schéma 3, mais à concentrations plus élevées d'arsenic et d'antimoine. Le rapport As/Sb de 865, d'autre part, est spécialement bas.

## 14. Groupe 4 N

Schémas de type 4: Ni>Sb>As, Ni=Sb>As, Ni>Sb=As.

Compositions normales.

177 objets = 18.8% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	1	0.6%	11.1%
Bronze moyen	3	1.7%	1.6%
BzD - HaA1	4	2.3%	3.3%
HaA2	117	66.1%	58.8%
HaA2-B1	21	11.9%	35.6%
HaB1	20	11.3%	17.5%
HaB1-B2	6	3.4%	18.7%
HaB2	2	1.1%	1.0%
Indéterminés	3	1.7%	10.7%
Prépalafittiques	8	4.6%	2.6%
Palafittiques	166	93.8%	27.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

### 2. Géographie

HaA2:		
Est	31	62.0%
Centre-Ouest	62	60.8%
Ouest	24	51.1%
HaA2-B1:		
Est	4	28.6%
Centre-Ouest	16	43.2%
Ouest	1	12.5%
HaB1:		
Est	6	12.2%
Centre-Ouest	12	23.1%
Ouest	2	15.4%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La fréquence du cuivre HaA2 de schéma 4N est la même à Zurich, dans la région de Lucerne, et dans le Centre-Ouest. Elle est très légèrement inférieure à l'Ouest. Le déficit de l'Ouest se retrouve parmi les objets classés HaA2-B1. La fréquence du groupe 4N au HaB1 est nettement plus forte au Centre-Ouest qu'à l'Est et à l'Ouest.

### 3. Caractéristiques du groupe

C'est le cuivre principal du HaA2. Les objets prépalafittiques et palafittiques tardifs (HaB2) sont extrêmement rares. Ces deux catégories se distinguent d'ailleurs très bien

des autres objets. Les objets prépalafittiques ont tous moins de 0.03% de cobalt alors que la moyenne est de 0.23%, et sept des huit sont dans le sous-groupe 4N3, qui est le moins chargé en impuretés. Les deux objets HaB2 sont dans le même sous-groupe et contiennent moins de 0.1% de cobalt.

Pour travailler avec des ensembles plus maniables, nous avons subdivisé le groupe en quatre sous-groupes de grandeur très inégale, en coupant les branches du dendrogramme vers le niveau 0.8.

## 15. Sous-groupe 4 N 1

108 objets = 61% du groupe et 11.5% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	-	-	-
Bronze moyen	-	-	-
BzD - HaA1	1	0.9%	0.8%
HaA2	85	78.7%	42.7%
HaA2-B1	9	8.3%	15.3%
HaB1	9	8.3%	7.9%
HaB1-B2	2	1.8%	7.1%
HaB2	-	-	-
Indéterminés	2	1.8%	6.3%
Prépalafittiques	1	0.9%	0.3%
Palafittiques	105	97.2%	17.5%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % sous-groupe - C: % classe chronol.

### 2. Géographie

HaA2:		
Est	21	42.0%
Centre-Ouest	47	46.1%
Ouest	17	36.2%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Le sous-groupe 4N1 donne donc la même image que l'ensemble du groupe, avec un léger déficit de l'Ouest par rapport au Centre-Ouest et à l'Est, qui connaissent tous deux la même fréquence.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Compte tenu de son fort volume, cet ensemble est d'une exceptionnelle homogénéité: les coefficients de variation de l'arsenic, de l'antimoine et du nickel sont tous trois situés au-dessous de 20 !

### 4. Objets particuliers

Néant.

## 5. Compositions jumelles

### Jumeaux de coulée

621/697 Cas douteux, voir ci-dessous.

### Jumeaux de lingot

- 771/312 Couteau de Hitzkirch et hache de Zurich, de style zurichois.
- 57/102 Haches de Bevaix et de Morges, typologiquement compatibles.
- 121/730 Hache de Morges, de style lémanique, et faucille d'Hauterive.
- 113/582 Haches de Morges, de style lémanique, et d'Estavayer, de style Centre-Ouest.
- 497/675 Hache de Chens, de style lémanique, et hache de Montilier, de style Trois-Lacs.
- 703/89 Haches d'Hauterive et de Morges, stylistiquement compatibles.
- 89/18 Hache de Morges, de style neutre, et couteau d'Hauterive.
- 221/299 Couteaux de Genève et d'Hauterive.
- 84/519 Hache de Bevaix, de style Centre-Ouest, et hache de Nyon, de style lémanique.
- 621/697 Haches de Concise et d'Estavayer, morphologiquement jumelles. Elles sont peut-être issues de la même coulée, mais le coefficient de l'étain est nettement déficient (90.2).
- 54/511 Faucille HaB de Bevaix et hache HaA2 d'Anières, de style lémanique.

Les coefficients de ces onze paires sont tous satisfaisants. Sept autres paires sont, elles, plus ou moins douteuses. Les déficiences sont indiquées entre parenthèses.

- 332/732 Couteaux de Zurich et d'Hauterive (Ag 89.6).
- 20/849 Deux couteaux d'Hauterive (As 91.3).
- 20/773 Couteaux d'Hauterive et de Hitzkirch (Co 68.0 alors qu'une des deux teneurs seulement est inférieure à 0.15%).
- 20/905 Couteau et bracelet d'Hauterive (Ni 94.8, Co 63.5).
- 19/322 Couteau d'Hauterive et hache de Zurich, de style zurichois (Co 94.1).
- 626/676 Hache à anneau de Concise et hache sans anneau de Montilier, plutôt de style zurichois (Sb 94.1).
- 510/707 Hache d'Anières, de style lémanique, et couteau d'Hauterive (Ni 95.1).

On constate donc qu'à la grande similitude d'ensemble des compositions s'oppose la relative rareté des véritables jumeaux. Le coefficient le plus rarement satisfaisant est celui du cobalt. De deux choses l'une: soit le cobalt est bel et bien l'élément le plus discriminant, soit les problèmes posés par son dosage (p. 16) font que nos critères sont trop sévères. C'est la première hypothèse qui nous paraît la plus vraisemblable.

## 16. Sous-groupe 4 N 2

34 objets = 19.2% du groupe et 3.6% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	19	55.9%	9.6%
HaA2-B1	7	20.6%	11.9%
HaB1	4	11.8%	3.5%
HaB1-B2	4	11.8%	6.8%
HaB2	—	—	—
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	—	—	—
Palafittiques	34	100.0%	5.7%

A: Nbre d'objets - B: % sous-groupe - C: % classe chronol.

### 2. Géographie

HaA2:		
Est	6	12.0%
Centre-Ouest	11	10.8%
Ouest	2	4.3%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Le déficit de l'Ouest par rapport au Centre-Ouest et à l'Est est encore plus sensible que dans le sous-groupe 4N1 et dans l'ensemble du groupe. Aucun des objets de l'Est ne provient de la région lucernoise.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Beaucoup plus réduit que le premier, ce sous-groupe est cependant beaucoup moins homogène. Les teneurs en arsenic, antimoine et nickel sont plus basses, mais celles en étain sont plus hautes: non seulement dix objets en ont plus de 10%, mais vingt-trois ont une teneur supérieure à la moyenne du groupe 4N. Comprenant davantage d'objets HaB1 et HaB1-B2, ce sous-groupe est aussi moins franchement HaA2 que le précédent.

### 4. Objets particuliers

925, 926, 928, 929: quatre haches de type Laugen-Melaun, de fabrication alpine suisse, autrichienne ou italienne, sont faites du même cuivre que 927 (la hache "normale" du Montlingerberg) et que le matériel palafittique en général. Trois des quatre haches considérées comme de type protovillanovien (114, 432, 682) font également partie de ce groupe.

### 5. Compositions jumelles

Néant.

## 17. Sous-groupe 4 N 3

24 objets = 13.6% du groupe et 2.5% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	1	4.2%	11.1%
Bronze moyen	3	12.5%	1.6%
BzD - HaA1	3	12.5%	2.5%
HaA2	5	20.8%	2.5%
HaA2-B1	2	8.3%	3.4%
HaB1	7	29.2%	6.1%
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	2	8.3%	1.0%
Indéterminés	1	4.2%	3.6%
Prépalafittiques	7	29.2%	2.2%
Palafittiques	16	66.7%	2.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Géographie

HaA2 + A2-B1 + B1:		
Est	6	8.8%
Centre-Ouest	6	3.1%
Ouest	2	2.9%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La fréquence est deux fois plus forte à l'Est qu'à l'Ouest et au Centre-Ouest. Cette prédominance orientale est surtout sensible au HaB1.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Le sous-groupe 4N3 réunit les plus basses teneurs normales du groupe 4N. Il n'est donc pas étonnant qu'il contienne sept des huit objets prépalafittiques du groupe 4N et, parmi les objets palafittiques, une minorité d'objets de style clairement HaA2. Les objets prépalafittiques, surtout groupés dans la partie inférieure du dendrogramme, se distinguent clairement par des teneurs spécialement faibles en cobalt, et aussi en plomb en ce qui concerne ceux du Bronze moyen.

### 4. Objets particuliers

379 et 380 sont à ranger parmi les objets en cuivre pur ou très faiblement alliés en étain, mais pas spécialement riches en impuretés, qui sont surtout connus au HaB2.

758 Inséparable de l'autre pic de Schiers (753), du lingot de Schiers 759 ainsi que des pics de Filisur (751 et 752), tous dans le groupe 3P. Ces objets ont en commun d'avoir le nickel et le cobalt pour principales impuretés. Ils sont à rapprocher aussi de 716 et 827 (3N3), d'Hauterive (voir aussi p. 87).

## 5. Compositions jumelles

### Jumeaux de coulée

379/380 Deux bracelets HaB2 de Zurich. La paire saute d'autant plus aux yeux que les objets sont aussi jumeaux morphologiquement et qu'ils proviennent du même site. Tous les coefficients sont supérieurs à la moyenne, sauf celui du nickel, qui est pourtant l'impureté habituellement la plus stable.

## 18. Sous-groupe 4 N 4

10 objets = 5.6% du groupe et 1.1% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	8	80%	4.0%
HaA2-B1	2	20%	3.4%
HaB1	—	—	—
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	—	—	—
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	—	—	—
Palafittiques	10	100%	1.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Géographie

Ensemble du sous-groupe:		
Est	2	3.1%
Centre-Ouest	5	3.6%
Ouest	3	5.5%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

L'Ouest est un peu plus représenté que le Centre-Ouest et l'Est, mais le petit nombre d'objets rend la statistique discutable.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Ce petit sous-groupe réunit les objets les plus riches en impuretés du groupe 4N. On remarquera, en particulier, les teneurs en cobalt qui peuvent atteindre ou même dépasser celles en arsenic et en antimoine (116, 764). Tous les objets sont HaA2 ou HaA2-B1. La faucille 48, isolée entre les sous-groupes 3 et 4, peut être rattachée au sous-groupe 4. Elle se signale par une des teneurs en cobalt les plus fortes de tout notre corpus (0.91%).

#### 4. Objets particuliers

Néant.

#### 5. Compositions jumelles

Néant.

### 19. Groupe 4 P

Schémas de type 4: Ni>Sb>As, Ni=Sb>As, Ni>Sb=As.

Compositions pauvres.

15 objets = 1.6% du corpus.

#### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	1	6.7%	0.5%
BzD - HaA1	6	40.0%	5.0%
HaA2	2	13.3%	1.0%
HaA2-B1	2	13.3%	3.4%
HaB1	3	20.0%	2.6%
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	—	—	—
Indéterminés	1	6.7%	3.6%
Prépalafittiques	7	46.7%	2.2%
Palafittiques	7	46.7%	1.2%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % groupe – C: % classe chronologique

#### 2. Géographie

HaA2 + A2-B1 + B1:

Est	2	2.6%
Centre-Ouest	7	3.7%
Ouest	—	—

Prépalafittique (Bronze moyen + BzD - HaA1):

Est	3	3.4%
Centre-Ouest	3	2.4%
Ouest	1	1.2%

‰: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

A la période palafittique, l'Ouest n'est pas représenté, tandis qu'une gradation régulière d'Ouest en Est se dessine au Bronze moyen et au BzD-HaA1. Le groupe est cependant trop petit pour que la statistique soit réellement valable.

#### 3. Caractéristiques du groupe

Ce petit groupe d'objets est assez difficile à évaluer. Comment, en particulier, distinguer les compositions palafittiques des compositions prépalafittiques ? Il n'est pas impossible que les objets palafittiques soient à considérer comme le résultat de la refonte d'objets du BzD-HaA1. Quant au lingot d'Ollon, aux teneurs extrêmement basses, on peut douter qu'il doive être considéré comme le type de matière première ayant servi à la fabrication des objets.

#### 4. Objets particuliers

- 327 Hache HaA2-B1 de Zurich, de type "austro-italien".
- 753 Pic de Schiers, de type Ni/Co, inséparable du pic 758 et du lingot 759 (groupe 3P), ainsi que de 827 et 716 (3N3), d'Hauterive (voir aussi p. 87).
- 743 Tasse de Corcelettes, de type Kirkendrup.

On notera aussi les grandes quantités de zinc et de fer contenues dans le lingot d'Ollon et le pic de Schiers.

#### 5. Compositions jumelles

##### Jumeaux de lingot

Curieusement, la meilleure paire est composée de deux objets assez éloignés l'un de l'autre dans le dendrogramme.

- 10/315 Faucille BzD-HaA1 de Vaumarcus et hache HaA2 de Zurich. C'est un rapprochement difficile, mais tous les coefficients sont supérieurs à la moyenne, sauf celui de l'argent, ce qui peut paraître normal, puisque 10 a peut-être perdu une partie de son argent à la mise en solution. Dans le cas précis, cependant, 10 révèle une teneur supérieure à celle de 315, signe que la différence des teneurs est significative. Le coefficient de 47.9 montre donc, très vraisemblablement, que la paire n'est pas formée de vrais jumeaux.

Nous signalons deux autres paires possibles, mais plus ou moins déficientes. Le mauvais coefficient de l'arsenic peut s'expliquer par le bas niveau des teneurs.

- 436/881 Deux haches BzD-HaA1 de Stallikon et de Steffisburg (As 90.2, Ni 94.9, Co pas pris en compte vu le niveau des teneurs).
- 60/818 Bracelet et couteau de Bevaix, les deux du HaB1 (As 87.3, Ni 94.3).

### 20. Groupe 4 R

Schéma de type 4: Ni=Sb>As.

Composition riche.

1 objet = 0.1% du corpus.

L'unique objet de ce groupe est une hache HaB1 de Zurich (347). Ses teneurs relativement fortes en cobalt et en fer, caractéristiques du groupe 4N du HaA2, la distinguent nettement de la grande majorité des compositions riches du HaB1, qui sont du groupe 5R.

## 21. Groupe 5 N

Schéma de type 5: Sb>Ni>As.

Compositions normales.

94 objets = 10% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	3	3.2%	1.6%
BzD - HaA1	2	2.1%	1.7%
HaA2	26	27.7%	13.1%
HaA2-B1	11	11.7%	18.6%
HaB1	25	26.6%	21.9%
HaB1-B2	4	4.3%	12.5%
HaB2	18	19.1%	9.2%
HaC	1	1.1%	100.0%
Indéterminés	4	4.3%	14.3%
Prépalafittiques	5	5.3%	1.6%
Palafittiques	84	89.4%	14.0%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

### 2. Géographie

HaA2:		
Est	12	24.0%
Centre-Ouest	7	6.9%
Ouest	7	14.9%
HaA2-B1:		
Est	2	14.3%
Centre-Ouest	7	18.9%
Ouest	2	25.0%
HaB1:		
Est	8	16.3%
Centre-Ouest	14	26.9%
Ouest	3	23.1%
HaB2:		
Est	3	5.8%
Centre-Ouest	5	6.7%
Ouest	10	14.5%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Une nette évolution semble se dessiner du HaA2 au HaB2. Au HaA2, en effet, l'Est est plus représenté que l'Ouest et, surtout, le Centre-Ouest. Au HaB1, l'équilibre se crée entre l'Ouest et le Centre-Ouest, et c'est maintenant l'Est qui accuse un net déficit. Au HaB2, finalement, le groupe 5N joue un rôle plus de deux fois plus important à l'Ouest qu'à l'Est et au Centre-Ouest. La statistique du HaB1 de l'Est, cependant, est certainement biaisée par les bracelets de Sursee, dont aucun exemplaire n'appartient au groupe 5N, et qui constituent le tiers du HaB1 de l'Est. Les sept objets HaB1 orientaux non lucernois (c'est-à-dire zuriçois) du groupe 5N représentent ainsi 25% du HaB1 zuriçois. C'est une proportion tout à fait équivalente aux 26.9% du Centre-Ouest et aux 23.1% de l'Ouest. La répartition de chacun des trois sous-groupes distingués au sein du groupe 5N n'est pas différente de celle du groupe tout entier. Nous n'y reviendrons donc pas.

### 3. Caractéristiques du groupe

Ce groupe est palafittique à 90%. Les cinq objets prépalafittiques (470, 829, 174, 402, 895) se caractérisent par des teneurs en cobalt très inférieures à la moyenne du groupe et par leur faible teneur en plomb en ce qui concerne ceux du Bronze moyen. Ces derniers, ainsi que les objets BzD-HaA1, se rattachent au groupe 3 (compositions à fort antimoine) défini dans l'étude détaillée du Bronze moyen (Rychner/Kläntschli 1989). 895 appartient au groupe 3a, à argent fort (c'est même, dans ce cas, l'impureté dominante), alors que les quatre autres objets appartiennent au groupe 3b, à argent faible.

Parmi les objets palafittiques, ceux d'avant le HaB2 dominant. Le HaA2 et le HaB1 sont représentés en proportions égales. Pour le HaB1, cependant, c'est le schéma 6, tandis que pour le HaA2, ce n'est que le deuxième schéma en importance, très loin derrière le schéma 4. La situation est la même pour le HaB2: le schéma 5 est le deuxième en importance, mais très loin derrière le schéma 6.

Presque deux fois moins nombreux que celui des compositions normales de schéma 4, le groupe des compositions normales de schéma 5 est pourtant très nettement moins homogène.

Pour l'examen de détail, nous subdivisons le groupe en trois sous-groupes en coupant les branches du dendrogramme vers le niveau 1.5.

## 22. Sous-groupe 5 N 1

61 objets = 64.9% du groupe et 6.5% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	3	4.9%	1.6%
BzD - HaA1	2	3.3%	1.7%
HaA2	15	24.6%	7.5%
HaA2-B1	9	14.7%	15.2%
HaB1	16	26.2%	14.0%
HaB1-B2	1	1.6%	3.1%
HaB2	11	18.0%	5.6%
HaC	1	1.6%	100.0%
Indéterminés	3	4.9%	10.7%
Prépalafittiques	5	8.2%	1.6%
Palafittiques	52	85.2%	8.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % sous-groupe - C: % classe chronol.

### 2. Caractéristiques du sous-groupe

Le sous-groupe 5N1 recueille l'ensemble des cinq objets prépalafittiques du groupe entier. Les proportions de HaA2, B1 et B2 sont à peu près les mêmes que dans l'ensemble du groupe.

### 3. Objets particuliers

- 534 Hache HaC de type italique provenant de Veyrier. Sa composition est très voisine de celle d'une herminette HaB2 de Genève (voir ci-dessous).
- 744 Tasse de type Kirkendrup. La composition de cet objet assez exceptionnel n'est que très normale.

### 4. Compositions jumelles

La moindre homogénéité du groupe 5N par rapport au groupe 4N se fait ici clairement ressentir. La ressemblance des compositions est, en effet, nettement moins frappante.

#### Jumeaux de lingot

- 323/362 Hache et faucille de Zurich.
- 150/314 Haches de Corcelettes et de Zurich, morphologiquement très compatibles. Le mauvais coefficient d'argent (79.9), alors que la teneur de 150 est supérieure à celle de 314 (on attendrait plutôt le contraire, voir p. 16), montre probablement que les deux objets ne sont pas issus du même lingot.

Les quatre haches 159 (Ollon, HaB2), 443 (Sursee, HaB2), 534 (Veyrier, HaC) et 207 (Genève, HaB2) composent un quatuor très homogène, mais seul l'assemblage

159/207 est entièrement satisfaisant.

Les autres sont plus ou moins déficients: 159/443 (Ni 94.3), 534/207 (Ni 91.9), 443/207 (Sb 90.9), 534/159 (Sb 94.0, Ni 89.2), 534/443 (Sb 89.6, Ag 86.6).

## 23. Sous-groupe 5 N 2

24 objets = 25.5% du groupe et 2.6% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	11	45.8%	5.5%
HaA2-B1	1	4.2%	1.7%
HaB1	4	16.7%	3.5%
HaB1-B2	3	12.5%	9.4%
HaB2	4	16.7%	2.0%
Indéterminés	1	4.2%	3.6%
Prépalafittiques	—	—	—
Palafittiques	23	95.8%	3.8%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Caractéristiques du sous-groupe

Au contraire du précédent, ce sous-groupe a une coloration HaA2 plus marquée que le groupe 5N dans son ensemble. La partie inférieure du dendrogramme réunit les objets les plus riches en arsenic, antimoine et nickel (63 – 946). On remarquera qu'ils sont aussi les plus pauvres en cobalt.

### 3. Objets particuliers

- 52 Cette bizarre faucille, de forme assez Bronze moyen mais coulée par le milieu du dos, se révèle, par sa composition, être du HaA2 ou B1.

### 4. Compositions jumelles

#### Jumeaux de lingot

- 256/303 Bracelet HaB2 de Kerzers et hache HaA2 de Zurich. Le désaccord chronologique s'explique probablement par la refonte d'un objet HaA2 au HaB2.
- 613/627 Couteau HaA2 et hache HaB1 de Concise, tout à fait compatibles. La paire est excellente, sauf pour l'argent (87.0).

## 24. Sous-groupe 5 N 3

9 objets = 9.6% du groupe et 1.0% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	—	—	—
HaA2-B1	1	11.1%	1.7%
HaB1	5	55.5%	4.4%
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	3	33.3%	1.5%
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	—	—	—
Palafittiques	9	100.0%	1.5%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Caractéristiques du sous-groupe

Ce petit sous-groupe rassemble les compositions les plus riches du groupe 5N. On remarque à nouveau la faiblesse des teneurs en cobalt et la présence d'un des lingots de Bâle.

### 3. Objets particuliers

Néant.

#### 4. Compositions jumelles

Néant. Comme dans le sous-groupe 2, on constate que les coefficients de l'arsenic sont systématiquement plus bas que ceux de l'antimoine et du nickel.

## 25. Groupe 5 P

Schéma de type 5:  $Sb > Ni > As$ .

Compositions pauvres.

30 objets = 3.2% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	1	3.3%	0.5%
BzD - HaA1	5	16.7%	4.1%
HaA2	2	6.7%	1.0%
HaA2-B1	6	20.0%	10.2%
HaB1	8	26.7%	7.0%
HaB1-B2	3	10.0%	9.4%
HaB2	2	6.7%	1.0%
Indéterminés	3	10.0%	10.7%
Prépalafittiques	6	20.0%	1.9%
Palafittiques	21	70.0%	3.5%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % groupe – C: % classe chronologique

### 2. Géographie

HaB1:			
Est	—	—	
Centre-Ouest	4	7.7%	
Ouest	4	30.8%	
HaA2-B1 + B1:			
Est	—	—	
Centre-Ouest	8	9.0%	
Ouest	6	28.6%	
HaA2 + A2-B1 + B1:			
Est	—	—	
Centre-Ouest	8	4.2%	
Ouest	8	11.8%	

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Bien que le groupe ne soit peut-être pas assez fourni pour donner lieu à une statistique très convaincante, il semble cependant que le groupe 5P soit particulièrement typique de l'Ouest au HaB1, puisqu'il y rassemble plus de 30% des objets. Au Centre-Ouest, la fréquence est quatre fois moindre, alors qu'elle est nulle à l'Est. L'adjonction des objets HaA2 et HaA2-B1 ne modifie pas cette image. L'Est n'est pas davantage représenté par les objets HaB1-B2 et HaB2. Neuf des treize objets occidentaux d'époque palafittique proviennent de Genève.

### 3. Caractéristiques du groupe

Les six objets prépalafittiques, presque exclusivement du BzD-HaA1, se distinguent du reste du groupe par des teneurs en bismuth et en cobalt plus élevées et, quant à l'alliage, par des proportions plus faibles d'étain et de plomb. Parmi les objets palafittiques, les objets HaA2 et HaB2 sont rares par rapport aux HaB1, entourés de quelques exemplaires datés HaA2-B1 et HaB1-B2. Il est frappant de constater que le groupe particulier de la période palafittique moyenne (nous ne retenons ici que les objets HaA2-B1, HaB1 et HaB1-B2) ne se distingue pas seulement par le bas niveau des impuretés mais aussi par son alliage en étain, très nettement plus riche que celui de la moyenne générale des objets HaB1 (environ 10% contre 7%, soit plus de 40% en plus). Il semble donc que ce groupe d'objets relève d'une recette de fondeur différente de celle qui domine à l'époque sur le Plateau suisse (voir p. 61-62).

### 4. Objets particuliers

- 164 Hache à douille de type Plainseau, du dépôt d'Ollon/Charpigny. Malgré sa morphologie très étrangère, elle semble cependant bien s'accorder au groupe, au point de vue de la composition. Elle se distingue cependant par une teneur en argent supérieure, une teneur en cobalt inférieure à la moyenne et, surtout, par un alliage beaucoup plus riche en étain et en plomb.
- 694 Le curieux marteau de Cortaillod pourrait donc dater du HaB1, ce qui correspondrait bien à la datation du village de Cortaillod/Est, dont il provient.

### 5. Compositions jumelles

#### Jumeaux de lingot

Les basses teneurs et l'homogénéité d'ensemble du groupe ne facilitent pas la mise en évidence d'éventuels jumeaux. Aucune paire, en effet, ne satisfait entièrement à nos critères. Si, en revanche, on adopte pour les teneurs en arsenic et en nickel inférieures à 0.1% le même critère que pour l'antimoine (86.2), plusieurs bons assemblages sont alors possibles, en particulier dans le groupe de cinq objets composé de 30 (hache HaB1 de Cortaillod), 900 (bracelet HaB1 d'Hauterive), 215 (faucille de Genève), 852 (couteau HaB1 d'Hauterive) et 227 (couteau HaB de Genève):

30/215	(Ni 94.6)	
852/227	(Ni 91.3)	
215/227	(Ni 90.3)	
227/164	(Ni 94.5,	Co pas pris en considération vu les très basses teneurs).

Les six autres assemblages possibles dans ce groupe donnent des coefficients moins bons en arsenic et/ou en nickel, qu'il est malgré tout difficile d'accepter. La paire 30/852 pourrait correspondre à des jumeaux de coulée. Nous signalons encore deux paires possibles.

- 224/440 Couteau HaB1 de Genève et herminette HaB de Sutz-Lattrigen (Ni 92.4).  
 224/904 Couteau HaB1 de Genève et bracelet HaA2-B1 d'Hauterive (Ni 92.6, Co 61.3 mais les très basses teneurs dispensent probablement d'en tenir compte).

## 26. Groupe 5 R

Schéma de type 5: Sb>Ni>As.

Compositions riches.

26 objets = 2.8% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	2	7.7%	1.0%
HaA2-B1	1	3.8%	1.7%
HaB1	22	84.6%	19.3%
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	1	3.8%	0.5%
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	—	—	—
Palafittiques	26	100.0%	4.3%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % groupe – C: % classe chronologique

### 2. Géographie

HaB1:		
Est	22	44.9%
Centre-Ouest	—	—
Ouest	—	—

=: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La totalité des objets HaB1 provient de l'Est, où ils représentent presque la moitié des objets de cette époque. Les bracelets de Sursee constituent, certes, la majorité du groupe, mais il y a aussi six objets de Zurich, qui représentent 20.7% des objets HaB1 orientaux de provenance autre que Sursee. Il est donc permis d'affirmer que ce métal est très typique de la Suisse orientale au HaB1.

### 3. Caractéristiques du groupe

Ce métal très particulier du HaB1, surtout représenté par les bracelets de Sursee, se distingue non seulement par le

haut niveau des impuretés mais aussi par un alliage en étain spécialement faible. La teneur en plomb est elle aussi notablement au-dessous de la moyenne du HaB1. Tout se passe comme si la quantité d'antimoine, de nickel et d'arsenic tenait en partie le rôle de l'étain. Il faut remarquer que ce type de bronze n'est pas utilisé seulement pour la parure mais aussi pour des haches, des couteaux et des faucilles, c'est-à-dire des objets qui, en principe, devaient se montrer résistants à l'usage.

### 4. Objets particuliers

Néant.

### 5. Compositions jumelles

De très beaux exemples sont fournis par les bracelets de Sursee. Les sept bracelets 777, 780, 788, 781, 786, 787 et 790 forment le groupe d'objets le plus homogène de tout notre corpus. Ils représentent à coup sûr le produit d'une seule coulée. Fait exceptionnel, six paires révèlent des coefficients de ressemblance en étain, plomb, arsenic, antimoine, argent, nickel et cobalt égaux ou supérieurs à la moyenne (777/781, 780/788, 780/781, 788/781, 788/786, 787/790). On remarquera, cependant, que parmi les vingt et une paires possibles dans ce groupe de sept bracelets jumeaux de coulée, quatre coefficients se situent légèrement au-dessous du minimum: 777/787 (Sb 94.3), 780/787 (Ag 89.7), 780/790 (Ag 89.7), 786/787 (Sb 92.8). Les autres bracelets de Sursee sont de composition légèrement différente et constituent plusieurs groupes. 776, 789 et 783 sont issus du même lingot (plomb y compris), et 776/789 proviennent de la même coulée (le coefficient de l'étain n'est que de 0.2 inférieur au minimum). 779 est très proche de 784 et 791, mais il n'est pas de la même coulée ni même, probablement, du même lingot, à en juger par les coefficients insuffisants du nickel et du cobalt. En résumé, il faut probablement restituer six coulées et cinq lingots différents pour les bracelets de Sursee du groupe 5R: 1) 777 à 790; 2) 776-789; 3) 784-791; 4) 783 (même lingot que 776 et 789); 5) 782; 6) 779. Aucun autre objet du groupe 5R n'a fait partie de l'une ou de l'autre de ces six coulées. La hache de Zurich 349, cependant, peut passer pour issue du même lingot que 779, abstraction faite du plomb. Le très mauvais coefficient de nickel (83.1), en revanche, rend peu vraisemblable l'attribution de la hache de Sursee 799 au même lingot que le bracelet 791. Les autres objets que les bracelets ne forment entre eux aucune paire.

L'homogénéité de composition du groupe 5R dans son ensemble est excellente. La constance des teneurs en argent est même spectaculaire. Son coefficient de variation, en effet, ne dépasse pas 10. Il s'abaisse même à 4 si l'on écarte les trois premiers (342, 549, 526) et le dernier objet du groupe (365). Aucune des cent trente-cinq paires possibles dans ce groupe de vingt-deux objets ne donne alors de coefficient d'argent inférieur à 90.5, et cent huit de ces coefficients sont égaux ou supérieurs à 94.1.

## 27. Groupe 6 N

Schémas de type 6: Sb>As>Ni, Sb>As=Ni.

Compositions normales.

224 objets = 23.8% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	–	–	–
Bronze moyen	8	3.6%	4.4%
BzD - HaA1	8	3.6%	6.6%
HaA2	21	9.4%	10.5%
HaA2-B1	9	40.0%	15.2%
HaB1	19	8.5%	16.7%
HaB1-B2	9	4.0%	28.1%
HaB2	146	65.2%	74.5%
Indéterminés	4	1.8%	14.3%
Prépalafittiques	16	7.1%	5.1%
Palafittiques	204	91.1%	34.0%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % groupe – C: % classe chronologique

### 2. Géographie

HaB2:		
Est	36	69.2%
Centre-Ouest	57	76.0%
Ouest	53	76.8%
HaB1:		
Est	6	12.2%
Centre-Ouest	12	23.1%
Ouest	1	7.7%
HaA2:		
Est	1	2.0%
Centre-Ouest	12	11.8%
Ouest	8	17.0%
Bronze moyen:		
Est	1	1.9%
Centre-Ouest	5	6.0%
Ouest	2	4.4%
BzD - HaA1:		
Est	1	2.0%
Centre-Ouest	5	11.6%
Ouest	2	5.1%
Schéma Sb>As=Ni au HaB2:		
Est	8	15.4%
Centre-Ouest	12	16.0%
Ouest	28	40.6%
Schéma Sb>As>Ni au HaB2:		
Est	28	53.8%
Centre-Ouest	45	60.0%
Ouest	25	36.2%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Au HaB2, le groupe 6N est également représenté sur tout le territoire. La situation est différente aux phases palafittiques antérieures. Les objets HaB1 du groupe 6N sont, en effet, nettement plus fréquents au Centre-Ouest, alors que les objets HaA2 sont pratiquement absents de l'Est du pays. Quant au Bronze moyen et au BzD-HaA1, le petit nombre d'objets rend les statistiques aléatoires.

Au HaB2, la fréquence du schéma Sb>As=Ni est plus de deux fois plus forte à l'Ouest qu'au Centre-Ouest et à l'Est. Inversement, la fréquence du schéma Sb>As>Ni du HaB2 est très nettement moins marquée à l'Ouest qu'au Centre-Ouest et à l'Est.

### 3. Caractéristiques du groupe

C'est le type de métal par excellence du HaB2. Il concerne trois objets sur quatre de cette période. Les huit objets du Bronze moyen se distinguent nettement par leur très faible teneur en plomb, en argent, en bismuth et en cobalt. Celles en arsenic, antimoine et nickel sont également plus basses qu'au HaB2.

Les objets BzD-HaA1 se distinguent de ceux du HaB2 par des teneurs plus basses en arsenic, antimoine, nickel et cobalt, et plus hautes en argent, mais aussi des objets du Bronze moyen par des teneurs moyennes plus élevées en plomb, argent, bismuth et cobalt. La composition de la hache 693, qui est à la limite typologique avec le HaA2 (tout comme les haches 270 et 271), se rapproche plus de celle des objets HaA2 de schéma 6 que de celle des autres objets BzD-HaA1. Le lingot de Aesch (868), par rapport aux objets finis, se distingue par des teneurs très faibles en argent et très fortes en bismuth. Les huit objets prépalafittiques sont tous du schéma Sb>As>Ni.

Les objets du HaA2 s'individualisent aussi bien par rapport à ceux du HaB2 que par rapport à ceux du BzD-HaA1. Ils ont, en effet, plus d'arsenic, d'antimoine, d'argent et de nickel que les objets HaB2, et beaucoup plus d'arsenic, d'antimoine, de nickel et de cobalt que les objets BzD-HaA1. Les objets HaA2 de schéma 6, d'autre part, sont nettement différents de la moyenne générale des objets HaA2. Les différences principales concernent le nickel (deux fois moins dans le schéma 6), le bismuth (deux fois plus), le cobalt (deux et demi fois moins) et le fer (trois fois moins).

Les objets HaA2-B1 peuvent être rattachés à ceux du HaA2. L'un et l'autre groupe ont, en effet, pratiquement les mêmes teneurs moyennes.

Plus riche en impuretés que le BzD-HaA1, le HaA2 de schéma 6 peut difficilement être considéré comme le prolongement de ce dernier. Également plus riche que le HaB2 de schéma 6, il pourrait à la rigueur passer pour son ancêtre. Il y a cependant entre eux le HaB1 dont le schéma 6, en moyenne, représente à nouveau quelque chose de particulier, exactement assimilable ni au HaA2, ni au HaB2. Les teneurs en impuretés sont, en effet, encore plus hautes qu'au HaA2.

Dans le groupe 6N, la couleur HaB2 du schéma Sb>As=Ni est plus nettement marquée que celle du schéma Sb>As>Ni. Le premier contient, en effet, 75% d'objets HaB2, le second 61.2% seulement.

Pour découper le groupe 6N en unités plus maniables, nous sectionnons les branches du dendrogramme vers le niveau 1.5. Il en résulte quatre sous-groupes de volume très inégal. Nous réunissons les deux premiers, même si la distance les séparant est supérieure à celle existant entre les sous-groupes 2 et 3.

## 28. Sous-groupe 6 N 1

17 objets = 7.6% du groupe et 1.8% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	–	–	–
Bronze moyen	–	–	–
BzD - HaA1	–	–	–
HaA2	–	–	–
HaA2-B1	2	11.8%	3.4%
HaB1	7	41.2%	6.1%
HaB1-B2	2	11.8%	6.2%
HaB2	5	29.4%	2.6%
Indéterminés	1	5.9%	3.6%
Prépalafittiques	–	–	–
Palafittiques	16	94.1%	2.7%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Géographie

Ensemble du sous-groupe (HaA2-B1 + B1 + B1-B2 + B2):		
Est	5	4.2%
Centre-Ouest	11	5.9%
Ouest	–	–

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Les objets du sous-groupe 6N1 sont exclusivement répartis dans l'Est et le Centre-Ouest, où ils présentent une fréquence comparable.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Il rassemble les plus riches des compositions normales du groupe 6N. La majorité des objets sont d'avant le HaB2, ce qui n'étonne pas puisque, le HaB1 est justement caractérisé par de fortes teneurs en impuretés.

### 4. Objets particuliers

- 77 Couteau d'Estavayer, de type Fontanella. Peut-être importé du sud des Alpes, il ne se distingue cependant pas par sa composition.
- 754 Lingot de Schiers. Il s'intègre bien au reste du groupe, sauf en ce qui concerne sa teneur en

cobalt, pratiquement nulle. Il frappe, d'autre part, par son énorme teneur en étain et sa forte teneur en plomb, qui font penser à un alliage-mère.

924/922 Les deux lingots de Bâle peuvent être considérés comme des échantillons du cuivre classique de schéma 6 au HaB2. Leur teneur en antimoine se situe cependant bien au-dessus de la moyenne de l'époque.

## 5. Compositions jumelles

Néant. Les coefficients du nickel sont moins bons que ceux de l'arsenic et de l'antimoine. La plus grande variabilité du nickel est également traduite par son coefficient de variation, plus élevé que ceux de l'arsenic et de l'antimoine.

## 29. Sous-groupe 6 N 2

124 objets = 55.4% du groupe et 13.2% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	–	–	–
Bronze moyen	8	6.4%	4.4%
BzD - HaA1	7	5.6%	5.8%
HaA2	3	2.4%	1.5%
HaA2-B1	4	3.2%	6.8%
HaB1	6	4.8%	5.3%
HaB1-B2	4	3.2%	12.5%
HaB2	90	72.6%	45.9%
Indéterminés	2	1.6%	7.1%
Prépalafittiques	15	12.1%	4.8%
Palafittiques	107	86.3%	17.8%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

### 2. Géographie

HaB2:		
Est	12	23.1%
Centre-Ouest	34	45.3%
Ouest	44	63.8%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La fréquence des objets HaB2 de ce sous-groupe est presque trois fois plus élevée à l'Ouest qu'à l'Est, le Centre-Ouest occupant une position intermédiaire.

### 3. Caractéristiques du sous-groupe

Le sous-groupe 6N2, le plus grand des trois, rassemble les compositions les plus pauvres du groupe 6N. Il comprend quinze des seize objets prépalafittiques du groupe 6N, qui

se distinguent bien de ceux du HaB2. Ces derniers représentent naturellement la grande majorité. Les faibles coefficients de variation de l'arsenic, de l'antimoine et du nickel soulignent la grande homogénéité du groupe qui n'atteint pas, cependant, celle du sous-groupe 4N1. Alors que le nickel, dans ce sous-groupe, était la plus stable des impuretés, elle est ici, au contraire, nettement moins stable que l'arsenic et l'antimoine.

#### 4. Objets particuliers

- 217/216 Faucilles type Genève, de Genève. Elles ont des chances de dater du HaB2.
- 151 Hache HaA2-B1 de Corcelettes, de type italique. Elle est tout à fait dans la moyenne du sous-groupe.
- 381 Faucille HaB2 de Zurich. L'outil est en cuivre, aussi pur que celui d'un lingot (Sn 0.063%).
- 242 Poignée d'épée de type Mörigen, provenant de Mörigen. Ses très basses teneurs en plomb, en argent et en cobalt montrent qu'elle est issue de la refonte d'un objet Bronze moyen, hypothèse encore renforcée par la très grande ressemblance de sa composition avec la hache Bronze moyen de Lausanne 561.

#### 5. Compositions jumelles

Vu la grande homogénéité d'ensemble et le nombre élevé d'objets jumelés qui en résulte, nous ne mentionnons, sauf exception, que les assemblages entièrement satisfaisants.

##### Grappe 13-384

###### Jumeaux de lingot

- 13/638 Faucille d'Hauterive et hache de Mörigen.
- 14/15 Deux faucilles d'Hauterive.
- 134/140 Deux haches de Morges.

Ces quatre derniers objets forment un carré très homogène, mais les quatre paires possibles réunissant un objet d'Hauterive et un objet de Morges souffrent toutes d'un coefficient de nickel certes supérieur à 90.0, mais cependant inférieur au minimum requis.

##### Grappe 71-660

###### Jumeaux de lingot

- 88/217 Couteau de Cortaillod et faucille de Genève. L'argent n'est pas pris en compte, mais la grosse différence des teneurs a peut-être quand même un sens. Prudence !
- 129/499 Haches de Morges et de Chens.

##### Grappe 39-216

###### Jumeaux de lingot

- 39/247 Épingle de Cortaillod et hache de Kerzers. L'argent pose le même problème que pour la paire 88/217.
- 188/160 Deux haches d'Ollon.
- 160/162 Deux haches d'Ollon.

Le troisième assemblage possible dans ce trio, 188/162, révèle un coefficient d'antimoine très légèrement insuffisant (94.1).

##### Grappe 16-634

###### Jumeaux de coulée

- 456/634 Couteau de Vully-le-Bas et hache d'Estavayer.

###### Jumeaux de lingot

- 17/456/634 Couteau d'Hauterive formant un trio parfait avec les deux objets ci-dessus.

##### Grappe 25-366

###### Jumeaux de coulée

- 25/584 Faucille de Cortaillod et hache d'Estavayer.

###### Jumeaux de lingot

La paire ci-dessus forme avec 894 (hache de Sion) un excellent trio, auquel on pourrait éventuellement adjoindre 476 et 858 (hache et faucille d'Hauterive). Cependant, les cinq paires possibles comportant l'un ou l'autre de ces deux objets (ou les deux) révèlent toutes, au moins, un coefficient inférieur au minimum requis.

##### Grappe 161-377

###### Jumeaux de lingot

- 157/637 Haches d'Ollon et de Mörigen.
- 80/661 Couteau de Mörigen et hache HaB1 de Sion.
- 572/348/369 Haches de Nidau et de Zurich (HaB1 pour 348).

Ces sept objets sont bien sûr difficiles à séparer des sept autres formant la grappe, mais les autres assemblages que ceux mentionnés ci-dessus sont tous plus ou moins insuffisants.

##### Grappe 131-155

###### Jumeaux de lingot

Aucune paire ne montre de coefficients suffisants pour les cinq éléments considérés. Les meilleures comportent toutes un coefficient inférieur au minimum: 146/893/892, 146/890, 378/890, 890/155.

## Grappe 173-233

## Jumeaux de lingot

213/246 Hache HaA2-B1 de Genève et hache HaB2 de Kerzers. Le coefficient du cobalt ne dépasse pas le minimum (64.3).

## 30. Sous-groupe 6 N 3

83 objets = 37.1% du groupe et 8.8% du corpus.

## 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	1	1.2%	0.8%
HaA2	18	21.7%	9.0%
HaA2-B1	3	3.6%	5.1%
HaB1	6	7.2%	5.3%
HaB1-B2	3	3.6%	9.4%
HaB2	51	61.4%	26.0%
Indéterminés	1	1.2%	3.6%
Prépalafittiques	1	1.2%	0.3%
Palafittiques	81	97.6%	13.5%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % sous-groupe – C: % classe chronol.

## 2. Géographie

HaB2:		
Est	20	38.5%
Centre-Ouest	22	29.3%
Ouest	9	13.0%

%: pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Par rapport au sous-groupe 6N2, la situation est inverse. C'est l'Est, en effet, qui connaît la plus forte fréquence, trois fois supérieure à celle de l'Ouest. Le Centre-Ouest est à nouveau caractérisé par une fréquence intermédiaire. La fréquence des objets HaA2 (voir la statistique du groupe entier) est la plus forte à l'Ouest. Elle est presque nulle à l'Est.

## 3. Caractéristiques du sous-groupe

Le sous-groupe 6N3 rassemble des compositions caractérisées par des teneurs comprises entre celles des sous-groupes 6N1 et 6N2. Le seul objet prépalafittique, 693, une hache BzD-HaA1 du Landeron, ne se distingue pas des compositions HaB2. Dix-huit des vingt et un objets HaA2 du groupe sont présents. Le lingot 741, de Zurich, s'intègre bien au groupe mais se distingue cependant par ses très faibles teneurs en argent et en bismuth. Le lingot 295 de Winterthur ressemble beaucoup à celui de Zurich, mais il contient un peu plus de plomb.

## 4. Objets particuliers

- 813 Épée HaB2 d'Auvernier, parfaitement intégrée au sous-groupe.
- 896 Bracelet HaB1 d'Hauterive. La somme des éléments analysés n'atteint que 90%. Il contient donc une forte quantité d'un ou de plusieurs éléments non analysés.
- 145 Hache HaB2 de Concise, en cuivre (Sn 0.64%). Magnifique exemplaire, extrêmement bien fini.
- 148 Hache HaB2 de Kerzers, en cuivre (Sn 0.148%).
- 930 Hache HaA2-B1 du Montlingerberg, de type plutôt italique. Elle se distingue par une teneur en cobalt relativement forte, mais elle n'est pas seule dans ce cas. Elle est très proche de la hache "normale" de Kerzers 252.

## 5. Compositions jumelles

Les coefficients de variation du nickel et du cobalt sont un peu plus élevés que ceux du sous-groupe 6N2. En tout cas, les compositions jumelles sont plus rares que dans le sous-groupe 2. Il n'est pas possible, en particulier, de mettre en évidence des jumeaux de coulée.

## Jumeaux de lingot

- 394/396 Deux haches de Zurich.
- 915/153 Deux haches HaA2 de Delémont et de Corcelles, cette dernière de style lémanique.
- 244/249 Deux haches de Kerzers.
- 399/570 Hache de Zurich et couteau de Nidau.

## 31. Groupe 6 P

Schémas de type 6: Sb>As>Ni, Sb>As=Ni.

Compositions pauvres.

17 objets = 1.8% du corpus.

## 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	1	5.9%	11.1%
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	10	58.8%	8.3%
HaA2	2	11.8%	1.0%
HaA2-B1	1	5.9%	1.7%
HaB1	1	5.9%	0.9%
HaB1-B2	1	5.9%	3.1%
HaB2	1	5.9%	0.5%
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	11	64.7%	3.5%
Palafittiques	6	35.3%	1.0%

A: N<sup>bre</sup> d'objets – B: % groupe – C: % classe chronologique

## 2. Géographie

BzD - HaA1:		
Est	4	10.8%
Centre-Ouest	2	4.7%
Ouest	4	10.3%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La fréquence du groupe est égale à l'Est et à l'Ouest. Elle est deux fois moindre dans le Centre-Ouest, mais le petit nombre d'objets n'autorise pas de conclusions définitives.

## 3. Caractéristiques du groupe

C'est le seul groupe dont la majorité, légère, soit composée d'objets BzD-HaA1. Le reste est composé d'une proportion à peine inférieure d'objets chronologiquement isolés, du Bronze ancien au HaB2. Il est difficile d'en préciser la signification. 877 et 367, du HaA2 et du HaB1-B2, sont certainement issus de la refonte d'objets BzD-HaA1. Totalement dépourvu de bismuth et de cobalt, 190 montre que les racines du métal 6P du BzD-HaA1 ne sont pas à chercher au Bronze ancien. La signification de ce métal en tant que matière première au BzD-HaA1 est soulignée par les trois lingots, qui se ressemblent beaucoup, de Genève, Ollon et Aesch. Trois objets sont très éloignés de la moyenne du groupe: 429, à la teneur d'antimoine forte pour une composition pauvre; 725 et 68, qui sont d'un cuivre pratiquement dépourvu de toute impureté. Avec 253, 32, 546 et 877, 429 fait d'ailleurs partie du nombre relativement élevé d'objets de typologie étrangère contenus dans le groupe 6P.

Les schémas Sb>As>Ni (10 objets) et Sb>As=Ni (7 objets) sont représentés dans des proportions à peu près équivalentes. Deux lingots sont du premier, un du second.

## 4. Objets particuliers

- 253 Hache à douille de type Plainseau, de Kerzers. On remarque les teneurs d'étain et de plomb, complètement hors normes pour la région.
- 32 Hache à douille à bords pincés, de Cortaillod. L'alliage mis à part, qui se distingue par une forte teneur en étain, sa composition est extrêmement proche de celle de 190 (hache Bronze ancien de Genève), absence de bismuth et de cobalt comprise.
- 546 Bracelet de type Pully, d'Ollon.
- 877 Couteau de type Matrei, HaA2, de Grabs-Werdenberg. Parfaitement intégré aux compositions BzD-HaA1, il résulte sans doute de la refonte de vieux objets.
- 429 Comme mentionné ci-dessus, la hache "austro-italienne" de Bertschikon se distingue par une proportion relativement forte d'antimoine, mais elle s'intègre bien, malgré tout, aux autres compositions BzD-HaA1 du groupe.

## 5. Compositions jumelles

Néant.

## 32. Groupe 6 R

Schémas de type 6: Sb>As>Ni, Sb>As=Ni.

Compositions riches.

10 objets = 1.1% du corpus.

### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	—	—	—
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	—	—	—
HaA2-B1	—	—	—
HaB1	7	70.0%	6.1%
HaB1-B2	1	10.0%	3.1%
HaB2	—	—	—
Indéterminés	2	20.0%	7.1%
Prépalafittiques	—	—	—
Palafittiques	8	80.0%	1.3%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

### 2. Géographie

HaB1 + B1-B2:		
Est	3	5.6%
Centre-Ouest	4	5.5%
Ouest	1	5.3%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

La fréquence des compositions à nickel est la même dans les trois régions. Les deux lingots du Montlingerberg, sans nickel, n'ont pas leur équivalent à l'Ouest et dans le Centre-Ouest.

### 3. Caractéristiques du groupe

Le HaB1 domine largement, comme cela est naturel pour des compositions riches. Le dendrogramme distingue deux grappes. La première (4-902) comprend sept objets aux teneurs cumulées d'arsenic, d'antimoine et de nickel situées entre 4.32% (345) et 9.7% (901). Sauf en ce qui concerne 345, les teneurs en cobalt sont faibles. La deuxième grappe comprend les trois objets les plus chargés en impuretés de tout le corpus, avec des teneurs cumulées de 12.8% (933), 19.9% (934) et 20.5% (950). Les deux lingots du Montlingerberg sont de composition très particulière, dans la mesure où ils ne contiennent pas de nickel. Il s'agit donc d'un métal très différent de celui des autres objets du groupe 6R. A l'exception de 345, tous les objets finis du groupe, outils ou objets de parure, ont une teneur en étain très faible, voire nulle.

#### 4. Objets particuliers

- 933, 934 La forme des lingots du Montlingerberg est aussi inhabituelle que leur composition.
- 778 Un des bracelets de Sursee, les quinze autres se trouvant dans les groupes 5R (14 exemplaires) et 5N3 (1 exemplaire).

#### 5. Compositions jumelles

##### Jumeaux de coulée

- 901/902 Deux anneaux-bracelets HaB1 d'Hauterive. La paire est typologiquement plus qu'évidente, mais l'identité des compositions n'est pas parfaite (Sn 89.9, Ni 93.6, Co 75.6 avec une des deux teneurs supérieure à 0.15%). On pourrait croire que les mesures d'arsenic et de nickel ont été croisées pour l'un des deux objets, mais ce n'est, semble-t-il, pas le cas ! Les deux bracelets, néanmoins, sont très vraisemblablement issus de la même coulée.

##### Jumeaux de lingot

- 124/778 Hache HaB1 de Morges et bracelet HaB1 de Sursee. Le coefficient du cobalt est complètement insuffisant (24.0), mais la faiblesse de la teneur, située dans un cas au-dessous de la limite de détection (778), en est peut-être responsable.

### 33. Groupe 7 N

Schéma de type 7: Sb=As=Ni.

Compositions normales.

7 objets = 0.7% du corpus.

#### 1. Chronologie

	A	B	C
Bronze ancien	—	—	—
Bronze moyen	5	71.4%	2.7%
BzD - HaA1	—	—	—
HaA2	2	28.6%	1.0%
HaA2-B1	—	—	—
HaB1	—	—	—
HaB1-B2	—	—	—
HaB2	—	—	—
Indéterminés	—	—	—
Prépalafittiques	5	71.4%	1.6%
Palafittiques	2	28.6%	0.3%

A: N<sup>bre</sup> d'objets - B: % groupe - C: % classe chronologique

#### 2. Géographie

Bronze moyen:		
Est	2	3.8%
Centre-Ouest	2	2.4%
Ouest	1	2.2%

%; pourcentage des objets de la période et de la région considérées

Pour autant que le petit nombre d'objets autorise une statistique, la fréquence semble à peu près la même dans les trois régions. Les deux objets HaA2 viennent de l'Ouest et du Centre-Ouest.

#### 3. Caractéristiques du groupe

Comme le montre bien le dendrogramme, le groupe réunit deux genres de composition très différents. 93 et 699, en effet, sont des représentants classiques du cuivre HaA2 riche en cobalt, qui est normalement de schéma 3, 4 ou 5. Les cinq autres objets appartiennent au groupe 3 défini dans les compositions du Bronze moyen (Rychner/Kläntsch 1989), caractérisé, par rapport aux autres objets de la période, par l'importance relative et absolue de l'antimoine. Au sein de ce groupe, 408 et 859 représentent le sous-groupe 3b, à argent faible. Les vingt-six autres objets de ce sous-groupe 3b sont surtout répartis entre les groupes 6N et 1N, ainsi que dans les groupes 2N, 4N, 5N, 2P, 4P et 5P. 552, 695 et 910 représentent le sous-groupe 3a, à argent fort, très minoritaire par rapport à 3b. Les cinq autres objets de ce sous-groupe 3a appartiennent aux groupes 1N (4 exemplaires) et 5N (1 exemplaire).

#### 4. Objets particuliers

Néant.

#### 5. Compositions jumelles

Néant.

### 34. Groupe 7 P

Schéma de type 7: Sb=As=Ni.

Composition pauvre.

1 objet = 0.1% du corpus.

L'unique objet de ce groupe est une hache BzD-HaA1 de Frutigen (268), dans le Centre-Ouest. La composition est à argent dominant. On peut la rattacher, par exemple, à celle des lingots d'Ollon, dispersés dans les groupes 1P, 2P, 3P, 4P, 5P et 6P, ainsi qu'à celle de deux des lingots de Genève/Maison Butin (195, 196), dans les groupes 1P et 6P.

## 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"<sup>13</sup>, 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 cm<sup>3</sup> — 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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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<sup>er</sup> 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.

## 7

# COMPARAISONS

### 1. Avertissement

Le but de ce chapitre devrait être de situer les types de composition définis en Suisse dans le contexte plus large de la métallurgie européenne de l'âge du Bronze moyen et final. Si nous employons le conditionnel, c'est que ce but est encore, dans une très large mesure, inaccessible faute de matériaux de référence, en particulier dans les régions limitrophes de la Suisse. La carence est particulièrement grave en ce qui concerne l'Italie, pour laquelle nous ne disposons de presque aucune analyse, et pour l'Autriche, où les milliers d'analyses semi-quantitatives de Neuninger et Pittioni sont, dans le détail, inutilisables<sup>14</sup>. La situation n'est guère plus favorable pour le sud et le sud-ouest de l'Allemagne, où les analyses d'objets Bronze moyen et Bronze final sont rarissimes. Quant à la France, les analyses de bronze, nombreuses, concernent surtout le centre, l'ouest et le nord du pays. Elles sont encore pratiquement inexistantes en Alsace, en Lorraine, en Franche-Comté et en Savoie, c'est-à-dire dans les régions qui nous intéressent le plus. Les comparaisons que nous proposons ci-dessous sont donc beaucoup trop ponctuelles et ne constituent en aucun cas un système de référence cohérent.

Presque toutes les analyses de comparaison mentionnées ci-dessous sont données dans l'annexe 3, avec leurs références. Nous nous permettons donc, dans le texte, d'en faire l'économie.

### 2. Le Bronze moyen

#### 1. Les compositions à arsenic et nickel

Les compositions les plus fréquentes du Bronze moyen, à arsenic et nickel avec antimoine faible, basses teneurs en argent et en cobalt, c'est-à-dire celles de nos groupes 2N,

3N, 2P et 3P, ne sont pas propres à la Suisse. On les rencontre en effet loin à la ronde, dans le centre mais aussi dans le nord et l'ouest de l'Europe, dès le Bronze ancien et pendant tout le Bronze moyen. Il correspond au type de cuivre que l'on désigne souvent, depuis les travaux de Neuninger et Pittioni, comme "*ostalpin Kupfer*" (Eckel 1992, 112).

Le corpus d'analyses de Otto et Witter (1952) fournit de bons exemples centre-européens, provenant surtout d'Allemagne et d'Autriche. Les auteurs désignent ce type de composition comme la variante A (*Nickel-Arsen-haltig*) de leur *Leitlegierungsgruppe V (sonstige Metalle mit Nickel, Arsen oder Silber*; p. 33, 76, 190-192, anal. 1107-1167). La majorité de ces objets sont d'un Bronze ancien avancé, mais certains sont déjà Bronze moyen (p. ex. 1150-1153). Les deux schémas — à nickel ou à arsenic dominant — sont attestés, mais les teneurs en antimoine, qui dépassent rarement 0.05%, sont en moyenne plus basses que celles de nos groupes 2 et 3. Tout en restant prudents, Otto et Witter pensaient pouvoir attribuer à ce type de cuivre une origine "alpine". Cette notion fut par la suite précisée par Neuninger et Pittioni, qui rapprochaient ce type de cuivre des gisements autrichiens du Mitterberg (Salzbourg) et de Kitzbühel/Kelchalm (Tyrol; Pittioni 1980b, 85-86).

14 Les résultats obtenus par Neuninger et Pittioni sont résumés dans Pittioni 1980 a et b.

Fondamentalement, il est très difficile, voire impossible, de comparer statistiquement des données quantitatives et semi-quantitatives. Dans le cas des analyses de l'école de Vienne, le cas est d'autant plus désespéré que, comme l'ont montré des analyses de contrôle à Stuttgart et à Heidelberg, les classes de teneurs utilisées par Neuninger et Pittioni sont trop vaguement définies et, qui plus est, variables selon les éléments considérés (Neuninger/Pittioni 1962; Christoforidis/Pernicka/Schickler 1988, 535).

Le cuivre "est-alpin" est connu non seulement sous forme d'objets finis mais aussi sous celle de lingots, surtout en forme d'agrafes (*Spangenbarren*), typiques de la deuxième partie du Bronze ancien (Eckel 1992, pl. 5). Pour essayer de nous faire une idée plus précise des liens de parenté, évidents, existant entre ce type de cuivre et le matériel suisse du Bronze moyen, c'est de ces lingots que nous avons choisi de rapprocher nos types de composition 2 et 3. Nous l'avons fait à partir de deux dépôts de Bavière du sud, à Waging am See et à Schabenberg, dont les analyses, publiées par le groupe de Stuttgart, ont été ensuite reprises par M. Menke dans son étude des dépôts Bronze ancien de Bavière (annexe 3/1). Nous n'avons pas considéré ces deux dépôts en bloc, mais avons sélectionné les analyses se rapprochant le plus, dans leur structure, de celles de nos groupes 2N, 2P, 3N et 3P, en éliminant les compositions les plus riches, c'est-à-dire celles comprenant des teneurs d'arsenic ou de nickel supérieures à 1%. Les cent cinq analyses ainsi retenues (trente et une du type 2N, neuf du type 2P, vingt-neuf du type 3N, dix du type 3P) se rattachent presque toutes au groupe de Stuttgart FB1, quelques-unes, très rares, aux groupes FB2 et FA (c'est, en tout cas, l'attribution de M. Menke, car la publication de Stuttgart n'indique malheureusement pas à quel groupe appartient chaque analyse). Elles font partie de la *Materialklasse* III de F. Eckel, alors que les plus riches, que nous avons éliminées, se rattachent à sa *Materialklasse* II (Eckel 1992, 59, fig. 29; 76, fig. 47).

D'une façon générale, la comparaison montre d'abord que les schémas à arsenic dominant et à nickel dominant ont à peu près la même fréquence dans le groupe des *Spangenbarren*, alors que le schéma à nickel dominant est nettement plus fréquent en Suisse au Bronze moyen. La comparaison des teneurs moyennes de nos groupes de composition et des *Spangenbarren* correspondants est résumée ci-dessous dans quatre petits tableaux ne tenant compte que des quatre principaux éléments.

	2 N	Spangenb.		3 N	Spangenb.
As	0.43	0.53	As	0.28	0.30
Sb	0.095	0.086	Sb	0.111	0.079
Ag	0.034	0.011	Ag	0.021	0.006
Ni	0.32	0.36	Ni	0.52	0.56
	2 P	Spangenb.		3 P	Spangenb.
As	0.134	0.157	As	0.092	0.112
Sb	0.038	0.044	Sb	0.046	0.045
Ag	0.024	0.004	Ag	0.037	0.003
Ni	0.098	0.129	Ni	0.150	0.162

On constate que la ressemblance d'ensemble est frappante et que les teneurs d'arsenic, et surtout de nickel, de l'un et l'autre ensemble sont très voisines. Les *Spangenbarren* se distinguent cependant des objets Bronze moyen suisses par une teneur en argent constamment plus basse, ainsi que par une teneur en antimoine un peu plus faible dans les compositions normales. Au-delà des similitudes générales,

des comparaisons précises entre objets suisses et *Spangenbarren* bavarois montrent quel degré peut atteindre la ressemblance de composition entre les deux ensembles. Nous proposons les parallèles suivants, dont les plus frappants sont marqués d'un astérisque:

groupe 2N	15048 / 86; 15192 / 276; 15181 / 688; 15120 / 841; 15141 / 554; 15152 / 555;
groupe 2P	15246 / 154*;
groupe 3N	15161 et 15180 / 523 et 277*; 15059 et 15303 / 262, 87, 420 et 876; 15278 / 172* (quasi-gémellité !);
groupe 3P	15062 et 15227 / 596*; 15273 / 863 et 493.

Cette ressemblance d'ensemble, et parfois de détail, implique-t-elle que les deux groupes d'objets sont issus du même gisement de cuivre ? En l'absence d'analyses isotopiques du plomb, il est difficile de répondre à la question. Néanmoins, cette parenté implique certainement l'identité des types de minerais utilisés, qui devaient être des chalcopyrites (voir chapitre 8, p. 86). Elle contribue aussi à montrer que le type métallurgique auquel se rattachent nos groupes 2 et 3 n'est pas une nouveauté du Bronze moyen, mais qu'il joue un rôle important en Europe centrale dès la deuxième partie du Bronze ancien, pour devenir sans doute un des cuivres principaux — sinon le principal — au Bronze moyen.

Le cuivre "est-alpin" est attesté loin à la ronde autour des Alpes. Il s'est, en particulier, répandu très loin en direction du nord, jusqu'en Scandinavie, où il constitue la principale matière première du Bronze nordique des périodes II et III.<sup>15</sup>

Les compositions à arsenic/nickel et faible antimoine ne sont cependant pas le propre de l'Europe centrale. On les retrouve, en effet, dans le Bronze atlantique, et particulièrement en Bretagne, où les dépôts de Kermengouès à Plouvorn (Finistère) et de Tréboul à Douarnenez (Finistère) passent pour caractéristiques d'un Bronze moyen plutôt ancien (groupe de Tréboul). A Kermengouès (annexe 3/2), dix-neuf des vingt-deux analyses sont d'un type As>Ni>Sb très voisin de notre groupe 2, avec de très basses teneurs d'antimoine et une teneur d'argent située vers 0.05%. Ces compositions se distinguent cependant des nôtres dans la mesure où l'arsenic, situé le plus souvent vers 1% ou plus, domine plus fortement. Le rapport As/Ni tend, en effet, vers 4:1. Sans compter, bien entendu, les fortes teneurs en plomb, qui sont une des caractéristiques du Bronze moyen atlantique. Le dépôt de Tréboul offre le même type de compositions (annexe 3/3), mais l'arsenic est moins dominant, ce qui entraîne pour conséquence que la confusion avec les compositions de type continental devient possible dans certains cas (p. ex. anal. Mal 27, 28, 29). A la fin du Bronze moyen, les mêmes compositions se retrouvent aussi

15 D'après cent treize analyses d'objets danois, encore inédites, aimablement communiquées par P. Northover (Oxford), que nous remercions très sincèrement.

parmi les haches à talon et les bracelets décorés de type Bignan (annexe 3/4). Toutes ne sont pas comparables aux compositions suisses, mais certaines en sont cependant très proches, spécialement quand le rapport As/Ni diminue et que l'antimoine augmente légèrement (2381-2384). Une hache à talon de type breton a même une composition à nickel dominant de type continental classique (2385).

Les vingt-cinq objets analysés de la région de Paris (annexe 3/5) sont donnés comme de typologie et de composition atlantiques. Ces compositions ressemblent, en effet, beaucoup à celles de Bretagne et sont elles aussi, pour la plupart, de type arsenic/nickel à faible antimoine. Le schéma à nickel dominant semble cependant plus fréquent qu'en Bretagne.

C'est en Picardie, dans le dépôt de Dommiers (Aisne), que l'on trouve sans doute les exemples de compositions Bronze moyen atlantiques les plus proches des compositions continentales contemporaines (annexe 3/6). Sept des huit haches à talon de type normand analysées ont des compositions de schéma  $As > Ni > Sb$  ou  $As = Ni > Sb$  d'un type tout à fait comparable à celui de notre groupe 2N, à tel point que l'on peut se demander s'il s'agit d'un métal atlantique ou continental. Pour J.-C. Blanchet, en tout cas, "les objets du dépôt de Dommiers ont un taux d'impuretés typique de la dernière période du Bronze moyen atlantique" (Blanchet 1984, p. 182). De bons rapprochements de détail sont possibles entre le dépôt de Dommiers et notre groupe 2N: 3225 et 3227 / 276, 578 et 644; 3226 / 914, 494 et 3; 3228 et 3229 / 880 et 688; 3230 / 555; 3232 / 808. Une hache à talon normande de Maudétour-en-Vexin (Val-d'Oise) montre, quant à elle, une composition de schéma  $Ni > As > Sb$  en tous points comparable à celles de notre groupe 3N (annexe 3/7).

S'il devait se vérifier que les compositions atlantiques de types  $As > Ni > Sb$  et  $Ni > As > Sb$  telles qu'on les rencontre à Dommiers, à Maudétour-en-Vexin et plus généralement dans le centre et l'ouest de la France sont bel et bien issues d'un "métal atlantique", il se pourrait alors que l'influence métallurgique atlantique, au niveau de la matière première, soit en Suisse plus forte qu'on ne pourrait l'imaginer. Cette hypothèse ne paraît cependant pas étayée par les objets Bronze moyen de typologie atlantique retrouvés en Suisse, qui sont très rares. Dans notre groupe 2N, deux haches à rebords élevés et talon naissant (589, 914) sont apparemment importées du nord de l'Allemagne. La composition de 914, avec 1.36% de plomb et un antimoine presque nul pour un fort arsenic, a une teinte assez nettement atlantique (nous la rapprochons d'ailleurs ci-dessus d'une hache de Dommiers), alors que celle de 589 paraît beaucoup plus "normale", quoique la teneur en plomb soit également supérieure à la moyenne. C'est aussi sa teneur en plomb très supérieure à la moyenne qui donne à la composition — par ailleurs tout à fait normale — de la hache à talon de Douvaine (494) une couleur éventuellement atlantique.

## 2. Les compositions à arsenic, nickel et antimoine

L'autre grand groupe de compositions Bronze moyen, caractérisé par des teneurs d'antimoine plus ou moins équivalentes à celles d'arsenic et de nickel, et représenté par les objets Bronze moyen de nos groupes 1N, 4N, 6N et 7N, est lui aussi attesté loin à la ronde en Europe centrale dès la deuxième moitié du Bronze ancien. Ce type de métal correspond au *Leitlegierungsgruppe IV (Fahlerzmetalle)*<sup>16</sup> de Otto et Witter (1952, p. 74-76, 176-187), qui distinguent, comme nous, deux variétés: l'une à forte teneur en argent, l'autre à faible teneur en argent. Celle à forte teneur en argent serait originaire des gisements de cuivre de la région de Saalfeld en Thuringe. Ce type de composition se retrouve également dans les dépôts bavarois de lingots en forme d'agrafes (*Spangenbarren*) de Waging et de Schabenberg discutés ci-dessus (annexe 3/8). La variante à faible teneur en argent semble se rattacher elle aussi au groupe de Stuttgart FB1 (analyses 15151, 15168, 15123, 15121, 15147 etc.), tandis que la variante à forte teneur en argent, selon le niveau des teneurs, est distribuée, entre autres, dans les groupes A2, B2 et C2D (15230, 15281, 15286, 15228 etc.).

Une hache à rebords élevés des Clayes-sous-Bois (Yvelines), de typologie plus atlantique que continentale, atteste la présence de ce type de composition dans le milieu métallurgique atlantique (annexe 3/5, 151). Elle est à arsenic dominant et forte teneur en argent.

Un cuivre à arsenic dominant, cobalt et argent faibles, très voisin de celui des objets Bronze moyen de notre groupe 1N, représente la matière première dominante de deux dépôts slovènes du BzD-HaA1, à Crmosnjice et à Udje (annexe 3/11). De bons rapprochements sont même possibles avec certains des objets de notre groupe 1N: 6454 / 595; 6433 / 668; 6437, 6449 et 6409 / 544; 6426, 6424 et 6407 / 537. Les teneurs en plomb sont cependant nettement supérieures en Slovénie. La composition d'une faucille de Crmosnjice (6455), de schéma  $As = Sb = Ni$  et isolée dans son contexte, est, quant à elle, très voisine de celle de 408 et 859, deux objets Bronze moyen de notre groupe 7N.

## 3. Le Bronze D - Hallstatt A1

Un bon ensemble de comparaison, occidental et relativement lointain, est fourni par les deux dépôts de Cannes-Ecluse (Seine-et-Marne; Gaucher/Robert 1967), dont cent trente-sept analyses (cent dix-neuf pour le dépôt I, dix-huit pour le dépôt II) ont été publiées par le laboratoire de Rennes, avant d'être reprises par J.-P. Mohen (annexe 3/9). Les analyses ont porté aussi bien sur des objets finis

16 Sur la notion de *Fahlerzmetall*, voir note 13, p. 57.

(haches, faucilles, lances, spirales) que sur des pièces de bronze brut (barres) et des lingots de cuivre plano-convexes (quarante exemplaires).

Le principal lien de parenté générale reliant les compositions chimiques de Cannes-Ecluse à celles de la Suisse est sans aucun doute la fréquence élevée des compositions pauvres. Elle atteint 81.7% à Cannes-Ecluse, alors qu'elle est comprise entre 54 et 79% en Suisse, selon les régions, le maximum étant justement atteint à l'ouest du pays (fig. 12).

La principale différence entre Cannes-Ecluse et la Suisse est celle qui distinguait déjà le Bronze moyen atlantique du Bronze moyen suisse: la prédominance des schémas à arsenic dominant (env. 58% à Cannes-Ecluse) sur les schémas à nickel dominant (env. 32%). Rappelons qu'en Suisse, les compositions à nickel dominant (45%) sont légèrement majoritaires par rapport aux compositions à arsenic dominant (35%). La fréquence élevée (env. 20%) des compositions à antimoine dominant, en Suisse, n'a pas non plus son pareil à Cannes-Ecluse, où elle n'est que d'environ 8%. Dans notre typologie, près des trois quarts (72.1%) des compositions de Cannes-Ecluse entreraient dans les groupes 2P (34.6%), 1P (21.3%) et 3P (16.2%). Elles sont donc moins dispersées que les compositions suisses du BzD-HaA1, dont la moitié seulement (49.6%) sont rassemblées dans les trois groupes les plus importants de la période (3P, 1P, 3N).

Si l'on pousse plus loin la comparaison et qu'on associe Cannes-Ecluse et la Suisse dans une même classification hiérarchique ascendante, les parentés entre les deux ensembles restent évidentes. En effet, les groupes issus de cette classification ont, bien sûr, une couleur tantôt "Cannes-Ecluse", tantôt "Suisse", en fonction des différences générales de schémas déjà mentionnées, mais ils ne sont jamais exclusifs et montrent même, souvent, des parallèles de composition très étroits entre les deux ensembles. Ces rapprochements portent sur les objets finis aussi bien que sur les lingots, et concernent les trois principaux groupes de compositions pauvres rencontrés en Suisse (3P, 1P, 2P, plus rarement 6P, vu la rareté de l'antimoine dominant à Cannes-Ecluse) ainsi que les deux principaux groupes de compositions normales (3N, 2N). Les objets suisses mis en rapport avec ceux de Cannes-Ecluse proviennent des trois parties du pays, avec une très légère prédominance de l'Ouest et du Centre-Ouest sur l'Est. Les numéros d'analyses de Cannes-Ecluse sont précédés ci-dessous des initiales CE.

Groupe 1P: CE 735 / 457; CE 795 / 421; CE 733 / 179; CE 729 / 195; CE 716 / 882; CE 687 / 513; CE 732 / 194;  
 Groupe 2P: CE 786 / 267; CE 669 / 273; CE 718 / 874; CE 702 / 186; CE 750 et 741 / 566; CE 671 / 178;  
 Groupe 3P: CE 737 / 812; CE 736 / 187; CE 768 / 528; CE 761 / 713; CE 752 / 565;  
 Groupe 5P: CE 757 / 263;  
 Groupe 4P: CE 715 / 184;

Groupe 7P: CE 722 / 268;  
 Groupe 6P: CE 696 / 869;  
 Groupe 1N: CE 756 / 563;  
 Groupe 2N: CE 751 / 415;  
 Groupe 3N: CE 739 / 866; CE 738 / 412;  
 Groupe 4N: CE 712 / 279.

Les principales matières premières du BzD-HaA1 suisse sont donc attestées à Cannes-Ecluse, ce qui constitue un argument supplémentaire en faveur de l'origine occidentale des nouveautés métallurgiques de cette période en Suisse.

Des comparaisons du même ordre — mais nous ne sommes, dans ce cas, pas entré dans les détails — pourraient être établies avec un autre dépôt du centre de la France, celui de Malassis à Chéry (Cher; Briard/Cordier/Gaucher 1969), dont quarante-sept objets (vingt-six lingots de cuivre et vingt et un bronzes) ont été analysés par le laboratoire de Rennes (Giot/Bourhis/Briard 1970, 37-40 et N° 615-661). Le trait le plus frappant des analyses de Malassis est, à nouveau, la haute fréquence des compositions pauvres, sensible avant tout dans les lingots (73%), beaucoup moins dans les objets finis (35%). Au vu de ce que nous savons en général des compositions du BzD-HaA1, on peut vraisemblablement en conclure que les lingots représentent à Malassis l'élément métallurgique nouveau, à la transition du Bronze moyen et du Bronze final.

Le dépôt de Villethierry (Yonne) offre lui aussi des possibilités de comparaisons avec la Suisse. Les analyses chimiques, du laboratoire de Rennes, font, avec quelques autres aspects techniques, l'objet d'une annexe de J. Bourhis, J. Briard et J.-P. Mohen à l'étude monographique de cet ensemble (Mordant/Prampart 1976, 207-221, 233). Le tableau typologique des compositions de ce dépôt (annexe 3/10), en ce qui concerne les soixante-deux épingles analysées, est assez voisin de celui de Cannes-Ecluse. Les deux groupes les plus représentés, en effet, sont de nouveau, dans l'ordre, 2P (40.3%) et 1P (21.0%), dans des proportions presque identiques à celles de Cannes-Ecluse. Le troisième groupe, cependant, n'est pas 3P, comme à Cannes-Ecluse, mais 2N (16.1%). Ces trois groupes rassemblent 77.4% des épingles. La proportion des compositions pauvres atteint 71%. Les ressemblances et les différences avec le matériel suisse sont donc toujours les mêmes que celles évoquées à propos de Cannes-Ecluse et de Malassis: prédominance des compositions pauvres (ressemblance), forte prédominance des schémas à arsenic dominant (différence). La composition des bronzes divers de Villethierry (quarante-deux analyses) est un peu différente de celle des épingles, mais encore plus proche de celles de Cannes-Ecluse. Les trois groupes les mieux représentés sont, en effet, 1P, 2P et 3P (68.2% à eux trois); mais 1P (24.4%) est un peu plus fréquent que 2P (21.9%). La fréquence des compositions pauvres atteint 80.4%. Autre différence notable avec la Suisse: l'alliage en étain,

beaucoup plus riche à Villettierry. Aucune des épingles analysées, en effet, ne montre une teneur en étain inférieure à 10% (le maximum est 20%) et, parmi les objets divers en bronze, quatre seulement ont moins de 10% d'étain.

Des éléments de comparaison existent aussi dans la région du sud-est des Alpes, en Slovénie, dans les deux dépôts BzD-HaA1 de Crmosnjice et de Udje (annexe 3/11), déjà mentionnés à propos du Bronze moyen. Les objets analysés, cent quinze en tout, sont des faucilles (surtout), des haches et des lingots plano-convexes. La grande majorité des compositions entreraient dans les groupes 1N et 2N de notre typologie. On ne peut donc pas parler d'une ressemblance générale entre la Slovénie et la Suisse à cette époque. Les rapprochements que nous proposons concernent plutôt des cas particuliers. Nous les énumérons ci-dessous dans l'ordre de fréquence des groupes métallurgiques suisses du BzD-HaA1. Les numéros de quatre chiffres se rapportent au dépôt de Crmosnjice, ceux de cinq chiffres à celui de Udje.

- Groupe 3P: 6472 / 418; 6434 / 85, 419 et 416; 6457 / 940. Au point de vue de leur composition, ces objets slovènes sont isolés dans leur milieu.
- Groupe 1P: 6466 / 176; 6416 / 513; 14416B et 14416E / 658; 14416G / 603. Dans les deux dépôts slovènes, les compositions de type 1P se rencontrent presque exclusivement dans les lingots.
- Groupe 3N: 14416F / 866. Compositions caractérisées par la teneur en nickel très supérieure à celles d'arsenic et d'antimoine, qui sont inférieures à 0.1%. Ce type se retrouve dans d'autres lingots slovènes, mais le lingot d'Aesch forme, avec 459 et 831, un groupe à part dans les compositions suisses.
- Groupe 2P: 14416H et 14416A / 874, 185 et 186. Le lingot 14416H, cependant, contient 0.18% de cobalt, c'est-à-dire beaucoup plus que les quatre autres objets.
- Groupe 6P: 14416J / 410, 189 et 532. Le parallèle est très satisfaisant, sauf pour le bismuth, dont le lingot slovène, d'ailleurs isolé dans son milieu, semble dépourvu.
- Groupe 2N: 14416D / 714 et 949. Les trois objets sont du schéma Bronze moyen classique, avec antimoine en retrait et peu d'argent, mais ils ont une teneur en cobalt exceptionnellement élevée pour ce schéma de composition. A ce point de vue, le lingot slovène ressemble à une faucille de l'autre dépôt (6476), mais les deux objets sont isolés dans leur milieu.

La composition du lingot d'Aesch 862, de schéma Ni>Sb=As, mais très isolée dans le groupe 4N1 à cause de ses teneurs très basses en cobalt et en argent, a de bons parallèles dans deux autres dépôts BzD-HaA1 de Slovénie, à Pusenci et à Hudinja (annexe 3/12).

Un dernier exemple des relations éventuelles entre la Suisse et le domaine sud-est-alpin au BzD-HaA1 est peut-être fourni par le couteau de Vétroz 651 (1P), du type Baierdorf et qui peut ainsi passer pour un objet importé.

## 4. Le Hallstatt A2 et le Hallstatt B1

### 1. Le cuivre à fort cobalt des groupes 4N et 3N

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de trouver hors du territoire suisse des preuves importantes et indiscutables de l'utilisation du cuivre de loin le plus typique du HaA2 suisse, caractérisé par les schémas à nickel dominant et fort cobalt de nos groupes 4N et 3N<sup>17</sup>. Les principaux indices à disposition sont constitués par quelques objets trouvés en Suisse, mais pouvant être considérés comme des importations. C'est le cas, en premier lieu, de trois haches du groupe 4N2 (114, 432, 682), que nous proposons d'interpréter comme protovillanoviennes et donc importées d'Italie, où ce type de métal aurait ainsi circulé en même temps qu'en Suisse. Un autre indice possible de l'usage d'un cuivre à fort cobalt en Italie est fourni par la hache 326, elle aussi de type protovillanovien. Elle n'est cependant pas à nickel, mais à arsenic dominant (groupe 1N).

Le même genre de question se pose à propos des haches de type Laugen-Melaun du Montlingerberg (925, 926, 928, 929, groupe 4N) et de Zurich (328, groupe 3N). Sont-elles représentatives du cuivre employé dans l'ensemble du territoire de la civilisation de Laugen-Melaun, en particulier dans le Tyrol du sud, ou ont-elles été fabriquées par les porteurs de cette civilisation dans l'est de la Suisse, mais avec le métal caractéristique du Plateau suisse ? Notons que leur forme n'est pas le seul élément qui les distingue des matériaux palafittiques. Leur alliage en étain, en effet, est nettement plus riche que celui pratiqué d'habitude sur le Plateau suisse.

Le couteau d'Hauterive 736 (groupe 3N), de forme très isolée dans son milieu, possède, quant à lui, de bons parallèles en Thuringe, déjà mentionnés dans notre chapitre typologique (p. 18). S'il devait être considéré comme une importation, il pourrait alors témoigner de l'usage du cuivre à fort cobalt en Europe centrale.

Signalons, enfin, un indice isolé de l'usage du cuivre à nickel dominant et fort cobalt dans le nord-ouest de l'Europe. Il s'agit d'un objet, indiscutablement rattachable à notre groupe 4N, appartenant au dépôt du Clos de la Blanche Pierre à Jersey (annexe 3/14, HB 45).

17 N. Trampuz-Orel et al. (1993, 169) ont récemment rapproché des compositions suisses du HaA2 quatre objets BzD-HaA1 du dépôt slovène de Pusenci (annexe 3/12), caractérisés eux aussi par un schéma de type Ni>Sb>As. Les teneurs très basses en cobalt (entre 0.01 et 0.03%) et en argent (entre 0.03 et 0.05%) montrent, cependant, que ce rapprochement est erroné.

Dans la même direction, mais beaucoup plus près de la Suisse, le dépôt français de Tavaux (Jura) exprime bien les différences de composition chimique paraissant exister au HaA2 entre l'est de la France et les lacs suisses, alors même que les ressemblances typologiques entre les deux régions sont évidentes. Le dépôt, inédit<sup>18</sup> mais analysé par J. Bourhis à Rennes (annexe 3/13), contient onze haches à ailerons supérieurs sans anneau<sup>19</sup>, la moitié distale d'une hache attribuable au même type, quatre faucilles à languette, plus ou moins complètes, ainsi qu'une grande faucille à bouton et trois nervures obliques proximales, datable probablement elle aussi du HaA2 (Primas 1986, N° 285-290, *hochgewölbte Knopfsicheln mit schräggestellten Basisrippchen*). Deux extrémités distales de haches sont, en revanche, du Bronze moyen ou du BzD-HaA1, tandis qu'un ciseau massif n'est pas datable avec précision. Des dix-sept objets HaA2, un seul semble se rattacher à notre type 4N classique, mais il n'y a pas de certitude, puisque le cobalt n'est pas analysé. Il s'agit de la faucille à bouton 3297, dont la composition est extrêmement voisine de celle de cinq objets HaA2 de notre corpus: 76 (couteau d'Estavayer), 447 (hache de Vallamand), 20 (couteau d'Hauterive), 773 (couteau d'Hitzkirch), 849 (couteau d'Hauterive). La hache 3283, quant à elle, de composition très voisine de 324 (hache HaA2 de Zurich), 118 (hache HaA2 de Morges) et 375 (hache HaB2 de Zurich), est un bon représentant du type 5N, mais la majorité des objets HaA2 de Tavaux se rattachent aux types 1N (3267, 3275, 3285, 3289, 3298), 6N (3269, 3273, 3277, 3279, 3281) et 1P (3271, 3295, 3299). Précisons que les objets de Tavaux de types 1N et 6N se distinguent presque tous du matériel HaB2 de Suisse par la faiblesse du nickel par rapport à l'arsenic et à l'antimoine. La hache 3279 (6N), qui n'a pas cette caractéristique, s'intègre parfaitement à une grappe d'objets de notre groupe 6N3: 145 (hache HaB2 de Concise), 210 (hache HaA2-B1 de Genève), 61 (hache HaB1 de Bevaix), 931 (hache HaB2 du Montlingerberg). Au point de vue de l'alliage, la différence entre Tavaux et le matériel suisse est également très sensible. Seize objets sur vingt montrent, en effet, une teneur en étain supérieure à 10%.

## 2. La Suisse et le métal de type "S"

Ce cuivre a été défini pour la première fois par P. Northover et étiqueté "S" dans le cadre d'une typologie des compositions chimiques de l'âge du Bronze en Grande-Bretagne (Northover 1980). Caractérisé par de bonnes doses à la fois d'arsenic, d'antimoine, d'argent et de nickel, il est considéré par Northover comme originaire de la région orientale du massif alpin, d'où il se serait répandu surtout vers le nord et le nord-ouest (Northover 1982b, 59-65). Dans le sud de l'Angleterre, il représente la matière première principale des dépôts de la phase de Wilburton, correspondant *grosso modo* au HaA2 et au HaB1 d'Europe centrale (Northover 1982a). Entre les Alpes et les Iles britanniques, les traces du métal "S"

seraient bien repérables en France au nord de la Loire, dans le Bassin parisien, en Picardie et surtout en Bretagne, où il caractériserait la phase de Saint-Briec-des-Iffs; mais c'est en Angleterre que ses vestiges seraient, de loin, les plus abondants. Il faut savoir, cependant, que P. Northover englobe dans son type "S" non seulement le métal de Wilburton et de Saint-Briec-des-Iffs, mais aussi tous les cuivres européens du Bronze final évolué à arsenic/antimoine/argent/nickel — c'est-à-dire, en particulier, les principales matières premières du Bronze final palafitique de Suisse, celles de nos groupes 4, 5 et 6.

A la suite des remarques déjà ébauchées par Northover (1987, p. 369), notre propos est donc de préciser les liens de parenté, évidents, existant entre ces cuivres palafitiques et le métal "S" tel qu'il caractérise les dépôts de la phase de Wilburton. Nous avons choisi de le faire à partir d'un ensemble précis, reconnu comme typologiquement et métallurgiquement caractéristique de Wilburton et dont la publication constitue la contribution la plus récente à l'étude du métal "S" anglais: le dépôt du Clos de la Blanche Pierre à Jersey (Coombs 1988; Northover 1987; annexe 3/14), dont nous abrégons le nom "CBP" dans les lignes qui suivent.

Au point de vue de leur composition chimique, les soixante-neuf objets analysés (nous ne tenons pas compte des quatre objets trop corrodés) donnent une forte impression d'homogénéité. Soixante-trois d'entre eux, en effet, sont caractérisés par de bonnes doses d'arsenic, d'antimoine, d'argent et de nickel, avec des teneurs d'argent souvent supérieures à celles de nickel. Ce sont ces soixante-trois objets qui, au CBP, méritent l'étiquette "S". Ils révèlent une minorité de compositions riches, parfois très riches (huit cas, jusqu'à 15.68% de teneur cumulée As/Sb/Ni), mais nombreuses sont les compositions normales à montrer des teneurs d'antimoine et/ou d'arsenic supérieures à 1%. Enfin — et c'est, dans notre optique, très important — les teneurs en cobalt sont inférieures à 0.1% dans plus de 90% des cas. Quant à leurs schémas de composition, les soixante-trois compositions de type "S" du CBP se répartissent dans cinq de nos types.

Groupe 6:	37	Sb>As>Ni	36
		Sb>As=Ni	1
Groupe 1:	23	As>Sb>Ni	16
		As=Sb>Ni	7
Groupe 5:	1	Sb>Ni>As	
Groupe 4:	1	Ni>Sb=As	
Groupe 2:	1	As>Ni>Sb	

18 Les dessins des objets nous ont été aimablement communiqués par Dominique Vuailat (Limoges). Nous l'en remercions très sincèrement.

19 Contrairement à ce qui est indiqué dans Bourhis/Briard 1979, il ne s'agit pas, en effet, de haches à ailerons médians du Bronze final I (BzD-HaA1).

Les schémas de types 6 (58.7%) et 1 (36.5%) sont les seuls à jouer un rôle important (95.2% à eux deux). On constate donc que le cuivre "S" de Wilburton, au-delà de la ressemblance générale des spectres d'impuretés, n'a pas grand chose de commun avec le métal caractéristique du HaA2 suisse, qui est surtout à nickel dominant et fort cobalt. Un seul objet, en effet (le fragment de lame d'épée inidentifiable HB 45, avec son schéma Ni>Sb=As à fort cobalt, 0.16%, et sa teneur en fer élevée, 0.31%), peut ou doit se rattacher au métal que l'on connaît en Suisse. Il s'intègre d'ailleurs parfaitement au sous-groupe 4N2, où il forme une très bonne paire avec 74 (hache d'Estavayer). Les compositions du CBP ne se rapprochent pas davantage du cuivre le plus courant du HaB1 suisse, celui de notre groupe 5, de schéma Sb>Ni>As. Le dépôt ne contient, en effet, qu'un seul objet de ce schéma: le fragment de hache à talon HB 19, qui s'intègre d'ailleurs parfaitement à notre sous-groupe 5N1. De par la prédominance des schémas de composition Sb>As>Ni et As>Sb>Ni, c'est donc de nos groupes 6 et 1 (c'est-à-dire de groupes en grande majorité HaB2 en Suisse) qu'il convient de rapprocher le métal "S" des dépôts de la phase de Wilburton. Pour mettre en évidence ce qui, dans notre corpus, pouvait être mis en relation directe et précise avec le CBP, les objets de type 6N de ce dépôt ont été incorporés à une nouvelle classification hiérarchique ascendante du groupe 6N. Les principaux résultats en sont résumés ci-dessous.

Dix-neuf des trente et un objets (61.3%) du CBP se rattachent à des sous-groupes du groupe 6N dans lesquels se concentrent beaucoup des objets 6N suisses antérieurs à HaB2. HB 28, 29, 31, 33, 35, 46 et 55 sont ainsi incorporés au sous-groupe 6N3, qui contient dix-huit des vingt et un objets HaA2 du groupe 6N. Ils se rapprochent particulièrement de 153, 741, 90, 617, 615 et 915 — six objets qui, comme ceux du CBP, sont caractérisés par la faiblesse du nickel par rapport à l'arsenic et à l'antimoine, par de fortes teneurs d'argent (sauf 741) et de faibles teneurs de cobalt. HB 8, 11, 18, 21, 22, 34, 37, 42, 44, 51, 56 et 57, quant à eux, trouvent place dans le sous-groupe 6N1, qui rassemble les compositions les plus riches du groupe 6N et qui est en majorité HaB1. Mais les objets du CBP se distinguent de la majorité de ceux de 6N1 par la faiblesse relative du nickel. Trois objets suisses, cependant, sont plus proches que les autres de ceux du CBP: 922, 339 et 448. Au moins quatre objets du CBP se rattachent au type de composition caractéristique du HaB2 suisse et sont, de ce fait, extrêmement proches de certains des objets des sous-groupes 6N2 et 6N3: HB 49 et 53 / 70, 151, 79; HB 32 / 575, 576, 389 et 498 (quasi-identité). HB 30, seul représentant du schéma Sb>As=Ni au CBP, est de composition jumelle avec 129, 499, 139 et 198.

D'autres objets du CBP se rapprochent de très près d'objets prépalafittiques du groupe 6N. C'est le cas de HB 23 et HB 52, qui forment un groupe très compact avec 42 (HaB1), 567 et 604 (BzD-HaA1)), un peu plus lâche

avec 271, 948 et 868 (ces trois derniers objets ont moins d'argent).

Une deuxième classification hiérarchique ascendante a associé les objets du CBP de type 1N à ceux de notre groupe 1N. Elle montre qu'il n'y a que peu d'affinités entre les deux ensembles. Vingt et un des vingt-quatre objets du CBP, en effet, ne se mêlent pas au groupe 1N et restent entre eux. Deux des trois autres (HB 15, 67), qui ont moins d'argent, forment un petit groupe avec 909 (Bronze moyen), 512 (indéterminé) et 27 (HaB2). Le dernier (HB 34) est associé à 78 (HaB2), 1 (Bz ancien) et 544 (Bz moyen).

Les huit compositions riches du CBP (HB 48, 20, 5, 2, 7, 43, 69, 61) sont toutes, sauf une (HB 61, As>Sb>Ni), de schéma Sb>As>Ni. C'est donc du groupe 6R qu'il convient de les rapprocher — sans grand succès, d'ailleurs, car la faiblesse relative du nickel, dont les teneurs n'augmentent pas en fonction de celles d'arsenic et d'antimoine, les distingue très clairement des objets suisses.

En résumé, la généralisation, dès le HaA2, de l'usage de cuivres de type fahlerz (As/Sb/Ag/Ni) semble être un phénomène d'échelle européenne, affectant non seulement les régions alpines, d'où viendraient ces cuivres, mais aussi de vastes territoires d'Europe centrale, centre-occidentale et septentrionale, où ce type de métal parvient en force jusque dans les Iles britanniques et en Scandinavie<sup>20</sup>. La Suisse participe à ce phénomène, mais la comparaison avec le groupe de Wilburton montre que les principales matières premières utilisées en Suisse au HaA2 et au HaB1 diffèrent sensiblement de celles exportées jusqu'en Angleterre dans ce courant diffusionniste reliant les Alpes et l'Europe du nord-ouest. Ces différences s'expliquent très vraisemblablement par la diversité des gisements de cuivre alpins exploités à l'époque. L'absence de matériaux de comparaison dans les régions limitrophes de la Suisse empêche pour l'instant d'évaluer le caractère éventuellement original des cuivres utilisés en Suisse, à nickel dominant et fort cobalt (HaA2) et de schéma Sb>Ni>As (HaB1). La comparaison avec le CBP confirme, d'autre part, ce que nous avons observé à partir des matériaux suisses, à savoir que le cuivre classique du HaB2, de schéma Sb>As>Ni ou Sb>As=Ni à teneurs modérées, commence à se répandre dès le HaB1, voire le HaA2, avant de s'imposer à la phase suivante, lui aussi à une échelle européenne.

20 D'après cent onze analyses d'objets danois des périodes IV et V, encore inédites, aimablement communiquées par P. Northover (Oxford), que nous remercions très sincèrement. En très grande majorité de schéma Sb>As>Ni et avec des teneurs plutôt basses en cobalt (0.029 à la période IV, 0.114 à la période V), elles ressemblent à celles du groupe de Wilburton, mais aucune d'entre elles ne peut être rattachée à nos groupes 4N et 3N, à nickel dominant et fort cobalt.

Le métal "S" de type Wilburton se retrouve à la même époque et sans changements dans le nord et le nord-ouest de la France. En Bretagne, il représente le métal typique de la phase de Saint-Brieuc-des-Iffs. Le dépôt éponyme (Ille-et-Vilaine) en est le meilleur représentant (annexe 3/15). Il donne, *grosso modo*, la même image que le Clos de la Blanche Pierre: des vingt-huit compositions de type "S", plus de 80% sont de nos types 6 (60.7%) et 1 (21.4%), l'arsenic et l'antimoine dominant très nettement le nickel. Les teneurs en argent sont fortes et celles en cobalt, dans les treize cas où cet élément est dosé, toujours inférieures à 0.1%.

Dans la région de Paris, huit des quatorze analyses de cette période publiées par J.-P. Mohen sont à rattacher au métal "S" (annexe 3/16) que l'on reconnaît, en Picardie, dans les dépôts d'Erondelle (Somme) et de Giraumont (Oise) (annexe 3/17). Plus près de la Suisse, en Côte-d'Or, cinq objets du dépôt HaB1 de Blanot sont également de bons représentants du métal "S" de type Wilburton (annexe 3/20, N° 36, 38, 39, 40, 43).

### 3. Les compositions de type 5 au Hallstatt B1

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, ce schéma de composition, le plus fréquent en Suisse au HaB1, n'est pour ainsi dire pas attesté dans le métal de type "S" caractérisant le sud de l'Angleterre ainsi que le nord et le nord-ouest de la France au HaA2 et au HaB1. Faute d'analyses, on ne peut pas non plus savoir s'il a connu, dans les régions limitrophes de la Suisse, la même vogue qu'en Suisse même. C'est de nouveau une "importation" (le couteau de type Fontanella d'Hauterive, 850, groupe 5N1, du HaA2-B1) qui témoigne peut-être de son usage dans le nord de l'Italie protovillanovienne.

Il est également très difficile, voire impossible, de trouver des parallèles absolument convaincants aux compositions riches de schéma Sb>Ni>As si caractéristiques du HaB1, spécialement en Suisse orientale. Nous avons vu, en effet, que les compositions riches du métal "S" de type Wilburton sont de schéma Sb>As>Ni ou As>Sb>Ni, comme l'est aussi la grande majorité des compositions normales de ce type de métal. Dans l'état actuel des connaissances, il semble que c'est avec le Bronze ancien de Suisse orientale et du Bade-Wurtemberg que les rapprochements sont les plus évidents. Nous voulons parler des haches de Salez et du "*Singener Metall*", que l'on a l'habitude de dater du Bronze A1.

Les haches du dépôt de Salez (Abels 1972, pl. 2-6; Bill 1985) ont des compositions très riches (annexe 3/18), montrant des teneurs cumulées As/Sb/Ni comprises entre 9 et 18.5%, en majorité entre 14 et 17%. Les teneurs en argent sont élevées (autour de 1.2%), celles en cobalt relativement modérées (environ 0.5%). Le schéma de composition est presque exclusivement Sb>Ni>As (deux cas de Sb>As>Ni).

Le schéma dominant à Salez est donc celui du groupe 5R, mais les teneurs des haches de Salez sont en général beaucoup plus fortes que celles de la plupart des objets HaB1. Quelques objets de nos groupes 5R et 6R se rapprochent cependant beaucoup de certaines haches de Salez (950, 365, 900, 901, 765). Ils s'en distinguent, malgré tout, par des teneurs en argent et en cobalt nettement inférieures. Les compositions riches du HaB1 n'ont donc pas l'air d'être issues de la refonte d'objets Bronze ancien, comme on aurait pu le croire. Néanmoins, la parenté indéniable existant entre les deux ensembles, du point de vue géographique également, pourrait constituer un bon argument en faveur de l'hypothèse d'une origine minière commune.

Les analyses des objets du cimetière de Singen am Hohentwiel (Bade-Wurtemberg) sont réunies et discutées dans la monographie de ce cimetière (Krause 1988; annexe 3/19). Elles révèlent un cuivre du même genre que celui des haches de Salez, tendant vers le schéma Sb>Ni>As, avec des teneurs cumulées As/Sb/Ni comprises entre 2.5 et 9.5% environ, le maximum de fréquence se situant vers 6% environ. Ce cuivre, moins chargé en impuretés que celui des haches de Salez, est donc, en gros, assez voisin de celui du groupe 5R, sauf en ce qui concerne l'argent, dont les concentrations sont plus élevées à Singen (fréquence maximum vers 1%). Quoi qu'il en soit des liens de parenté exacts existant entre Salez et Singen d'une part, les compositions riches du HaB1 d'autre part, il est intéressant de remarquer que l'usage de ces cuivres très chargés en impuretés<sup>21</sup>, inauguré dès le début du Bronze ancien, a subi, dans cette région tout au moins, une éclipse d'un bon millénaire, pour réapparaître très brièvement dans le courant du 10<sup>e</sup> siècle av. J.-C.

### 4. Le dépôt de Blanot

Cinquante analyses, de J. Bourhis (Rennes) sont publiées dans la monographie du dépôt (Thévenot 1991, p. 141; annexe 3/20). Elles ne tiennent pas compte du cobalt. Peut-être, en partie, à cause de la nature très particulière, "prestigieuse", de ce dépôt, qui ne contient aucun outil courant mais seulement des récipients métalliques et des objets de parure, les compositions chimiques de Blanot donnent une image d'ensemble sensiblement différente de celle que nous avons mise en évidence sur le Plateau suisse. Cette différence s'exprime surtout dans la fréquence comparée des principaux types de composition. Les types 5N, 5R et 4N, les trois plus fréquents en Suisse au HaB1 (21.9%, 19.3%, 17.5%) ne représentent en effet, respectivement, que 6%, 0% et 8% des objets de Blanot, et il faut encore ajouter que le type 4N de Blanot n'a rien à voir avec le 4N classique du HaA2 et B1 suisse. Inversement, des trois types les plus fréquents à Blanot — 6N, 1N, 4P — seul 6N joue en Suisse un rôle important au HaB1 (16.7%). Deux

21 C'est à eux que s'applique le mieux le label "*Fahlerzmetall*".

caractéristiques générales sont, en revanche, communes à Blanot et à la Suisse: la dispersion typologique des compositions — les trois types les plus fréquents ne rassemblent que 58% des objets à Blanot, 58.7% en Suisse — et la fréquence élevée des compositions pauvres (32% à Blanot), ce dernier trait ne concernant que le Centre-Ouest et l'Ouest (surtout) de la Suisse. Si les différences d'ensemble entre Blanot et la Suisse sont donc très nettes, la comparaison de détail montre cependant que la majorité des analyses de Blanot trouvent dans notre corpus de bons, voire de très bons parallèles, que nous renonçons cependant à énumérer ici. Parmi les compositions qui se distinguent bien de celles de la Suisse, mentionnons celles qui relèvent du métal "S" de type Wilburton (N° 36, 38, 39, 40, 43) et que nous avons déjà signalées en parlant de cette matière première particulière.

## 5. Le Hallstatt B2

La dernière phase du Bronze final est caractérisée par l'usage très largement dominant du cuivre de type 6N, de schéma Sb>As>Ni ou Sb>As=Ni. Trois quarts des objets suisses de cette période, rappelons-le, sont fabriqués à partir de ce matériau, qui représente une des formes du métal "S" selon P. Northover (1982b, 63-67). Comme c'était le cas au HaB1 pour d'autres variantes de ce métal, celle-ci est à nouveau répandue — toujours à partir du massif alpin, semble-t-il — loin en direction du nord et du nord-ouest, mais nous manquons encore cruellement d'analyses pour cerner le phénomène avec précision. Ce qui est sûr, cependant, c'est que sa poussée vers l'ouest et le nord-ouest est bien moindre que celle du métal "S" du HaB1. Dans les régions atlantiques de France et d'Angleterre, en effet, s'impose à ce moment un métal tout différent, plus proche de ceux du Bronze moyen et du BzD-HaA1, d'origine vraisemblablement atlantique et qui caractérise les dépôts contenant les épées "en langue de carpe" (Briard/Bourhis 1984; Northover 1982b, 63-67). Selon P. Northover, le métal "S" du HaB2 continue cependant à parvenir jusqu'en Angleterre via la vallée du Rhin, mais en bien moindres quantités qu'à la phase de Wilburton. On le trouverait, entre autres, dans un certain nombre d'épées du type Ewart Park, de la phase du même nom, surtout dans le sud-est, l'est et le nord du pays (annexe 3/21). On constate, en effet, que plusieurs de ces armes révèlent la composition typique de notre groupe 6N. Deux autres épées du même type et de la même région (N° 378, 388) ont une composition de type Sb>Ni>As classique (5N), tandis que le schéma As>Sb>Ni (1N), qui joue en Suisse un rôle assez important, est attesté une fois (N° 562).

En France, il n'est pas rare que des objets de typologie continentale se trouvent en petit nombre dans des dépôts atlantiques de type "langue de carpe". Ces objets révèlent alors souvent une composition également continentale, le

plus souvent de type Sb>As>Ni. On peut citer ici les exemples de Vénat (Charente; annexe 3/22) et de Triou (Deux-Sèvres; annexe 3/23). Le métal de type 6N se retrouve aussi dans la région de Paris, qui se situe à peu près à la limite des zones d'influence métallurgiques continentale et atlantique. Un bracelet astragalé du dépôt de Choisy-le-Roi (Val-de-Marne) en est un bon exemple (annexe 3/24, 570). Un couteau du même dépôt présente, lui, une composition à arsenic dominant de type classique (N° 568). Dans le dépôt du Plainseau, à Amiens (Somme), les objets de tradition continentale que sont les haches à ailerons ne sont pas fabriqués à partir du métal continental (Blanchet 1984, p. 441-442) et la seule composition continentale, de type 6N classique, est celle d'une des haches à douille, typiquement atlantique, du type du Plainseau (annexe 3/25).

Quelques excellents parallèles aux compositions suisses de type 6N ont été publiés par A. Jockenhövel et G. Wolf (1988; annexe 3/26). Il s'agit de treize lingots et produits semi-finis en cuivre pur (neuf exemplaires) ou en bronze (quatre exemplaires), appartenant à six dépôts HaB2 répartis sur une ligne sud-nord entre le sud du Wurtemberg et la Basse-Hesse.

Neuf de ces treize objets s'intègrent parfaitement à notre sous-groupe 6N2 (N° J52, 53, 55, 26, 54, 59, 21, 06, 19). A. Jockenhövel les rapproche à juste titre des analyses d'Auvernier et de Corcelettes (Rychner 1983 et 1987), et signale le parallèle existant entre la voie sud-nord dessinée par ces dépôts d'une part, et l'expansion vers le nord, à la même époque, de certaines formes d'objets palafittiques. Ce genre de métal est baptisé par A. Jockenhövel "type Unadingen", du nom du dépôt le plus méridional de la série.

Il existe deux petites différences de composition entre le matériel suisse et ces quelques objets allemands qui ont, en effet, systématiquement un peu plus de cobalt et un peu moins d'argent. Cette dernière caractéristique, cependant, ne concerne que les objets en cuivre pur. Les objets en bronze révèlent, en effet, la même teneur en argent que celle de notre groupe 6N (environ 0.15%), ce qui montre que cet élément a bien des chances d'être couplé au plomb, qui n'est malheureusement pas pris en compte dans ces analyses. Les lingots allemands, d'autre part, contiennent plus de fer que nos objets finis, ce qui est normal. Quant aux divergences concernant le cobalt, on ne peut pas exclure que la méthode d'analyse différente (activation neutronique) ou l'appareillage utilisé puisse en être responsable.

Toujours est-il que, cobalt et argent mis à part, les rapprochements de détail entre le matériel suisse et ces objets allemands sont pour le moins étonnants. Dans plusieurs cas, en effet, marqués ci-dessous d'un astérisque, les teneurs d'arsenic, d'antimoine et de nickel peuvent être considérées comme jumelles: J52 / 574, 504, 163 et

608; J53 / 217\*, 88\*, 130, 522; J55 / 503\*, 302, 733, 814; J26 / 216\*, 133, 79, 506, 70; J21 / 637\*, 161, 157; J19 / 796\*, 889, 255. Des quatre autres analyses publiées, l'une (J60) se rattache au groupe 6N3 à cause de sa plus haute teneur en antimoine. Elle est proche de celle d'une hache HaA2 de Morges (90). Un autre objet (J56), de schéma Sb>Ni>As, est à rattacher à notre groupe 5N1, où il se rapproche de 206 (hache HaB2 de Genève). Le troisième objet (J30) est de schéma Ni>Sb>As, mais sa faible teneur en cobalt montre qu'il n'est pas à confondre avec le cuivre classique du HaA2. Il est proche de notre 49. Par ses teneurs très élevées d'antimoine (13.5%), d'arsenic (2.70%) et de nickel (2.00%), le dernier objet (J51) est à rapprocher de nos compositions riches du HaB1 et des haches de Salez.

La propagation, loin au sud des Alpes, du métal de type 6N est attestée par quelques objets du dépôt de San Francesco à Bologne (annexe 3/27). Huit des onze objets finis analysés, en effet, se rattachent sans doute possible à notre groupe 6N, même si les teneurs en cobalt sont en général un peu plus faibles. Ce type de composition n'est pas représenté parmi les treize lingots analysés, dont quatre exemplaires (A-D) montrent des compositions normales de schéma As>Sb>Ni. Ils ne sont pas, pour autant, assimilables à notre type 1N du HaB2, car trois fois sur quatre la teneur en nickel est inférieure à 0.1%, et les teneurs en cobalt sont nulles les quatre fois. Reste à savoir dans quelle mesure les vingt-quatre objets analysés sont représentatifs des quatorze mille huit cent quarante et un que compte le dépôt de San Francesco !

## 6. Conclusions

Les lacunes de la documentation dans les régions voisines de la Suisse sont encore telles qu'aucune conclusion sérieuse ne peut être tirée des quelques comparaisons proposées ci-dessus. Elles permettent cependant d'entrevoir quelques tendances.

C'est ainsi qu'au Bronze moyen, il semble bien que la Suisse ne constitue pas un isolat, mais que les compositions à arsenic/nickel et antimoine faible soient au contraire très fréquentes, voire dominantes, loin à la ronde, aussi bien en Allemagne qu'en France. La distinction, dans ce genre de composition, entre un type atlantique d'une part (qui caractériserait l'ouest et le nord de la

France) et un type continental d'autre part, est loin d'être toujours évidente; il n'est donc pas facile d'attribuer à l'un ou à l'autre les compositions suisses. L'autre groupe de composition important du Bronze moyen suisse (à arsenic/antimoine/nickel, avec ou sans argent) semble, quant à lui, nettement plus centre-européen qu'occidental.

Comme les ensembles de comparaison ne proviennent alors que d'une seule région (la France), la situation est encore beaucoup moins claire au BzD-HaA1, période qui, en Suisse, est sans doute la plus difficile à caractériser au point de vue des compositions chimiques. Les parentés entre la France et la Suisse sont évidentes, spécialement en ce qui concerne la fréquence des compositions pauvres. Les rapprochements de détail, d'autre part, montrent que les mêmes matières premières ont circulé dans les deux régions (en partie, au moins).

Au cours du Bronze final évolué, il semble que la généralisation d'un métal de type fahlerz (As/Sb/Ag/Ni), à un moment du HaA2 ou du HaB1 qu'il est encore difficile de préciser, soit un phénomène caractérisant une large partie de l'Europe centre-occidentale, entre Alpes et Mer du Nord. Ce type de métal, cependant, connaît plusieurs variétés. C'est ainsi que le métal "S" caractéristique des groupes de Wilburton et de Saint-Brieuc-des-Iffs n'est que très peu représenté en Suisse. Pour l'instant, aucun élément ne permet encore de juger de l'éventuelle originalité des types métallurgiques principaux du HaA2 et du HaB1 suisses (4N, 3N à cobalt et 5N).

Au HaB2, avec le quasi-monopole du type 6N, la Suisse connaît une unification spectaculaire des types métallurgiques. Les limites de la zone d'emprise de ce métal sont encore impossibles à cerner, mais il est sûr, cependant, que sa poussée vers le nord-ouest est moins importante que celle du métal "S" de type Wilburton. Sa progression vers le nord, en revanche, est bien attestée par les trouvailles de la Hesse et du Bade-Wurtemberg.

A toutes les époques, le manque de possibilités de comparaison avec l'Italie et le Tyrol se fait sentir d'autant plus cruellement que les relations entre le Plateau suisse et ces régions devaient être importantes, spécialement au début du Bronze final palafittique. Quelques indices, encore ténus (composition chimique de quelques haches protovillanoviennes et de type Laugen-Melaun), pourraient signifier que le métal typique du HaA2 suisse (4N et 3N à fort cobalt) circulait aussi dans ces régions.

## 8

# 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'à l'Est 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 plomb 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 smeltage 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 smeltage 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/claronnaise. En tout état de cause, le mélange de cuivres différents paraît plus vraisemblable que celui de minerais d'origines différentes lors du smeltage, 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 smeltage sur les teneurs en impuretés du minerai de cuivre*. Dans quelle mesure, en effet, les "signatures 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 smeltage (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 chalcopirite, minerai certainement le plus couramment exploité au Bronze moyen et final. Son élimination, qui constitue (avec celle du soufre) le but principal du smeltage, 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 *rappports* existant entre les différentes teneurs. Ceci dit, aucune expérimentation de smeltage de minerais sulfureux fortement chargés en

22 Cette "logique" ne semble pas avoir été toujours respectée, comme le montrent les fours de smeltage découverts à Fennhals (Haut-Adige), que cinq heures de marche séparent des minerais les plus proches (Nothdurfter/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 minerai, 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 Neuning, Preuschen et Pittioni va sans doute permettre de voir plus clair dans ce domaine (Pernicka 1995, 76, fig. 25, qui mélange malheureusement deux minerais différents !; Christoforidis/Pernicka/Schickler 1988, 535, fig. 2). Il est évident, en tout cas, qu'une analyse isolée ne suffit pas à définir un minerai, et que l'analyse d'une grande série d'échantillons peut seule rendre compte de l'amplitude des variations de composition.

À l'examen de nos analyses de métal, on peut cependant douter que cette amplitude ait été très considérable dans les minerais 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 minerai. 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 smeltage 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 minerai 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 minerai 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 minerais 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 minerais 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 minerais 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 (*Schlackenhalde*), 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 "*ostalpinen 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 (*Spangenbarren*). 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-Bertagrube

(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 smeltage, 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 smeltage, qui ne sont pas toujours en rapport immédiat avec des gisements de cuivre connus (Nothdurfter/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,

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

25 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 smeltage 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 *Schlackenhalde*. 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 minerais de l'Oberhalbstein — comme tous les autres minerais 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 minerais avec les objets finis. Nous savons seulement (Dietrich 1972) que le principal minerai de cuivre de l'Oberhalbstein est la chalcopryrite; qu'en importance, il vient au troisième rang derrière la pyrrhotine et la magnétite (minerais de fer, eux aussi exploités très tôt), et que la teneur en cuivre de ces chalcopryrites, 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 minerais de cuivre et de fer sont associés à des quantités assez importantes de bravoite ( $[\text{Ni}, \text{Co}, \text{Fe}]_2\text{S}_2$ ). Le type de cuivre que le smeltage de cette association minéralogique (chalcopryrite + bravoite) 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 *grasso*

*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 smeltage 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 HaBl 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 minerais, 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 minerais 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’archéométaballurgie 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.

## BIBLIOGRAPHIE

### ABELS B.-U.

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

### ANTONACCI SANPAOLO E. (éd.)

- 1992 *Archeometallurgia: ricerche e prospettive. Atti del colloquio internazionale di archeometallurgia, Bologna - Dozza Imolese, 18-21 ottobre 1988*. Bologna: Cooperativa Libreria Universitaria Editrice Bologna, 1992.

### ANTONACCI SANPAOLO E., CANZIANI RICCI C. & FOLLO L.

- 1992 Il deposito di San Francesco (Bologna) ed il contributo delle indagini archeometallurgiche. In: Antonacci Sanpaolo E. (éd.) 1992, 159-206.

### BECK A.

- 1980 *Beiträge zur frühen und älteren Urnenfelderkultur im nordwestlichen Alpenvorland*. München: Beck, 1980 (Prähistorische Bronzefunde; XX/2).

### BEGEMANN F., SCHMITT-STRECKER S. & PERNICKA E.

- 1992 The metal finds from Thermi III-IV: a chemical and lead-isotope study. *Studia Troica*, 2 (1992), 219-239.

### BERNATZKY-GOETZE M.

- 1987 *Mörigen: die spätbronzezeitlichen Funde*. Basel: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 1987 (Antiqua; 16).

### BIANCO PERONI V.

- 1976 *Die Messer in Italien - I coltelli nell'Italia continentale*. München: Beck, 1976 (Prähistorische Bronzefunde; VII/2).

### BILL J.

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

### BLANCHET J.-C.

- 1984 *Les premiers métallurgistes en Picardie et dans le Nord de la France. Chalcolithique, âge du Bronze et début du premier âge du Fer*. Paris: Société préhistorique française, 1984 (Mémoires de la Société préhistorique française; 17).

### BOCKSBERGER O.-J.

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

### BOURHIS J.

- 1984 Analyses des cuivres et bronzes de Picardie et du Nord-Ouest de la France. In: *Paléoméallurgie de la France atlantique 1*, 23-43.

### BOURHIS J.R., GIOT P.-R. & BRIARD J.

- 1975 *Analyses spectrographiques d'objets préhistoriques et antiques. Troisième série*. Rennes: Université de Rennes, 1975 (Travaux du Laboratoire "Anthropologie-Préhistoire-Protohistoire-Quaternaire armoricains").

- BOURHIS J.R. & BRIARD J.  
 1979 *Analyses spectrographiques d'objets préhistoriques et antiques. Quatrième série.* Rennes: Université de Rennes, 1979 (Travaux du Laboratoire "Anthropologie-Préhistoire-Protohistoire-Quaternaire armoricains").
- BRIARD J.  
 1988 La métallurgie du groupe Saint-Brieuc-des-Iffs. In: Brun & Mordant (éd.) 1988, 533-538.
- BRIARD J. & BOURHIS J.  
 1984 La paléométallurgie du Nord-Ouest de la France. Spectrographie des bronzes. In: *Paléométallurgie de la France atlantique 1*, 45-61.
- BRIARD J., CORDIER G. & GAUCHER G.  
 1969 Un dépôt de la fin du Bronze moyen à Malassis, commune de Chéry (Cher). *Gallia-Préhistoire*, 12 (1969), 37-73.
- BRIARD J. & VERRON G.  
 1976 *Typologie des objets de l'âge du Bronze en France.* Fascicule III: *Haches (1)*. Fascicule IV: *Haches (2), herminettes*. Paris: Société préhistorique française, 1976.
- BRUN E.  
 1987 *Geschichte des Bergbaues im Oberhalbstein.* [Davos]: Verlag Bergbaumuseum Graubünden, 1987.  
 1991 Der prähistorische Kupferbergbau im Oberhalbstein. *Minaria helvetica*, 11 (1991) a, 20-33.
- BRUN P. & MORDANT C. (éd.)  
 1988 *Le groupe Rhin-Suisse-France orientale et la notion de civilisation des Champs d'urnes. Actes du colloque international de Nemours 1986.* Nemours: Association pour la promotion de la recherche archéologique en Ile-de-France, 1988 (Mémoires du Musée de préhistoire d'Ile-de-France; 1).
- BURKART W.  
 1946 *Crestaulta: eine bronzezeitliche Hügelsiedlung bei Surin im Lugnez.* Basel: Birkhäuser, 1946 (Monographien zur Ur-und Frühgeschichte der Schweiz; 5).
- CARANCINI G.L.  
 1984 *Le asce nell'Italia continentale II.* München: Beck, 1984 (Prähistorische Bronzefunde; IX/12).
- CAVIEZEL H.  
 1890 Die neuesten archäologischen Funde in Graubünden. *Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde*, 23 (1890) 3, 344-348.
- CHRISTOFORIDIS A., PERNICKA E. & SCHICKLER H.  
 1988 Ostalpine Kupferlagerstätten und ihre Bedeutung für die prähistorische Metallgewinnung in Mitteleuropa. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 35 (1988) 2, 533-536.
- COFFYN A., GOMEZ J. & MOHEN J.-P.  
 1981 *L'apogée du Bronze atlantique: le dépôt de Vénat.* Paris: Picard, 1981 (L'âge du Bronze en France; 1).
- COGHLAN H., BUTLER J.R. & PARKER G.  
 1963 *Ores and metal: a report of the ancient mining and metallurgy committee, Royal Anthropological Institute.* London: Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, 1963.
- COOMBS D.G.  
 1988 The late Bronze age hoard from Clos de la Blanche Pierre, St. Lawrence, Jersey, Channel Isles. *Oxford Journal of archaeology*, 7 (1988) 3, 313-342.
- COUTIL L.  
 1914a La cachette de l'âge du Bronze de Briod (Jura). In: *Congrès préhistorique de France. Compte rendu de la 9<sup>e</sup> session, Lons-le-Saunier 1913.* Paris: Société préhistorique française, 1914, 443-450.  
 1914b La cachette de fondeur de Larnaud (Jura). In: *Congrès préhistorique de France. Compte rendu de la 9<sup>e</sup> session, Lons-le-Saunier 1913.* Paris: Société préhistorique française, 1914, 451-469.
- CRADDOCK P.T.  
 1978a The composition of the copper alloys used by the Greek, Etruscan and Roman civilizations. 3: The origins and early use of brass. *Journal of archaeological science*, 5 (1978), 1-16.  
 1978b Europe's earliest brasses. *Masca Journal*, Vol. 1, December 1978, 4-5.  
 1980 The first brass: some early claims reconsidered. *Masca Journal*, Vol. 1, Number 5, December 1980, 131-133.
- DE MARINIS R.C.  
 1992 Il territorio prealpino e alpino tra i Laghi di Como e di Garda dal Bronzo recente alla fine dell'età del Ferro. In: Metzger & Gleirscher (éd.) 1988, 145-174.

- DIETRICH V.  
1972 *Die sulfidischen Vererzungen in den Oberhalbsteiner Serpentiniten: ein Beitrag zur Kenntnis der alpinen Metamorphosen und des Gebirgsbaues im südlichen Graubünden*. Bern: Kümmerly & Frey Kommissionsverlag, 1972 (Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie; 49).
- EBERSCHWEILER B., RIETHMANN P. & RUOFF U.  
1987 Greifensee-Böschen ZH: ein spätbronzezeitliches Dorf. Ein Vorbericht. *Jahrbuch der schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte*, 70 (1987), 77-100.
- ECKEL F.  
1992 *Studien zu Form- und Materialtypologie von Spangenbarren und Ösenringbarren. Zugleich ein Beitrag zur Frage der Relation zwischen Kupferlagerstätten, Halbzeugproduktion und Fertigwarenhandel*. Bonn: Habelt, 1992 (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde; 54).
- EIBNER C.  
1982 Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen. In: *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr.* Bad Bramstedt: Moreland, 1982 (Prähistorische Archäologie in Südosteuropa; 1), 399-407.
- FELLENBERG L.R. VON  
1860-61 Analysen von antiken Bronzen. *Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern*, 1860, 43-56, 65-79, 153-162; 1861, 41-55, 1-15.
- FREI B.  
1970 Urgeschichtliche Räter im Engadin und Rheintal? *Jahrbuch der schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte*, 55 (1970), 135-139.  
1971 Die späte Bronzezeit im alpinen Raum. In: *Ur- und frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz. III: Die Bronzezeit*. Basel: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 1971, 87-101.
- GALLAY A.  
1976 Origine et expansion de la civilisation du Rhône. In: *Les âges des métaux dans les Alpes* (U.I.S.P.P., 9<sup>e</sup> Congrès, Nice 1976. Colloque 26. Prétirage.), 5-26.
- GAUCHER G. & ROBERT Y.  
1967 Les dépôts de bronze de Cannes-Ecluse (Seine-et-Marne). *Gallia-Préhistoire*, 10 (1967), 169-223.
- GIOT P.-R., BOURHIS J. & BRIARD J.  
1966 *Analyses spectrographiques d'objets préhistoriques et antiques. Première série*. Rennes: Faculté des Sciences, 1966 (Travaux du Laboratoire d'anthropologie préhistorique, 1964-1965).  
1970 *Analyses spectrographiques d'objets préhistoriques et antiques. Deuxième série*. Rennes: Faculté des Sciences, 1970 (Travaux du Laboratoire d'anthropologie préhistorique, 1969).
- GROSS E.  
1986 *Vinelz-Ländti, Grabung 1979: die neolithischen und spätbronzezeitlichen Ufersiedlungen*. Bern: Staatlicher Lehrmittelverlag, 1986.
- HÄRKE H.  
1978 Probleme der optischen Emissionsspektralanalyse in der Urgeschichtsforschung: technische Möglichkeiten und methodische Fragestellungen. *Prähistorische Zeitschrift*, 53 (1978), 165-276.
- JOCKENHÖVEL A. & WOLF G.  
1988 Paläometallurgische Untersuchungen zur Bronze- und Eisenzeit im Gebiet zwischen Mosel und Werra. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 35 (1988) 2 [1991], 536-550.
- JUNGHANS S., SANGMEISTER E. & SCHRÖDER M.  
1960 *Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa*. Berlin: Mann, 1960 (Studien zu den Anfängen der Metallurgie; 1).  
1968 *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Die Materialgruppen beim Stand von 12000 Analysen*. Berlin: Mann, 1968, 3 vol. (Studien zu den Anfängen der Metallurgie; 2/1-3).  
1974 *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas. Katalog der Analysen Nr. 10041-22000 (mit Nachuntersuchungen der Analysen Nr. 1-10040)*. Berlin: Mann, 1974 (Studien zu den Anfängen der Metallurgie; 2/4).
- KELLER-TARNUZZER K.  
1935 Der Bronzedepotfund von Schiers (Graubünden). *Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde*, 37 (1935) 2, 81-89.
- KIBBERT K.  
1980 *Die Äxte und Beile im mittleren Westdeutschland I*. München: Beck, 1980 (Prähistorische Bronzefunde; IX/10).  
1984 *Die Äxte und Beile im mittleren Westdeutschland II*. München: Beck, 1984 (Prähistorische Bronzefunde; IX/13).

- KLÄNTSCHI N.
- 1980 Optische Emissionsspektralanalyse mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP). *Material und Technik*, 8 (1980), 14.
- 1990 Analysis of Fe- and Cu-base metals by ICP-atomic emission spectrometry. In: *Euroanalysis VII. European Conference on analytical chemistry*, 1990, A4.2. L-4.
- 1993 Instrumentelle Methoden der anorganischen Elementanalytik. *Chimia*, 46 (1993), 186-199.
- KLÄNTSCHI N., ESENWEIN A. & MÜLLER TH.
- 1987 Simultanbestimmung von Si, Mn, P, Cu, Al, Ni, Cr, Mo, V, Ti, Co und As in Stählen mit ICP-AES. *Fresenius Zeitschrift für analytische Chemie*, 328 (1987), 657-661.
- KRÄMER W.
- 1985 *Die Vollgriffschwerter in Österreich und der Schweiz*. München: Beck, 1985 (Prähistorische Bronzefunde; IV/10).
- KRAUSE R.
- 1988 *Die endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Nordstadterrasse von Singen am Hohentwiel*. Stuttgart: Landesdenkmalamt Baden-Württemberg / Konrad Theiss in Kommission, 1988 (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg; 32).
- KÜNDIG E. & QUERVAIN F. DE
- 1953 *Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Zweite Ausgabe*. Bern: Kümmerly & Frey, 1953.
- LEUTHARDT F.
- 1922/25 Neuere urgeschichtliche Funde aus dem Kanton Baselland. *VIII. Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland*, 1922-1925, 102-117.
- LUNZ R.
- 1974 *Studien zur End-Bronzezeit und älteren Eisenzeit im Südalpenraum*. Firenze: Sansoni, 1974 (Origines).
- MARECHAL J.-R.
- 1962 *Zur Frühgeschichte der Metallurgie - Considérations sur la métallurgie préhistorique*. Lammersdorf: Otto Junker GmbH, 1962.
- 1983 *La préhistoire de la métallurgie et ses prolongements*. Avignon: 1983 (Revue archéologique Sites; hors-série, N°14).
- MASSART D. & KAUFMAN L.
- 1989 *The interpretation of analytical chemical data by the use of cluster analysis*. Malabar (Florida): Robert E. Krieger, 1989 [reprint de: New York: Wiley, 1983].
- MAYER E.F.
- 1977 *Die Äxte und Beile in Österreich*. München: Beck, 1977 (Prähistorische Bronzefunde; IX/9).
- MENKE M.
- 1978/79 Studien zu den frühbronzezeitlichen Metalldepots Bayerns. *Jahresbericht der bayerischen Bodendenkmalpflege*, 19/20 (1978/79), 5-305.
- METZGER I.R. & GLEIRSCHER P. (éd.)
- 1992 *Die Räter - I Reti*. Bozen: Athesia, 1992 (Arge Alp).
- MILLOTTE J.-P.
- 1963 *Le Jura et les plaines de la Saône aux âges des métaux*. Paris: Les Belles Lettres, 1963 (Annales littéraires de l'Université de Besançon; 73).
- 1974 Une ancienne découverte de l'âge du Bronze à Genève: le dépôt de la Maison Butin en l'Île. *Archives suisses d'anthropologie générale*, 38 (1974), 119-134.
- MOHEN J.-P.
- 1977 *L'âge du Bronze dans la région de Paris: catalogue synthétique des collections conservées au Musée des Antiquités Nationales*. Paris: Editions des Musées nationaux, 1977.
- MORDANT C., MORDANT D. & PRAMPART J.-Y.
- 1976 *Le dépôt de bronze de Villethierry (Yonne)*. Paris: Editions du C.N.R.S., 1976 (Gallia-Préhistoire; supplément 9).
- MÜLLER F.
- 1982 Ein mittelbronzezeitlicher Hortfund aus Allschwil BL. *Archéologie suisse*, 5 (1982) 3, 170-177.
- MÜLLER-KARPE H.
- 1949/50 Grünwälder Gräber. *Prähistorische Zeitschrift*, 34/35 (1949/50) 1, 313-325.
- 1954 Zu einigen frühen Bronzemessern aus Bayern. *Bayerische Vorgeschichtsblätter*, 20 (1954), 113-119.
- 1959 *Beiträge zur Chronologie der Urnenfelderzeit nördlich und südlich der Alpen*. Berlin: de Gruyter, 1959, 2 vol. (Römisch-Germanische Forschungen; 22).

## NEUNINGER H. &amp; PITTIONI R.

- 1962 Bemerkungen über zwei Methoden der spektralanalytischen Untersuchung urzeitlicher Kupfer- und Bronzeobjekte. *Archaeologia austriaca*, 31 (1962), 96-102.

## NEUNINGER H., PITTIONI R. &amp; PREUSCHEN E.

- 1960 *Das Kupfer der Nordtiroler Urnenfelderkultur: ein weiterer Beitrag zur Relation Lagerstätte - Fertigobjekt*. Wien: Deuticke, 1960 (*Archaeologia austriaca*; Beiheft 5).

## NORTHOVER P.

- 1980 The analysis of Welsh Bronze age metalwork. In: Savory H.N., *Guide catalogue of the Bronze age collections*. Cardiff: National Museum of Wales, 1980, 229-243.
- 1982a The metallurgy of the Wilburton hoards. *Oxford Journal of Archaeology*, 1 (1982) 1, 69-109.
- 1982b The exploration of the long-distance movement of bronze in bronze and early iron age Europe. *Bulletin of the Institute of archaeology, University of London*, 19 (1982), 45-72.
- 1987 Analysis of the bronze hoard from Clos de la Blanche Pierre, Jersey. *Annual Bulletin Société Jersiaise*, 24 (1987) 3, 363-379.
- 1988 The analysis and metallurgy of British Bronze age swords. In: Colquhoun I. & Burgess C.B., *The swords of Britain*. München: Beck, 1988 (Prähistorische Bronzefunde; IV/5), 130-146.

## NOTHDURFTER H. &amp; HAUSER L.

- 1988 Bronzezeitliche Kupferschmelzhofen aus Fennhals. *Denkmalpflege in Südtirol 1986*, [1988], 177-190.

## OSTERWALDER C.

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

## OTTAWAY B.

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

## OTTO H.

- 1957/58 Die chemische Untersuchung von gefälschten Bronzen aus mitteldeutschen Museen. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Gesellschaft-Sprachwissenschaftliche Reihe*, 7 (1957/58) 1, 203-229.

## OTTO H. &amp; WITTER W.

- 1952 *Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1952.

*PALÉOMETALLURGIE de la France atlantique: âge du Bronze*. Rennes: Université de Rennes I, 1984, 2 vol. (Travaux du Laboratoire "Anthropologie-Préhistoire-Protohistoire-Quaternaire armoricains").

## PASZTHORY K.

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

## PAUTREAU J.-P., GENDRON C. &amp; BOURHIS J.R.

- 1983 *L'âge du Bronze en Deux-Sèvres (2500-800 avant J.C.): la cachette de Triou*. Niort: Conservation des musées de Niort, 1983.

## PERINI R.

- 1989 Testimonianze di attività metallurgica dall'Eneolitico alle fasi finali dell'età del Bronzo nel Trentino. In: *Per Giuseppe Schesta: scritti e nota bio-bibliografica per il settantesimo compleanno*. Trento: Biblioteca comunale di Trento, 1989, 377-404.
- 1992 Evidence of metallurgical activity in Trentino from chalcolithic times to the end of the Bronze age. In: Antonacci Sanpaolo E. (éd.) 1992, 53-80.

## PERNICKA E.

- 1984 Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: ein Methodenvergleich. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 31 (1984), 517-531.
- 1995 Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz*, 37 (1990), [1995], 21-129.

## PERONI R.

- 1961 *Ripostigli delle età dei metalli. 1: Ripostigli del massiccio della Tolfa*. Firenze: Sansoni, 1961 (Inventaria archaeologica, Italia; 1).
- 1963 *Ripostigli delle età dei metalli. 3: Ripostigli dell'Apennino umbro-marchigiano*. Firenze: Sansoni, 1963 (Inventaria archaeologica, Italia; 3).

## PITTIONI R.

- 1980a *Geschichte Österreichs. I/1: Urzeit: von etwa 80'000 bis 15 v. Chr. Geb*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 1980.

- PITTIONI R.  
 1980b *Geschichte Österreichs. 1/2: Urzeit: von etwa 80'000 bis 15 v. Chr. Geb. Anmerkungen und Exkurse mit einer Literaturübersicht über 25 Jahre Urgeschichtsforschung in Österreich, 1954-1978.* Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 1980.
- PREUSCHEN E.  
 1973 Estrazione mineraria dell'età del Bronzo nel Trentino. *Preistoria alpina*, 9 (1973), 113-150.
- PRIMAS M.  
 1977 Beobachtungen zu den spätbronzezeitlichen Siedlungs- und Depotfunden der Schweiz. In: *Festschrift Walter Drack zu seinem 60. Geburtstag.* Stäfa: Gut, 1977, 44-55.  
 1986 *Die Siedeln in Mitteleuropa I (Österreich, Schweiz, Süddeutschland).* München: Beck, 1986 (Prähistorische Bronzefunde; XVIII/2).
- RADMILLI A.M. (éd.)  
 1975 *Guida della preistoria italiana.* Firenze: Sansoni, 1975.
- RAGETH J.  
 1986 Die wichtigsten Resultate der Ausgrabungen in der bronzezeitlichen Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein GR). *Jahrbuch der schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte*, 69 (1986), 63-103.
- RAMDOHR P.  
 1980 *The ore minerals and their intergrowths.* Second edition. [English translation of the 4th edition, with additions and corrections by the autor]. Oxford/New York: Pergamon Press, 1980, 2 vol.
- REBILLARD J. & BOCQUET A.  
 1984 Gîtes cuprifères et protohistoire dans les Alpes du Nord. *Bulletin d'études préhistoriques alpines*, 16 (1984), 7-48.
- RICHTER I.  
 1970 *Der Arm- und Beinschmuck der Bronze- und Urnenfelderzeit in Hessen und Rheinhessen.* München: Beck, 1970 (Prähistorische Bronzefunde; X/1).
- RIEDERER J.  
 1977 Die Erkennung von Fälschungen kunst- und kulturgeschichtlicher Objekte aus Kupfer, Bronze und Messing durch naturwissenschaftliche Untersuchungen. *Berliner Beiträge zur Archäometrie*, 2 (1977), 85-95.
- RIHOVSKY J.  
 1972 *Die Messer in Mähren und dem Ostalpengebiet.* München: Beck, 1972 (Prähistorische Bronzefunde; VII/1).
- RYCHNER V.  
 1975 A propos de quelques trouvailles récentes de l'âge du Bronze final neuchâtelois. *Musée neuchâtelois*, 12 (1975), 49-78.  
 1979 *L'âge du Bronze final à Auvernier (lac de Neuchâtel, Suisse): typologie et chronologie des anciennes collections conservées en Suisse.* Lausanne: Bibliothèque historique vaudoise, 1979, 2 vol. (Cahiers d'archéologie romande; 15-16; Auvernier; 1).  
 1981 Le cuivre et les alliages du Bronze final en Suisse occidentale: premières analyses spectrographiques à Auvernier/Nord et à Neuchâtel/Le Crêt. *Musée neuchâtelois*, 18 (1981), 97-124.  
 1983 Le cuivre et les alliages du Bronze final en Suisse occidentale. II: Corcelettes VD. *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 66 (1983), 73-85.  
 1984a La matière première des bronziers lacustres. *Archéologie suisse*, 7 (1984) 2, 73-78.  
 1984b De l'âge du Bronze à l'âge du Fer: le dépôt d'Echallens (canton de Vaud, Suisse). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 81 (1984), 357-370.  
 1986a L'évolution du cuivre à l'âge du Bronze final: le cas de Morges VD. *Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie*, 69 (1986), 121-132.  
 1986b Les Eaux-Vives à Genève: aspects de la métallurgie lémanique à l'âge du Bronze final. *Genava*, 34 (1986), 69-80.  
 1986c Compte rendu de Kibbert 1984. *Germania*, 64 (1986) 2, 612-619.  
 1987 *Auvernier 1968-1975: le mobilier métallique du Bronze final. Formes et techniques.* Lausanne: Bibliothèque historique vaudoise, 1987 (Cahiers d'archéologie romande; 37; Auvernier; 6).  
 1988a De l'âge du Bronze moyen au groupe Rhin-Suisse en Suisse occidentale: le phénomène métallurgique. In: Brun & Mordant (éd.) 1988, 103-123.  
 1988b Les bracelets de Sursee et la métallurgie de Suisse centrale à l'âge du Bronze final. *Archéologie suisse*, 11 (1988) 2, 71-76.  
 1988c Dendrochronologie du groupe Rhin-Suisse dans la région neuchâteloise [avec la collab. de H. Egger, P. Gassmann et A.-M. Rychner-Faraggi]. In: Brun & Mordant (éd.) 1988, 125-135.

## RYCHNER V.

- 1990a L'analyse chimique du bronze préhistorique: pourquoi ? *Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte*, 47 (1990), 201-212.
- 1990b Recherches sur les cuivres et les alliages de l'âge du Bronze moyen et final en Suisse: bilan provisoire et perspectives. *Praehistorische Zeitschrift*, 65 (1990) 2, 204-217.
- 1993 La composition chimique du bronze à Hauterive-Champréveyres [avec la collab. de N. Kläntsch]. In: Rychner-Faraggi 1993, 91-110.
- à paraître Stand und Aufgaben dendrochronologischer Forschung zur Urnenfelderzeit [in Zusammenarbeit mit A. Billamboz, A. Bocquet, P. Gassmann, L. Gebus, Th. Klag, A. Marguet und G. Schöbel]. *Colloque en l'honneur de H. Müller-Karpe*, Mayence 1990.

## RYCHNER V. &amp; KLÄNTSCHI N.

- 1989 L'âge du Bronze moyen sur le Plateau suisse: analyse spectrographique des bronzes. In: *Dynamique du Bronze moyen en Europe occidentale. Actes du 113<sup>e</sup> Congrès national des Sociétés savantes, Commission de pré- et protohistoire, Strasbourg 1988*. Paris: Editions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 1989, 153-191.

## RYCHNER-FARAGGI A.-M.

- 1993 *Hauterive-Champréveyres. 9: Métal et parure au Bronze final*. Neuchâtel: Musée cantonal d'archéologie, 1993 (Archéologie neuchâteloise; 17).

## SCHAUER P.

- 1971 *Die Schwerter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz I (Griffplatten-, Griffangel- und Griffzungenschwerter)*. München: Beck, 1971 (Prähistorische Bronzefunde; IV/2).

## SCHMUTZ L.

- 1986 Mine de Plantorin: ein Beispiel für mineralbildende Prozesse auf Erzlagerstätten. *Minaria helvetica*, 6 (1986) b, 1-44.

## SCHROLL E. &amp; AZER İBRAHİM N.

- 1959 Beitrag zur Kenntnis ostalpiner Fahlerze. *Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen*, 3. Folge, 7 (1959), 70-105.

## SCHULZ H.D.

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

## SIMON K.

- 1986 Ein Hortfund von Rudolstadt: zu Bronzemessern der mittleren Urnenfelderzeit in Thüringen. *Alt-Thüringen*, 21 (1986), 136-163.

## SPECK J.

- 1992 Ein Bronzebeil vom Typus "Montlingen" aus der spätbronzezeitlichen Ufersiedlung "Moos" am Baldeggersee (Gde. Hitzkirch LU). In: *Archäologie in Gebirgen*. Bregenz: Vorarlberger Landesmuseum, 1992 (Schriften des Vorarlberger Landesmuseums, Reihe A: Landschaftsgeschichte und Archäologie; 5), 87-96.

## SPERBER L.

- 1992 Zur Spätbronzezeit im alpinen Inn- und Rheintal. In: Metzger & Gleirscher (éd.) 1992, 53-90.

## STEINHAUSER-ZIMMERMANN R.A.

- 1989 *Der Montlingerberg im Kanton St.Gallen (Schweiz): Funde und Grabungen von 1898 bis 1960*. St.Gallen: Amt für Kulturpflege des Kantons St.Gallen / Buchs: BuchsDruck in Kommission, 1989.

## THÉVENOT J.-P.

- 1991 *L'âge du Bronze en Bourgogne: le dépôt de Blanot (Côte-d'Or)*. Dijon, 1991 (Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est, supplément 11).

## THOMPSON M. &amp; WALSH J.N.

- 1983 *A handbook of inductively coupled plasma spectrometry*. Glasgow/London: Blackie, 1983.

## TRAMPUZ-OREL N., MILIC Z., HUDNIK V. &amp; OREL B.

- 1991 Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy analysis of metals from late bronze age hoards in Slovenia. *Archaeometry*, 33 (1991) 2, 267-277.

## TRAMPUZ-OREL N., KLEMENC S. &amp; HUDNIK V.

- 1993 Spectrometric research of the late bronze age hoard finds from Pusenci, Cerovec and Hudinja. In: *Ptujski arheoloski zbornik ob 100-letnici muzeja in muzejskega drustva*. Ptuj, 1993, 159-170.

## TYLECOTE R.F.

- 1976 *A history of metallurgy*. London: The Metals Society, 1976.

## TYLECOTE R.F., GHAZNAVI H.A. &amp; BOYDELL P.J.

- 1977 Partitioning of trace elements between the ores, fluxes, slags and metal during the smelting of copper. *Journal of archaeological science*, 4 (1977), 305-333.

VOUGA P.

- 1933 Objets inédits des palafittes du lac de Neuchâtel (Suisse). *Préhistoire*, 2 (1933) 2, 182-194.

WANICZEK K.

- 1986 Ein Beitrag zur Zinnmetallurgie der Bronzezeit. *Alt-Thüringen*, 21 (1986), 112-135.

WATERBOLK H.T. & BUTLER J.J.

- 1965 Comments on the use of metallurgical analysis in prehistoric studies. I: A graph method for the grouping and comparison of quantitative spectroanalyses of prehistoric bronzes. *Helinium*, 5 (1965), 227-251.

WEIDMANN T.

- 1983 Ein reicher Ringfund der Spätbronzezeit aus Sursee. *Helvetica archaeologica*, 14 (1983), 55/56, 179-192.

WIEDEMER H.R.

- 1965 Urgeschichte der Winterthurer Gegend. 296. *Neujahrsblatt der Stadtbibliothek Winterthur*, 1965, 1-68.

WINGE R.K., FASSEL V.A., PETERSON V.J. & FLOYD M.A.

- 1985 *Inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy*. Amsterdam: Elsevier, 1985 (Physical sciences data; 20).

WITTER W.

- 1936 Wann kommen in Kupferlegierungen beträchtliche Zinkgehalte zuerst vor? *Nachrichtenblatt für Deutsche Vorzeit*, 12 (1936), 277-286.

- 1938a *Die älteste Erzgewinnung im nordisch-germanischen Lebenskreis. I: Die Ausbeutung der mitteldeutschen Erzlagerstätten in der frühen Metallzeit*. Leipzig: Curt Kabitzsch, 1938 (Mannus-Bücherei; 60).

- 1938b *Die älteste Erzgewinnung im nordisch-germanischen Lebenskreis. II: Die Kenntnis von Kupfer und Bronze in der alten Welt*. Leipzig: Curt Kabitzsch, 1938 (Mannus-Bücherei; 63).

WYSS R.

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

- 1993 Prähistorische Kupfererzgewinnung in den Schweizer Alpen. *Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte*, 50 (1993) 3, 195-212.

## RÉSUMÉ

### Chapitre 1 (tabl. 1-8; fig. 1-2; annexes 1-2)

A partir de la typologie d'un corpus de neuf cent quarante et une analyses spectrométriques, le présent travail a pour but la caractérisation chimique des bronzes utilisés en Suisse à l'âge du Bronze moyen et final, de la phase BzB à la phase HaB2 y compris. Il cherche avant tout à mettre en évidence les changements diachroniques repérables dans la principale matière première, le cuivre, et à le mettre en parallèle avec l'évolution typo-chronologique du mobilier.

Les analyses ont été réalisées par spectrométrie d'émission atomique (source ICP) à l'EMPA de Dübendorf, sous la direction de N.Kläntzchi, entre 1984 et 1987. Elles ont porté sur le cuivre, l'étain, le plomb, l'arsenic, l'antimoine, l'argent, le nickel, le bismuth, le cobalt, le zinc et le fer. La méthode et la qualité des analyses sont présentées et discutées. De l'analyse répétée de plusieurs objets, de la comparaison des résultats obtenus par d'autres laboratoires et de l'analyse d'échantillons de référence certifiés, il ressort que la précision et l'exactitude des résultats peuvent être qualifiées de très bonnes, même si certaines difficultés ont été rencontrées dans le dosage de l'argent et du cobalt. L'analyse de plusieurs échantillons différents d'une série d'objets, d'autre part, montre que le métal est tout à fait homogène et que la quantité de métal prélevée (environ 30 mg) est donc bel et bien représentative de l'objet tout entier.

Le corpus étudié est surtout composé de haches (58%), de couteaux (15%) et de faucilles (9%), c'est-à-dire d'objets qui, d'une part, sont de bons indicateurs chronologiques et qui, d'autre part, se prêtent sans dommages à la prise d'échantillons par forage.

### Chapitre 2 (tabl. 9; fig. 3)

Typologiquement, les objets ont été répartis en cinq groupes chronologiques: Bronze moyen (182, 19.3% du corpus), BzD-HaA1 (121, 12.9%), HaA2 (199, 21.1%), HaB1 (114, 12.1%) et HaB2 (196, 20.8%). Certains objets, cependant, ne peuvent être attribués précisément à l'un ou l'autre de ces groupes chronologiques. Ils sont rangés dans les cases HaA2-B1 (6.3%), HaB1-B2 (3.4%) et "indéterminés" (3%). Neuf objets du Bronze ancien (1%) et un seul objet du HaC (0.1%) complètent le corpus.

### Chapitre 3 (cartes 1-10; tabl. 9; fig. 3)

En vue de mettre en évidence les variations synchroniques de la composition du bronze, le territoire suisse a été subdivisé en trois régions principales, baptisées Est (29.2% des objets), Centre-Ouest (45.2%) et Ouest (25.2%). Une quatrième région, le Sud (0.2%), ne joue aucun rôle dans notre étude. Les cartes de répartition montrent qu'à toutes les époques, et surtout du HaA2 au HaB2, à l'époque des palafittes, la très grande majorité des objets analysés provient du Plateau, entre Genève et Zurich. L'âge du Bronze alpin, spécialement celui des Grisons, est donc sous-représenté dans notre corpus, ce qui est regrettable puisque les seules traces d'exploitation préhistorique des minerais de cuivre, en Suisse, proviennent justement des Grisons.

### Chapitre 4 (tabl. 10-13; fig. 4-15)

Une première approche des résultats est tentée à partir de simples histogrammes de fréquence, regroupant les objets par phases chronologiques et par éléments. C'est une première manière de mettre en évidence les changements de composition chimique intervenant au cours du temps, exprimés, dans ce cas, par les variations du niveau absolu des teneurs. Le changement le plus spectaculaire a lieu au HaA2, au moment où s'impose un métal complètement nouveau, caractérisé par des teneurs beaucoup plus élevées, surtout en plomb, en antimoine, en argent, en nickel et en cobalt. Les histogrammes mettent également en évidence la variabilité plus ou moins accentuée des teneurs, spécialement en ce qui concerne l'alliage en étain. A ce point de vue, le HaB1 et le HaB2 apparaissent nettement moins homogènes que les phases précédentes.

La typologie que nous proposons tient compte, certes, du niveau absolu des teneurs, mais elle n'en fait qu'un critère de deuxième rang. Le critère de base, en effet, est l'importance relative des trois principales impuretés que sont l'arsenic, l'antimoine et le nickel. Sept types de *schémas de composition* sont ainsi définis:

- 1) As>Sb>Ni, As>Sb=Ni, As=Sb>Ni (73 objets, 7.8% du corpus)
- 2) As>Ni>Sb, As=Ni>Sb (109, 11.6%)
- 3) Ni>As>Sb (157, 16.7%)
- 4) Ni>Sb>As, Ni=Sb>As, Ni>Sb=As (193, 20.5%)
- 5) Sb>Ni>As (150, 15.9%)
- 6) Sb>As>Ni, Sb>As=Ni (251, 26.7%)
- 7) As=Sb=Ni (8, 0.8%)

Dans la mesure où les types 2 et 3, d'une part, sont surtout caractéristiques du Bronze moyen et du BzD-HaA1; les types 4, 5 et 6, d'autre part, surtout caractéristiques du HaA2, du HaB1 et du HaB2, la signification chronologique de ces schémas est évidente. Elle est encore beaucoup mieux définie pour les schémas 2, 4 et 6, puisque le premier est à 76% du Bronze moyen, le deuxième à 75% du HaA2, le troisième à 66% du HaB2. Le type 5, à prédominance HaB1, apparaît plutôt comme un phénomène de transition entre le HaA2 et le HaB2. Quant au type 1, il contient, en fait, deux types de composition très différents, l'un du Bronze moyen et du BzD-HaA1, l'autre du HaB2, que la typologie fine permet de clairement distinguer, comme elle distingue aussi les compositions HaA2 de type 3, complètement différentes des compositions Bronze moyen et indissociables des compositions HaA2 de type 4.

Le corpus de base a donc été divisé en sept groupes, chacun caractérisé par un type de schéma de composition. Chaque groupe a ensuite été subdivisé en trois, en fonction du niveau absolu des teneurs. A partir de la teneur cumulée As/Sb/Ni, en effet, nous avons distingué trois sortes de compositions: pauvres (jusqu'à 0.42%), normales (de 0.43 à 3.99%) et riches (dès 4%). La signification chronologique des compositions pauvres et riches saute aux yeux: les premières sont à 84% du Bronze moyen et du BzD-HaA1, les secondes à 83% du HaB1. Le BzD-HaA1 est la seule phase à montrer la prépondérance des compositions pauvres.

Des deux étapes de ce tri (schémas de composition; teneur cumulée As/Sb/Ni) sont issus vingt groupes ou types de composition, désignés par le numéro du schéma et par les lettres N, P ou R, selon qu'il s'agit de compositions normales, pauvres ou riches.

## Chapitre 5 (fig. 16-48)

Il a pour but l'examen détaillé des groupes de composition. C'est à ce niveau qu'intervient un procédé de classification automatique (hiérarchie ascendante), dont les résultats sont exprimés par les dendrogrammes des fig. 16 à 48. Chaque groupe est décrit selon un schéma fixe comprenant les rubriques suivantes: chronologie, géographie, caractéristiques du groupe, objets particuliers, compositions jumelles (cette dernière notion ayant été définie au chapitre 4). Il s'agit des objets dont les compositions sont à ce point ressemblantes qu'ils doivent être considérés comme issus soit de la même coulée de bronze, soit du même lingot de cuivre (dans le cas où seules les impuretés sont identiques, à l'exclusion de l'étain et du plomb).

La deuxième partie du catalogue des analyses constitue l'annexe du chapitre 5. Elle range les analyses par groupes de composition, dans l'ordre donné par les classifications automatiques, et indique les caractéristiques chiffrées des groupes et des sous-groupes.

## Chapitre 6 (tabl. 14-17; fig. 49-53)

Il commence par la synthèse des données du chapitre 5, dans l'ordre chronologique (tabl. 14).

Le Bronze moyen connaît deux sortes principales de composition. La première, de loin la plus répandue, correspond à la réunion des objets Bronze moyen des groupes 3N, 3P, 3R, 2N et 2P (82.4% des objets Bronze moyen). Il s'agit d'un cuivre caractérisé principalement par la faiblesse relative de l'antimoine par rapport à l'arsenic et au nickel, ainsi que par de basses teneurs en plomb, en argent et en cobalt. Les compositions pauvres sont minoritaires par rapport aux compositions normales, et la fréquence du schéma de type 2 (As dominant) est à peu près équivalente à celle du schéma de type 3 (Ni dominant). Les compositions pauvres sont majoritairement de schéma 2. L'autre sorte de composition, très minoritaire (15.3%), correspond à l'assemblage des objets Bronze moyen des groupes 1N, 4N, 5N, 6N et 7N. Par opposition au précédent, c'est un cuivre caractérisé par des teneurs en antimoine plus ou moins équivalentes à celles en arsenic et en nickel. Il comprend deux variantes, l'une à argent fort, l'autre à argent faible. Les teneurs en plomb et en cobalt ne sont pas plus élevées que dans le type précédent.

Le BzD-HaA1 est la période pour laquelle notre système de classification d'après les schémas de composition est le moins opérant. La principale caractéristique de cette phase, en effet, paraît être plutôt le bas niveau des teneurs qu'un type de schéma particulier. En tout cas, les compositions pauvres prédominent, beaucoup plus fortement dans l'Ouest (79%) que dans l'Est (54%) et dans le Centre-Ouest (58%); d'autre part, elles sont réparties dans pas moins de quatre groupes principaux (3P, 1P, 2P, 6P). Les compositions normales du groupe 3N, de type Bronze moyen, continuent de jouer un rôle assez important, mais surtout à l'Est. Le gradient de fréquence des compositions pauvres, indétectable au Bronze moyen, montre que celles-ci ne sont pas issues de la refonte des objets Bronze moyen (voir aussi les teneurs plus élevées en bismuth), mais qu'elles correspondent à l'arrivée d'une nouvelle matière première, d'origine apparemment occidentale.

La rupture intervenant dès le HaA2 est spectaculaire. Au cuivre de type As/Ni du Bronze moyen et aux compositions pauvres du BzD-HaA1 succèdent en effet — et pour toute la durée du Bronze final palafittique — des cuivres dits de "type fahlerz", caractérisés par des compositions de niveau le plus souvent normal et des teneurs plus ou moins équivalentes (selon les types) en arsenic, en antimoine, en argent, en nickel et en cobalt. Celui qui prédomine largement au HaA2 (plus de 70%) est caractérisé par un schéma à nickel dominant et les teneurs moyennes en cobalt les plus élevées de notre corpus. Il constitue le groupe 4N et une petite partie du groupe 3N. Avec le cuivre de type 6N du HaB2, c'est la matière première la

plus homogène, c'est-à-dire celle dont la variabilité des teneurs est la plus faible. Les rôles non négligeables des types 5N et 6N annoncent la suite de l'évolution, caractérisée par la très forte prépondérance de ces deux schémas à antimoine dominant.

Par rapport au HaA2 aussi bien qu'au HaB2, le *HaB1* frappe par la moindre homogénéité des types de composition, qui est comparable à celle du BzD-HaA1. Les trois types les plus fréquents (5N, 5R, 4N), en effet, ne rassemblent que 58.7% des objets de la période. Deux autres caractéristiques, qui correspondent à des particularités régionales, sont également remarquables: la fréquence importante des compositions riches, surtout à l'Est, et celle des compositions pauvres, surtout à l'Ouest, ce qui rappelle la situation au BzD-HaA1.

L'hétérogénéité du HaB1 fait place à l'exceptionnelle homogénéité métallurgique du *HaB2*, période durant laquelle trois objets sur quatre sont du métal de type 6N, dont la variabilité des teneurs est spécialement faible. Les trois types les plus fréquents (6N, 1N, 5N) ne rassemblent pas moins de 96% des objets. Des arguments géographiques et métallurgiques suggèrent que le cuivre de type 1N est resté moins longtemps en usage dans le HaB2 que le cuivre de type 6N.

Du Bronze moyen au HaA2, la teneur moyenne en étain ne varie guère. Elle se situe entre 8 et 9%, atteignant son maximum au BzD-HaA1 (8.69%). C'est au HaA2 qu'elle varie le moins, au moment où la variabilité du principal cuivre utilisé atteint elle aussi un minimum. La baisse sensible de la teneur moyenne au HaB1 s'explique par l'usage des cuivres riches, surtout à l'Est, auxquels n'est alliée qu'une faible quantité d'étain, ou pas d'étain du tout. Dans l'Ouest et le Centre-Ouest, les teneurs restent au niveau des phases précédentes. En revanche, c'est sans doute à une réelle pénurie d'étain qu'on doit attribuer la baisse des teneurs au HaB2 (6.19%). La variabilité des teneurs, d'autre part, est alors nettement plus accusée dans l'Est que dans les deux autres parties du pays.

Le statut du *plomb* n'est pas toujours facile à déterminer. Suivant les cas, en effet, il peut (ou doit) être considéré comme une impureté du cuivre, comme une "pollution" de l'étain ou/et comme un élément intentionnel de l'alliage. Au Bronze moyen (0.08%), c'est à coup sûr une impureté du cuivre. La nette augmentation des teneurs au BzD-HaA1 (0.33%) est un des traits principaux distinguant les compositions de cette période de celles du Bronze moyen. A ce niveau modeste, cependant, le plomb est très probablement à considérer encore comme une impureté naturelle du cuivre. Les teneurs augmentent sensiblement au HaA2 (0.97%), en même temps qu'est mis en circulation un nouveau métal, de type *fahlerz*. Mais alors que celui-ci est utilisé sans variations notables dans l'ensemble du pays, on constate que les teneurs en plomb varient sensiblement d'une région à l'autre, l'Ouest étant

la plus plombifère, devant le Centre-Ouest et l'Est. D'autre part, la variabilité des teneurs en plomb est nettement plus accusée que celle des teneurs en arsenic, antimoine, argent, nickel et cobalt. Nous sommes donc poussés à considérer au moins une partie du plomb comme un élément de l'alliage, intentionnel et/ou non-intentionnel, c'est-à-dire présent en plus ou moins grande quantité dans l'étain utilisé par les fondeurs. La teneur moyenne en plomb reste stationnaire au HaB1 (0.99%). En revanche, elle augmente très sensiblement au HaB2 (1.44%), alors que la majorité (neuf sur quinze) des lingots et des objets finis en cuivre pur de cette période montrent des teneurs en plomb inférieures à 0.1%, qui ne se retrouvent dans aucun objet en bronze. Le caractère intrusif du plomb, pressenti dès le HaA2, paraît donc confirmé. D'autre part, comme au HaA2 et au HaB1, l'usage du plomb diminue fortement d'Ouest en Est.

L'examen des objets "jumeaux de composition", fréquents seulement au HaA2 et au HaB2, confirme ce qu'on pouvait déjà déduire de la morphologie de certains types d'objets, à savoir que les trois régions envisagées — Est, Centre-Ouest, Ouest — correspondent à des régions de production différentes, entre lesquelles les objets finis ne circulent qu'exceptionnellement.

A cause, principalement, de leurs teneurs exagérées en zinc, cinq haches à rebords de différents types du Bronze moyen ont été considérées comme des falsifications et donc écartées de nos statistiques (577, 640, 642, 692, 742). Le statut du vase 908 paraît, en revanche, plus difficile à établir.

## Chapitre 7 (annexe 3)

On a essayé ici de déterminer dans quelle mesure les cuivres utilisés en Suisse avaient aussi circulé dans les régions voisines, ce qui est naturellement de grande importance pour la discussion de l'origine des matières premières. Les analyses de comparaison, cependant, sont encore trop peu nombreuses, surtout dans les régions limitrophes de la Suisse, pour que même un embryon de carte de répartition des types de cuivre du Bronze moyen et du Bronze final puisse être proposé. Toutefois, deux constatations importantes sont d'ores et déjà possibles.

Le cuivre dominant du Bronze moyen en Suisse (As/Ni, faibles Sb et Ag), en effet, paraît assimilable à ce qu'on appelle (à cause de sa probable origine autrichienne) le "*ostalpin Kupfer*", qui a une répartition extrêmement vaste en Europe centrale et septentrionale, dès la deuxième partie du Bronze ancien. Il ne semble pas toujours facile à distinguer, cependant, du cuivre caractérisant le Bronze moyen atlantique (groupe de Tréboul, en particulier), qui est du même type.

Les cuivres de type fahlerz du HaA2, B1 et B2, d'autre part, appartiennent à la grande famille des cuivres de type "S" (selon P. Northover), qui passe pour originaire des Alpes et dont l'expansion sur de vastes territoires d'Europe centrale et septentrionale, jusqu'en Scandinavie, en Bretagne et dans les Iles britanniques, est elle aussi bien attestée. Dans le détail, cependant, il apparaît que cette grande famille n'est pas vraiment homogène. Le métal de type "S" caractérisant le HaA2-B1 du sud de l'Angleterre et du nord de la France, par exemple, n'est que peu présent en Suisse. Dans l'autre sens, le cuivre à nickel dominant et fort cobalt, si caractéristique du HaA2 suisse, ne semble pas, pour l'instant, avoir laissé des traces importantes au-delà de la Suisse — sauf, peut-être, à l'est et au sud-est du territoire, dans la culture de Laugen-Melaun, ainsi que dans le nord de l'Italie protovillanovienne (d'après la composition de certaines haches "étrangères" de notre corpus). En revanche, le cuivre classique du HaB2, de type 6N, semble être attesté loin à la ronde autour des Alpes.

## Chapitre 8

Ce dernier chapitre s'attache principalement à la discussion, sommaire, du problème de l'origine des cuivres, à la solution (encore très lointaine !) duquel devrait contribuer l'analyse chimique des objets.

Les principales difficultés de méthode sont énumérées, avant que ne soit discuté le cas particulier de la Suisse. Il est encore très obscur à cause, en particulier, du manque d'analyses de comparaison dans les régions limitrophes, et du degré de prospection très inégal des différentes zones cuprifères alpines (étant admis, peut-être à tort, que la plus grande partie des cuivres utilisés dans nos régions à l'âge du Bronze proviennent de minerais alpins).

## ZUSAMMENFASSUNG

### Kapitel 1 (Tab. 1-8; Abb. 1-2; Anhänge 1-2)

Ausgehend von 941 Spektralanalysen hat die vorgelegte Arbeit zum Ziel, die in der Schweiz gebräuchlichen Bronzen der mittleren und späten Bronzezeit, von der Phase BzB bis und mit der Phase HaB2, zu charakterisieren. Damit sollte vor allem versucht werden, die Veränderungen im hauptsächlichsten Rohstoff, dem Kupfer, über diese Zeitspanne darzulegen und diese mit der Entwicklung der Typo-Chronologie des Fundmaterials zu parallelisieren.

Die Analysen wurden zwischen 1984 und 1987 mittels ICP-Atomemissionsspektralanalyse an der EMPA in Dübendorf, unter der Leitung von N. Kläntzchi, durchgeführt. Die gemessenen Elemente sind: Kupfer, Zinn, Blei, Arsen, Antimon, Silber, Nickel, Wismut, Kobalt, Zink und Eisen. Methode und Qualität der Analysen

Du fait de sa forte ressemblance avec le "ostalpin Kupfer", mis lui-même en relation avec les gisements autrichiens du Mitterberg (Salzbourg) et de la région de Kitzbühel (Tyrol), il est fort probable que le type de cuivre dominant du Bronze moyen suisse (As/Ni, faible Sb) soit effectivement d'origine est-alpine.

Quant aux autres cuivres, en particulier ceux de type fahlerz du Bronze final, les hypothèses sont encore beaucoup plus floues. La zone est-alpine ainsi que le Trentin-Haut-Adige, régions où l'exploitation préhistorique des minerais de cuivre est attestée, représentent des origines possibles. L'exploitation préhistorique du cuivre est également attestée dans l'Oberhalbstein (Grisons) mais, comme on ignore encore largement le type de matière première qui en est issu, il est difficile de mesurer son impact éventuel sur l'industrie du bronze du Plateau suisse. Le Valais (Val d'Anniviers, Val de Tourtemagne), riche en minerais de type fahlerz associant arsenic, antimoine, nickel et cobalt, constitue lui aussi une source potentielle importante. Enfin, la répartition surtout occidentale, en Suisse, des cuivres de composition pauvre du BzD-HaA1 et du HaB1 constitue un indice en faveur de l'origine (alpine ?) occidentale de ce type de métal.

Un point, au moins, peut passer pour acquis: dans chacune des phases chronologiques envisagées, et jusqu'à la fin du Bronze final, les ateliers producteurs d'objets en bronze ont travaillé beaucoup plus avec des cuivres neufs qu'à partir du recyclage de vieux métal. C'est ce que montre la constante évolution des types de cuivre, presque toujours clairement caractérisables et qu'on ne peut donc pas confondre les uns avec les autres.

werden aufgezeigt und diskutiert. Aufgrund von Mehrfachanalysen am gleichen Objekt, Vergleichsanalysen durch andere Laboratorien und durch die Analyse von Standardproben darf die Genauigkeit und die Richtigkeit der Resultate als sehr gut bezeichnet werden, auch wenn gewisse Schwierigkeiten bei der Messung von Silber und Kobalt auftraten. Die Analyse von mehreren, verschiedenen Proben der gleichen Objektserie zeigt auch, dass das Metall sehr homogen ist und dass die Menge des entnommenen Metalls (ungefähr 30 mg) vollständig genügt und für das ganze Objekt repräsentativ ist.

Die untersuchten Objekte bestehen vorwiegend aus Beilen (58%), Messern (15%) und Sicheln (9%), welche einerseits gute chronologische Indikatoren sind und andererseits ohne Schaden eine Probeentnahme durch Bohren überstehen.

**Kapitel 2** (Tab. 9; Abb. 3)

Typologisch lassen sich die Objekte auf fünf chronologische Gruppen verteilen: mittlere Bronzezeit (182, 19.3% der Gesamtzahl), BzD-HaA1 (121, 12.9%), HaA2 (199, 21.1%), HaB1 (114, 12.1%), und HaB2 (196, 20.8%). Einige Objekte konnten allerdings keiner der genannten Gruppen zugewiesen werden. Sie bewegen sich innerhalb HaA2-B1 (6.3%), HaB1-B2 (3.4%) und "unbestimmt" (3%). Neun Objekte aus der Frühbronzezeit und ein einziges HaC-zeitliches Objekt vervollständigen den Korpus.

**Kapitel 3** (Karten 1-10; Tab. 9; Abb. 3)

Um die Veränderungen der Zusammensetzung der Bronze innerhalb der selben Zeitstufe aufzuzeigen, wurde das Gebiet der Schweiz in drei Hauptregionen aufgeteilt, welche "Ost" (29.2% der Objekte), Zentrum-West (45.2%) und West (25.2%) getauft wurden. Eine vierte Region, der Süden, spielt keine Rolle in unserer Studie. Die Verbreitungskarten zeigen, dass in allen Epochen, und vor allem von HaA2 bis B2, der Epoche der Seeufersiedlungen, die überwiegende Mehrheit der analysierten Objekte aus dem Mittelland, zwischen Genf und Zürich stammt. Die alpine Bronzezeit, speziell jene des Kantons Graubünden, ist demnach unterrepräsentiert. Dies ist umso bedauerlicher, als die einzigen prähistorischen Abbauspuren von Kupfererzen in der Schweiz gerade aus dem Bündnerland stammen.

**Kapitel 4** (Tab. 10-13; Abb. 4-15)

Ein erster Zugang zu den Resultaten wird durch einfache Verteilungshistogramme versucht, welche die Objekte pro chronologische Phase und pro Element gruppieren. Es ist dies eine Methode, die Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung im Laufe der Zeit anhand der Streuung der absoluten Werte aufzuzeigen. Der spektakulärste Wechsel tritt in HaA2 auf, im Moment, wo sich ein gänzlich neues Metall durchsetzt, welches durch wesentlich höhere Gehalte, vor allem von Blei, Antimon, Silber, Nickel und Kobalt charakterisiert ist. Die Histogramme verdeutlichen auch die mehr oder weniger ausgeprägte Streuung der Werte, speziell was die Legierung mit Zinn anbetrifft. Unter diesem Gesichtspunkt erscheinen HaB1 und HaB2 eindeutig weniger homogen als die vorhergehenden Phasen.

Die Typologie, welche wir vorschlagen, berücksichtigt zwar die Höhe der absoluten Werte, aber sie macht daraus nur ein Kriterium zweiten Ranges. Das tatsächliche Basis-kriterium ist der relative Anteil der drei Hauptverunreinigungen Arsen, Antimon und Nickel. Sieben Schematypen der Zusammensetzung werden somit definiert:

- 1) As>Sb>Ni, As>Sb=Ni, As=Sb>Ni  
(73 Objekte, 7.8% des Korpus)
- 2) As>Ni>Sb, As=Ni>Sb (109, 11.6%)
- 3) Ni>As>Sb (157, 16.7%)
- 4) Ni>Sb>As, Ni=Sb>As, Ni>Sb=As (193, 20.5%)
- 5) Sb>Ni>As (150, 15.9%)
- 6) Sb>As>Ni, Sb>As=Ni (251, 26.7%)
- 7) As=Sb=Ni (8, 0.8%)

In dem Masse wie einerseits die Typen 2 und 3 vor allem für die mittlere Bronzezeit und für Bronze D bis HaA1 und andererseits die Typen 4, 5 und 6 vor allem für HaA2, HaB1 und HaB2 charakteristisch sind, wird die chronologische Signifikanz dieser Typen der Zusammensetzung offensichtlich. Sie wird noch besser definiert durch die Typen 2, 4 und 6, weil ersterer zu 76% durch die Mittlere Bronzezeit, der zweite zu 75% durch HaA2 und der dritte zu 66% durch HaB2 belegt wird. Der Typ 5, vorwiegend durch Objekte aus HaB1 belegt, erscheint eher als ein Übergangsphänomen zwischen HaA2 und HaB1. Was den Typ 1 betrifft, enthält er eigentlich zwei sehr unterschiedliche Typen von Zusammensetzungen, eine aus der Mittleren Bronzezeit und BzD-HaA1 und die andere aus HaB2, welche die Feintypologie klar auseinanderzuhalten erlaubt. Innerhalb des Typs 3 können schliesslich die HaA2-zeitlichen, vom Typ 4 nicht trennbaren Zusammensetzungen mit den übrigen mittelbronzezeitlichen nicht verwechselt werden.

Der Basiskorpus wurde also in sieben Gruppen aufgeteilt, jede ist durch einen Typ des Schemas der Zusammensetzung charakterisiert. In der Folge wurde jede Gruppe entsprechend der Höhe des absoluten Gehaltes in Untergruppen aufgeteilt. Ausgehend vom kumulierten Gehalt an As/Sb/Ni, haben wir drei Arten von Zusammensetzungen unterschieden: arm (bis zu 0.42%), normal (von 0.43 bis 3.99%) und reich (über 4%). Die chronologische Bedeutung der armen und der reichen Zusammensetzung springt ins Auge: Erstere gehört zu 84% in die mittlere Bronzezeit und in BzD-HaA1, die zweite zu 83% in HaB1. BzD-HaA1 ist die einzige Phase mit vorherrschenden armen Zusammensetzungen.

Aus den zwei Etappen dieser Auswahl (Schema der Zusammensetzung und kumulierter Gehalt an As/Sb/Ni) wurden zwanzig *Gruppen* oder *Zusammensetzungstypen* herausgearbeitet und nach den Nummern des Schemas und den Buchstaben N, P oder R bezeichnet, entsprechend der normalen, armen und reichen Zusammensetzung.

**Kapitel 5** (Abb. 16-48)

Ziel dieses Kapitels ist die detaillierte Untersuchung der Gruppen verschiedener Zusammensetzung. Hier setzt der Vorgang der automatischen Klassifizierung ein (aufsteigende Hierarchie), deren Resultate durch die Dendrogramme der Abb. 16 bis 48 dargestellt sind. Jede Gruppe

ist gemäss einem fixen Schema, welches folgende Rubriken enthält, beschrieben: Chronologie, Geographie, Charakteristika der Gruppe, spezielle Objekte, Zwillingszusammensetzungen. Letzterer Begriff wurde in Kapitel 4 definiert. Es handelt sich dabei um Objekte, deren Zusammensetzung sich derart gleicht, dass angenommen werden muss, dass sie aus dem selben Bronzeguss oder aus dem selben Kupferbarren stammen (im Falle wo nur die Verunreinigungen und nicht noch Zinn und Bleiwerte identisch sind).

Der zweite Teil des Analysenkataloges bildet den Anhang zu Kapitel 5. Er listet die Analysen nach Zusammensetzungsgruppen, entsprechend der durch die automatische Klassifizierung gegebenen Ordnung auf und zeigt die errechneten Eigenheiten der Gruppen und Untergruppen.

## Kapitel 6 (Tab. 14-17; Abb. 49-53)

Kapitel 6 beginnt mit der Synthese der Daten aus Kapitel 5, in chronologischer Abfolge (Taf. 14).

Die mittlere Bronzezeit kennt zwei Hauptsorten von Zusammensetzungen. Die erste, bei weitem die verbreitetste, fällt mit der Vereinigung der mittelbronzezeitlichen Objekte in den Gruppen 3N, 3P, 3R, 2N und 2P (82.4% der mittelbronzezeitlichen Objekte) zusammen. Es handelt sich dabei um ein Kupfer, welches in erster Linie durch einen im Vergleich zu Arsen und Nickel niedrigen relativen Antimon Gehalt sowie durch tiefe Werte von Blei, Silber und Kobalt gekennzeichnet ist. Die armen Zusammensetzungen sind gegenüber den normalen schwächer vertreten und die Häufigkeit des Schemas vom Typ 2 (As vorherrschend) ist etwa gleich wie jene des Schemas vom Typ 3 (Ni vorherrschend). Die armen Zusammensetzungen entstammen mehrheitlich dem Schema 2. Die andere Art der Zusammensetzung, mit 15.3% stark untervertreten, entspricht der Zusammenstellung der mittelbronzezeitlichen Objekte der Gruppen 1N, 4N, 5N, 6N und 7N. Dieses Kupfer ist gekennzeichnet durch etwa gleichhohe Gehalte an Antimon wie an Arsen und Nickel. Es enthält zwei Varianten, eine mit starkem und eine mit schwachem Silberanteil. Blei und Kobaltgehalt sind nicht höher als beim vorhergehenden Typ.

Für die Periode BzD-HaA1 passt unser System der Klassifizierung nach Zusammensetzung am wenigsten. Das Hauptmerkmal dieser Phase scheint eher das tiefe Niveau der Gehalte an Verunreinigungen als ein bestimmter Schematyp zu sein. Auf jeden Fall herrschen arme Zusammensetzungen vor, viel stärker im Westen (79%) als im Osten (54%) und im Zentrum-West (58%); andererseits sind sie in nicht weniger als 4 Hauptgruppen verteilt (3P, 1P, 2P, 6P). Die normalen Zusammensetzungen der Gruppe 3N des Typs mittlere Bronzezeit spielen weiterhin eine ziemlich wichtige Rolle, jedoch vor allem im Osten. Die regionalen Unterschiede in der

Häufigkeit der armen Zusammensetzungen zeigt, dass diese Legierungen nicht eingeschmolzenen Objekten der mittleren Bronzezeit entstammen (siehe auch die erhöhten Werte von Wismut), sondern dass sie der Ankunft eines neuen Rohstoffes entsprechen, offensichtlich von westlicher Herkunft.

Der Bruch mit Eintritt von HaA2 ist spektakulär. Dem Kupfer vom Typ As/Ni der mittleren Bronzezeit und den armen Zusammensetzungen von BzD-HaA1 folgen nun — und dies für die gesamte Dauer der Seeufer-Spätbronzezeit — Kupfersorten vom “Typ Fahlerz”, welche meist durch normale Zusammensetzungen und durch ungefähr gleich hohe Gehalte (entsprechend der Typen) an Arsen, Antimon, Silber, Nickel und Kobalt gekennzeichnet sind. Das in HaA2 vorherrschende Schema (über 70%) ist gekennzeichnet durch höhere Nickelwerte und den höchsten Mittelwert an Kobalt in unserem Korpus. Es verkörpert die Gruppe 4N und einen kleinen Teil von Gruppe 3N. Mit dem Kupfer des Typs 6N von HaB2 ist dieser Rohstoff der homogenste, das heisst jener, in welchem die Streuung der Werte am niedrigsten ist. Die nicht zu vernachlässigende Rolle der Typen 5N und 6N kündigen die darauf folgende Evolution an, gekennzeichnet durch das sehr starke Übergewicht der zwei Typen von vorherrschendem Antimon.

Im Vergleich zu HaA2 ebenso wie zu HaB2 fällt HaB1 durch die niedrigste Homogenität der Zusammensetzungs-typen auf, vergleichbar mit jenen von BzD-HaA1. Die drei häufigsten Typen (5N, 5R, 4N) vereinigen in der Tat nur 58.7% der Objekte dieser Periode. Zwei andere Merkmale, welche mit regionalen Eigenheiten zusammenfallen, sind ebenfalls erwähnenswert: die gewichtige Häufigkeit an reichen Zusammensetzungen, vor allem im Osten, und jene an armen Zusammensetzungen, vor allem im Westen, was an die Situation in BzD-HaA1 erinnert.

Die Heterogenität in HaB1 macht einer ausserordentlichen Homogenität der Metallurgie in HaB2 Platz, einer Periode, in welcher drei von vier Objekten aus dem Metalltyp 6N bestehen, deren Streuung der Werte besonders gering ist. Die drei häufigsten Typen (6N, 1N, 5N) vereinigen nicht weniger als 96% der Objekte. Geographische und metallurgische Argumente lassen vermuten, dass das Kupfer vom Typ 1N in HaB2 weniger lange im Gebrauch war als der Typ 6N.

Von der mittleren Bronzezeit bis zu HaA2 verändert sich der Mittelwert von Zinn kaum. Er liegt zwischen 8 und 9% und erreicht sein Maximum in BzD-HaA1 (8.69%). In HaA2 variiert der Mittelwert am wenigsten, in jener Zeit, wo auch die Streuung des Hauptkupfers ein Minimum erreicht. Der spürbar tiefere Mittelwert in HaB1 erklärt sich durch den Gebrauch von reichen Kupfersorten, insbesondere im Osten, welchen nur wenig oder überhaupt kein Zinn zulegiert wurde. Im Westen und im Zentrum-West bleiben die Werte auf dem Niveau der

vorangehenden Phasen. Umgekehrt ist es ohne Zweifel ein eigentlicher Zinnmangel, welchem man die tiefen Werte in HaB2 (6.19%) zuschreiben muss. Die Streuung der Werte ist im Osten klar stärker ausgeprägt als in den beiden anderen Landesteilen.

Die Rolle des Bleis ist nicht immer einfach zu bestimmen. Je nach Fall kann (oder muss) es als Verunreinigung des Kupfers angesehen werden, als "Verschmutzung" des Zinns und/oder als beabsichtigtes Legierungselement. In der mittleren Bronzezeit (0.08%) ist es mit Sicherheit eine Verunreinigung des Kupfers. Die klare Erhöhung des Bleigehaltes in BzD-HaA1 (0.33%) ist eines der Hauptmerkmale, welches die Metalle dieser Periode von jenen der mittleren Bronzezeit unterscheidet. Auf diesem bescheidenen Niveau ist das Blei jedoch mit grosser Wahrscheinlichkeit ebenfalls als natürliche Verunreinigung im Kupfer anzusehen. Die Gehalte steigen in HaA2 (0.97%) spürbar an, im gleichen Zug mit dem neuen Metall, dem Fahlerztyp. Aber während dieser im ganzen Land ohne erwähnenswerte Unterschiede gebraucht wurde, variiert der Gehalt an Blei spürbar von einer Region zur andern, mit den höchsten Bleiwerten im Westen, vor dem Zentrum-West und dem Osten. Andererseits ist die Streuung der Bleiwerte klar grösser als jene der Arsen-, Antimon-, Silber-, Nickel- und Kobaltwerte. Wir betrachten deshalb mindestens einen Teil des Bleis als Legierungselement, beabsichtigt oder nicht, das heisst, dass Blei in mehr oder weniger grosser Menge im Zinn des Giessers vorhanden war. Der mittlere Gehalt an Blei bleibt gleich in HaB1 (0.99%). Im Gegensatz dazu steigt er in HaB2 (1.44%) spürbar an, während die Mehrheit der Barren (neun von fünfzehn) und der Fertigobjekte aus Reinkupfer aus dieser Periode Bleiwerte unter 0.1% zeigen, welche sich bei keinem der Bronzeobjekte wiederfinden. Das Eindringen des Bleis, bereits in HaA2 spürbar, scheint deshalb bestätigt. Andererseits nimmt der Gebrauch von Blei, wie in HaA2 und in HaB1, von West nach Ost stark ab.

Die Überprüfung der Objekte mit "Zwillingszusammensetzung", welche nur in HaA2 und in HaB2 häufig sind, bestätigt, was bereits aus der Morphologie gewisser Objekttypen abgeleitet werden konnte. Es bleibt festzuhalten, dass die drei Regionen — Ost, Zentrum-West, West — mit Regionen verschiedener Produktion übereinstimmen, zwischen denen die Fertigobjekte nur ausnahmsweise zirkulierten.

Vorwiegend aufgrund ihres erhöhten Zinkgehaltes wurden fünf Randleistenbeile verschiedenen Typs aus der Mittleren Bronzezeit als Fälschungen angesehen und deshalb aus der Statistik entfernt (577, 640, 642, 692, 742). Der Status des Gefässes 908 scheint hingegen schwieriger zu bestimmen zu sein.

## Kapitel 7 (Anhang 3)

Es wird hier zu bestimmen versucht, in welchem Masse die verwendeten Kupfersorten in der Schweiz auch in benachbarten Regionen zirkuliert haben. Dies ist natürlich von grosser Bedeutung für die Diskussion der Herkunft der Rohstoffe. Vergleichsanalysen sind jedoch noch viel zu wenig zahlreich, vor allem in den Gebieten ohne Seeufersiedlungen, um auch nur ansatzweise eine Verbreitungskarte der Kupfertypen von der mittleren bis zur späten Bronzezeit vorschlagen zu können. Nichtsdestoweniger können jetzt schon zwei gewichtige Aussagen gemacht werden.

Das in der schweizerischen Mittelbronzezeit vorherrschende Kupfer (As/Ni, schwaches Sb und Ag) scheint in der Tat mit dem, was gemeinhin wegen seiner wahrscheinlich österreichischen Herkunft als "ostalpinen Kupfer" bezeichnet wird, verwandt zu sein, welches seit der zweiten Hälfte der Frühbronzezeit eine extrem grosse Verbreitung in Zentral- und Nordeuropa hat. Es scheint hingegen nicht immer einfach zu sein, das für die atlantische Mittelbronzezeit typische Kupfer (speziell für die Gruppe Tréboul), welches vom selben Typ ist, davon zu unterscheiden.

Die Kupfersorten des Typs Fahlerz in HaA2, B1 und B2 gehören andererseits zur grossen Familie der Kupfersorten "S" (nach P. Northover), welche als von alpiner Herkunft angesehen werden und von welchen eine ausgedehnte Verbreitung in Mittel- und Nordeuropa, bis nach Skandinavien, in die Bretagne und auf die Britischen Inseln nachgewiesen ist. Im Einzelnen erscheint diese grosse Familie jedoch nicht wirklich homogen. Das Metall des Typs "S", charakteristisch für HaA2-B1 in Südengland und Nordfrankreich, zum Beispiel, ist in der Schweiz nur sehr wenig vertreten. Umgekehrt scheint das Kupfer mit vorherrschendem Nickel und starkem Kobaltgehalt, so charakteristisch für HaA2 in der Schweiz, im Moment zumindest keine Spuren ausserhalb der Schweiz hinterlassen zu haben, ausser vielleicht im Osten und Südosten des Gebietes, in der Laugen-Melaun Kultur, sowie im protovillanovazeitlichen Norden Italiens (gemäss der Zusammensetzung gewisser "fremder" Beile in unserem Korpus). Hingegen scheint der klassische Kupfertyp in HaB2, der Typ 6N, im weiten Kreis um die Alpen belegt zu sein.

## Kapitel 8

Dieses letzte Kapitel beschäftigt sich vorwiegend mit der summarischen Diskussion des Problems der Herkunft des Kupfers, zu deren (noch sehr weit entfernten!) Lösung chemische Analysen von Objekten ja beitragen sollten.

Die methodischen Hauptschwierigkeiten werden aufgezählt, anschliessend wird der spezielle Fall der Schweiz diskutiert. Das Bild ist noch unvollständig, vor allem in Folge fehlender Vergleichsanalysen aus benachbarten Gebieten und des unterschiedlichen Standes der Untersuchungen in den verschiedenen kupferführenden Zonen (auch wenn, vielleicht zu Unrecht, angenommen wird, dass der grösste Teil des in unseren Regionen in der Bronzezeit verwendeten Kupfers von alpinen Erzen stammt).

Aus der Tatsache der starken Verwandtschaft mit dem "ostalpinen Kupfer", das seinerseits mit den österreichischen Lagerstätten am Mitterberg (Salzburg) und der Region Kitzbühel (Tirol) in Verbindung gebracht wird, scheint es sehr wahrscheinlich, dass der in der schweizerischen Mittelbronzezeit vorherrschende Kupfertyp (As/Ni, schwaches Antimon) tatsächlich ostalpinen Herkunft ist.

Was die anderen Kupfertypen betrifft, speziell jene des Fahlerztyps der Spätbronzezeit, sind die Hypothesen noch verschwommener. Die ostalpine Zone wie jene des Trentino/Alto-Adige, Regionen, in welchen der prähisto-

rische Kupferbergbau nachgewiesen ist, bieten sich als mögliche Herkunftsgebiete an. Prähistorischer Kupferbergbau ist auch im Oberhalbstein (Kt. Graubünden) nachgewiesen, aber da der dort vorkommende Typ des Rohstoffes noch weitgehend unbekannt ist, ist es schwierig, seinen eventuellen Einfluss auf das Bronzehandwerk des schweizerischen Mittellandes abzuschätzen. Das Wallis (Val d'Anniviers, Turtmanntal) mit seinen reichen Kupfererzen vom Typ Fahlerz mit Arsen, Antimon, Nickel und Kobalt, stellt ebenfalls eine wichtige potentielle Rohstoffquelle dar. Schlussendlich geben auch die Kupfersorten mit armer Zusammensetzung in BzD-HaA1 und HaB1 mit vorwiegend westlicher Verbreitung in der Schweiz einen Hinweis zugunsten der (alpinen ?) westlichen Herkunft dieses Metalltyps.

Ein Punkt zumindest kann als gesichert betrachtet werden: in jeder untersuchten chronologischen Phase, und bis ans Ende der Spätbronzezeit, verarbeiteten die Produktionswerkstätten von Bronzeobjekten viel mehr neues Kupfer als wiederverwendetes Altmetall. Dies zeigt die stetige Abfolge der fast immer klar charakterisierbaren und nicht miteinander zu verwechselnden Kupfertypen.

(Übersetzung: Walter Fasnacht)

## SUMMARY

### Chapter 1 (Tables 1-8; Figures 1-2; Appendices 1-2)

Starting from a typological classification of a corpus of 941 spectrometric analyses, this work has as its objective the compositional classification of the bronzes used in Switzerland during the Middle and Late Bronze Ages, from Bronze B to Hallstatt B 2 inclusive. Above all, it is seeking to reveal the time-dependent (diachronic) changes in the composition of the principal raw material, copper, and to correlate them with the chronological evolution of object typology.

The analyses were carried out between 1984 and 1987 by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP) at EMPA, Dübendorf, under the direction of N. Kläntschi. The elements analysed were copper, tin, lead, arsenic, antimony, silver, nickel, bismuth, cobalt, zinc and iron. The analytical method and the quality of the analyses are presented and discussed. On the basis of multiple analyses of some objects, data obtained from other laboratories, and the analysis of certified reference standards it is possible to say that the precision and accuracy of the results can be described as very good. However, some difficulties were experienced in the estimation of silver and

cobalt. Analysis of multiple samples from a whole series of objects has also shown that the metal is essentially homogeneous and that the quantity of metal taken, about 30mg, is thoroughly representative of an object as a whole.

The corpus studied here primarily consists of axes (58%), knives (15%) and sickles (9%), that is objects which, on the one hand, are good chronological indicators and, on the other, lend themselves to sampling by drilling without noticeable damage.

### Chapter 2 (Table 9, Figure 3)

The objects have been divided typologically into five chronological groups: Bronze moyen (1982, 19.3% of the corpus), BzD-HaA1 (121, 12.9%), HaA2 (199, 21.1%), HaB1 (12.1%) and HaB2 (196, 20.8%). Certain objects, however, could not be assigned precisely to an individual chronological group. They can be divided into examples from HaA2-HaB1 (6.3%), HaB1-HaB2 (3.4%) and "indeterminate" (3%). Nine objects from the Early Bronze Age (1%) and a single piece from HaC (0.1%) complete the corpus.

### Chapter 3 (Maps 1-10, Table 9, Figure 3)

With the object of demonstrating synchronic variations in the composition of the bronze, the area of Switzerland was divided into three main regions, labelled East (29.2% of the objects), Centre-West (45.2%) and West (25.2%). A fourth region, the South (0.2%) does not play any role in our discussion. The distribution maps show that in all periods, and especially from HaA2 to HaB2, the time of the lake dwellings, the great majority of objects comes from the Swiss Plateau, between Geneva and Zürich. The Alpine Bronze Age, in particular that of the Grisons (Graubünden), is thus under-represented in our corpus. This is to be regretted since the only traces of the prehistoric exploitation of copper minerals in Switzerland are precisely from the Grisons.

### Chapter 4 (Tables 10-13; Figures 4-15)

One approach to the data is, starting from simple frequency histograms, to group the objects chronologically and by element. It is a first step in showing the changes in chemical composition that occur with time, expressed in this case by variations in the absolute concentrations of individual elements. The most spectacular change takes place in HaA2, at the moment when a completely new metal is introduced, characterised by greatly increased concentrations of, in particular, lead, antimony, silver, nickel and cobalt. At the same time the histograms show the extent of variation in the concentrations, especially in connection with alloying levels of tin. From this point of view HaB1 and HaB2 are (metallurgically) less homogeneous than the preceding periods.

The compositional typology that we propose of course takes account of the absolute concentrations but this is only a secondary criterion. The primary basis of the typology is the relative importance of the three principal impurities, arsenic, antimony and nickel. Seven compositional types or profiles (*schémas de composition*) have been defined in this way:

- 1) As>Sb>Ni, As>Sb=Ni, As=Sb>Ni  
(73 objects, 7.8% of the corpus)
- 2) As>Ni>Sb, As=Ni>Sb (109, 11.6%)
- 3) Ni>As>Sb (157, 16.7%)
- 4) Ni>Sb>As, Ni=Sb>As, Ni>Sb=As (193, 20.5%)
- 5) Sb>Ni>As (150, 15.9%)
- 6) Sb>As>Ni, Sb>As=Ni (251, 26.7%)
- 7) As=Sb=Ni (8, 0.8%)

To the extent that Types 2 and 3 are, on the one hand, largely characteristic of Bronze Moyen and BzD-HaA1, and Types 4, 5 and 6 of HaA2, HaB1 and HaB2, the chronological significance of these profiles is evident. The

significance is specifically even plainer for the profiles of Types 2, 4 and 6, since the 76% of the first is comprised just of Bronze Moyen material, 75% of the second belongs to HaA2 and 66% of the third to HaB2. Type 5, predominantly attributable to HaB1, appears rather to represent a transition between HaA2 and HaB2. Type 1, in fact, contains two very different types of composition, one of Bronze Moyen and BzD-HaA1 date, the other of HaB2, which can be clearly distinguished by means of a very precise typology. Similarly, the HaA2 compositions in Type 3 can be distinguished as totally different from those of Bronze Moyen and very closely linked to the HaA2 compositions of Type 4.

Thus the basic corpus is divided into seven groups, each with a characteristic compositional profile. Each group is then divided into three as a function of the absolute concentrations of the elements. From the combined concentrations of arsenic, antimony and nickel, we can define three types of composition, *pauvre* or 'low' (up to 0.42%), *normale* or 'standard' (0.43% to 3.99%) and *riche* or 'high' (from 4%). The chronological importance of the low and high composition groups is immediately apparent: 84% of the 'low' group belong to Bronze Moyen and BzD-HaA1, while 83% of the 'high' group belong to HaB1. BzD-HaA1 is the only phase to see a total preponderance of 'low' compositions.

The two steps in this sorting process (composition profiles and combined concentrations of As/Sb/Ni) lead to the formation of twenty *groups* or *composition types*, labelled with the number of the profile and the letters N, P, R for 'standard' (*normale*), 'low' (*pauvre*) and 'high' (*riche*).

### Chapter 5 (Figures 16-48)

The purpose of the chapter is a detailed examination of the composition groups. It is at this level that an automated, hierarchical classification becomes necessary, the results of which are expressed as dendrograms in Figures 16-48. Each group is described according to a fixed rubric involving chronology, geographical location, group characteristics, specific objects and twin or matching compositions (a concept defined in Chapter 4). It implies objects with compositions so similar that they can be considered to come from either the same melt or, where only the impurity concentrations without lead and tin are identical, from the same copper ingot.

The second part of the catalogue of analyses forms an appendix to Chapter 5. The analyses are arranged into composition groups in the order given by the automated classification process and lists the group and sub-group labels.

**Chapter 6** (Tables 14-17; Figures 49-53)

The chapter is introduced by a synthesis of the results given in Chapter 5 presented in chronological order (Table 14).

In *Bronze moyen* two main groupings of compositions can be recognised. The first, by far the most widely used, corresponds to the assemblage of objects in *Bronze moyen* from groups 3N, 3P, 3R, 2N and 2P (82.4% of objects from *Bronze moyen*). It is based on a copper with a low concentration of antimony relative to arsenic and nickel, as well as low levels of lead, silver and cobalt. 'Low' impurity patterns are less common than 'standard' and the frequency of profiles of Type 2 (As dominant) are a little less common than those of Type 3 (Ni dominant). The majority of 'low' compositions belong to Type 2. The second range of compositions, very much in the minority (15.3%) contains the *Bronze moyen* objects from groups 1N, 4N, 5N, 6N and 7N. In contrast to the first group it is characterised by levels of antimony more or less equal to those of arsenic and nickel. There are two variants, one with high silver, the other with low silver; the concentrations of lead and cobalt are not as high as in the first grouping.

*BzD-HaA1* is the period where our system of classification based on composition profiles works least well. The principal characteristic of this period appears to us to be, in effect, a generally low level of all concentrations rather than the dominance of any particular one. In general 'low' compositions prevail, more strongly in the West (79%) than in the East (54%) or Centre-West (58%); on the other hand they are distributed across no less than four of the composition profiles (3P, 1P, 2P, 6P). 'Standard' compositions from *Bronze moyen* objects in group 3N continue to play an important part, in particular in the East. The increase in frequency of 'low' compositions of types not observed in *Bronze moyen* shows that they are not the result of recycling of *Bronze moyen* objects (note also increased concentrations of bismuth). Rather, they correspond to the arrival of a new primary metal, apparently originating in the west.

The sharp break in the pattern that starts with *HaA2* is dramatic. The As/Ni types of copper from *Bronze moyen*, and those with 'low' impurities from *BzD-HaA1* are effectively replaced — for the whole of the Late Bronze Age at the lake sites — by coppers described as of *fahlerz*-type. They are characterised by 'standard' compositions with roughly similar concentrations, according to type, of arsenic, antimony, silver, nickel and cobalt. That which predominates in *HaA2* (more than 70% of the objects analysed) is defined by a profile with nickel dominant, and a mean level of cobalt that is the highest in the entire corpus. It is formed from the group 4N and a small part of 3N. Together with the copper of Type 6N from *HaB2*, it represents the most homogeneous group of raw material, that is it has the lowest variability in the concentrations of the individual elements. A significant role for

Types 5N and 6N defines the continuing evolution of this copper, marked by a major preponderance of the two profiles with antimony dominant.

In comparison with *HaA2* and *HaB2*, *HaB1* is striking in its low degree of compositional homogeneity, which is comparable to that of *BzD-HaA1*. The three most common types (5N, 5R, 4N) only comprise 58.7% of the objects of the period. Two other features which have a strong regional correlation are equally remarkable: the very frequent occurrence of 'high' composition profiles, especially in the east, and of 'low' ones in the west, reminiscent of the situation in *BzD-HaA1*.

The heterogeneity of *HaB1* gives way to the exceptional metallurgical homogeneity of *HaB2*, a period when three objects out of every four belong to type 6N, and where the variation in element concentrations is very low. The three most common types (6N, 1N, 5N) include at least 96% of the objects. Distributional and metallurgical arguments suggest that copper of Type 1N lasted longer in use in *HaB2* than copper of Type 6N.

From *Bronze moyen* to *HaA2* mean tin contents do not vary very much. It lies between 8% and 9%, reaching its maximum in *BzD-HaA1* (8.69%). It is in *HaA2* that it varies the least, a time when the variability of the principal copper type is also at a minimum. The low mean tin content in *HaB1* is explained by the use of coppers with very 'high' composition profiles, especially in the East, which were alloyed with only low levels of tin or even with no tin at all. In the West and Centre-West tin contents stayed at the same level as in the preceding phases. On the other hand, it is a real lack of tin which contributes to the low contents of *HaB2* (mean 6.19%). Their variability is also much more acute in the east than in the other two areas of the country.

The status of lead is not always easy to determine. Depending on the situation it can (or should) be regarded as an impurity in the copper, as a contaminant of the tin and/or as an intentional alloying element. In *Bronze moyen* (mean 0.08%) it is certainly an impurity. The clear increase in lead values in *BzD-HaA1* (0.33%) is one of the traits that distinguishes the compositions of this period from those of *Bronze moyen*. At this modest level, however, the lead is very probably still to be considered a natural impurity in the copper. There is again an observable increase in *HaA2* (0.97%), at the same time as a new metal, of *fahlerz* type enters circulation. But while that was used with little variation across the entire country, it is noticeable that lead concentrations vary appreciably from one region to another, being higher in the West than in the Centre-West and in the East. Further, the variation in lead contents is much sharper than that for arsenic, antimony, silver, nickel and cobalt. We are then forced to consider at least part of the lead as an alloying element either deliberate, or adventitious, that is to say it could be present to some extent in the tin used by the founders. The mean lead content remains constant in

HaB1 (0.99%) but rises significantly in HaB2 (1.44%), when the majority of copper ingots (nine out of fifteen) have lead contents below 0.1%, not found in any bronze. The intrusive nature of the lead, present since HaA2, is confirmed. Meanwhile, as in HaA2 and HaB1, the use of lead decreases markedly from west to east.

The study of objects which are compositional twins, common only in HaA2 and HaB2, confirms what has already been deduced from the typology of certain artefact types, that the three regions that we have defined — West, Centre-West, East — correspond to different production zones between which finished objects only circulated very rarely.

Chiefly because of their large *zinc* contents, five flanged axes of Bronze moyen types are considered to be forgeries and are thus excluded from our statistics (577, 640, 642, 692, 742). The status of vase 908 is more difficult to establish.

## Chapter 7 (Appendix 3)

Here an attempt is made to determine the extent to which the coppers used in Switzerland also circulated in neighbouring regions, as this is naturally of the first importance in discussing the origin of the raw materials. However, comparative analyses are still too small in number, especially in the regions immediately bordering Switzerland, for even the suggestion of an embryonic distribution map of the copper types of the Middle and Late Bronze Age to be made. All the same, it is already possible to reach two important conclusions.

The dominant copper type from the Bronze moyen of Switzerland (As/Ni, low Sb and Ag) is basically comparable to that labelled, from its probable Austrian origin, *ostalpinés Kupfer* and which, from the second half of the Early Bronze Age, has an extremely widespread distribution in central and northern Europe. However, it is never easy to distinguish this from the copper of the same type which is characteristic of the Atlantic Middle Bronze Age, in particular the Tréboul group).

The *fahlerz* type coppers of HaA2, HaB1 and HaB2, belong to the large family of coppers of type 'S' (following P. Northover) which is believed to originate in the Alps, and whose expansion over enormous areas of central and northern Europe as far as Scandinavia, Brittany and the British Isles is well attested. However, it is apparent that in detail that this large family is not actually homogeneous. For example, the 'S'-type metal that is typical of HaA2-HaB1 in southern England and northern France, has only a small presence in Switzerland. On the other hand, the copper with nickel dominant and high cobalt, although characteristic of HaA2 in Switzerland has, for the moment, left no significant traces outside the country

except, perhaps, to the south and south-east of the area, in the Lugen-Melaun culture, as well as in the proto-Villanovan of northern Italy (a conclusion derived from "foreign" axes in our corpus. In contrast, the classic copper type of HaB2, type 6N, is attested over a wide area all around the Alps.

## Chapter 8

This last chapter is mainly devoted to a summary and discussion of the problem of the sources of the copper used in the Bronze Age, to the solution of which (still very distant!) the chemical analysis of the objects must contribute.

The principal methodological difficulties are enumerated before the specific case of Switzerland is discussed. This aspect is still very obscure because of a lack of comparative analyses from adjacent regions, and because the intensity of prospection in the various cupriferous districts of the Alps is very uneven (assuming, perhaps wrongly, that the majority of the coppers used in the Bronze Age in our region derive from the mineral deposits of the Alps).

On the strength of its strong resemblance to the "*ostalpinés Kupfer*", which in turn has been related to the Austrian ore deposits of Mitterberg (Salzburg) and Kitzbühel (Tyrol), there is a strong probability that the principal copper of Bronze moyen in Switzerland (As/Ni, low Sb) is essentially east Alpine in origin.

As for the other coppers, especially the *fahlerz* type of the late Bronze Age, hypotheses are still much more fluid. The east Alpine and the Trentino-Alto Adige areas, both regions where prehistoric exploitation of copper minerals is attested, are possible sources. Prehistoric exploitation of copper has similarly been recognised in the Oberhalbstein (Grisons) but, because of lack of knowledge of the types of raw copper produced there, it is difficult to measure its ultimate impact on the bronze industries of the Swiss Plateau. The Valais (Val d'Anniviers, Val de Tourtemagne), rich in *fahlerz*-type minerals with arsenic, antimony, nickel and cobalt, is also potentially another important source. Finally, the predominantly westerly distribution in Switzerland of coppers with 'low' composition profiles in BzD-HaA1 provides an indication in favour of a western (?Alpine) origin for this metal.

At least one point can be taken as established: in each of the phases of the proposed chronology until the end of the Bronze Age, each of the workshops producing bronze objects worked more with new copper than with recycling old metal. This is shown in the constant evolution of copper types that are almost always clearly definable, and which cannot be confused with each other.

(Translation: Peter Northover)

## RIASSUNTO

**Capitolo 1** (tab. 1-8; fig. 1-2; allegati 1-2)

Partendo da 941 analisi spettrografiche il presente lavoro si propone di definire la composizione del bronzo utilizzato nella media e tarda età del Bronzo vale a dire dalla fase BzB alla fase HaB2 compresa. In particolare si cercano di evidenziare i cambiamenti diacronici avvenuti nella composizione della principale materia prima, il rame, e di correlarla con un'evoluzione crono-tipologica degli oggetti.

Le analisi sono state realizzate tramite spettrometria ad emissione atomica (ICP) presso l'EMPA di Dübendorf, sotto la direzione di N. Kläntschi. Gli elementi considerati sono rame, stagno, piombo, arsenico, antimonio, argento, nickel, bismuto, cobalto, zinco e ferro. Vengono presentati e discussi il metodo e la qualità delle analisi. La presenza di più analisi sullo stesso oggetto, il confronto dei risultati ottenuti da altri laboratori e l'analisi di prove standardizzate consentono di valutare la precisione e l'esattezza dei risultati come molto buona, anche se si sono incontrate alcune difficoltà nella misurazione dell'argento e del cobalto. Numerosi campioni prelevati da una stessa categoria di oggetti dimostrano anche che il metallo è molto omogeneo e che la quantità prelevata (ca. 30 mg) è più che sufficientemente rappresentativa dell'intero oggetto.

Il *corpus* studiato è rappresentato innanzitutto da asce (58%), coltelli (15%) e falcetti (9%), che da una parte sono dei buoni indicatori cronologici e dall'altra si prestano senza subire danno ad una campionatura per carotatura.

**Capitolo 2** (tab.9; fig.3)

Tipologicamente gli oggetti si possono suddividere in 5 gruppi cronologici: Bronzo medio (182, 19% del intero *corpus*), BzD-HaA1 (121, 12,9%), HaA2 (199, 21,1%), HaB1 (114, 12,1%) e HaB2 (196, 20,8%). Alcuni oggetti comunque non si sono potuti assegnare con precisione ad un gruppo cronologico particolare. Sono infatti collocabili nell'HaA2-B1 (6,3%), nell'HaB1-2 (3,4%) e negli "indeterminabili" (3%). Completano il *corpus* nove oggetti attribuibili al Bronzo antico (1%) ed un unico oggetto attribuibile all'HaC (0,1%).

**Capitolo 3** (carte 1-10; tab.9; fig.3)

Per mettere in evidenza le variazioni sincroniche nella composizione del bronzo, il territorio svizzero è stato

suddiviso in tre regioni principali, denominate rispettivamente: Est (29,2% degli oggetti), Centro Ovest (45,2%) e Ovest (25,2%). Una quarta regione, quella Sud (0,2%), non gioca alcun ruolo in questo studio. Le carte di distribuzione mostrano che in tutte le età e soprattutto dall'HaA2 all'HaB2, l'epoca delle palafitte, la maggior parte degli oggetti analizzati proviene dal territorio compreso tra Ginevra e Zurigo. L'età del Bronzo alpina, specialmente quella dei Grigioni, è dunque sotto rappresentata nel nostro *corpus*. Fatto questo ancor più spiacevole se si considera che le uniche testimonianze di miniere del rame preistoriche in Svizzera sono documentate proprio nel territorio dei Grigioni.

**Capitolo 4** (tab. 10-13; fig. 4-15)

Una prima analisi dei risultati è tentata attraverso semplici istogrammi di frequenza che raggruppano gli oggetti sulla base delle fasi cronologiche e sulla base degli elementi. E' questo un primo modo per mettere in evidenza i cambiamenti avvenuti, nel corso degli anni, nella composizione chimica, espressi, in questo caso, dalle variazioni del livello assoluto dei tenori dei singoli elementi. Il cambiamento più evidente avviene nell'HaA2, in un momento in cui si afferma un nuovo metallo caratterizzato da tenori molto elevati soprattutto di piombo, antimonio, argento, nickel e cobalto. Gli istogrammi mettono ugualmente in evidenza la variabilità più o meno accentuata dei tenori, specialmente di quelli alligati con lo stagno. Da questo punto di vista le fasi HaB1 e HaB2 sembrano molto meno omogenee di quelle precedenti.

La tipologia che noi proponiamo tiene sì conto del livello assoluto dei tenori ma essa non ne fa che un criterio di secondo rango. Il criterio base, in effetti è dato dall'importanza relativa delle tre impurità principali, che sono l'arsenico, l'antimonio ed il nickel. Vengono così definiti 7 schemi tipo di composizione:

- 1) As>Sb>Ni, As>Sb=Ni, As=Sb>Ni (73 oggetti, 7,8% del *corpus*)
- 2) As>Ni>Sb, As=Ni>Sb, (109, 11,6%)
- 3) Ni>As>Sb (157, 16,7%)
- 4) Ni>Sb>As, Ni=Sb>As, Ni>Sb=As (193, 20,5%)
- 5) Sb>Ni>As, (150, 15,9%)
- 6) Sb>As>Ni, Sb>As=Ni (251, 26,7%)
- 7) As=Sb=Ni (8, 0,8%)

Se da un lato i tipi 2 e 3 sono caratteristici soprattutto per il Bronzo medio e per il Bronzo D - HaA1, e dall'altro i tipi 4, 5 e 6 sono soprattutto caratteristici dell'HaA2, HaB1 e HaB2, il significato cronologico di questo schema diventa chiaro. Esso viene definito ancor meglio attraverso gli schemi tipo 2, 4 e 6, perchè il primo è attribuibile al 76% al Bronzo medio, il secondo al 75% all'HaA2 e il terzo al 66% all'HaB2. Il tipo 5, rappresentato soprattutto da oggetti dell'HaB1, appare piuttosto come un fenomeno di transizione tra l'HaA2 e l'HaB2. Il tipo 1 contiene invero due tipi molto differenti di composizione, l'uno attribuibile al Bronzo medio e al BzD-HaA1, l'altro all'HaB2, che possono essere distinti per mezzo di una tipologia sottile. Allo stesso modo le composizioni HaA2 del tipo 3 sono completamente differenti da quelle del Bronzo medio e molto simili alle composizioni HaA2 del tipo 4.

Il *corpus* di base è stato suddiviso in sette gruppi, ciascuno caratterizzato da uno schema tipo di composizione. In seguito ciascun gruppo è stato suddiviso in sottogruppi, in funzione del livello assoluto dei tenori. Partendo dal contenuto cumulativo di As/Sb/Ni, abbiamo suddiviso tre tipi di composizione: povera (fino a 0.42%), normale (dallo 0.43 al 3.99%) e ricca (dal 4%). Il significato cronologico della composizione povera e di quella ricca balza agli occhi: la prima appartiene per l'84% al Bronzo medio e al BzD-HaA1, la seconda per l'83% all'HaB1. Il BzD-HaA1 è l'unica fase a totale preponderanza di composizione povera.

Le due tappe di questa scelta (schema di composizione; contenuto cumulativo di As/Sb/Ni) hanno portato alla creazione di venti gruppi o tipi di composizioni, denominati in base al numero dello schema e dalle lettere N, P o R rispettivamente composizione normale, povera e ricca.

## Capitolo 5 (fig. 16-48)

Scopo di questo capitolo è l'analisi dettagliata dei diversi gruppi di composizione. E' a questo livello che interviene un processo di classificazione automatica (gerarchia ascendente) dove i risultati sono espressi dai dendrogrammi delle figg.16-48. Ciascun gruppo è descritto secondo uno schema fisso che comprende le seguenti voci: cronologia, geografia, caratteristiche del gruppo, oggetti particolari, composizioni gemelle; quest'ultimo concetto è stato definito nel capitolo 4. Si tratta di oggetti con una composizione così simile che si può dedurre che provengano dalla stessa colata di bronzo o dal medesimo lingotto di rame (nel caso in cui solo le impurità sono identiche fatta eccezione per lo stagno ed il piombo).

La seconda parte del catalogo delle analisi rappresenta un'appendice al capitolo 5. Inquadra le analisi secondo il gruppo di composizione seguendo l'ordine stabilito dalla classificazione automatica ed indica le caratteristiche cifrate dei gruppi e sottogruppi.

## Capitolo 6 (tab. 14-17; fig. 49-53)

Inizia con una sintesi dei dati ripresi dal capitolo 5 presentati in ordine cronologico (tab.14).

Il *Bronzo medio* conosce due principali tipi di composizione. Il primo, di gran lunga il più diffuso, coincide con la riunificazione degli oggetti del Bronzo medio nei gruppi 3N, 3P, 3R, 2N e 2P (82.4% degli oggetti del Bronzo medio). Si tratta di un rame caratterizzato in primo luogo da un basso contenuto di antimonio rispetto all'arsenico e al nickel, così come da un basso contenuto di piombo, argento e cobalto. Le composizioni povere sono in rapporto alle normali meno rappresentate e la frequenza dello schema del tipo 2 (As dominante) è più o meno equivalente a quello dello schema 3 (Ni dominante). Le composizioni povere sono più numerose di quelle dello schema 2. L'altro tipo di composizione, di molto inferiore (15.3%), corrisponde al raggruppamento degli oggetti del Bronzo medio dei gruppi 1N, 4N, 5N, 6N e 7N. Questo rame è caratterizzato da un contenuto più o meno simile di antimonio, arsenico e nickel. Comprende due varianti, una con un'alta e una con una bassa percentuale di argento. La percentuale di piombo e cobalto non supera quella del tipo precedente.

Il *BzD-HaA1* è il periodo che meno si presta all'applicazione del nostro sistema di classificazione secondo i profili di composizione. La caratteristica principale di questa fase sembra essere più un basso livello di tenori che un particolare tipo di schema. In ogni caso dominano le composizioni povere, molto di più in occidente (79%) che in oriente (54%) e nel centro-ovest (58%); d'altra parte esse sono rappresentate da non meno di quattro gruppi principali (3P, 1P, 2P, 6P). Le composizioni normali del gruppo 3N del tipo del Bronzo medio continuano a ricoprire un ruolo abbastanza importante, soprattutto nell'Est. La differenza regionale nella frequenza delle composizioni povere mostra che queste leghe non derivano dalla fusione degli oggetti della media età del Bronzo (cfr. anche i valori più elevati del bismuto), ma l'arrivo di una nuova materia prima, probabilmente di origine orientale.

La cesura con l'inizio dell'*HaA2* è molto evidente. Al rame di tipo As/Ni del Bronzo medio e alle composizioni povere del BzD-HaA1 segue in effetti, per tutta la durata degli insediamenti palaffitticoli del Bronzo finale, una qualità di rame del "tipo Fahlerz", caratterizzata da composizioni perlopiù normali e da valori più o meno equivalenti (secondo i tipi) di arsenico, antimonio, argento, nickel e cobalto. Lo schema dominante nell'HaA2 (> 70%) è caratterizzato da una dominanza di nickel e dal più alto valore medio di cobalto riscontrato nel nostro *corpus*. E' rappresentato dal gruppo 4N e da una piccola parte del gruppo 3N. Assieme al rame di tipo 6N dell'HaB2 si ha la materia prima più omogenea, vale a dire quella ove si registra la più bassa presenza della variabilità dei tenori. Il ruolo non particolarmente attendibile dei

tipi 5N e 6N annotano il proseguire dell'evoluzione caratterizzata da una forte preponderanza dei due schemi con antimonio dominante.

Rispetto all'HaA2 e all'HaB2, l'HaB1 si distingue per la più bassa omogeneità dei tipi di composizione paragonabile a quella del BzD-HaA1. I tre tipi più rappresentati (5N, 5R, 4N), in effetti, non riassumono che il 58.7% degli oggetti di questo periodo. Ugualmente significative sono due altre caratteristiche che corrispondono a delle particolarità regionali: l'importante frequenza delle composizioni ricche soprattutto all'Est e quella delle composizioni povere soprattutto all'Ovest: reminiscenza della situazione del BzD-HaA1.

L'eterogeneità dell'HaB1 fa posto alla straordinaria omogeneità della metallurgia dell'HaB2, periodo ove tre oggetti su quattro sono del tipo di metallo 6N, la cui dispersione dei valori è particolarmente contenuta.

I tre tipi più diffusi (6N, 1N, 5N) non assommano meno del 96% degli oggetti. Considerazioni geografiche e metallurgiche lasciano supporre che il rame del tipo 1N nell'HaB2 sia rimasto in uso molto meno del tipo 6N.

Dal Bronzo medio all'HaA2 il valore medio dello stagno rimane pressochè invariato. Si situa tra l'8% ed il 9% e raggiunge il suo massimo nel BzD-HaA1 (8.69%). Durante l'HaA2 il valore medio di stagno varia al minimo e si tratta del momento in cui anche la variabilità del rame principale utilizzato raggiunge un *minimum*. Il basso valore medio nell'HaB1 si spiega con l'utilizzo, soprattutto all'Est, di una qualità di rame particolarmente ricco a cui lo stagno legato era poco o del tutto inesistente. In Occidente e nel Centro Ovest i valori rimangono sui livelli delle fasi precedenti. Al contrario i bassi valori dell'HaB2 (6.19%) si devono ascrivere ad un'effettiva mancanza di stagno. La variabilità dei valori è nettamente più consistente nell'Est che nelle altre due parti del paese.

Lo *status* del piombo non è facile da determinare. A seconda dei casi può (o deve) essere considerato come un'impurità del rame, come una "contaminazione" dello stagno e/o come un elemento intenzionale di alligazione. Per il Bronzo medio (0.08%) con sicurezza si tratta di una impurità del Rame. Il netto aumento dei valori del contenuto di piombo nel BzD-HaA1 (0.33) è una delle principali caratteristiche che permettono di distinguere il metallo di questo periodo da quello del Bronzo medio. A questo livello modesto il piombo è molto probabilmente da considerare ancora come un'impurità naturale del rame. Il contenuto aumenta sensibilmente nell'HaA2 (0.97%), nello stesso momento in cui viene messo in circolazione il nuovo metallo di "tipo Fahlerz". Ma mentre questo venne utilizzato senza significative differenze in tutto il paese, il contenuto di piombo varia sensibilmente da una regione all'altra, l'Occidente è il più ricco di piombo, seguono il Centro - Ovest e l'Est. D'altra parte la varia-

bilità dei valori del piombo è nettamente superiore a quella di arsenico, antimonio, argento, nickel e cobalto. Noi consideriamo perciò almeno una parte del piombo come elemento di lega, intenzionale o no, vale a dire presente in una quantità più o meno grande nello stagno utilizzato dai fonditori. Il valore medio del piombo rimane stazionario nell'HaB1 (0.99%). Di contro aumenta molto sensibilmente nell'HaB2 (1.44%), quando la maggior parte dei lingotti e degli oggetti di rame finiti di questo periodo mostrano un contenuto di piombo inferiore allo 0.1%, che non si ritrova in nessuno degli oggetti di bronzo. Il carattere intrusivo del piombo, presente nell'HaA2, pare dunque confermato. D'altra parte, come nell'HaA2 e nell'HaB1, l'uso di piombo diminuisce fortemente dall'Ovest all'Est.

L'esame degli oggetti con "composizione gemella", frequente solamente nell'HaA2 e nell'HaB2, conferma quanto già si era potuto dedurre dalla morfologia di determinati tipi di oggetti e cioè che le tre regioni Est, Centro Ovest, Ovest - corrispondono a delle regioni di produzione differente, entro le quali gli oggetti finiti non circolano se non in casi eccezionali.

Soprattutto a causa di un alto contenuto di zinco, 5 asce a margini rialzati di diversi tipi del Bronzo medio sono state ritenute delle falsificazioni e quindi scartate dall'esame statistico (577, 640, 642, 692, 742). Più difficile da determinare è invece lo *status* del vaso 908.

## Capitolo 7 (allegato 3)

Qui si cerca di determinare in che misura le varie qualità di rame utilizzate in Svizzera siano circolate anche nelle regioni vicine. Ciò naturalmente è di grande importanza per la discussione dell'origine delle materie prime. Le analisi confrontabili sono ancora poco numerose, soprattutto nei territori limitrofi della Svizzera, perchè possa essere proposta anche a livello embrionale una carta di distribuzione dei tipi di rame del Bronzo medio e tardo. Ciononostante sono possibili già fin d'ora due importanti considerazioni.

Il rame (As/Ni, raro Sb e Ag) dominante nel Bronzo medio della Svizzera sembra di fatto imparentato con quello definito (per la sua probabile origine austriaca) come "rame alpino-orientale", il quale a partire dalla seconda metà del Bronzo antico ha una diffusione particolarmente vasta nell'Europa centrale e nordorientale. Di contro non sembra sempre facile distinguere da questo il rame tipico per il Bronzo medio atlantico (in particolare il gruppo Tréboul) che è dello stesso tipo.

Il rame di tipo "Fahlerz" nell'HaA2, B1 e B2 appartiene d'altra parte alla grande famiglia dei tipi di Rame denominati "S" (secondo P. Northover), che possono avere un'origine alpina e di cui è attestata una distribuzione

nell'Europa centrale e settentrionale fino alla Scandinavia, in Bretagna e sulle isole Britanniche. Nei dettagli questa grande famiglia non compare del tutto omogenea. Il metallo tipo "S" caratteristico per l'HaA2-B1 nell'Inghilterra meridionale e nella Francia settentrionale, è ad esempio molto poco rappresentato nella Svizzera. Di contro, il rame con Nickel dominante e un forte contenuto di cobalto, così caratteristico dell'HaA2 della Svizzera, non pare attualmente aver lasciato delle tracce importanti all'esterno della Svizzera, ad eccezione dei territori orientali o sud orientali, nella cultura Luco Meluno, così come nel protovillanoviano dell'Italia settentrionale (secondo la composizione di alcune asce "straniere" nel nostro corpus). Invece il rame del tipo classico nell'HaB2, il tipo 6N, sembra avere una larga distribuzione attorno alle Alpi.

### Capitolo 8

Questo ultimo capitolo è centrato soprattutto su una discussione riassuntiva del problema dell'origine del rame, alla cui soluzione (ancora molto lontana !) doveva contribuire l'analisi chimica degli oggetti.

Vengono enumerate le principali difficoltà metodologiche, infine viene discusso il caso particolare della Svizzera. Il quadro è ancora incompleto soprattutto per la mancanza di analisi da confrontare dai territori limitrofi e per il diverso grado di prospezioni nelle differenti zone alpine con affioramenti di rame (anche se, forse a torto, viene ammesso che la maggior parte del rame utilizzato nell'età del Bronzo nella nostra regione viene da minerali alpini).

Sulla base di una forte somiglianza con il "rame alpino orientale", che da una parte viene messo in relazione con gli affioramenti austriaci presso il Mitterberg (Salisburgo) e presso Kitzbühel (Tirolo), è molto probabile che il tipo di rame dominante nel Bronzo medio svizzero (As/Ni, raro Sb) sia effettivamente di origine alpino-orientale.

Per quanto riguarda gli altri tipi di rame, specialmente quelli del tipo Fahlerz del Bronzo finale le ipotesi sono ancora oscillanti. La zona alpino orientale come quella del Trentino Alto Adige, regione in cui sono documentate miniere preistoriche, rappresenta una possibile origine. Lo sfruttamento preistorico di rame è ugualmente attestato nell'Oberhalbstein (Grigioni), ma poichè si ignora ancora il tipo di materia prima ivi utilizzato è molto difficile misurare il suo eventuale impatto su l'industria di bronzo del Plateau svizzero. Il Vallese (Val d'Anniviers, Val Tourtemagne) ricco di minerali di "tipo Fahlerz" associato ad arsenico, antimonio, nickel e cobalto, rappresenta ugualmente una potenziale fonte di materia prima importante. Infine, la distribuzione soprattutto occidentale, in Svizzera, del rame con composizione povera del BzD-HaA1 e dell'HaB1 costituisce un indice in favore dell'origine (alpino ?) occidentale di questo tipo di metallo.

Un punto perlomeno può essere considerato sicuro: in ciascuna fase cronologica indagata, e fino alla fine del Bronzo finale, le officine di oggetti in bronzo lavoravano molto di più il rame nuovo che il vecchio metallo riciclato. Lo dimostra la costante evoluzione dei tipi di rame, quasi sempre ben caratterizzati e non confondibili gli uni con gli altri.

(Traduzione: Annaluisa Pedrotti)

## CAHIERS D'ARCHÉOLOGIE ROMANDE

Case postale 210  
CH - 1000 LAUSANNE 17

- N° 26 Michel EGLOFF, Kolja FARJON: Aux origines de Lausanne. Les vestiges préhistoriques et gallo-romains de la Cité. 1983. ISBN 2-88028-026-5
- N° 27 Béatrice HEILIGMANN-HUBER: Les catelles à relief du château de Valangin. 1983. ISBN 2-88028-027-3
- N° 28 Joël VITAL, Jean-Louis VORUZ: L'habitat protohistorique de Bavois-en-Raillon (Vaud). 1984. ISBN 2-88028-028-1
- N° 29 Jean-Louis VORUZ: Outillages osseux et dynamisme industriel dans le Néolithique jurassien. 1984. ISBN 2-88 028-029-X
- N° 30 Gilbert KAENEL, Philippe CURDY, Hanspeter ZWAHLEN: Saint-Triphon, Le Lessus (Ollon, Vaud) du Néolithique à l'époque romaine. 1984. ISBN 2-88028-030-3
- N°s 31-32 Alain GALLAY, Louis Chaix: Le dolmen M XI. *Le site préhistorique du Petit-Chasseur (Sion, Valais) t. 5 et 6*. 1984. ISBN 2-88028-031-1 et ISBN 2-88028-032-X
- N° 33 Klaus GREWE, Denis WEIDMANN, Paul-Louis PELET et al.: Canal d'Enteroches. Créer une voie navigable de la mer du Nord à la Méditerranée au XVII<sup>e</sup> siècle. 1987. ISBN 2-88028-033-8
- N° 34 Ivonne MANFRINI-ARAGNO: Bacchus dans les bronzes hellénistiques et romains. Les artisans et leur répertoire. 1987. ISBN 2-88028-036
- N° 35 Jean LANGENBERGER, Marie-Claude MORAND (dir.): Le général Dufour et Saint-Maurice. 1987. ISBN 2-88 028-035-4
- N° 36 Claude BÉRARD, Christiane BRON, Alessandra POMARI (dir.): Image et société en Grèce ancienne. L'iconographie comme méthode d'analyse. (Actes du Colloque international, Lausanne, 8-11 février 1984). 1987. ISBN 2-88028-036-2
- N° 37 Valentin RYCHNER: Auvernier 1968-1975. Le mobilier métallique du Bronze final. Formes et techniques. *Auvernier 6*. 1987. ISBN 2-88028-037-0
- N° 38 Daniel PAUNIER, Emmanuel ABETEL, Silvio AMSTAD et al.: Le vicus gallo-romain de Lousonna-Vidy. Rapport préliminaire sur la campagne de fouilles 1984. *Lousonna 5*. 1984. ISBN 2-88028-038-9
- N° 39 Daniel PAUNIER, Silvio AMSTAD: L'établissement gallo-romain de Bavois (VD). Sondages 1973. 1984. ISBN 2-88028-039-7
- N° 40 Daniel PAUNIER, Emmanuel ABETEL, Marina ANDRES-COLOMBO et al.: Le vicus gallo-romain de Lousonna-Vidy. Rapport préliminaire sur la campagne de fouilles 1984. *Lousonna 6*. 1987. ISBN 2-88028-040-4
- N° 41 Daniel CASTELLA: La nécropole du Port d'Avenches. *Aventicum IV*. 1987. ISBN 2-88028-041-9
- N° 42 Daniel PAUNIER, José BERNAL, Daniel CASTELLA et al.: Le vicus gallo-romain de Lousonna-Vidy. Le quartier occidental. Le sanctuaire indigène. Rapport préliminaire sur la campagne de fouilles 1985. *Lousonna 7*. 1989. ISBN 2-88028-042-7
- N° 43 Hans BÖGLI, Michel FUCHS (dir.): Pictores per provincias. (Actes du 3<sup>e</sup> colloque international sur la peinture murale romaine, Avenches, 28-31 août 1986). *Aventicum V*. 1987. ISBN 2-88028-043-5
- N° 44 Pascale BONNARD: La ville romaine de Nyon. Répertoire des fouilles et trouvailles. Bibliographie du site. *Noviodunum I*. 1988. ISBN 2-88028-044-3
- N° 45 Denis RAMSEYER: La céramique néolithique d'Auvernier-La Saunerie (fouilles 1964-1965). *Auvernier 7*. 1988. ISBN 2-88028-045-1
- N° 46 François SCHIFFERDECKER: Le site littoral néolithique d'Auvernier/Brise-Lames (NE, Suisse). Stratigraphie et environnement. 1989. *Auvernier 8*. ISBN 2-88028-046-X
- N°s 47-48 Alain GALLAY: Secteur oriental. *Le site préhistorique du Petit-Chasseur (Sion, Valais) t. 7 et 8*. 1989. ISBN 2-88 028-047-8 et ISBN 2-88028-048-6
- N° 49 Jacques MOREL, Silvio AMSTAD: Un quartier romain de Nyon. De l'époque augustéenne au III<sup>e</sup> siècle (Les fouilles de Bel-Air/Gare 9 - 1978-1982). *Noviodunum II*. 1990. ISBN 2-88028-049-4
- N° 50 Gilbert KAENEL: Recherches sur la période de La Tène en Suisse occidentale. Analyse des sépultures. 1990. ISBN 2-88028-050-8
- N° 51 Dominique BAUDAIS, Christiane KRAMAR: La nécropole néolithique de Corseaux «en Seyton» (VD, Suisse). Archéologie et Anthropologie. 1990. ISBN 2-88028-051-6
- N° 52 Reto MARTI: Das frühmittelalterliche Gräberfeld von Saint-Sulpice VD. Le cimetière du Haut Moyen Age de Saint-Sulpice VD. 1990. ISBN 2-88028-052-4
- N° 53 Nicole PLUMETTAZ, Dominique ROBERT BLISS: Echandens-La Tornallaz (VD, Suisse). Habitats protohistoriques et enceinte médiévale. 1992. ISBN 2-88028-053-2
- N° 54 Emmanuel ABETEL: L'établissement sidérurgique de Montcherand. 1992. ISBN 2-88028-054-0
- N° 55 Peter EGGENBERGER, Philippe JATON, Catherine SANTSCHI, Christian et Françoise SIMON: L'église de Saint-Prex. Histoire et archéologie. 1992. ISBN 2-88028-055-9
- N° 56 Peter EGGENBERGER, Laurent AUBERSON, Gabriele KECK: L'église de Saint-Saphorin en Lavaux. Le site gallo-romain et les édifices qui ont précédé l'église. Réinterprétation des fouilles de 1968-1969. 1992. ISBN 2-88 028-056-7
- N° 57 Gilbert KAENEL, Philippe CURDY (dir.): L'âge du Fer dans le Jura. (Actes du 15<sup>e</sup> Colloque de l'Association française pour l'étude de l'âge du Fer, Pontarlier (France) et Yverdon-les-Bains (Suisse), 9-12 mai 1991). 1992. ISBN 2-88028-057-5
- N° 58 François CHRISTE: La «Cour des Miracles» à la Cité. 1220-1960. Une tranche de l'histoire de Lausanne. 1992. ISBN 2-88028-058-3
- N° 59 Claus WOLF: Die Secufersiedlung Yverdon, Avenue des Sports (Kanton Waadt). Eine kulturgeschichtliche und chronologische Studie zum Endneolithikum der Westschweiz und angrenzender Gebiete. Le site littoral d'Yverdon, avenue des Sports (Canton de Vaud). Une étude du développement culturel et chronologique de la fin du Néolithique de Suisse occidentale et des régions voisines. 1993. ISBN 2-88098-059-1
- N° 60 Paul-Louis PELET: Une industrie reconnue. Fer Charbon Acier dans le Pays de Vaud. 1993. ISBN 2-88028-060-5
- N° 61 Vincent SERNEELS: Archéométrie des scories de fer. Recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale. 1993. ISBN 2-88028-061-3
- N° 62 Daniel CASTELLA: Le moulin hydraulique gallo-romain d'Avenches «En Chaplix». 1994. ISBN 2-88028-062-1