

**Zeitschrift:** Minaria Helvetica : Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung = bulletin de la Société suisse des mines = bollettino della Società svizzera di storia delle miniere

**Herausgeber:** Schweizerische Gesellschaft für Historische Bergbauforschung

**Band:** - (2000)

**Heft:** 20b

**Artikel:** Etudes métallographiques préliminaires concernant les vestiges siérurgiques du site de Montagny

**Autor:** Fluzin, Philippe

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1089774>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.01.2026

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

# Etudes métallographiques préliminaires concernant les vestiges sidérurgiques du site de Montagney

## Résumé

Nous présentons dans cet article les premières études métallographiques concernants trois objets du site de Montagney ; un boulet de fonte, une calotte et une barre en cours de forgeage.

Contrairement à la réduction directe où nous avons maintenant une expérience archéométrique importante, nous abordons avec ce site, selon le même protocole, la détermination des critères métallographiques devant nous permettre d'évaluer les différents étapes de la chaîne opératoire spécifique à cette filière (indirecte). Les premiers résultats obtenus sont à cet égard particulièrement intéressants.

## Zusammenfassung

Hier werden die ersten metallographischen Untersuchungen über 3 Objekte aus dem Hüttenwerk Montagney vorgestellt: eine gusseiserne Kanonenkugel, eine Kalotte und eine halbfertige geschmiedete Stange. Wir besitzen heute über das Direktverfahren bei der Eisenerzeugung eine grosse archäometrische Erfahrung. Hier werden nun entsprechend dem gleichen Protokoll die metallographischen Kriterien festgesetzt, die es uns erlauben sollen, verschiedene Vorgänge bei der indirekten Eisenerzeugung zu erkennen. Schon die vorläufigen Ergebnisse sind besonders interessant.

## Riassunto

In questo articolo presentiamo i primi studi metallografici concernenti tre oggetti del sito di Montagney: una palla in ghisa, una calotta e una barra in fase di forgiatura. Contrariamente alla riduzione diretta, di cui possediamo un'importante esperienza archeometrica, in questo sito studiamo, applicando il medesimo protocollo, la determinazione dei criteri metallografici che permettono di valutare le differenti tappe della catena operativa specifica a questa filiera (indiretta). I primi risultati ottenuti sono, a questo proposito, molto interessanti.

## 1. Introduction

La restitution de la chaîne opératoire en paléo-sidérurgie (qu'il s'agisse des procédés direct ou indirect) à partir des vestiges archéologiques est relativement complexe, du fait des nombreux paramètres interactifs dont il faut tenir compte. En face de cette

réalité incontournable, il est nécessaire de procéder à des analyses chimiques globales et/ou ponctuelles, analyses métallographiques, analyses électrochimiques..., afin d'augmenter la pertinence des résultats. C'est de la confrontation générale des données recueillies avec ces différentes méthodes qu'émerge une convergence d'indices propre à définir des critères de cohérence permettant d'approcher la discrimination des procédés sidérurgiques à partir des vestiges archéologiques. Ceux-ci doivent être considérés dans leur globalité et en proportion relative.

Depuis quelques années nous avons fait des progrès considérables dans ces domaines pour apprécier la nature de l'activité sidérurgique en relation avec les principaux vestiges.

Deux ouvrages récents font le bilan de nos connaissances actuelles et compte tenu de leur importance il est difficile de les résumer dans le cadre de cette modeste contribution. Nous y renvoyons donc le lecteur (Mangin, Fluzin et coll. 2000, Mangin, Courtadon et coll. 2000).

Par ailleurs le site de Montagney appartient à la filière indirecte qui comporte deux opérations principales distinctes (Fig. 1) ; la production de fonte au haut fourneau avec une possible utilisation directe de celle-ci et l'affinage de la fonte (dans une installation spécifique ; l'affinerie) afin de la transformer en acier ou en fer de façon à forger le métal. L'objet de cette contribution n'est pas de faire une description historique détaillée de cette filière (cf. Cheseau, Fluzin, 1997). L'étude des archives relatives à ce site réalisée par Michel Philippe (cf. article dans cet ouvrage) indique une séquence chronologique d'activité sidérurgique située entre la fin du 17<sup>e</sup> et le milieu du 19<sup>e</sup> siècle (1850) ..

Il est donc techniquement important de remarquer que d'une part nous nous situons avant les procédés d'affinage avec fusion et d'autre part aucune indication ne mentionne l'emploi de four d'affinage à réverbère (four à puddler; Fig. 1, Fluzin 1983 et 1999). Par conséquent nous sommes dans un contexte d'affinage en foyer de forge traditionnel (procédé comtois ?) que l'on peut résumer de la façon suivante (Fig. 2) ; l'opération comporte en principe deux étapes :

- le chauffage de la fonte dans un foyer (appelé «renardière»)
- l'affinage proprement dit puis le cinglage

Le fond du creuset comporte du charbon de bois dont la combustion assure le ramolissement puis la fusion de l'extrémité de la gueuse qui est introduite au dessus du foyer. Les gouttes de fonte, en tombant dans le foyer, s'oxydent perdant ainsi leur carbone. Il résulte de cette opération dans le creuset une masse pâteuse que l'affineur recouvre de scories. Il règle ensuite le vent des soufflets de sorte à parfaire l'affinage et lorsque la couleur du métal semble correspondre à la qualité désirée, il retire du foyer une masse de 30 à 100 kg appelée loupe ou renard suivant les régions.

L'opération durait de une à deux heures. La masse de fer retirée d'un tel foyer était assez hétérogène et l'on devait, comme dans le cas du procédé d'élaboration direct, éliminer mécaniquement par un martelage violent (au martinet ?) les scories. Le produit de la forge était la barre.

Cette technique d'épuration qui est voisine (dans son principe) de celle concernant la loupe issue de la réduction en bas fourneau devrait donc macroscopiquement présen-

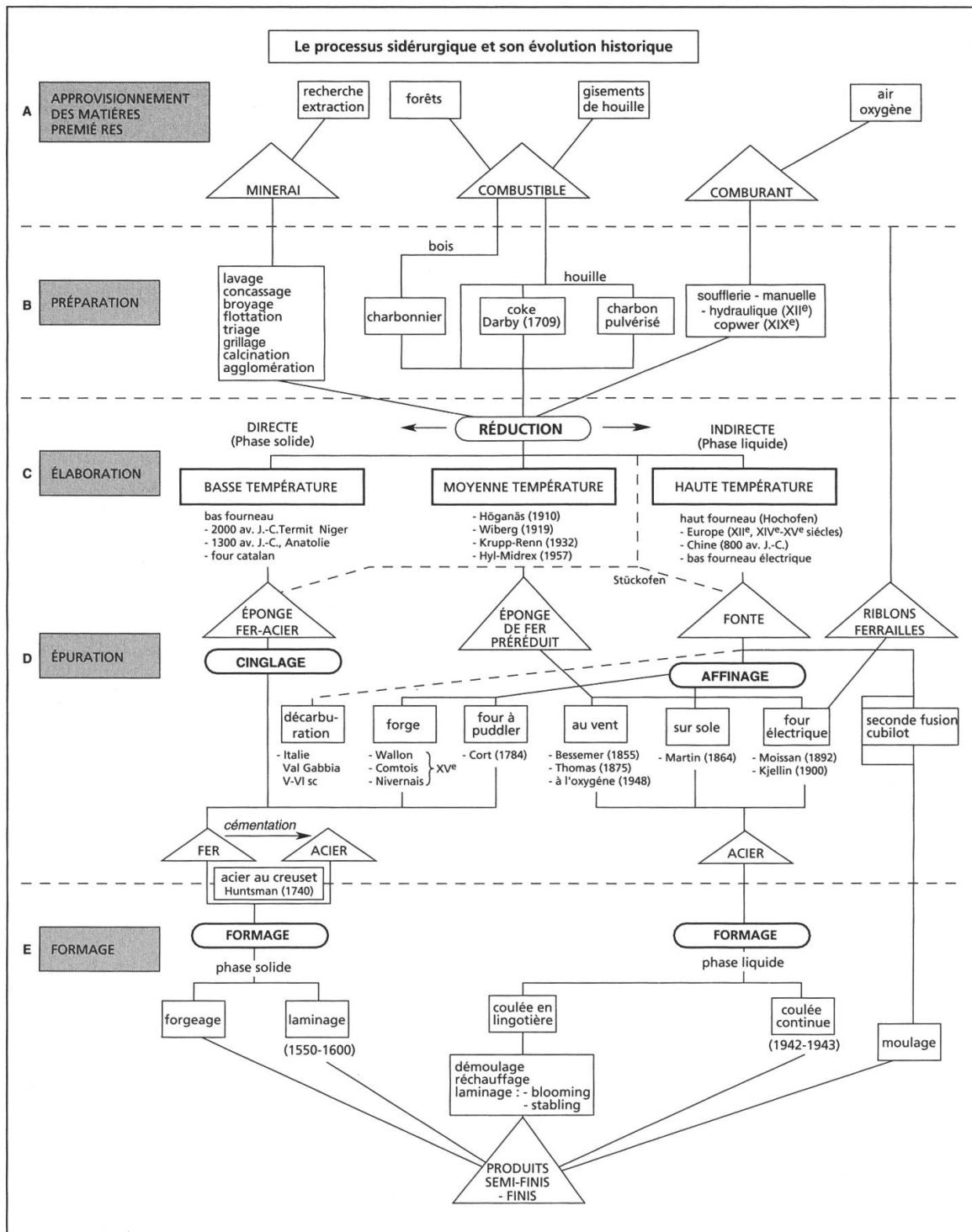


Fig. 1 : Le processus sidérurgique et son évolution historique.

ter des similitudes métallographiques au niveau du métal (demi-produit) et de certaines scories (calotte ?) notamment en ce qui concerne les faciès de densification et de déformation du métal ainsi que dans la répartition des scories résiduelles (même si leur composition chimique peut être différente : Dillmann et coll. 1996 et Lechevalier et coll. 2000).

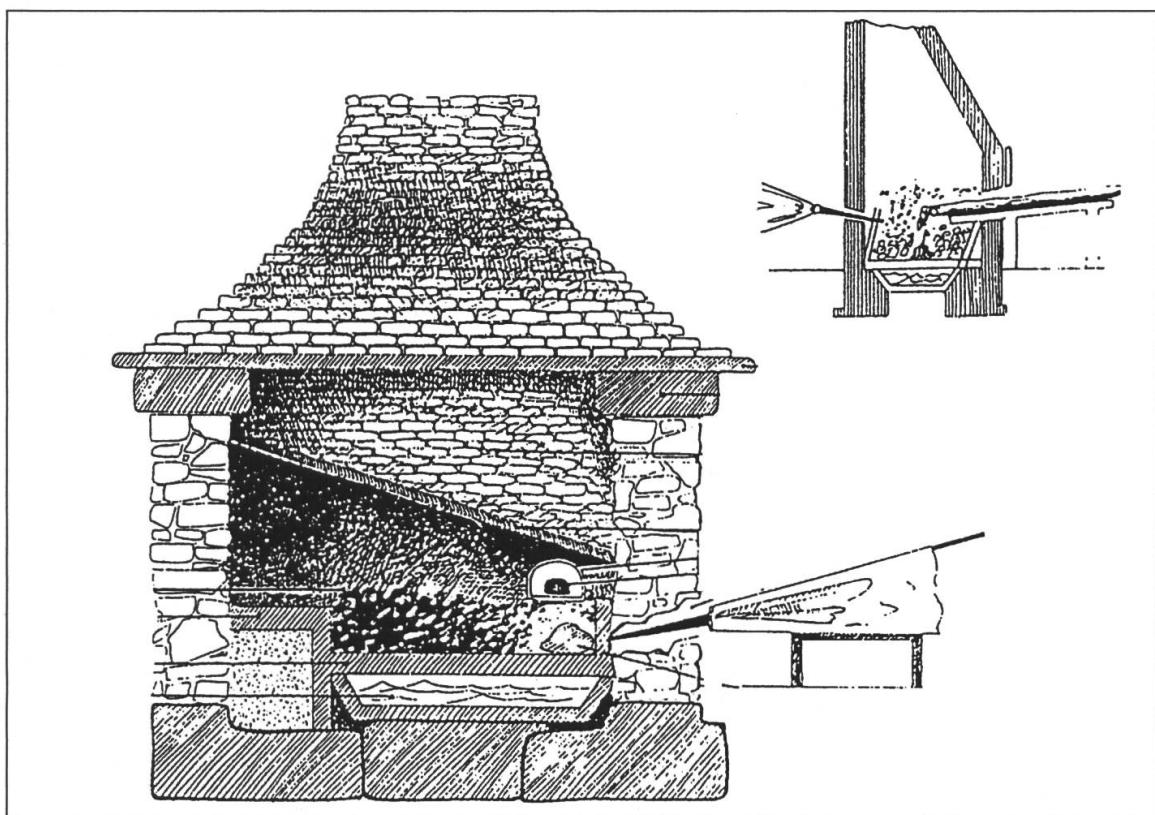


Fig. 2 : Foyer d'affinage.

Dans le cadre de cette étude préliminaire nous avons essayé de retrouver des vestiges archéologiques qui puissent illustrer métallurgiquement les différents aspects de cette chaîne opératoire (filière indirecte, Fig. 1). En l'état actuel des fouilles, ces vestiges ne peuvent toutefois être datés avec précision et nous n'avons, par ailleurs, aucune assurance d'une part de leur «contemporaineté» et d'autre part de leur liaison fonctionnelle. Ils peuvent peut être correspondre à la fin de l'activité du site (1840–1850)?

Type objet	Poids kg	Dimension cm	Epaisseur Centrale cm	Rayon de courbure Inférieur et Supérieur cm
Boulet canon	1,8	Ø 8		
Calotte N° 1	2,3	14,5 x 19	6,5	plat
Calotte N° 2	3,9	16 x 23	6,5	I : 13 S : 6
Calotte N° 3	10,5	25 x 27	9,5	plat
Calotte N° 4	6,3	21 x 26	7,5	plat
Calotte N° 5	6,8	23 x 25	8	plat
Barre	6,6	Longueur 131 Section distale 1,5 x 1,4 Section ovoïdale 9,8 x 8,7		

Tab. 1 : Données métrologiques

Pour le moment le corpus étudié se résume à (tableau 1) :

- un boulet de canon isolé qui, si on le relie aux études historiques de production (cf. Michel Philippe dans cet ouvrage) est peut-être assimilable à une période proche de 1748 (?).
- cinq grosses calottes dont la masse imposante varie de 10,5 kg à 2,3 kg. Leur découverte se situe à environ 40 mètres de l'affinerie sur la rive droite du déversoir à proximité du crassier à laitier.
- une barre de métal en cours de travail, probablement au martinet, retrouvée dans le curage d'un des deux biefs alimentant l'affinerie.

Compte tenu des délais impartis à la rédaction de cet article nous ne pouvons présenter les résultats complets de nos investigations.

## 2. Résultats des études macrographiques et micrographiques

Le corpus complet est illustré macrographiquement à partir des planches I et II mais nous ne détaillons que les études métallographiques entreprises sur le boulet de canon, la calotte N° 3 et la barre de métal.

### 2.1 Le boulet de canon

Le contexte de sa découverte est impossible à déterminer. D'un poids de 1,8 kg, son aspect de surface externe est parfaitement régulier. La jonction entre la partie supérieure et inférieure du moule est parfaitement discernable compte tenu d'un ébavurage incomplet ce qui se matérialise par une légère sur-épaisseur sur l'intégralité de la circonférence (Pl. I Fig. 1). Le diamètre est de 8 cm. La section traduit d'une part une excellente homogénéité macroscopique de la texture et d'autre part une propreté inclusionnaire remarquable.

L'étude microstructurale révèle une fonte grise très homogène avec des lamelles de graphite distribuées uniformément sans orientation préférentielle (Pl. III Fig. 1 et 2). La matrice est ferrito-perlitique (Pl. III Fig. 3).

On observe en périphérie, à proximité de la surface, une structure de graphite en rosette (Pl. III Fig. 4) qui est due à une vitesse de refroidissement plus élevée. Ceci se rencontre fréquemment à la superficie de la pièce moulée. C'est inhérent au contact immédiat avec la partie froide du moule. De façon concomitante on peut remarquer dans ces zones très superficielles l'existence d'une très légère décarburation qui se traduit par la présence d'îlots de lédéburite parfaitement identifiable à un grossissement plus élevé (Pl. III Fig. 5). Localement nous avons donc une fonte blanche hypoeutectique.

Globalement nous sommes en présence d'une belle fonte grise classique ne révélant aucun défaut de coulée particulier ce qui correspond probablement à une maîtrise standard de ce type de production.

## 2.2 Les calottes

Celles-ci sont particulièrement imposantes. Sur les cinq étudiées (ce qui est limité) trois présentent des caractéristiques métrologiques assez proches d'une masse supérieure à 6 kg avec une morphologie ovoïdale d'environ 26 x 22 cm et une épaisseur voisine de 8 cm. S'agirait-il d'un indice pouvant correspondre à une particularité de travail (dimension du foyer, travail d'une journée... ?). Il est bien sûr prématuré de l'affirmer mais la question mérite d'être posée.

A une exception près, l'aspect des surfaces supérieure et inférieure est très similaire d'une calotte à l'autre (Pl. I Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7 et Pl. II Fig. 2, 3, 4, 5). En dehors des parties latérales on peut considérer qu'elles sont relativement planes. Une très légère concavité est cependant perceptible au centre de la majorité d'entre elles matérialisant la focalisation du foyer. Dans quelques cas une protubérance latérale et/ou une légère dénivellation au niveau de la surface supérieure peut vraisemblablement indiquer l'axe de la soufflerie. Sur ces cinq éléments, la partie supérieure est assez fortement vitrifiée avec de fréquentes incrustations de charbon de bois et de plus rares fragments de laitiers et de calcaire.

La partie inférieure est classiquement granuleuse associée de temps en temps à des éléments calcaires. Dans trois cas il est possible de constater une légère sur-épaisseur. Ceci est particulièrement net pour la calotte N°3 (environ trois centimètres Pl. I Fig. 7).

En ce qui concerne l'étude interne, les sections de la calotte (la plus lourde ; 10,5 kg) N°3 (Pl. I Fig. 8 et Pl. II Fig. 1) indiquent assez clairement une stratification en 4 zones ;

- Une partie homogène avec un très faible taux de porosité sur une épaisseur de 12 mm correspondant au fond du foyer
- Une zone à porosité ovoïdale centimétrique en majorité exemptes de métal (de 12 à 35 mm à partir du bas)
- Une concentration métallique très élevée en fragment (principalement sur les bords) et en filaments (au centre) de 35 mm à 60 mm.
- et une dernière partie plus centrale composée de très nombreux fragments de charbon de bois également dépourvue de métal.

Cette stratification est probablement associée à différentes séquences de travail comme nous l'avons souvent constaté sur les culots d'épuration issus du procédé direct. La question qui se pose, à ce stade des investigations, est d'essayer de déterminer de quel type de travail il s'agit. Est-on dans le cadre de la première phase d'affinage ? La calotte se situerait alors en dessous de la masse de fer et d'acier résultant de la décarburation de la fonte (cf §1 Fig. 2) ? Ou celà correspond-il à une deuxième étape concernant le travail d'épuration de cette masse (loupe, renard) et sa mise en forme par forgeage ?

L'étude micro-structurale pour le moment limitée à la calotte N°3 peut nous apporter des précisions supplémentaires.

Aucun vestige de battiture n'a été mis en évidence. En dehors de gros fragments latéraux le métal se présente fréquemment sous l'aspect de globules ou de gouttes (?)

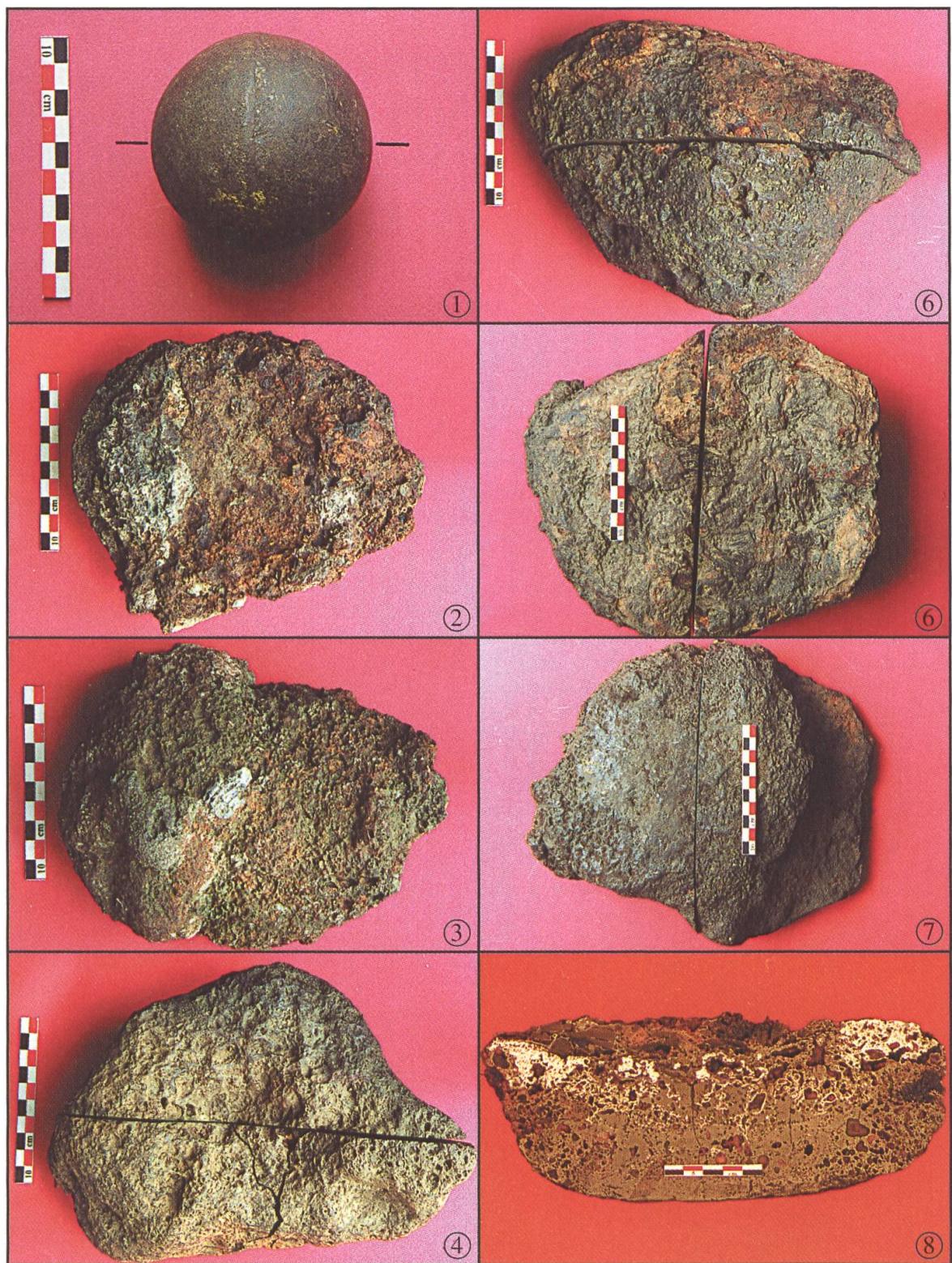


Planche I

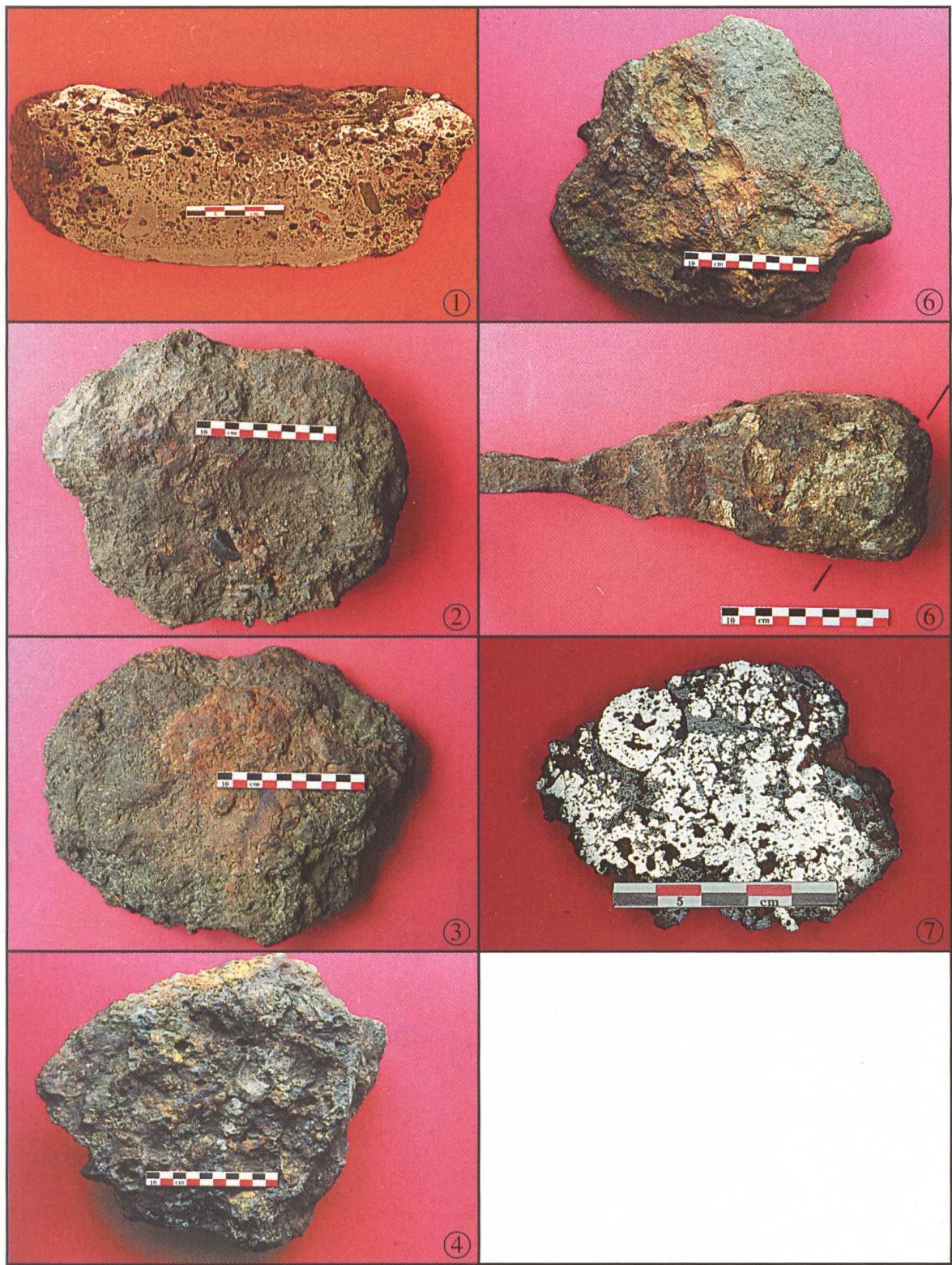


Planche II

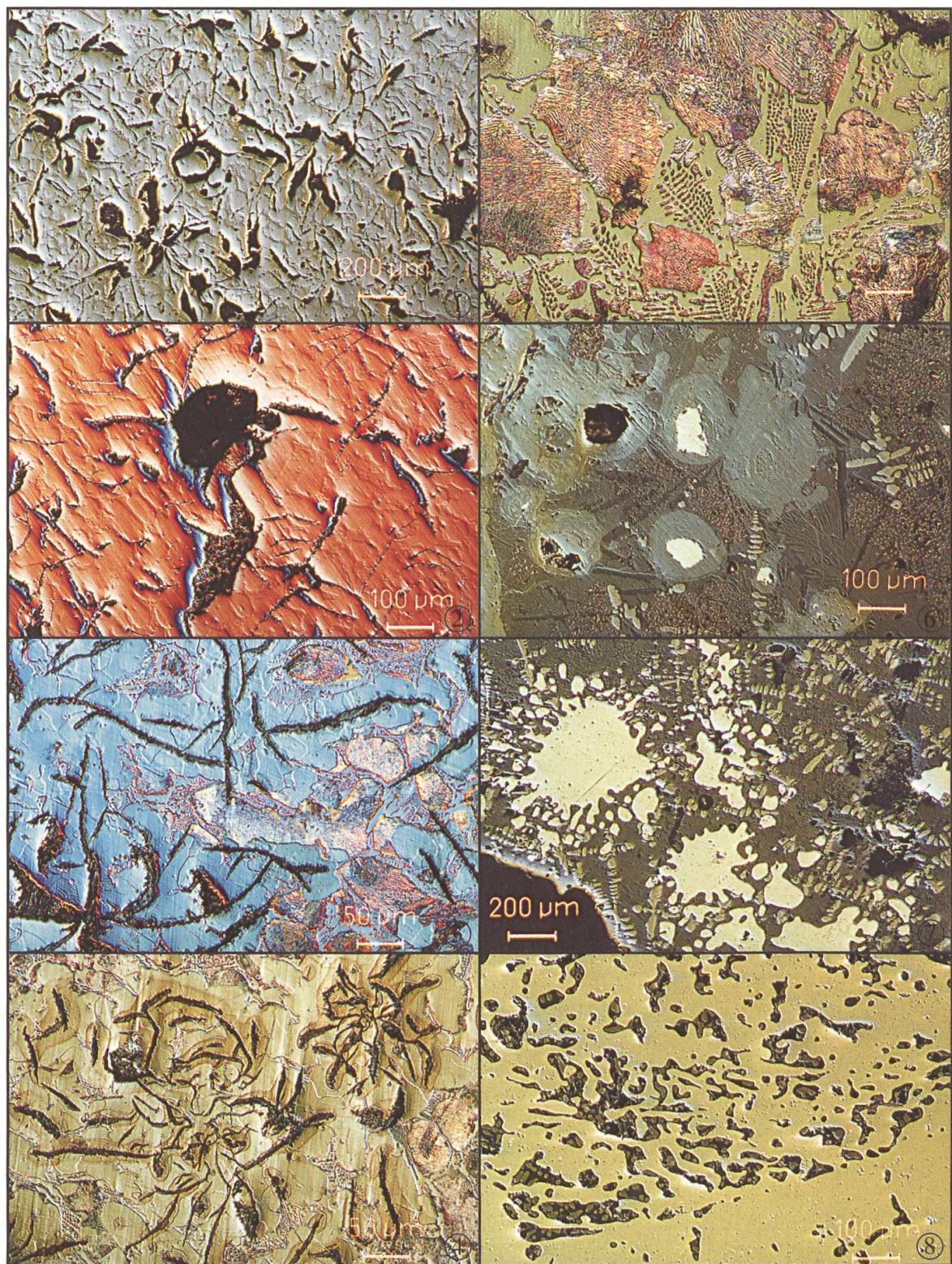


Planche III

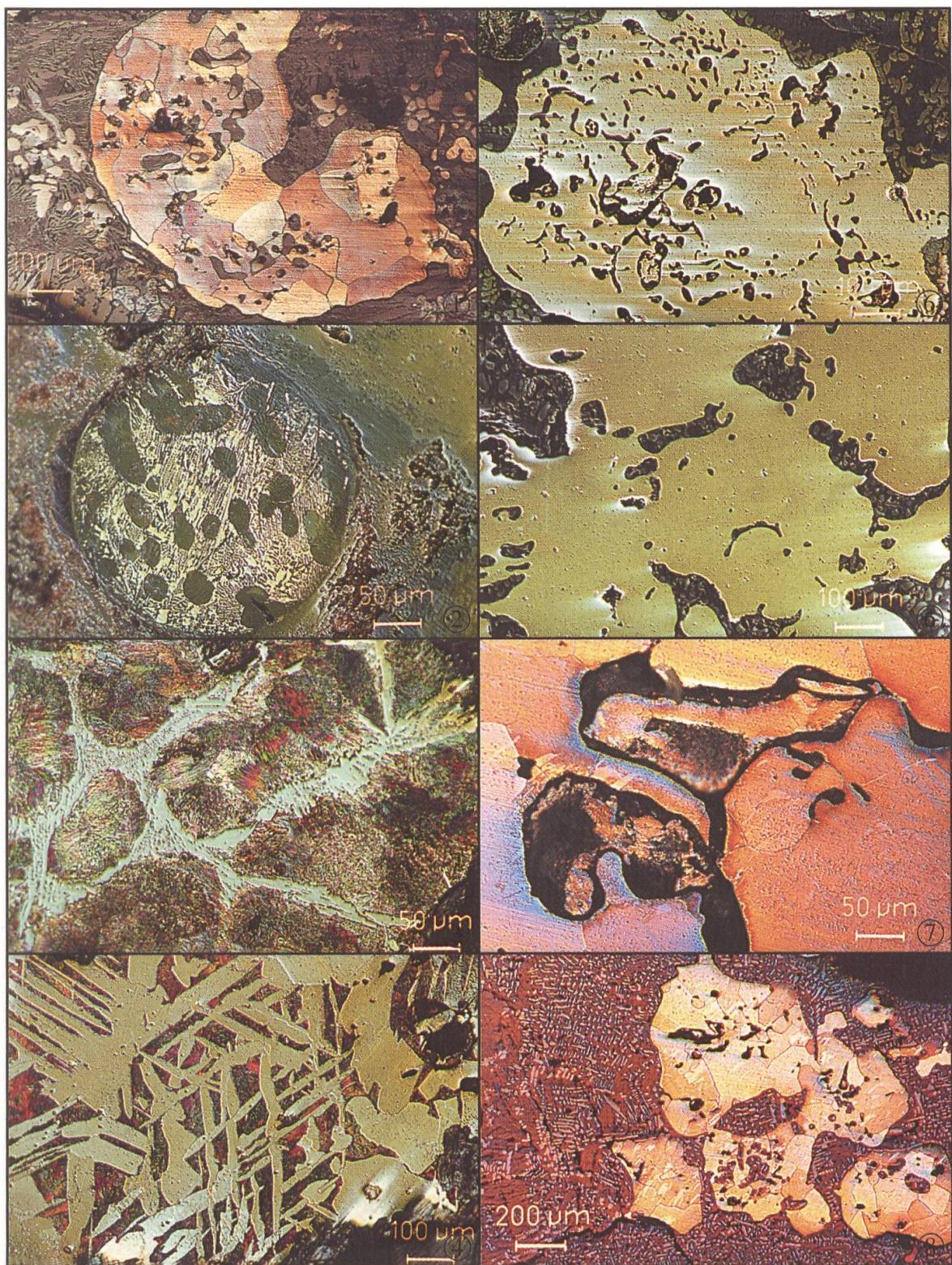


Planche IV

partiellement ou totalement réoxydés à chaud (Pl. III Fig. 7). Les faciès "éclatés" que nous observons souvent dans les culots d'épuration (procédé direct), sont assez nombreux. Les chapelets métalliques se densifient à proximité des gros fragments de métal (Pl. III Fig. 8). Ces derniers possèdent de nombreuses inclusions de scorie, une forte proportion de porosités et quelques gros replis. La matrice siliceuse comporte de grandes aiguilles fayalitiques (notamment dans la partie basse) et une proportion importante de globules et de dendrites de wustite.

Après attaque chimique il s'avère que la grande majorité du métal est purement ferritique (Pl. IV Fig. 1).

L'examen très minutieux de l'intégralité de la section a permis de ne constater l'existence que d'une seule bille de fonte blanche (Pl. IV Fig. 2) localisée au niveau de la stratification correspondant à l'apparition du métal (dans la partie gauche de l'échantillon). Une petite plage de fonte hypoeutectique (Pl. IV Fig. 3) en cours de décarburation (acier hypoeutectoïde à 0,4 % de carbone Pl. IV Fig. 4) est localisée en superficie d'un des gros fragments latéraux.

Il est donc manifeste que le métal travaillé a subi une décarburation presque totale. Les indices métallographiques relevés concordent et sont très similaires à ceux observés dans le cas d'épuration de loupes issues de la réduction directe (Mangin, Fluzin et coll 2000).

Il est hautement probable que nous nous situons dans le cadre d'un travail de post-affinage concernant en partie l'épuration mais aussi la mise en forme du demi-produit (barre). L'examen du seul exemplaire retrouvé sans certitude de lien fonctionnel s'avère donc très intéressant.

### 2.3 Barre de métal

Il s'agit d'une tige de métal qui présente à une de ses extrémités une excroissance importante (Pl. II Fig. 6). Retrouvée dans le comblement d'un des chenaux alimentant l'affinerie elle a une longueur totale de 131 cm. Sa section distale (partie effilée) est de 1,5 x 1,4 cm et celle de l'extrémité plus massive est de 9,8 x 8,7 cm. Son poids est 6,6 kg (cf tableau 1).

La partie effilée est assez régulière, de section carrée et ne présente pas de plan de frappe décelable. Par contre la jonction avec l'excroissance révèle sur l'une de ses faces (Pl. II Fig. 6) trois belles facettes de martelage. Le pas de frappe est de 3 à 3,5 cm pour une profondeur d'écrasement de 1,2 à 2 cm.

Cette observation est intéressante car elle donne des indications sur les dimensions de l'outil de forgeage (marteau) et sur sa puissance.

Bien qu'une frappe violente au marteau «à devant» puisse parfois provoquer une déformation aussi profonde il est dans ce cas probable que cela témoigne de l'emploi du martinet même si le pas de frappe est relativement modeste. En effet compte tenu du profil de cette pièce (non plane dans cette zone) le forgeage au martinet ne peut concerner l'intégralité de la surface du marteau.

Ces considérations morphologiques nous incitent à penser que cette tige correspond au forgeage en cours d'un demi-produit issu de l'affinage de la fonte, pour sa mise en forme.

Il s'agit vraisemblablement d'une phase terminale car la partie qui reste à travailler (compte tenu du calibre de la barre) est peu importante (15,5 cm en longueur). Ce produit final (barre) qu'on qualifierait aujourd'hui de «produit long», pourrait parfaitement servir ultérieurement à l'élaboration de rond (fil), comme le mentionne Michel Phillippe dans son étude (cf contribution dans ce volume).

L'étude métallographique de cette pièce unique a été réalisée sur un prélèvement volontairement réduit au niveau de l'extrémité non calibrée, afin d'évaluer les caractéristiques du métal travaillé (Pl. II Fig. 6).

La section (Pl. II Fig. 7) révèle un métal très hétérogène constitué d'un assemblage informe de gros fragments de métal ce que ne laissait pas supposer la morphologie externe relativement compacte. La propreté inclusionnaire est très mauvaise. Le métal est noyé dans un bain de scories fayalitiques comportant de très nombreux globules et dendrites de wustite. Il possède en son sein une quantité impressionnante de porosités aux contours très déchiquetés. Des fragments de charbon de bois sont encore en place dans la scorie (en périphérie) mais il n'y a pas de battitures.

Le moins que l'on puisse dire, à ce stade (macrographique), c'est que le métal de base traduit un degré d'épuration très faible.

Les résultats micrographiques confirment sans ambiguïté ce constat. En effet les îlots métalliques présentent tous les faciès connus du processus thermomécanique d'agglomération du métal (Pl. IV Fig. 5) ; association de grosses billes de métal (Pl. IV Fig. 6), un nombre considérable de replis (Pl. IV Fig. 7) de grandes dimensions associés à des porosités dont le remplissage de scories est en cours d'évacuation.

Après attaque chimique, il s'avère que le métal est exclusivement ferritique (Pl. IV Fig. 8) ce qui indique que la décarburation a été complète.

Ces observations métallographiques sont très similaires à nos constats concernant la production et l'épuration des loupes expérimentales que nous avons réalisées au Pays Basque en 1999 (Urteaga et coll 2000). Bien que ce dernier cas concerne la filière directe (méthode assimilable au procédé catalan en usage à la fin du XVIII siècle pour ce qui est de nos travaux de reconstitution et d'expérimentation).

Comme nous le pressentions dans notre introduction, la procédure de travail (épuration) d'une loupe issue de la réduction directe et celle d'une masse de métal (renard ?) consécutive à l'affinage de la fonte en foyer de forge, présentent des caractéristiques métallurgiques (macrographique et micrographique) très proches.

Cette barre de métal est donc exceptionnellement intéressante car elle traduit une étape d'épuration et de mise en forme du demi-produit consécutif à l'affinage avec une décarburation totale de la fonte. Aucun indice de fonte et d'acier même faiblement carburé ne subsistant dans cette pièce cela peut indiquer que le procédé d'affinage était suffisamment bien maîtrisé pour assurer la décarburation complète (ce que ne confirme pas en tous points l'étude des calottes ; cf § 2.2 qui traduit plus vraisemblablement le résultat d'un travail de dégrossissage du métal de base préliminaire à sa mise en forme au martinet). Dans ce cas, les calottes examinées pourraient correspondre à cette phase de dégrossissage.

### 3. Conclusion

Ces travaux préliminaires nécessairement limités par le nombre d'échantillons étudiés apportent cependant des informations très précieuses sur la chaîne opératoire de ce type de sidérurgie (indirecte avec affinage au foyer de forge).

Même si nous n'avons aucune information précise sur la datation de ces objets ni à fortiori sur leur «contemporaineté» il s'avère que :

- la fonte grise produite (boulet) bien que de configuration métallurgique classique est d'excellente qualité en terme d'homogénéité structurale et de propreté inclusionnaire. Cela traduit une production bien maîtrisée (en routine) d'une part des processus de réduction et d'autre part des techniques de moulage (il n'y a absolument aucun défaut de moulage).
- Les calottes correspondent sans doute au travail du métal résultant de l'affinage après réchauffage du produit de base (renard) probablement dans un foyer de forge spécifique. Il est possible que cette phase d'épuration par cinglage au martinet se déroulait en plusieurs étapes successives car la quantité de métal perdu dans les calottes étudiées n'est, d'une part, pas extrêmement importante et, d'autre part, la proportion de fonte résiduelle et d'acier est très faible.
- La barre révèle de façon manifeste que la décarburation était absolument totale ce qui indique une très bonne efficacité de la chaîne opératoire d'affinage. Elle témoigne également des différents degrés d'épuration à partir d'un métal de base encore très hétérogène qui doit être directement issu du dégrossissage par cinglage. Elle nous permet de constater que malgré cette hétérogénéité, la mise en forme au martinet pour obtenir dans la continuité une barre est parfaitement réalisable. Cela dénote, compte tenu de nos propres expérimentations dans ce domaine, d'une très bonne maîtrise de l'artisan qui effectuait ce travail à partir d'un métal de nature homogène, le fer pur ; ferrite (ce qui limite les problèmes inhérents aux paliers de soudabilité).

Nous disposons donc avec ce site d'un ensemble complet de la chaîne opératoire en sidérurgie directe (du haut fourneau, à l'affinerie jusqu'aux différentes possibilités de transformation du métal : fonte de première fusion, mise en forme de barres de fer, fil...).

D'un point de vue archéométrique cela représente pour nous un champ d'étude précieux pour établir des références analytiques (structurales, analyses chimiques...) correspondant aux différentes étapes de la chaîne opératoire en regard des vestiges archéologiques caractéristiques.

Ce travail bien que modeste l'illustre semble-t-il avec pertinence.

Nos connaissances pluridisciplinaires (archéologie, archéométrie) ont fait des progrès considérables depuis ces dernières années en ce qui concerne la filière directe (Fig. 1) ; ce n'était pas encore le cas pour la filière indirecte (fonte) avec affinage au foyer de forge. Il ne fait pas de doute que la poursuite des travaux de recherche sur ce site vont permettre de rattraper une partie de notre retard.

## Bibliographie

- CHEZEAU (N.), FLUZIN (P.) 1997. – Historique des aciers spéciaux dans Béranger, Henry, Soulignac, *Les aciers spéciaux*, Techniques et documentation Lavoisier, Paris, 1388 p., p. 3–20.
- DILLMANN (P.), FLUZIN (P.), BENOIT (P.), 1998. – Du fer à la fonte. Nouvelles approches archéométriques dans *l'innovation technique au Moyen Age, Acte du IIIème Congrès international de la société d'archéologie médiévale*, Dijon, oct. 1996. Paris, Errance p. 160–168.
- FLUZIN (P.) 1983. – Notions élémentaires de sidérurgie. Métallurgies africaines, nouvelles contributions. dans N. Echard éd., *Mémoires de la Société des Africanistes*, 9, Paris, p. 13–44.
- FLUZIN (P.), 1999. – *il processo siderurgico : evoluzione storico e indizi archéometrici. Ponte di Val Gabbia. III : i reperti metallici della forgia. Primi risultati dello studio metallografico*, dans Cucini-Tizzoni, Tizzoni éd. , La miniera, perduta , Bienno-Gennaio, p. 61–92 et p. 189–194.
- LECHEVALIER (G.), DILLMANN (P.), BENOIT (P.), FLUZIN (P.), 2000. – L'affinage wallon des fontes phosphoreuses : approche expérimentale et historique dans Pétrequin , Fluzin éd., *Art du feu et productions artisanales*, Antibes, APDCA, p. 171–182.
- MANGIN (M.), FLUZIN (P.), COURTADON (J.-L.), FONTAINE (M.J.), 2000. – *Forgerons et paysans des campagnes d'Alésia, (Haut – Auxois, côte d'Or), I<sup>er</sup> s . avant J.C. - VIII<sup>e</sup> s. ap.J.C.* Paris, CNRS Editions. (Monographies du CRA, 22), 508 p.
- MANGIN (M.), COURTADON (J.-L.), FLUZIN (P.), LACLOS (E. DE) et coll., 2000. – *Village, forges et parcellaires aux sources de la Seine : l'agglomération antique de Blessey Salmaise (Côte – d'Or).* Paris, les Belles Lettres, 517 p.
- URTEAGA (M.), CREW (P.), CREW (S.), FLUZIN (P.), HERBACH (R.), DILLMANN (P.), 2000 – Restitution ethnoarchéologique et conduite des procédés. Forges d'Agorregi, Pays Basque, Espagne dans Pétrequin, Fluzin éd., *Art du feu et productions artisanales*, Antibes, APDCA, p. 53–72.

Publié avec le concours du CNRS.



Adresse de l'auteur : Philippe Fluzin  
Directeur UMR 5060 CNRS  
Laboratoire de Métallurgies et Cultures  
Université de Technologie de Belfort Montbéliard  
90010 Belfort cedex