

| | |
|---------------------|--|
| Zeitschrift: | Cahiers d'archéologie romande |
| Herausgeber: | Bibliothèque Historique Vaudoise |
| Band: | 61 (1993) |
| Artikel: | Archéométrie des scories de fer : recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale |
| Autor: | Serneels, Vincent |
| Kapitel: | 7: Les trouvailles de scories dans la région des lacs de Neuchâtel et de Bienne (Vaud, Neuchâtel, Berne et Fribourg, Suisse) |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-836182 |

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: 25.02.2026

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

LES TROUVAILLES DE SCORIES DANS LA RÉGION DES LACS DE NEUCHÂTEL ET DE BIENNE

(VAUD, NEUCHÂTEL, BERNE ET FRIBOURG, SUISSE)

LES lacs de Neuchâtel et de Bienne occupent une dépression de 60 km de long sur 5 km de large, au pied de la première chaîne du Jura (fig. 165). Cette vallée se prolonge en direction du NE par la plaine de l'Aar, plus étroite. Cette rivière rejoint plus loin le Rhin.

Cette dépression forme un axe de circulation majeur, tant terrestre que fluvio-lacustre, à travers le Plateau suisse.

Les rives NO des lacs sont abruptes et rocheuses, dominées par des sommets dépassant 1400 m. Seules quelques gorges, taillées par les rivières permettent de gagner les vallées internes du Jura. De l'autre côté des lacs, vers le SE, le relief est beaucoup plus doux, constitué de collines (moins de 700 m) et de plaines basses (Seeland et plaine de la Broye, 440 m). Le cours supérieur de l'Aar et celui de la Sarine permettent de gagner le pied des Alpes vers le SE.

La première chaîne du Jura est constituée de terrains calcaires et marneux du Jurassique et du Crétacé. Cette dernière période géologique est particulièrement bien représentée le long du lac de Neuchâtel. Les molasses tertiaires constituent les faibles reliefs du Plateau. La couverture morainique est localement importante. Les parties basses sont occupées par des alluvions post-glaciaires et des dépôts tourbeux quaternaires. Les cartes géologiques 1:25000 ne couvrent pas tout ce secteur (Val-de-Ruz 1144; Neuchâtel 1164; Murten 1165; Bieler See 1145).

Les bords des trois lacs furent intensément occupés durant la préhistoire (Néolithique et âge du Bronze). Les nombreuses stations lacustres seront abandonnées au cours du premier âge du Fer. A partir du début de la période de La Tène, les traces d'occupation se font à nouveau plus nombreuses. Juste avant la conquête romaine, le peuplement est dense (Kaenel 1990, 303-329). A cette période, deux sites importants occupent les extrémités du lac de Neuchâtel et il existe plusieurs emplacements fortifiés dans la région (fig. 166).

Les Romains établiront la capitale de l'Helvétie à Avenches (env. 8 av. J.-C.). Le réseau routier et les agglomérations se développent (Fellmann 1992, 144-5). Le peuplement rural est dense sur le Plateau et le long des rives des lacs alors que l'arrière-pays montagneux est délaissé. Les invasions alamanes du milieu du III^e siècle semblent avoir fortement éprouvé la ville d'Avenches qui ne s'en relèvera pas vraiment. Au Bas Empire, on fortifie Yverdon. La situation dans les campagnes est très difficile à appréhender. Aux V^e-VI^e siècles, Avenches perd son rôle de capitale et devient une bourgade à la frontière entre les Burgondes et les Alamans. De nombreux cimetières du Haut Moyen Âge témoignent de l'occupation rurale.

Les ressources minières potentielles

Ni la molasse du Plateau, ni les terrains quaternaires n'ont livré la moindre trace de minéralisation en fer. Seuls les terrains du Jura sont susceptibles de fournir de la matière première aux sidérurgistes. Dans la région comprise entre Yverdon et Bienne, les couches mésozoïques n'affleurent que le long de la frange NO. Aucune mine n'y est mentionnée mais des terrains potentiellement exploitables, dans les conditions économiques et techniques anciennes, sont connus par les études géologiques (fig. 168 et 169).

Le Sidérolithique

Les occurrences de Sidérolithique sont peu nombreuses et surtout ne représentent que de très petits volumes. Dans la plupart des cas, il ne s'agit que de poches karstiques ou de fissures comblées par des matériaux sidérolithiques, voire simplement des imprégnations. Elles forment un chapelet depuis la colline du mont de Chamblon jusqu'à l'extrémité NE du lac de Bienne et au-delà.

La colline de Chamblon, à l'E d'Yverdon, est essentiellement constituée par des sédiments du Crétacé (Jordi 1955,

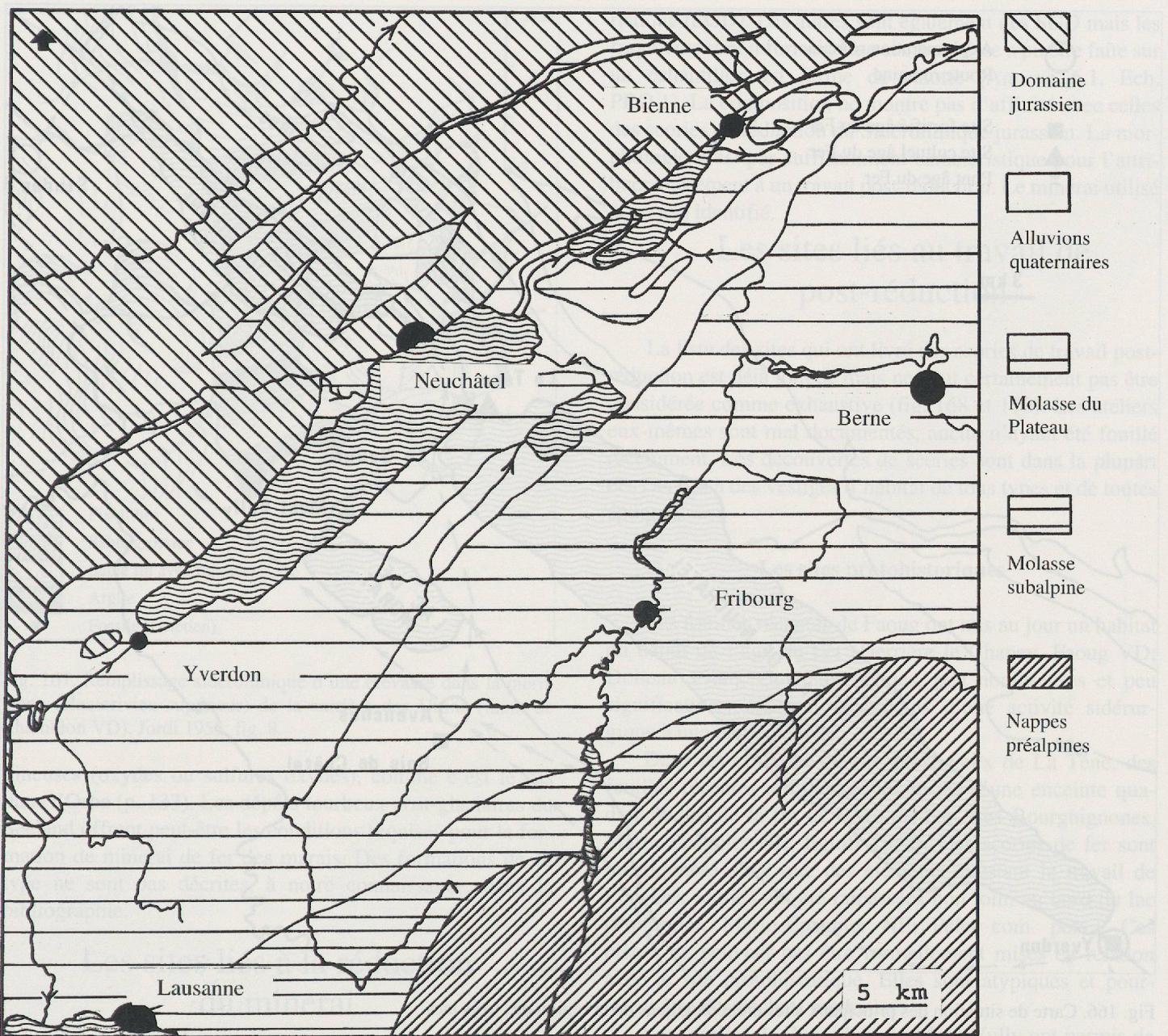


Fig. 165. Esquisse tectonique de la région des lacs de Neuchâtel et de Bienne. 1:500 000.

18-26 et pl. 1-2, Schardt 1880, 627-9 et pl. 1). Les anciennes carrières des Uttins et du Châtelard sont ouvertes dans les calcaires de l'Hauterivien (pierre jaune). Plusieurs crevasses sont remplies de matériaux infiltrés (fig. 167). D'autres crevasses sont mentionnées dans des carrières situées sur le versant N de la colline (Schardt 1880, 629-30). Toutes ces anciennes excavations sont actuellement disparues ou en cours de comblement. Les affleurements sont donc très médiocres.

Ces gisements, par leur mode de dépôt, rappellent les structures du Mormont, quoique ces dernières soient ouvertes dans les calcaires urgoniens (p. 89). Le fer et les concrétions ferrugineuses semblent toujours nettement moins abondants. Les analyses chimiques font défaut.

Sur le territoire de la commune de Pomy VD, au lieu dit Terres Rouges, près du hameau de Chevressy, on rapporte la

présence d'un affleurement de calcaires urgoniens. Un niveau stratiforme d'argiles rouges attribuées au Sidéolithique y fut observé (Jaccard 1869, 67-8). Cet affleurement a totalement disparu. Un sondage, effectué à l'E de Cuarny VD, a également rencontré des calcaires urgoniens imprégnés de matériaux sidéolithiques (Jordi 1955, 17 et carte).

Entre Concise VD et Vaumarcus NE, le long des rives du lac de Neuchâtel, les calcaires du faciès Urgonien affleurent (lieux dits La Lance, Les Favarges, La Raisse). Localement, ils présentent des crevasses remplies par des matériaux sableux et argileux, attribués à l'Aptien (Bertschy 1958, 231-35). Il n'est pas impossible que des infiltrations de matériaux sidéolithiques aient pu être également présentes comme c'est le cas dans les secteurs voisins. Une situation comparable se retrouve plus à l'E, à l'entrée du village de Bevaix NE. Un petit pointement de calcaires urgoniens est connu. Le

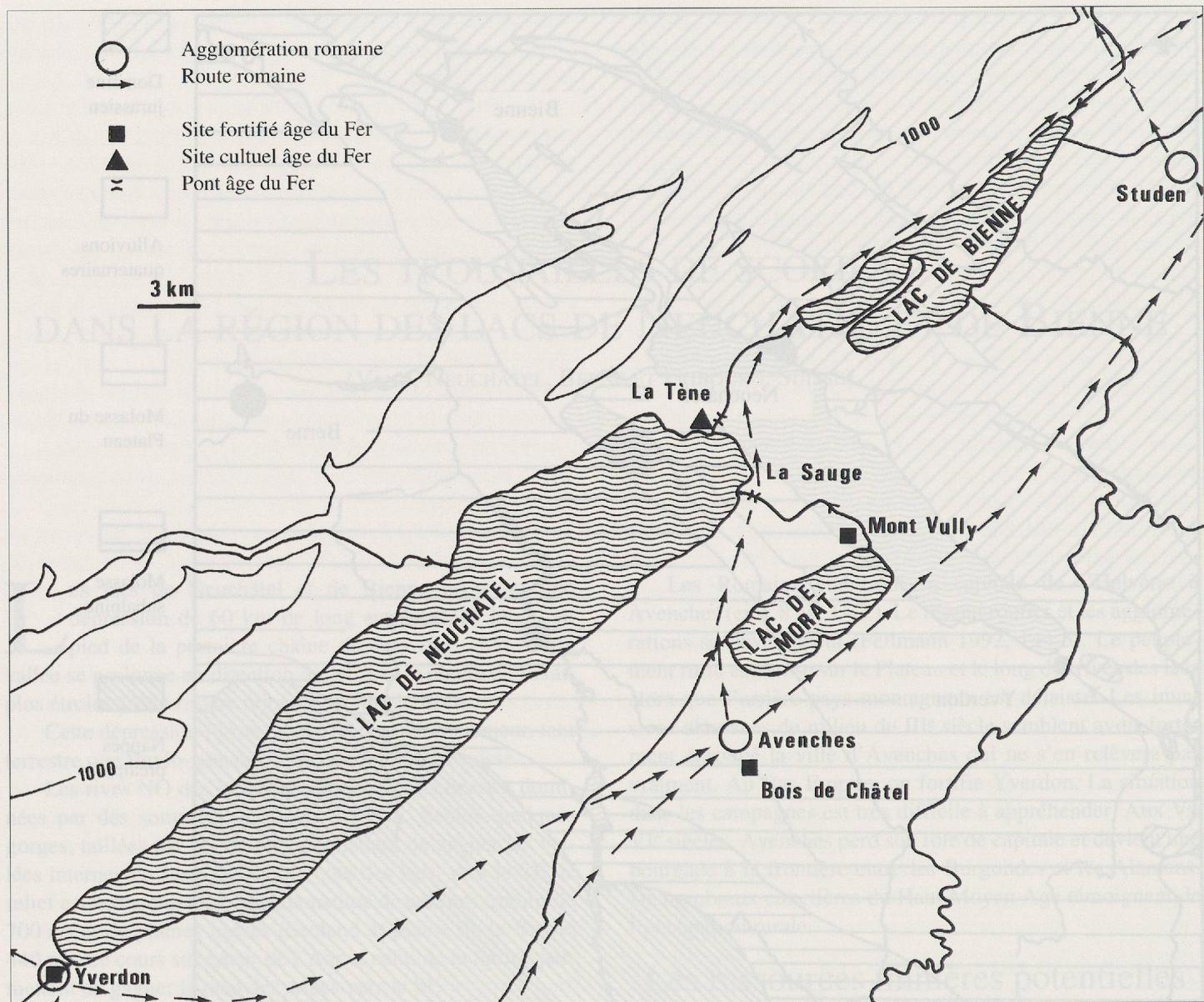


Fig. 166. Carte de situation des principaux sites archéologiques de la région des trois lacs.

Sidérolithique n'est mentionné que de manière très imprécise (Favre 1843).

Dans la partie E de la ville de Neuchâtel et jusqu'aux environs de Saint-Blaise, l'exploitation de la pierre jaune (Hauterivien supérieur) a occasionné l'ouverture de nombreuses petites carrières. A la fin du siècle passé, elles ont mis au jour de nombreuses poches et crevasses contenant des matériaux sidérolithiques: argiles, sables et pisolithes (Tribollet 1877, 23-31). Dans certains cas, il ne s'agit que d'imprégnations sans importance, mais parfois, il y a de véritables minéraux pisolithiques quoique toujours en volumes limités.

Le long de la rive jurassienne du lac de Bienne, une situation similaire est connue. Dans les différents calcaires mésozoïques, on repère des crevasses ou des imprégnations sidérolithiques (Baumberger 1895, 50-52 et carte; Schär 1967, 52-53). Dans la plupart des cas, les pisolithes ne sont pas présents. Au-delà de Bienne, à l'entrée de Pieterlen BE, se trouve un affleurement plus étendu (Schürer 1928).

Les autres ressources potentielles

Le Valanginien supérieur affleure sporadiquement au pied de la chaîne du Jura entre Yverdon et Bienne. Les calcaires roux sont présents, mais le contenu en limonite reste faible. Il n'est jamais fait mention d'un mineraï de fer (p. 41). Localement, on ne peut exclure qu'il ait existé un faible volume suffisamment enrichi pour être exploité, mais rien de précis ne vient conforter cette hypothèse.

Un affleurement intéressant est celui qui se trouve au N de Bonvillars VD (Bertschy 1958, carte). Il s'agit de calcaires roux dans lesquels apparaissait une minéralisation secondaire dans une faille («mineraï scoriacé dense» «pyrites oxydées», Schardt 1880, 630-631). Cette mention peut éventuellement être mise en relation avec un toponyme (Terre Rouge) et une forge médiévale (Pelet 1978, 74-75).

L'existence de gîtes d'accumulation secondaire (placers) ne peut être exclue. Il a pu se former, dans les rivières qui descendent du Jura, des concentrations de concrétions ferru-

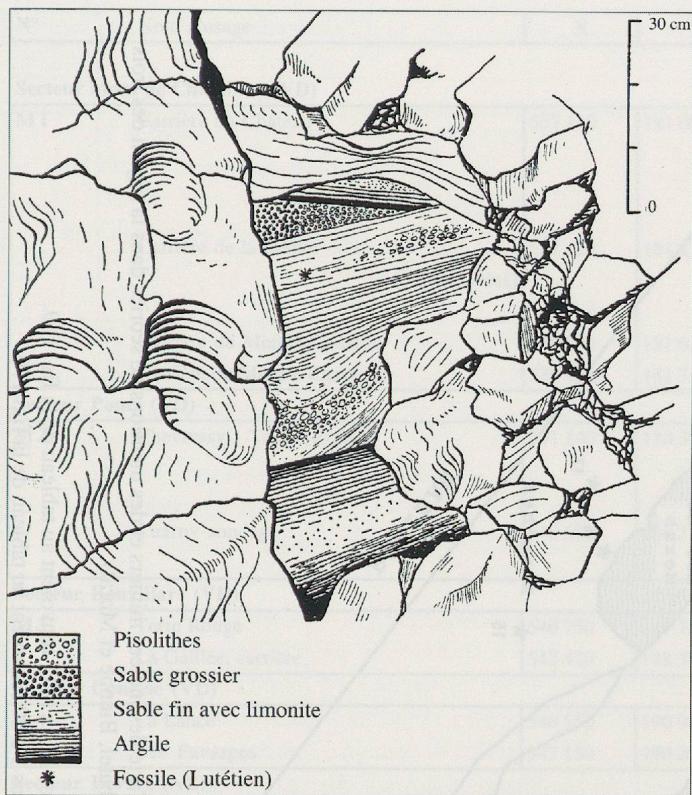


Fig. 167. Remplissage sidérolithique d'une crevasse dans la pierre jaune (Hauterivien supérieur) de la carrière des Uttins (mont de Chamblon VD). Jordi 1955, fig. 8.

gineuses (oxydes ou sulfures oxydés), comme c'est le cas dans l'Orbe (p. 133). Les dépôts tourbeux post-glaciaires du Seeland offrent peut-être les conditions requises pour la formation de minerai de fer des marais. Des formations de ce type ne sont pas décrites, à notre connaissance, dans la bibliographie.

Les sites liés à la réduction du minerai

Aucun amas de scories anciennes de réduction n'est connu dans ce secteur. Il faut toutefois souligner que la prospection de surface est restée très limitée. Quelques indices existent néanmoins, qui demandent à être confirmés par des recherches futures (fig. 168 et 170).

Entre Concise VD et Vaumarcus NE, au bord du lac de Neuchâtel, des scories auraient été découvertes éparses (Pelet, com. pers.). Il y existe un toponyme Les Faverges et l'exploitation des calcaires urgoniens à l'époque romaine est attestée (Schmid 1989). Celle-ci a pu mettre au jour des poches de Sidérolithique. L'existence d'une métallurgie extractive ancienne est probable, mais les vestiges restent à identifier. Sur la berge du lac, on trouve des fragments de laitier de haut fourneau. Ils sont probablement amenés par les rivières qui descendent du Jura (p. 149).

Aux Rochat, commune de Provence VD, des scories ont été découvertes à proximité du chalet (Jaccard 1869, 117; Pelet 1973, 225). Un petit lot d'échantillons a pu être étudié. L'une des pièces est une scorie de réduction coulée caracté-

ristique (SGD). Les autres sont également des SGD mais les fragments sont informes. Une seule analyse a pu être faite sur un échantillon en forme de calotte (Annexe 6.1, Ech. PRO 1). La composition ne montre pas d'affinité avec celles des scories de réduction du Sidérolithique jurassien. La morphologie n'est pas suffisamment caractéristique pour l'attribuer clairement à un travail post-réduction. Le minerai utilisé n'est pas identifié.

Les sites liés au travail de post-réduction

La liste des sites qui ont livré des scories de travail post-réduction est déjà longue mais ne peut certainement pas être considérée comme exhaustive (fig. 168 et 170). Les ateliers eux-mêmes sont mal documentés, aucun n'ayant été fouillé récemment. Les découvertes de scories sont dans la plupart des cas liés à des vestiges d'habitat de tous types et de toutes époques.

Les sites protohistoriques

Les fouilles récentes de Faoug ont mis au jour un habitat du début de l'âge du Fer (Derrière le Chaney, Faoug VD; Doiteau 1990). Quelques scories, peu nombreuses et peu significatives, attestent néanmoins d'une activité sidérurgique à une petite échelle.

Dans les environs du site prestigieux de La Tène, des fouilles récentes ont dégagé les restes d'une enceinte quadrangulaire de la fin de l'âge du Fer (Les Bourguignones, Marin-Epagnier NE; Egloff 1982). Des scories de fer sont mentionnées ainsi que des éléments attestant le travail de l'or. Des scories ont été ramassées non loin, au bord du lac (Préfargier, Marin-Epagnier NE; Pelet com. pers.). Ces pièces ne peuvent pas être formellement mises en relation avec le site protohistorique. Elles sont atypiques et pourraient être des déchets modernes.

Les fouilles de l'oppidum du Mont Vully ont permis de mettre en évidence le rempart qui le défendait (Plan Châtel, Vully FR; Kaenel et Curdy 1988). Cette construction date de la fin de l'âge du Fer. Quelques scories éparses ont été relevées. L'habitat de Courgevaux FR, datant de la fin de l'âge du Fer, a également livré des scories (Anderson et Bouyer 1992).

Les sites romains

De nombreux sites d'époque romaine ont livré des traces de métallurgie. Dans les établissements ruraux (*villae*) on trouve fréquemment de petites quantités de scories. C'est le cas à Orges VD, Fiez VD, Champagne VD, Bevaix NE, Colombier NE, Yvonand VD, Morens FR, St. Peterinsel BE (?) et Kallnach BE. Ces sites restent mal connus et le matériel est assez pauvre (prospections, fouilles anciennes ou simples sondages).

Le site de Bevaix n'est mentionné que dans la bibliographie ancienne. Le matériel n'est pas connu. Les scories,

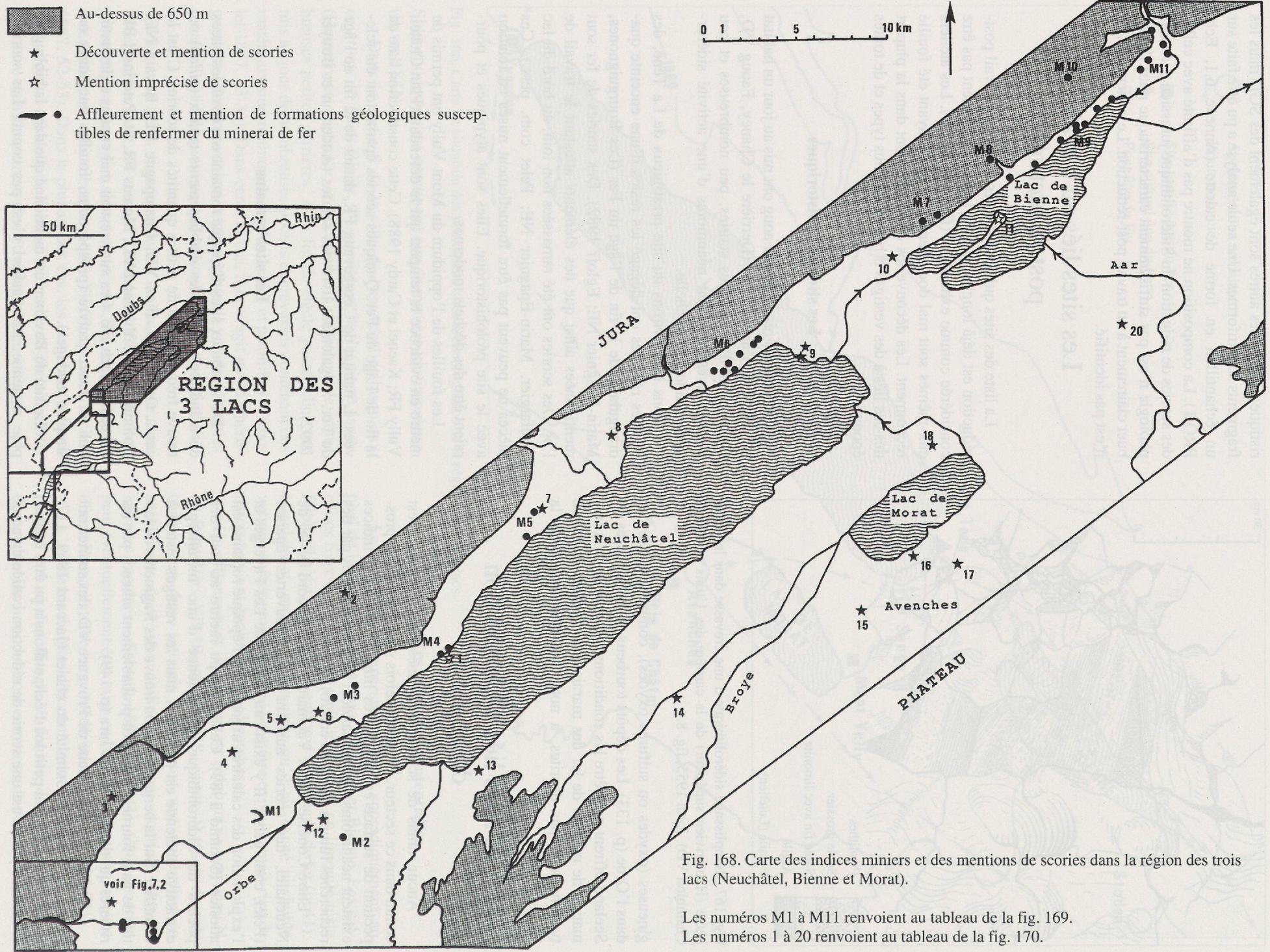


Fig. 168. Carte des indices miniers et des mentions de scories dans la région des trois lacs (Neuchâtel, Biel et Morat).

Les numéros M1 à M11 renvoient au tableau de la fig. 169.
Les numéros 1 à 20 renvoient au tableau de la fig. 170.

| N° | Nom d'usage | X | Y | Z | Référence | remarque | |
|--|---|---------------------|---------|-----|---|--|--|
| Secteur Mont de Chamblon (VD) | | | | | | | |
| M 1 | Carrière du Châtelard | 537 150 | 181 080 | 440 | Schardt 1898-9 Jordi 1955, p.18-26, pl.1 et 2 Schardt 1880, p.626, pl.1, 3 Jaccard 1869, p.310-1 Schardt 1880, p.626-7, pl.1, 1 et 2 Schardt 1880, p.628-9 Jordi 1955, p.18-26, pl.1 et 2 Schardt 1880, p.629 Schardt 1880, p.629 | bolus et pisolithes bolus bolus bolus bolus bolus grès | |
| | Carrière de la Grotte (= Les Uttins) | 537 125 | 181 175 | 440 | | | |
| | Carrière du Moulin Cosseau | 536 750 | 181 625 | 440 | | | |
| | Carrière du Moulin Chappuis | 536 375 | 181 750 | 440 | | | |
| Secteur Pomy (VD) | | | | | | | |
| M 2 | Chevressy - Terres Rouges | 541 540 | 180 350 | 580 | Jaccard 1869, p.67 Jordi 1955, p.17, pl.5 Schardt, 1880, p.631 Jordi 1955, p.17, pl.5 Schardt, 1880, p.631 | mineraï de fer bolus et pisolithes | |
| | Cuarny-sondage | 543 500 | 180 375 | 550 | | | |
| Secteur Bonvillars (VD) | | | | | | | |
| M 3 | Terre Rouge | 540 750 | 187 750 | 490 | Schardt 1880, p.630-631 | sulfures oxydés ? | |
| | La Galilée, carrière | 542 420 | 188 380 | 490 | Meia 1969, p.29 | bolus et pisolithes | |
| Secteur Concise (VD) | | | | | | | |
| M 4 | La Lance | 546 550 | 190 980 | 440 | Bertschy 1958, p.231-35, carte | Aptien | |
| | Les Favarges | 547 150 | 190 200 | 440 | Bertschy 1958, p.231-35, carte | Aptien | |
| Secteur Bevaix (NE) | | | | | | | |
| M 5 | ancienne carrière | 552 075 | 197 925 | 540 | Favre 1843 | Sidérolithique ? | |
| | Chez le Bart | 551 100 | 195 400 | 450 | Meia 1969, p.29 | bolus | |
| Secteur Neuchâtel - Saint-Blaise (NE) | | | | | | | |
| M 6 | Promenade des Zigzags | situation imprécise | | 440 | Tribollet 1877, p.28-9 | bolus et pisolithes | |
| | Faubourg du Crêt | situation imprécise | | | Tribollet 1877, p.30 | bolus et pisolithes | |
| | Vieux Châtel | 562 000 | 205 250 | | Tribollet 1877, p.30 | bolus | |
| | Pierre-a-Bot dessous | situation imprécise | | | Tribollet 1877, p.30 | bolus et pisolithes | |
| | Hôpital Pourtalès | 563 000 | 205 650 | | Tribollet 1877, p.31 | bolus et pisolithes | |
| | Les Saars | 563 000 | 205 300 | | Tribollet 1877, p.31 | bolus et pisolithes | |
| | Combe des Fahys (Neuchâtel) | situation imprécise | | | Ritter 1877, p.39 | bolus et pisolithes | |
| | Belle Roche (Gibraltar) | 526 450 | 205 300 | | Schardt 1908 | | |
| | La Coudre | 563 530 | 206 375 | | Schardt 1898-9 | | |
| | Longs Champs (Hauterive) | 564 650 | 207 050 | | Schardt 1908 | | |
| | Carrière Perrier (Hauterive) | 564 425 | 206 975 | | Schardt 1908 | | |
| Secteur du lac de Bienne (NE - BE) | | | | | | | |
| M 7 | r. des Italiens (La Neuville) | 573 385 | 213 370 | 685 | Schär 1967, p.50 | | |
| | Poyerli (La Neuville) | 574 850 | 214 160 | 780 | Schär 1967, p.50 | | |
| M 8 | Sur Montet (Prêles) | 577 100 | 217 000 | 780 | Schär 1967, p.50 | | |
| | Brunnmüli (Ligertz) | 578 100 | 215 650 | 440 | Baumberger 1895, p.50 | bolus | |
| | Steedli (Twann) | 579 670 | 216 500 | 450 | Baumberger 1895, p.50 | | |
| M 9 | Roggeten (Twann) | 580 850 | 217 700 | 450 | Haefli 1966, p.599 | sable | |
| | Tüscherz | 581 160 | 218 175 | 550 | Baumberger 1895, p.50 | bolus | |
| | Alfermée | 582 050 | 218 625 | 450 | Baumberger 1895, p.50 | bolus et pisolithes | |
| | Gottstatterhus (Bienne) | 583 125 | 219 725 | 450 | Baumberger 1895, p.51 | bolus | |
| | Goldberg (Bienne) | 583 840 | 220 300 | 450 | Baumberger 1895, p.51 | bolus | |
| M 10 | Crêt sor Neuchâtel (Orvin) | 581 075 | 221 250 | 800 | Rollier et Jullierat 1902 | | |
| M 11 | Spital (Bienne) | 585 525 | 221 675 | 500 | Schurer 1928, p.20 | bolus et pisolithes | |
| | Falbringen (Bienne) | 585 800 | 222 120 | 520 | Haefli 1966, p.599 | imprégnations Fe | |
| | Tubeloch (Bözingen) | 586 820 | 222 500 | 490 | Haefli 1966, p.599 | bolus | |
| | | 586 650 | 222 825 | 560 | Haefli 1966, carte | | |
| | Tubeloch (Frinvillier) | 586 125 | 223 925 | 570 | Haefli 1966, carte | | |

Fig. 169. Liste des indices miniers entre Yverdon et Bienne.

| N° | Nom d'usage | X | Y | Z | Référence | remarque |
|---|---------------------|---------|------|--|-------------------|---|
| VESTIGES DE REDUCTION | | | | | | |
| 1 Concise VD La Raisse-Les Favarges | situation imprécise | | | | Pelet, com. pers. | carrière romaine scories éparses (réduction ?) |
| 2 Provence VD Les Rochat, potager | 514 650 | 193 400 | 1160 | Jaccard 1869, p. 117 Pelet 1993, p. 121 | | pas d'habitat scories coulées et calotte ? |

VESTIGES POST-REDUCTION

| | | | | | |
|---|---------------------|---------|------|---|---|
| 3 Baulmes VD Forel, Saint-André | 528 725 | 182 425 | 1060 | Pelet 1993, pp. 64-65 | site de hauteur romain tardif scories, dont calottes |
| 4 Orges VD Borbolion | 535 500 | 184 800 | 570 | Gonthier, com. pers. | villa romaine |
| 5 Fiez VD maison coloniale | 538 750 | 186 500 | 510 | Gonthier, com. pers. | scories post-réduction |
| 6 Champagne VD Sur Biolex | 539 750 | 187 400 | 500 | Gonthier, com. pers. | villa romaine |
| 7 Bevaix NE | situation imprécise | | | Musée Neuchâtelois 1910 | scories post-réduction |
| 8 Colombier NE Place du Château | 556 250 | 201 800 | 450 | Ribaux & De Boe 1984, p.82 | forge romaine ? |
| 9 Marin NE Les Bourgignonne | 567 500 | 206 800 | 450 | Egloff 1982 | villa romaine |
| Préfargier | 567 500 | 206 000 | 450 | Pelet, com. pers. | scories |
| 10 Le Landeron NE Les Carougets | 571 500 | 212 065 | 450 | Hofmann P. 1992 | habitat du Haut Moyen Age |
| 11 St Peterinsel BE | situation imprécise | | | Bonstetten 1876, carte | scories post-réduction |
| 12 Yverdon VD Chantier du Technicum | 540 450 | 181 270 | 435 | Pelet 1993, p. 121 | villa romaine ?, "fonderie" |
| Castrum, porte de l'Est | 539 700 | 180 100 | 435 | Abetel, com. pers. | couche romaine : 1 calotte |
| 13 Yvonand VD La Baumaz | 548 750 | 183 700 | 455 | Gonthier, com. pers. | fortification romaine |
| 14 Morens FR Derrière-la-Cure | 559 400 | 187 700 | 445 | ASSPA 1985, p. 255 | scories post-réduction |
| 15 Avenches VD | voir fig. 179 | | | Vauthey, com. pers. | villa romaine |
| | | | | Bögli 1984 | scories post-réduction, etc |
| 16 Faoug VD Derrière-le-Chaney | 573 700 | 194 825 | 454 | Doiteau 1990 et com. pers. | habitat début de l'âge du Fer |
| 17 Courgevaux FR Le Marais 1 | 573 650 | 194 900 | 458 | Anderson et Bouyer 1992 | scories post-réduction |
| 18 Vully FR Plan-Châtel | 573 700 | 201 400 | 640 | Kaenel & Curdy 1988. Kaenel com. pers. | habitat ? Début de l'âge du Fer |
| 19 Kallnach BE Muracher | 584 480 | 208 040 | 456 | Lechmann et Koenig 1990 | scories |

Fig. 170. Liste des indices de métallurgie (scories) de la région entre Yverdon et Bienne.

abondantes, ont été trouvées à proximité d'un bâtiment en pierre avec quelques objets métalliques (Musée Neuchâtelois 1910). A Colombier, les fouilles archéologiques permettent de suspecter la présence d'une forge près des ruines de la grande villa (Ribaux et De Boe 1984, 82). Le matériel scoriifié n'a pas été réétudié. Toutes ces découvertes témoignent de l'omniprésence de la petite métallurgie liée aux habitats ruraux de l'époque romaine.

Le site d'Yverdon fut occupé probablement à une date très ancienne. A la fin de l'âge du Fer, une bourgade fortifiée occupe le cordon littoral. Un vicus romain, défendu par un castrum à partir du milieu du III^e siècle, lui succède (Kasser 1975, 56). Des scories ont été découvertes en divers points, mais toujours en faibles quantités.

Avenches, capitale de l'Helvétie romaine, fut une ville importante avec son centre monumental, son réseau d'*insu-*

| Grade N° | Nom d'usage | scories en calotte nombre | poids gr | scories informes nombre | poids gr | paroi de foyer nombre | poids gr | total poids kg |
|-------------|-------------|------------------------------|----------|----------------------------|----------|--------------------------|----------|-------------------|
| 3 | Baulmes | | 17 | 6870 | | 20 | 1520 | x |
| 4 | Orges | | 2 | 550 | | 40 | 1300 | x |
| 5 | Fiez | | 1 | 180 | | 1 | 100 | ± 100 |
| 12 | Yverdon | | 2 | 1680 | | > 20 | ± 500 | > 1 |
| 13 | Yvonand | | 3 | 320 | | 30 | 2770 | ± 2 |
| 14 | Morens | | 2 | 640 | | 1 | 150 | ± 100 |
| 15 | Avenches | ± 100 | 33100 | xxx | | 17790 | xxx | 46030 |
| 18 | Mont Vully | | 1 | 220 | | 5 | 410 | ± 100 |

Fig. 171. Répartition des différentes catégories de scories sur les sites de travail post-réduction étudiés dans la région des lacs de Neuchâtel et de Bienne.

lae et son rempart. Sur ce site également, les fouilles révèlent la présence de scories en de nombreux endroits. Dans quelques cas, ces trouvailles sont liées à des traces d'artisanat, mais elles sont le plus souvent privées de contexte caractéristique (pp. 161-166).

Enfin, le site de Baulmes VD semble avoir un caractère de site défensif. Plusieurs bâtiments occupent le sommet d'une éminence dominant la plaine. On y relève la présence de tuiles romaines, mais le site est très mal daté (Pelet 1993, 64-65). Des scories ont été découvertes éparses en surface et un amoncellement d'une vingtaine de kilos se trouvait à l'extérieur de l'un des bâtiments (pp. 158-161).

Les sites du Haut Moyen Age et du Moyen Age

Lors de la fouille d'un village du Haut Moyen Age, au Landeron NE, des structures artisanales (foyers, fosses) et des scories, ont été découvertes associées à des fonds de cabanes semi-enterrées (Les Carougets, Le Landeron NE;

Hofmann P. 1992 et com. pers.). L'étude de ces vestiges vient de commencer. Pour le Moyen Age, les archives attestent l'existence de forges dans de nombreux villages ainsi que dans les villes de Neuchâtel et de Fribourg (Pelet 1978, 30).

Les scories du travail post-réduction

Les ateliers de forge au sens large livrent des vestiges métallurgiques de natures diverses. Les objets les plus caractéristiques sont les scories en forme de calotte. Ce sont eux qui apparaissent comme diagnostiques et qui permettent de définir l'étape du travail métallurgique. Ils ne sont toutefois pas sans ambiguïté.

Le gros du matériel est constitué de fragments dont la forme et la position au moment du refroidissement ne peuvent être précisées (scories informes). Les scories coulées sont très peu abondantes, ce sont toujours de très petites coulures. On trouve également des scories en forme de goutte constituées en majeure partie de matériaux argilo-sableux

| N° objet | % con- servé | poids cons. gr. | poids estimé gr. | diam. max. cm. | diam. min. cm. | épais- seur cm. | nbre opéra- tions | trace bord foyer | cail- loux | remarques |
|-------------|--------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---------------|-----------|
|-------------|--------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---------------|-----------|

| | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|------|------|------|-----|----|---|---|----------------------------|
| BAU 1 | 95 | 700 | 735 | 17.0 | 12.5 | 4.5 | 1 | X | X | petite coulure collée |
| BAU 2 | 90 | 700 | 770 | 14.0 | 10.5 | 7.5 | 2 | | X | trace d'outil (l = 6.4 cm) |
| BAU 3 | 80 | 700 | 875 | 17.0 | 12.0 | 6.0 | 2? | X | | trace d'outil (l = ?) |
| BAU 4 | 70 | 800 | 1150 | 15.0 | 12.0 | 6.0 | 2 | X | | |
| BAU 5 | 65 | 650 | 1000 | 12.0 | 12.0 | 4.0 | 1 | X | | |
| BAU 6 | 100 | 490 | 490 | 11.0 | 8.0 | 5.0 | 2? | | X | |
| BAU 7 | 95 | 700 | 735 | 15.0 | 9.0 | 7.0 | 1 | | | |
| BAU 8 | | | | | | 4.5 | 1 | | | trace d'outil (l = 4.7 cm) |
| BAU 9 | 40 | 360 | 900 | 15.0 | 8.0 | 4.0 | 1 | X | | trace d'outil (l = 4.5 cm) |
| BAU 10 | 60 | 230 | 380 | 11.0 | 10.0 | 3.0 | 1 | | | |
| BAU 11 | | | | | | 2.0 | 1 | | | |
| BAU 12 | | | | | | 3.0 | 1 | | | |
| BAU 13 | | | | | | 3.0 | 1 | | | |
| BAU 14 | | | | | | 2.0 | 1 | | | |
| BAU 15 | | | | | | | | X | | |
| BAU 16 | | | | | | | | X | | |
| BAU 17 | | | | | | | 2 | X | | cassée et refondue |

Fig. 172. Caractères morphologiques des scories en forme de calotte du site de Forel à Baulmes VD

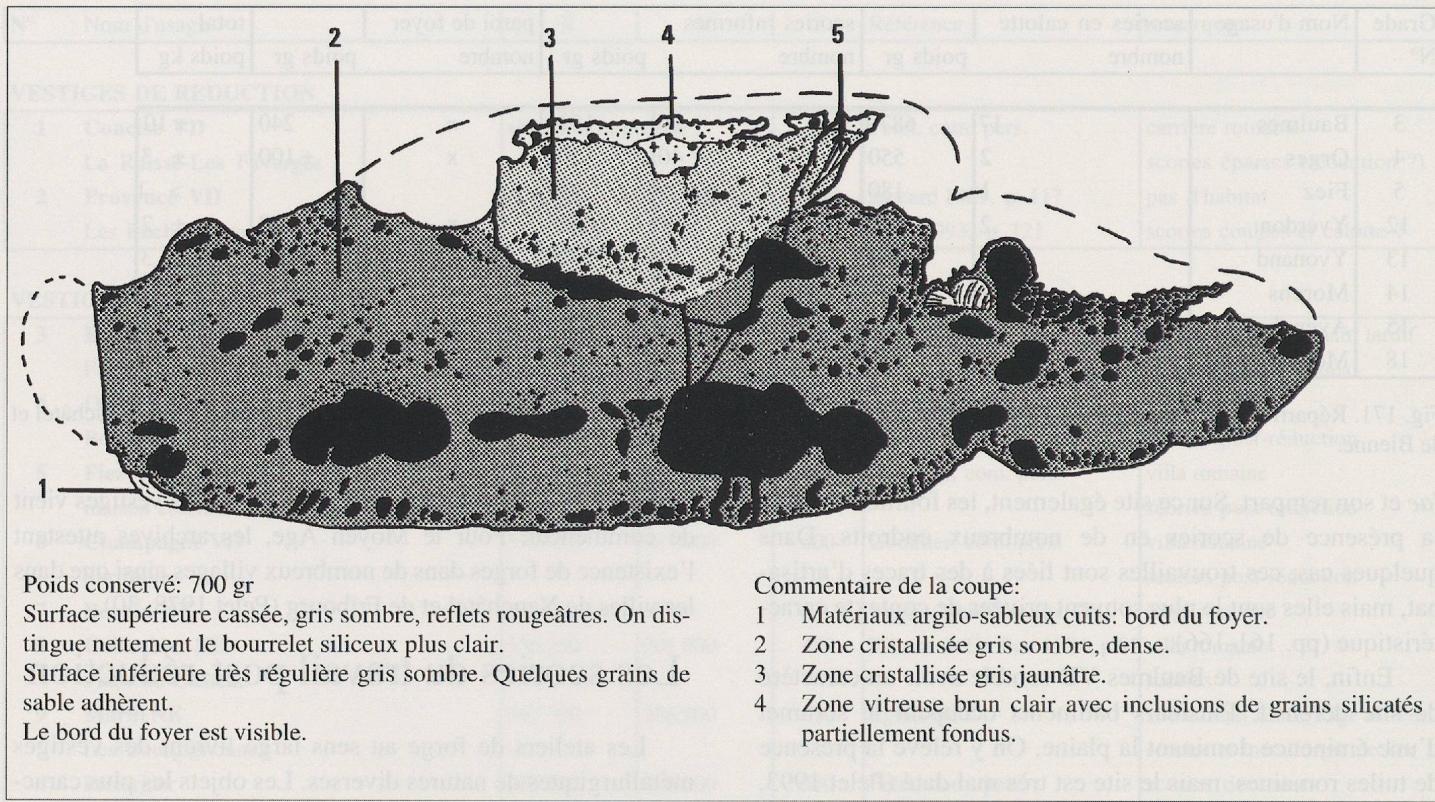
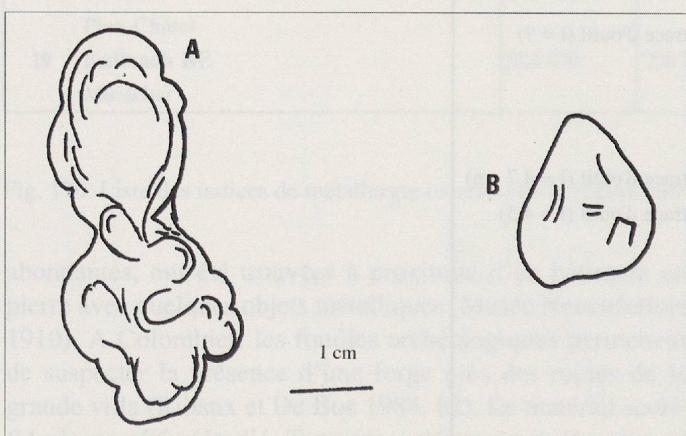


Fig. 173. Scorie en forme de calotte. Ech.BAU 3 (Forel, Baulmes VD). Coupe.

fondus. Enfin, les éléments de paroi de foyer, scorifiés sur une seule face, sont très caractéristiques et très abondants. Dans les cas étudiés, les particules fines comme les battures, n'ont pas été récoltées. Toutes ces catégories forment un assemblage qui est caractéristique. Dans certains cas, on constate la présence de vestiges liés à la pratique d'autres métallurgies (scories de cuivre, morceaux de creuset, coulure de bronze, etc).

La répartition des différentes catégories de scories liées aux travaux post-réduction sur les sites étudiés, est donnée à la fig. 171. Seuls les ensembles les plus significatifs sont décrits plus complètement. Les autres résultats d'analyse sont donnés en annexe (Annexe 6.1: Orges VD et Yverdon VD; 6.3: Mont Vully FR et Morens FR).

Fig. 174. Scories en goutte du site de Baulmes VD.
 A: Ech. BAU 31 B: Ech. BAU 32

Le site de Baulmes VD

Fig. 168 et 170, N° 3.

Le site a livré des scories éparses en surface, mais on note une concentration notable en un point, à l'extérieur de l'un des bâtiments (Pelet 1993, 75). Il s'agit probablement d'une aire de rejet. Le matériel n'est guère abondant, mais le site n'a fait l'objet que de recherches très limitées (fig. 171). Les scories en forme de calotte sont bien représentées dans le matériel conservé ce qui est le reflet des conditions de prélèvement (fig. 172).

Les scories en forme de calotte sont de grandes dimensions (diamètre > 10 cm) et pesantes (poids > 500 gr). La plupart présentent une structure interne typique (fig. 175-176). On observe plusieurs fois la trace d'arrachement (bord du foyer). La surface supérieure est caractérisée par la présence d'un bourrelet d'aspect vitreux. La partie supérieure est constituée d'une pâte gris jaunâtre claire et contient des éléments de roche silicatée non fondu. La partie inférieure est très sombre et plus dense. Une série de bulles souvent de grande dimension séparent les deux parties de la scorie. Des bulles plus petites sont disposées de manière radiaire à la surface inférieure. La surface inférieure est régulière. Elle montre tantôt des empreintes de charbon de bois, tantôt des inclusions de grains de sable ou des placages argilo-sableux. Elles sont très proches, à tous points de vue, des scories en forme de calotte découvertes à Boécourt JU (Eschenlohr et Serneels 1991, 107-115).

Plusieurs pièces sont doubles, c'est-à-dire que la structure interne se répète. Elles représentent chacune deux travaux effectués dans le foyer successivement.

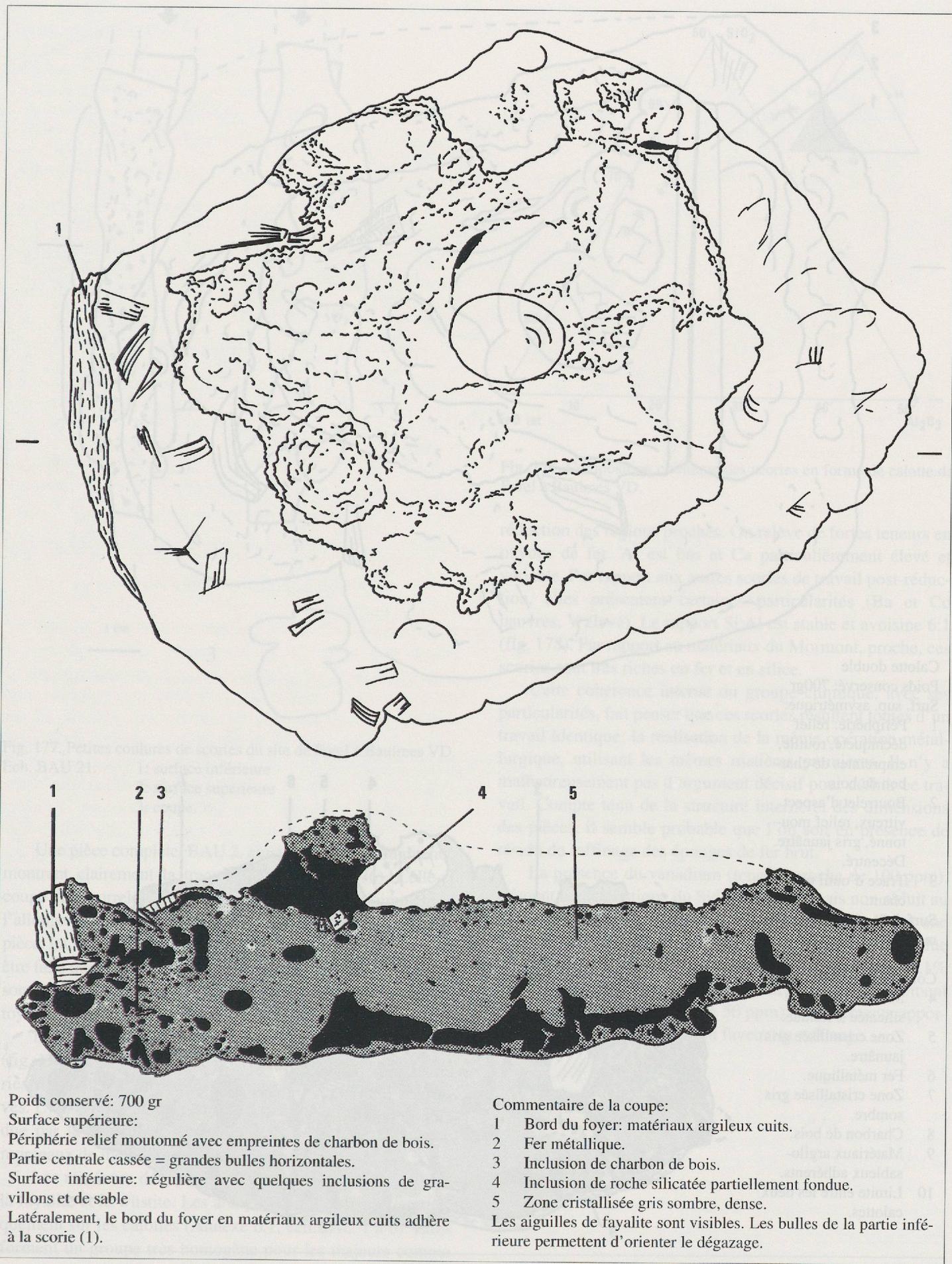


Fig. 175. Scorie en forme de calotte. Ech. BAU 1 (Forel, Baulmes VD).

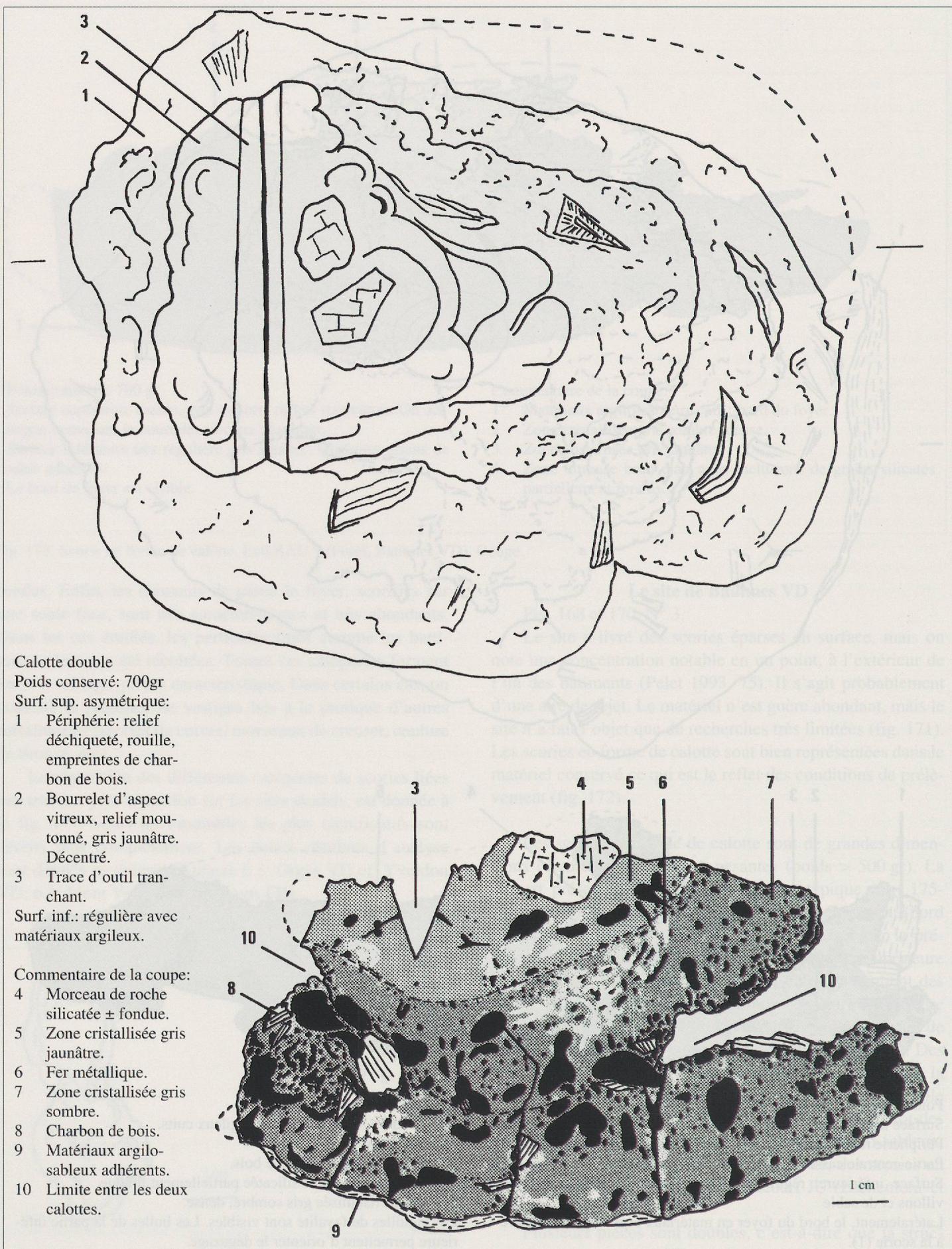


Fig. 176. Scorie en forme de calotte double. Ech. BAU 2 (Forel, Baulmes VD).

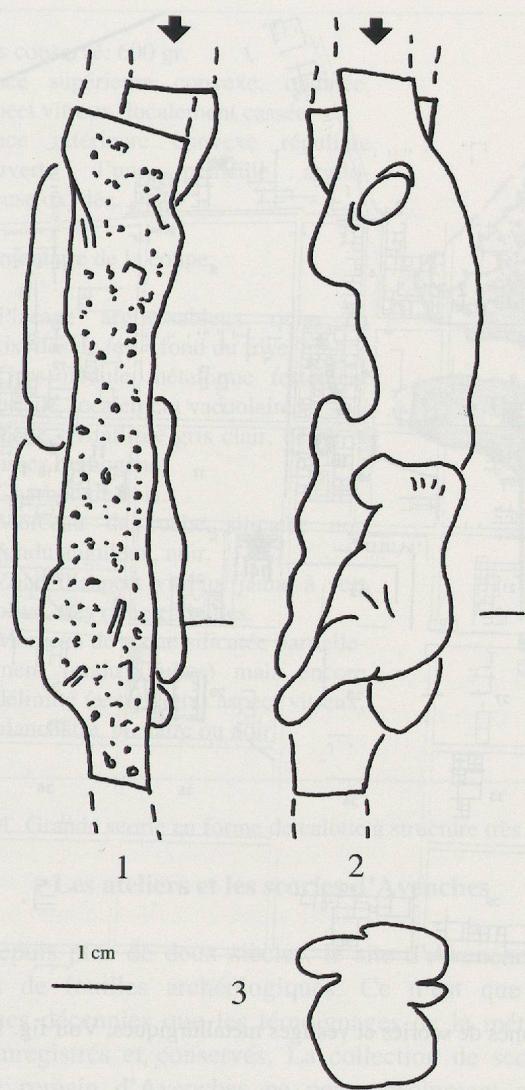


Fig. 177. Petites coulures de scories du site de Forel à Baulmes VD.

Ech. BAU 21: 1: surface inférieure
2: surface supérieure
3: coupe

Une pièce complète, BAU 2, ainsi que 3 autres fragments, montrent clairement la trace d'un outil (fig. 176). Celle-ci coupe le bourrelet d'aspect vitreux perpendiculairement à l'allongement et s'enfonce de plusieurs centimètres dans la pièce. La largeur de la trace est de 5-6 cm. Cette marque n'a pu être faite que lorsque la scorie était encore molle et donc avant son refroidissement complet. Ceci indique que l'artisan nettoyait son foyer juste après son travail.

Les scories en goutte sont rares mais caractéristiques (fig. 174). Il en va de même pour les petites coulures de scories (fig. 177). Très peu de fragments de paroi sont conservés. L'un d'entre eux est constitué par une tuile romaine tordue par la chaleur et scorifiée. Il y a également quelques morceaux de métal, informes et impurs.

Les minéraux détectés par diffraction des rayons X sont la fayalite et la wüstite. Les analyses chimiques portent uniquement sur les calottes (Annexe 6.1, éch. BAU 1 à 6). Elles forment un groupe très homogène pour les majeurs comme pour les traces. Elles se distinguent nettement des scories de

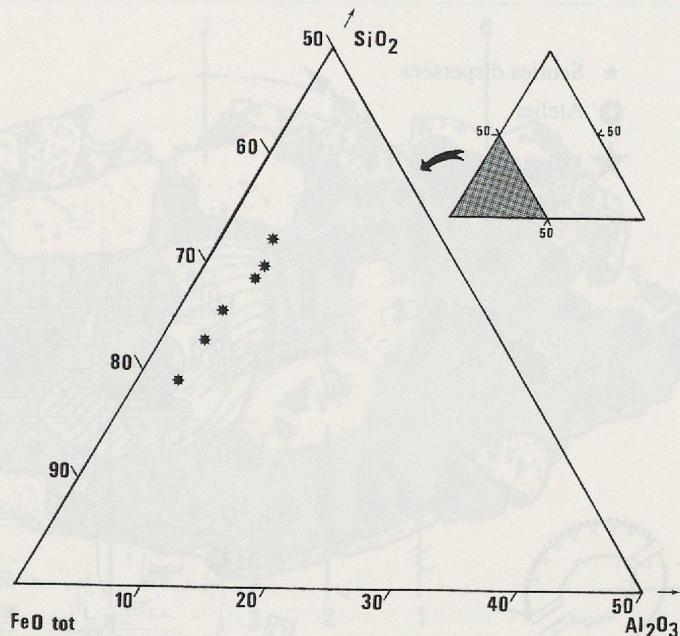


Fig. 178. Composition chimique des scories en forme de calotte de Forel à Baulmes VD.

réduction des régions proches. On relève de fortes teneurs en oxydes de fer. Al est bas et Ca particulièrement élevé et variable. Par rapport aux autres scories de travail post-réduction, elles présentent certaines particularités (Ba et Co pauvres, V élevé). Le rapport Si:Al est stable et avoisine 6:1 (fig. 178). Par rapport au matériaux du Mormont, proche, ces scories sont très riches en fer et en silice.

Cette cohérence interne du groupe chimique, avec ses particularités, fait penser que ces scories résultent toutes d'un travail identique: la réalisation de la même opération métallurgique, utilisant les mêmes matières premières. Il n'y a malheureusement pas d'argument décisif pour définir ce travail. Compte tenu de la structure interne et des dimensions des pièces, il semble probable que l'on soit en présence de résidu du raffinage des éponges de fer brut.

La présence du vanadium (teneurs proche de 100 ppm), élément caractéristique du Sidérolithique, mais non réduit au cours du traitement primaire du minéral, semble indiquer une participation importante de la scorie de réduction refondue (pp. 49-51). Cependant, le contenu en manganèse (0,1% MnO) n'est pas significatif. Pour le chrome, l'enrichissement est à peine marqué (autour de 50 ppm). Ces éléments apportent un argument chimique en faveur du raffinage.

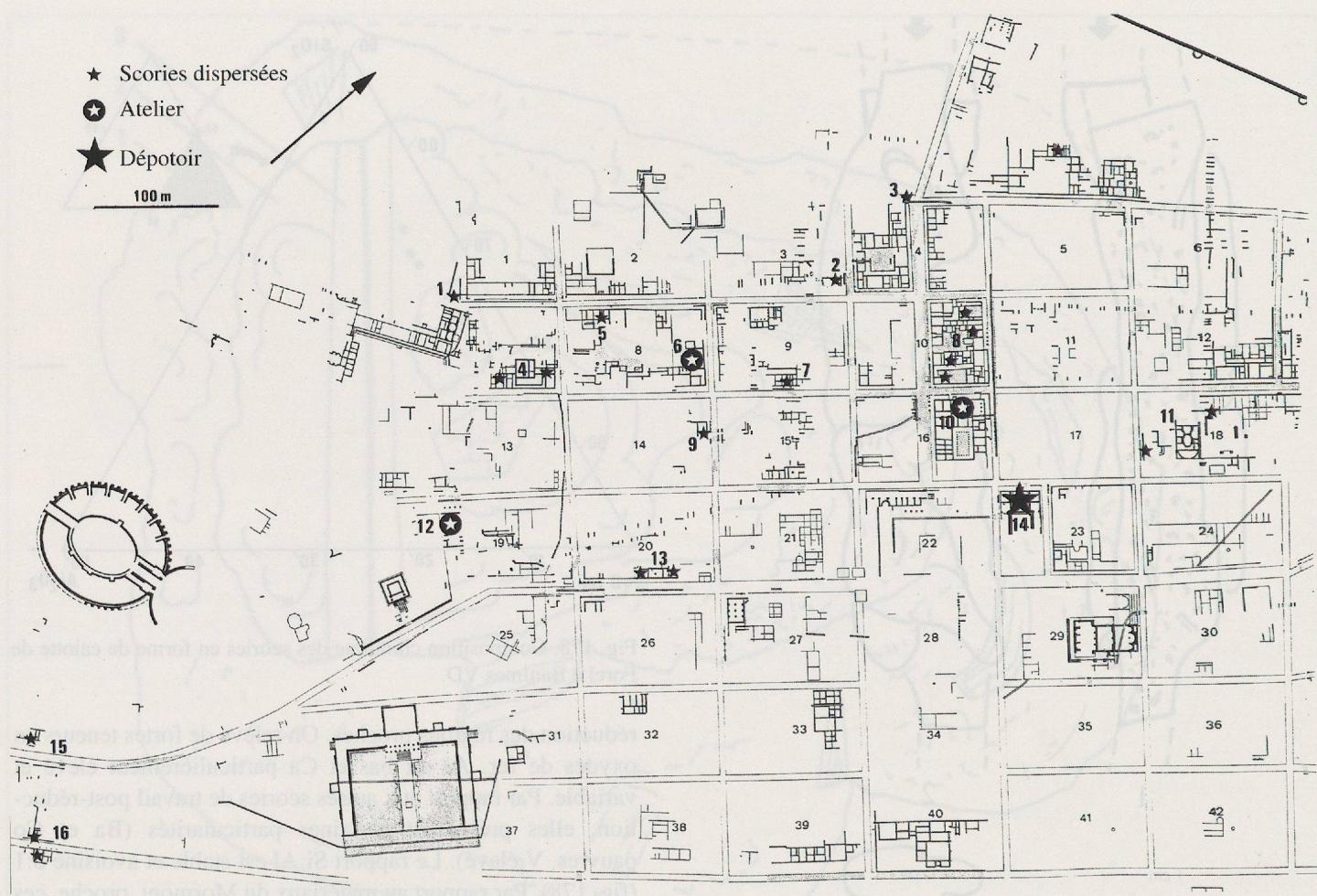


Fig. 179. Plan de la ville romaine d'Avenches et localisation des trouvailles anciennes de scories et vestiges métallurgiques. Voir fig. 180.

| Localisation N° Fig. 179 | Poids en gr | scories en calotte | scories informes | matériaux argilo-sableux | creuset | déchets de bronze | remarque |
|-----------------------------|-------------|--------------------|------------------|--------------------------|---------|-------------------|----------|
| 1 Insula 1 | 460 | 350 | | 20 | | | dispersé |
| 2 Insula 3 | | | | 210 | | | dispersé |
| 3 Insula 4 | | | | 180 | | | dispersé |
| 4 Insula 7 | | 180 | | 210 | | | dispersé |
| 5 Insula 8 W | | | | 170 | | | dispersé |
| 6 Insula 8 E | 4580 | 2270 | | 1400 | 200 | 420 | atelier |
| 7 Insula 9 | | | | 100 | 10 | | dispersé |
| 8 Insula 10 | | 90 | | 4000 | 180 | 550 | dispersé |
| 9 Insula 14 | 880 | 790 | | 770 | | | dispersé |
| 10 Insula 16 | | | | 120 | | | atelier |
| 11 Insula 18 | 130 | 120 | | 300 | | | dispersé |
| 12 Insula 19 | 1270 | 250 | | 1450 | | | atelier |
| 13 Insula 20 | 1850 | 1050 | | 710 | 230 | 80 | dispersé |
| 14 Insula 23 | 18850 | 10660 | | 30850 | 1730 | 930 | dépotoir |
| Port | 380 | 500 | | 910 | 10 | | dispersé |
| 15 St Etienne | 1710 | 420 | | 220 | | | dispersé |
| 16 St Martin | 600 | 620 | | 280 | | | dispersé |
| autres | 2390 | 490 | | 4130 | | | dispersé |
| Total | | 33100 | 17790 | 46030 | 2360 | 1980 | |

Fig. 180. Liste des principales trouvailles anciennes de scories et vestiges métallurgiques d'Avenches. Voir fig. 179.

Poids conservé: 600 gr.

Surface supérieure convexe, ondulée, d'aspect vitreux, localement cassée.

Surface inférieure convexe régulière recouverte d'une pellicule argilo-sableuse oxydée.

Commentaire de la coupe:

- 1 Placage argilo-sableux riche en oxydes de fer = fond du foyer?
- 2 Gros nodule métallique fortement oxydé, localement vacuolaire.
- 3 Zone cristallisée gris clair, dense et assez homogène.
- 4 Charbon de bois.
- 5 Morceau de roche silicatée non fondu anguleux, noir.
- 6 Zone d'aspect vitreux jaune à vert olive, très riche en bulles.
- 7 Morceau de roche silicatée partiellement fondu (bulles) mais encore délimité (\pm anguleux) aspect vitreux, blanchâtre, bleuâtre ou noir.

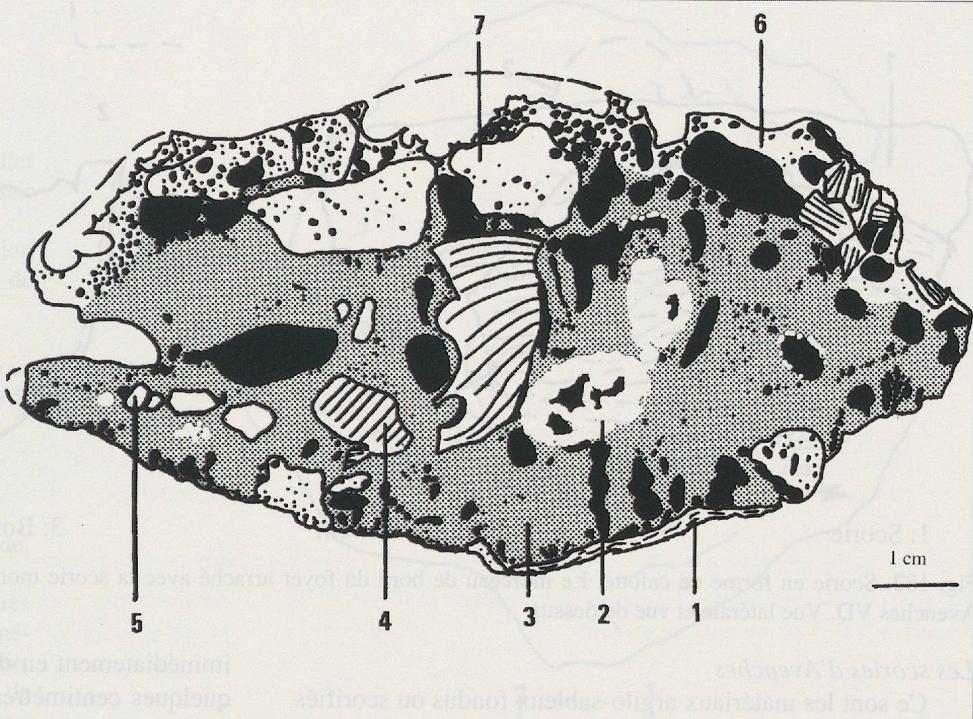


Fig. 181. Grande scorie en forme de calotte à structure très complexe. Ech.AVE14, Avenches VD. Coupe.

Les ateliers et les scories d'Avenches

Depuis plus de deux siècles, le site d'Avenches a fait l'objet de fouilles archéologiques. Ce n'est que depuis quelques décennies que les témoignages de la métallurgie sont enregistrés et conservés. La collection de scories du Musée romain d'Avenches ne peut absolument pas être considérée comme représentative de l'ensemble des trouvailles qui eurent lieu. Toujours est-il que les réserves renferment une petite centaine de kilos de matériaux scorifiés divers. C'est cet ensemble qui a été étudié avec l'autorisation de M. H. Bögli. Les scories découvertes au cours des fouilles les plus récentes n'ont pas encore été étudiées (Morel 1991).

Dans tout le matériel, il n'y a aucune scorie coulée. Tout ce qui est conservé se rattache aux travaux post-réduction. La métallurgie du fer est bien représentée mais de nombreux produits se rapportent aux autres métaux et dans bien des cas, il est difficile de trancher de manière définitive. Quelques analyses témoignent soit de contamination dans les foyers soit de traitements polymétalliques.

Repartition des trouvailles

Des scories furent trouvées en de très nombreux points du site (fig. 180-184). Le gros du matériel conservé provient du remblai des anciens thermes du forum. Ceux-ci furent rasés et comblés pour permettre l'édification d'un temple, probablement un capitole, au début du II^e siècle ap. J.-C. (Bögli 1975). Toutes sortes de matériaux furent utilisés pour réaliser le comblement dont des résidus provenant des ateliers métallurgiques de la ville. Au cours des fouilles, aucune attention particulière ne fut accordée à ce matériel et que ce qui est conservé n'est qu'un pâle reflet de ce qui fut excavé.

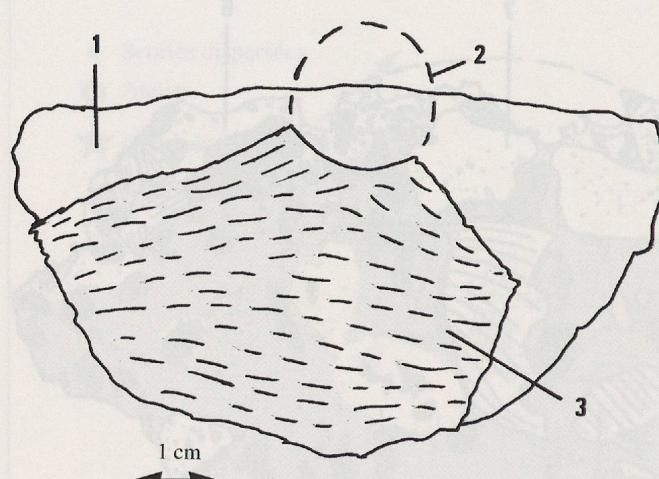
Bien que privées de contexte, certaines pièces sont intéressantes du point de vue de la forme et l'ensemble livre un panorama de l'activité des métallurgistes à Avenches au Ier siècle ap. J.-C.

Les autres ensembles sont nettement moins volumineux et généralement difficiles à interpréter. Les vestiges de métallurgie apparaissent très dispersés dans la moitié W de la ville. Leur absence dans la moitié E n'est guère significative car celle-ci est nettement moins bien connue. Si des trouvailles sont situées en périphérie de la zone urbanisée, les scories ne sont pas absentes des quartiers du centre.

Une forge, située dans l'*insula* 16 a pu être identifiée (Bögli et col. 1970). Les scories correspondantes n'ont pas été retrouvées dans les réserves. Deux autres ateliers peuvent être situés d'après le matériel conservé. L'un se situe dans l'*insula* 8, l'autre dans l'*insula* 19.

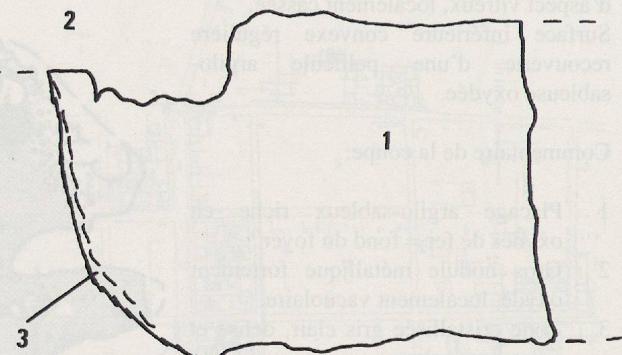
Une petite dizaine de kilos de scories proviennent de l'*insula* 8, en particulier de nombreuses scories en forme de calotte. Elles étaient éparses dans une cour et dans les pièces adjacentes (zone M10-Z1, fouille 1967). Dans l'*insula* 19, le matériel est un peu moins abondant mais comporte des morceaux de paroi de foyers scorifiés qui attestent la présence d'une telle structure.

Les fouilles récentes au lieu dit Derrière la Tour, en bordure de l'*insula* 7, ont permis de mettre au jour des structures artisanales, en particulier un atelier de verrier (Morel 1991 et Morel et al. 1992). Des scories de fer ont également été retrouvées mais, pour le moment, aucune structure métallurgique. De même, à l'extérieur de la ville, au lieu dit En Châplix, des traces de métallurgie sont attestées.



1: Scorie

2: Trou à vent



3: Bord du foyer.

Fig. 182. Scorie en forme de calotte. Le morceau de bord du foyer arraché avec la scorie montre l'orifice de la soufflerie. Ech. AVE 108, Avenches VD. Vue latérale et vue de dessus.

Les scories d'Avenches

Ce sont les matériaux argilo-sableux fondus ou scorifiés qui sont les plus abondants (env. 45kg). Ils comprennent des fragments de paroi de foyer, des scories en goutte et toutes sortes de morceaux informes.

Les scories en forme de calotte sont également nombreuses (fig. 181-184). Elles présentent une variété extrême à tous points de vue. Si la plupart d'entre elles sont petites, quelques-unes sont très volumineuses. Si la forme générale est toujours la même, les détails varient beaucoup.

Deux pièces sont particulièrement intéressantes car le morceau du bord du foyer qui a été arraché en même temps que la scorie présente nettement l'orifice du trou à vent (fig. 182 et 183). Ces objets apportent la confirmation de la position de la scorie en forme de calotte par rapport à l'orifice de la soufflerie. Au moins dans ces deux cas précis et sans doute de manière générale, la scorie en calotte se forme

immédiatement en dessous du trou à vent, lui-même situé à quelques centimètres au-dessus du fond du foyer. C'est un argument important pour la reconstitution de celui-ci.

La structure interne est très souvent caractérisée par la présence d'une zone supérieure claire et extrêmement riche en inclusions non fondues correspondant à un bourrelet d'aspect vitreux bien développé. Le volume occupé par cette zone, la taille et la répartition des inclusions ainsi que leur position dans la calotte varient considérablement. Dans certains cas, on observe de grandes quantités de fer métallique dans ces scories, fréquemment en nodules.

Dans la partie inférieure de nombreuses pièces, on observe des zones globuleuses gris sombre, se détachant dans un matériel cristallin gris jaunâtre fayalitique (fig. 184). L'examen microscopique permet de reconnaître des amas d'oxydes de fer en dendrites, probablement de la wüstite (fig. 185). La cristallisation des aiguilles de fayalite à travers ces

Surface supérieure: bourrelet d'aspect vitreux cassé à proximité du trou à vent.

Zone périphérique brun rouillé avec de nombreuses empreintes de charbon.

Surface inférieure: relief crevassé, formes arrondies.

Placage argileux latéral.

Commentaire de la coupe:

- 1 Partie inférieure de l'extrémité du trou à vent.
- 2 Zone d'aspect vitreux très sombre contenant de très nombreuses inclusions de roches silicatées < 1mm.
- 3 Grain de roche silicatée non fondu.
- 4 Placage argileux = bord du foyer.
- 5 Charbon de bois
- 6 Zone cristallisée gris jaunâtre assez hétérogène.
- 7 Petites billes de fer métallique (dendrites ?) et filaments.

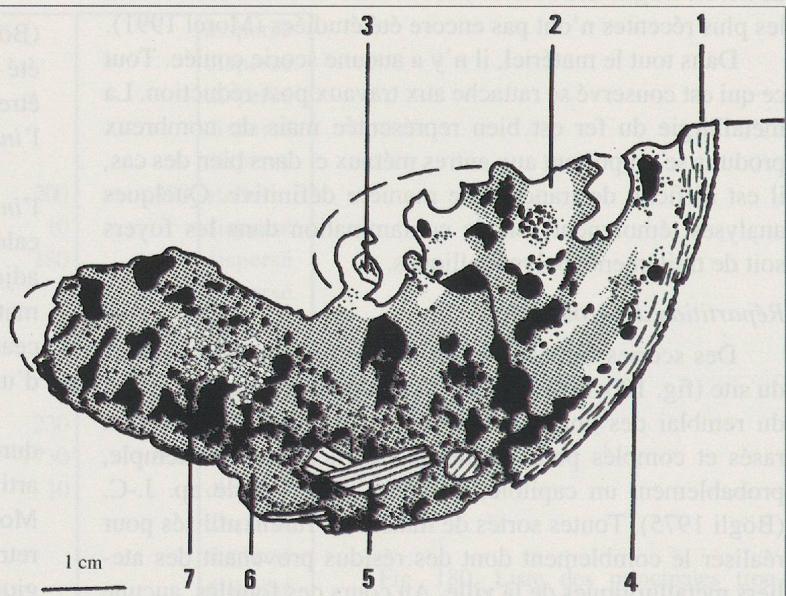


Fig. 183. Scorie en forme de calotte. Le morceau de bord du foyer arraché avec la scorie montre l'orifice de la soufflerie. Ech. AVE 99, Avenches VD. Coupe.

Poids conservé: 380 gr.

Surface supérieure: convexe, asymétrique.

Bourrelet vitreux très proéminent, relief ondulé, gris blanchâtre, localement bleu clair ou vert.

Périmétrie avec un relief déchiqueté, inclusion de charbon et empreintes, développement de rouille.

Surface inférieure: convexe, régulière, recouverte par un placage argilo-sableux oxydé (fond du foyer?).

Commentaire de la coupe:

- 1 Morceau de roche silicatée non fondu, anguleux.
- 2 Zone d'aspect vitreux, couleur très variable suivant des domaines centimétriques aux contours flous (blanchâtre, jaunâtre, brunâtre, noire). Elle contient de très nombreuses inclusions < 1 mm non fondues claires. La quantité de bulles varie d'un domaine à l'autre.
- 3 Globule très sombre, cristallin. Zone riche en wüstite (voir fig. 185).
- 4 Placage argilo-sableux riche en oxydes de fer (rouille). Fond du foyer (?). Pas de bulles.
- 5 Zone cristallisées gris jaunâtre assez homogène, peu de bulles. On distingue clairement les aiguilles de fayalite de plusieurs mm de long.
- 6 Charbon de bois.

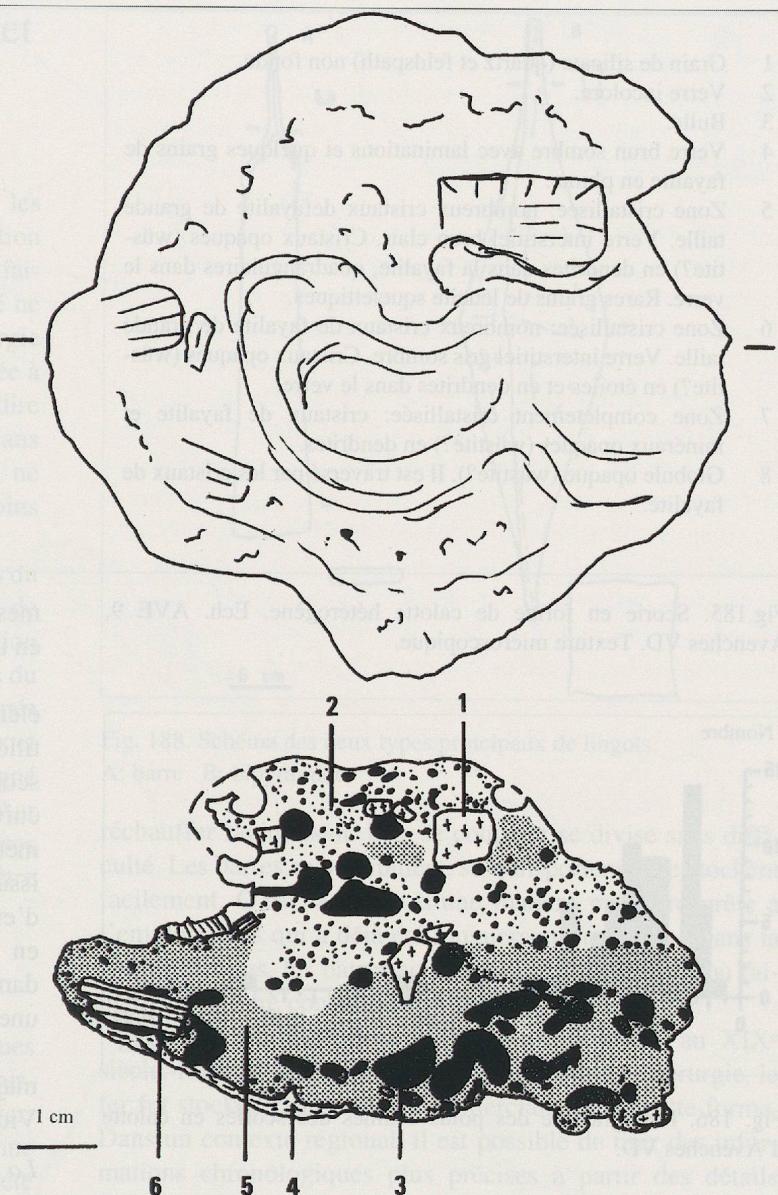


Fig. 184. Scorie en forme de calotte hétérogène. Ech. AVE 9, Avenches VD. Vue de dessus et coupe.

zones est postérieure mais démontre que le matériel est à l'état liquide. Cet habitus fréquent et connu par ailleurs, ne peut pas être expliqué facilement (Senn 1992, fig. 56; McDonnel 1991, 26).

L'interprétation de ces figures comme des battitures incomplètement refondues n'est pas totalement satisfaisante. Elle n'explique pas la forme de ces globules et leur taille parfois centimétrique. Elle ne rend pas compte non plus de la cristallisation des aiguilles de fayalite au travers de ces structures. Une autre hypothèse peut être envisagée: on pourrait avoir formation de deux liquides immiscibles. Cette possibilité a été démontrée dans le système K_2O - FeO - Al_2O_3 - SiO_2 mais devrait être étudiée pour les compositions réelle des scories en forme de calotte où ces structures sont observables (Visser et Koster Van Groos 1979).

Les données disponibles sur ce problème sont actuellement insuffisantes pour trancher. Cette hypothèse serait particulièrement intéressante puisqu'elle permettrait de relier objectivement les scories en forme de calotte à des phases de

travail de martelage.

Sur l'ensemble du matériel scorifié conservé au Musée d'Avenches, une bonne centaine de calottes ou de fragments ont été identifiés. Pour 86 pièces, il est possible d'estimer le poids initial. 90% des objets se situent entre 100 et 600 gr (fig. 186). Ce sont donc en majorité de petites pièces.

Les analyses chimiques des matériaux scorifiés d'Avenches

Une quinzaine d'échantillons provenant d'Avenches ont été étudiés au laboratoire. La plupart sont des scories en calotte. Elles montrent des compositions chimiques très variables (fig. 187). Il faut rappeler les difficultés qu'il y a pour obtenir des analyses significatives pour des échantillons hétérogènes.

Certaines teneurs en fer sont cependant particulièrement basses et c'est une tendance assez nette du groupe. Le CaO varie beaucoup (2 à 10%), de même que K₂O (1 à 4%). Le rapport Si:Al varie d'un échantillon à l'autre (de 5,5:1 à 9,5:1). Il reste toujours très élevé contrairement à ce que l'on

- 1 Grain de silicate (quartz et feldspath) non fondu.
- 2 Verre incolore.
- 3 Bulle.
- 4 Verre brun sombre avec laminations et quelques grains de fayalite en plume.
- 5 Zone cristallisée: nombreux cristaux defayalite de grande taille. Verre interstitiel brun clair. Cristaux opaques (wüstite?) en dendrites dans la fayalite, quadrangulaires dans le verre. Rares grains de leucite squelettiques.
- 6 Zone cristallisée: nombreux cristaux de fayalite de grande taille. Verre interstitiel gris sombre. Cristaux opaques (wüstite?) en étoiles et en dendrites dans le verre.
- 7 Zone complètement cristallisée: cristaux de fayalite et minéraux opaques (wüstite?) en dendrites.
- 8 Globule opaque (wüstite?). Il est traversé par les cristaux de fayalite.

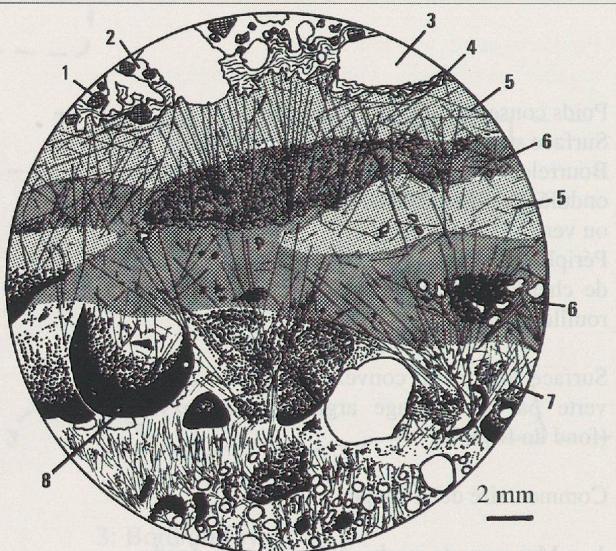


Fig.185. Scorie en forme de calotte hétérogène. Ech. AVE 9, Avenches VD. Texture microscopique.

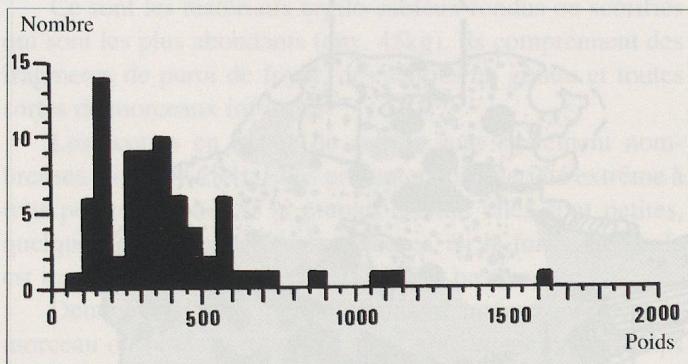


Fig. 186. Histogramme des poids estimés des scories en calotte d'Avenches VD.

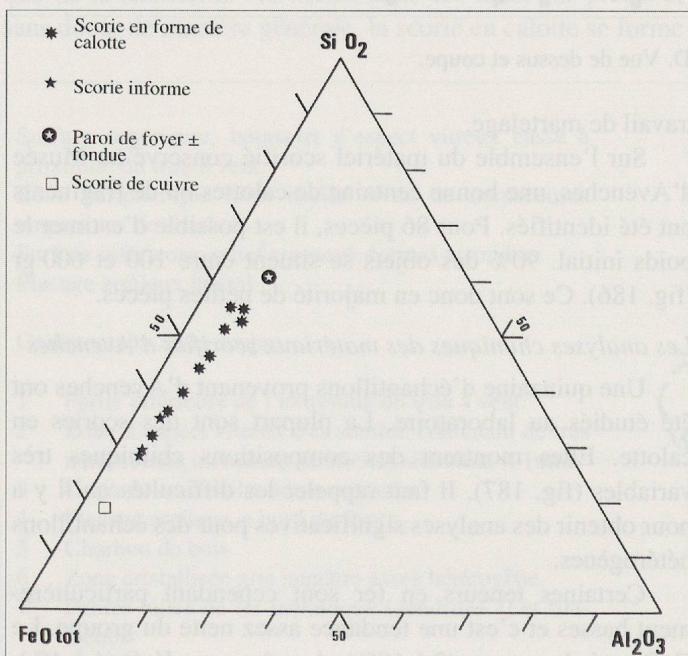


Fig. 187. Compositions chimiques des matériaux métallurgiques d'Avenches.

mesure pour les scories de réduction. De même, le contenu en alcalins est bien plus important.

Les éléments traces sont très variables, en particulier les éléments métalliques (Pb, Cu, Ni, Co, Sn et Sb). L'échantillon AVE 15, avec plus de 4% de Cu est clairement une scorie de cuivre (scorie informe vitreuse rouge avec billes de cuivre métallique visibles). Les autres hautes teneurs en métaux indiquent peut-être que les pièces concernées sont issues du traitement de ces métaux. Il est également possible d'envisager une pollution due au travail de plusieurs métaux en même temps (brasage, décoration) ou successivement dans le même foyer. Près d'un échantillon sur deux présente une anomalie en l'un ou l'autre métal.

Les résultats d'analyses d'Avenches sont, pour les majeurs comme pour les traces, assez comparables à ceux de Vidy (pp. 127-130; Annexe 4.9) et d'Yverdon (Annexe 6.1).

La métallurgie à Avenches

Les activités métallurgiques ont laissé de nombreuses traces à Avenches (scories diverses, creusets, outils de forgeron ou d'orfèvre). Les vestiges apparaissent dispersés dans la ville sans que l'on puisse percevoir une organisation spatiale.

En ce qui concerne la sidérurgie, on constate l'absence de résidus du traitement du minerai de fer. Les scories étudiées ne peuvent se rapporter qu'aux étapes de travail postérieures à la réduction. La grande majorité des scories en forme de calotte trouvées à Avenches sont des pièces de taille réduite. La plupart sont hétérogènes et présentent des structures très complexes. Cet ensemble pourrait être interprété comme le reflet de travaux variés. Les analyses, quoique peu significatives, reflètent aussi cette variété. Il semble clair qu'une bonne partie des objets témoignent d'activités de forge proprement dite. Seuls quelques-uns pourraient se rapporter au raffinage d'éponges de fer brutes. Si c'est le cas, cette activité paraît plutôt marginale.

Les échantillons analysés ne forment pas un groupe cohérent du point de vue chimique. Les conditions de prélèvement suffiraient à expliquer ce fait. On peut également y voir un argument en faveur d'une activité métallurgique variée.

La région des lacs de Neuchâtel et Bienne et ses relations avec les régions voisines

Dans la région des lacs de Neuchâtel et de Bienne, les ressources minières paraissent très maigres. L'exploitation ancienne n'est pas encore confirmée de manière satisfaisante. Elle n'est probable qu'à petite échelle. Cette entité ne paraît donc pas autosuffisante. Au contraire, la métallurgie de transformation est très présente. Elle est intimement liée à la densité de l'occupation. Elle semble diffuse, c'est-à-dire qu'aucun site ne joue un rôle économique prépondérant dans ce domaine. Les vestiges de métallurgie de chaque site ne témoignent pas d'une activité dépassant le cadre des besoins locaux. L'artisanat est aussi bien rural qu'urbain.

Il n'est pas possible de relier matériellement les traces du travail post-réduction avec des témoignages connus de métallurgie primaire. Les ateliers de réduction de la région du Mormont sont situés à faible distance, 15 km, des rives du lac de Neuchâtel et leurs produits pouvaient être acheminés jusque là par voie d'eau depuis Orbe. Le district minier et métallurgique du Jura-Delémont n'est guère plus éloigné mais un bref parcours terrestre est nécessaire. Enfin, l'Aar permet d'acheminer sans difficulté majeure les marchandises depuis le Rhin. Dans cette région le marché du fer a pu être approvisionné de multiples façons.

Les lingots de fer

Mis à part les scories de fer, témoignages archéologiques des activités sidérurgiques, une autre catégorie d'objets fournit des informations très importantes sur l'industrie du fer: les lingots. Dans la région des trois lacs, Neuchâtel, Bienne et Morat, de nombreuses trouvailles de lingots de fer ont été faites depuis le siècle passé. Pour cette raison, il est nécessaire d'aborder ce sujet même si les données sont uniquement fournies par la bibliographie.

Par définition, les lingots sont des produits métalliques destinés au stockage, au transport et au commerce. La nature et la forme des lingots doivent être adaptées à ces fonctions. Elles sont de plus influencées par les aspects techniques.

Pour le fer, il existe deux grands types d'objets qui sont interprétés comme des lingots: les barres et les lingots bipyramidaux (fig. 188). D'autres types de lingots sont connus, en particulier en Scandinavie et en Europe de l'E (Buchwald et Voss 1992; Hegedus 1962 ; Magnusson 1986, 272-280).

Les barres de fer présentent des formes qui varient énormément dans le détail. Elles mesurent entre 15 et 150 cm. La section est quadrangulaire, aplatie ou carrée. Elle n'est pas toujours constante. Le poids des pièces varie de quelques centaines de grammes à 1 ou 2 kg. L'une des extrémités est parfois travaillée (recourbée, enroulée, en éventail).

Lorsque l'on travaille le fer à la forge, la barre est une forme «naturelle», c'est-à-dire pratique. Elle est aisément manipulable avec des tenailles. Elle offre des surfaces planes pour le martelage. Sa section relativement faible permet de la

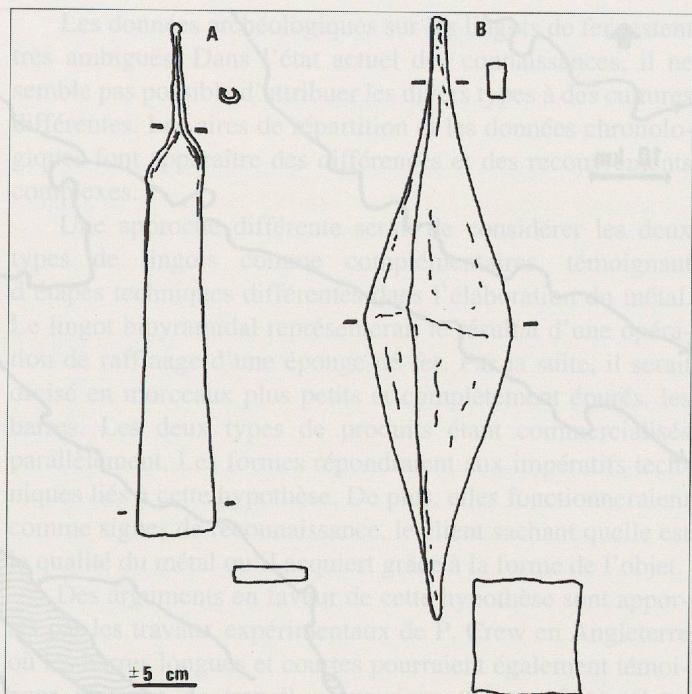


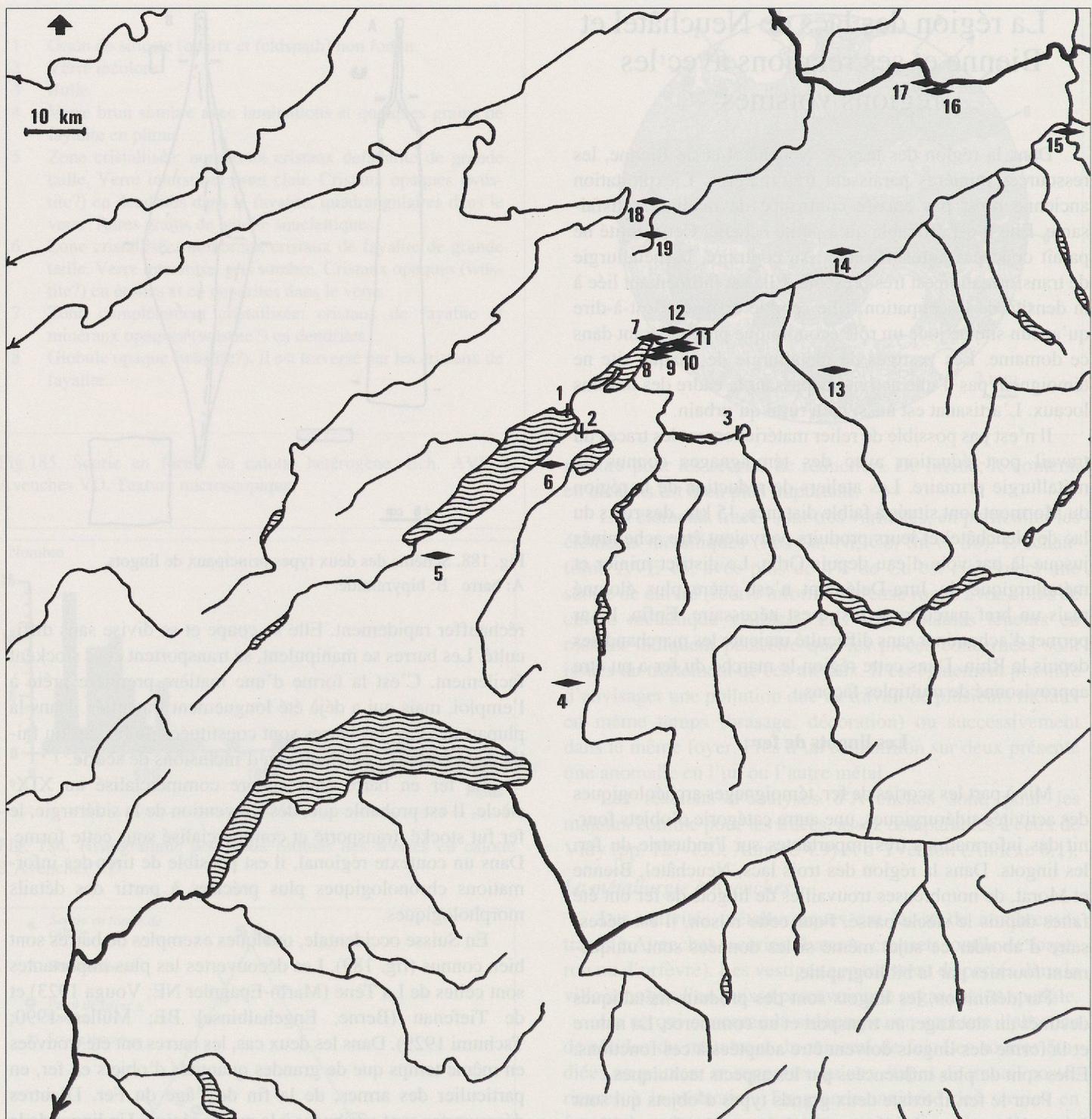
Fig. 188. Schéma des deux types principaux de lingots.
A: barre B: bipyramide.

réchauffer rapidement. Elle se coupe et se divise sans difficulté. Les barres se manipulent, se transportent et se stockent facilement. C'est la forme d'une matière première prête à l'emploi, mais qui a déjà été longuement travaillée. Dans la plupart des cas, les barres sont constituées de fer pur ou faiblement carburé contenant peu d'inclusions de scorie.

Le fer en barre était encore commercialisé au XIX^e siècle. Il est probable que, dès l'invention de la sidérurgie, le fer fut stocké, transporté et commercialisé sous cette forme. Dans un contexte régional, il est possible de tirer des informations chronologiques plus précises à partir des détails morphologiques.

En Suisse occidentale, quelques exemples de barres sont bien connus (fig. 189). Les découvertes les plus importantes sont celles de La Tène (Marin-Epagnier NE; Vouga 1923) et de Tiefenau (Berne, Engehalbinsel BE; Müller 1990; Tschumi 1929). Dans les deux cas, les barres ont été trouvées en même temps que de grandes quantités d'objets en fer, en particulier des armes, de la fin de l'âge du Fer. D'autres découvertes sont attribuées à la même région. Un lingot de la collection O. Schwab, à Bienne, est attribué «au lac de Neuchâtel ou de Bienne» (Keller 1858, pl. 3, N° 38). Un autre se trouve au musée de Morat et provient du lit de la Broye (Schwab 1989, 218-219). Si les barres de La Tène ont toutes une extrémité enroulée, à Tiefenau, elles sont beaucoup plus variées.

Des barres de fer antiques comparables sont connues au N des Alpes depuis le centre de la France jusqu'au centre de l'Allemagne ainsi qu'en Angleterre (Schäfer 1984; Müller 1990, 161-164; Allen 1967). Elles sont généralement datées de l'âge du Fer. En dehors de cette aire géographique, le problème est très mal connu mais le commerce des barres de fer est attesté (Monguilan 1987).



Lingots en barre (N° 1 à 3)

- 1 La Tène NE
- 2 La Sauge FR (Schwab 1989, 218)
- 3 Tiefenau BE
- 4 Enney FR (non publié, service archéologique cantonal de Fribourg)
- 5 Yvonand VD (Pelet 1993, 97)
- 6 Chabrey VD
- 7 Nidau BE
- 8 Bellmund BE
- 9 Port BE

Lingots bipyramidaux (N° 4 à 19)

- 10 Schwadernau «Schulweg» BE
- 11 Schwadernau «Zhil» BE
- 12 Nidau BE
- 13 Ersingen BE
- 14 Walliswil BE
- 15 Brugg AG
- 16 Kaiseraugst AG
- 17 Augst BL
- 18 Undervellier JU (Quiquerez 1866, 24)
- 19 Boécourt JU (Quiquerez 1866, 24)

Fig. 189. Carte de répartition des trouvailles de lingots de fer en Suisse occidentale (références non spécifiées dans Müller 1990).

L'autre forme typique des lingots de fer est celle d'une double pyramide à base quadrangulaire, généralement carrée (fig. 188).

Ces lingots sont massifs et trapus, longs de 20 à 30 cm, larges de 5 à 10 cm et pesant de 5 à 10 kg. Les détails typologiques permettent de définir plusieurs catégories qui restent difficiles à interpréter en termes de différences d'origine ou de chronologie (Kleemann 1961, 1966 et 1981). Certaines pièces sont de formes proches mais avec des variantes (Müller 1985, Rougier 1987).

Ces lingots bipyramidaux sont plus difficiles à travailler à la forge à cause de leur masse. Par contre, ils pourraient correspondre à la première mise en forme de l'éponge de fer produite dans le bas fourneau. Partant d'un bloc informe équidimensionnel, on aboutit assez naturellement à une forme bipyramide par refoulement des contours (Thouvenin 1984).

Quelques études métallographiques de lingots bipyramidaux montrent la présence d'une quantité importante de scorie en inclusion (France-Lanord 1963; Rädeker et Naumann 1961). Ces lingots pourraient donc représenter un stade de travail moins avancé que les barres.

La forme se prête relativement bien au transport et même à l'empaquetage (Mutz 1981). Ils sont d'ailleurs souvent trouvés par groupe.

On signale de nombreuses trouvailles de lingots de ce type en Suisse occidentale (Müller 1990, 164-165, fig. 189). Elles sont réparties préférentiellement le long de l'axe fluviolacustre lac de Neuchâtel-Aar-Rhin avec une nette concentration au N du lac de Bienne. La découverte de 16 lingots à Schwadernau BE en 1977, est particulièrement intéressante, car elle peut être interprétée comme un ensemble de pièces perdues au cours d'un transbordement (Kaenel H.M. von 1981).

L'aire de répartition générale des lingots bipyramidaux est assez étendue. Ils sont très nombreux dans la région comprise entre Genève, Vienne et Cologne mais on en connaît jusqu'au Danemark, en Slovénie et dans l'O de la France (Kleemann 1961 et 1981). Cela, sans parler du parallèle troublant mais probablement non pertinent, des découvertes du palais de Korsabad, Irak (Place 1867). Pour des objets de ce type, on propose des datations depuis le premier âge du Fer jusqu'au Haut Moyen Age.

Les données archéologiques sur les lingots de fer restent très ambiguës. Dans l'état actuel des connaissances, il ne semble pas possible d'attribuer les divers types à des cultures différentes. Les aires de répartition et les données chronologiques font apparaître des différences et des recouvrements complexes.

Une approche différente serait de considérer les deux types de lingots comme complémentaires, témoignant d'étapes techniques différentes dans l'élaboration du métal. Le lingot bipyramidal représenterait le résultat d'une opération de raffinage d'une éponge de fer. Par la suite, il serait divisé en morceaux plus petits et complètement épurés, les barres. Les deux types de produits étant commercialisés parallèlement. Les formes répondraient aux impératifs techniques liés à cette hypothèse. De plus, elles fonctionneraient comme signes de reconnaissance, le client sachant quelle est la qualité du métal qu'il acquiert grâce à la forme de l'objet.

Des arguments en faveur de cette hypothèse sont apportés par les travaux expérimentaux de P. Crew en Angleterre où les barres longues et courtes pourraient également témoigner d'étapes de travail successives (Crew 1991). Cette hypothèse ne résoud malheureusement pas toutes les questions.

Les contextes des découvertes archéologiques sont malheureusement souvent mal documentés. On remarque cependant que les barres de fer à extrémité travaillée ont été trouvées dans des contextes cultuels (dépôts) ou artisanaux (ateliers). Les lingots bipyramidaux, proviennent fréquemment de contextes de transport, plus rarement d'ateliers.

La question du lieu de production exact de ces objets reste encore complètement ouverte. Il n'y a pas plus d'arguments en faveur d'une production locale ou dans les aires adjacentes que pour une origine plus lointaine à l'intérieur de l'aire de répartition principale. On notera tout de même que la zone au N du lac de Bienne où les trouvailles de lingots bipyramidaux sont les plus nombreuses correspond au point de rupture de charge entre la route terrestre romaine venant du district minier et métallurgique du Jura-Delémont et la grande voie commerciale E-O du Plateau.