

<b>Zeitschrift:</b>	Minaria Helvetica : Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung = bulletin de la Société suisse des mines = bollettino della Società svizzera di storia delle miniere
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Gesellschaft für Historische Bergbauforschung
<b>Band:</b>	- (1999)
<b>Heft:</b>	19b
<b>Artikel:</b>	Système d'extraction et boisage dans les mines de fer du Val Morobbia (Carena - Tessin), XVe-XIXe siècle
<b>Autor:</b>	Morin, Denis
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1089706">https://doi.org/10.5169/seals-1089706</a>

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 22.01.2026

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

## Système d'extraction et boisage dans les mines de fer du Val Morobbia (Carena – Tessin), XVe - XIXe siècle

### Résumé

Le site minier du Val Morobbia est situé à 2 km au SE du village de Carena sur la rive gauche du Val Morobbia (Canton Tessin). Les reconnaissances effectuées ont permis de localiser une première zone d'exploitation minière, de 600 mètres de développement, située suivant un axe d'orientation SW-NE.

Les travaux miniers s'organisent autour d'un système étagé de galeries et dépilages. Les galeries percées à l'horizontale, explorent la montagne pour retrouver les filons minéralisés. Elles assurent la liaison avec les différents dépilages qui dégagent les colonnes minéralisées en profondeur. Les travaux à ciel ouvert sont plus difficiles à identifier : un exemple de tranchée parallèle au versant ou verhau a été repéré sur près d'un kilomètre de développement à l'aplomb du site Il Maglio entre 1'110m et 1'160 mètres d'altitude.

La mine Christian I associe des exploitations à ciel ouvert et une série de recherches souterraines et dépilages descendants ouverts dans des filons en stockwerck. Un ensemble de boisages y a été retrouvé dans un état de conservation exceptionnel permettant de dresser une première typologie des techniques de soutènement pratiquées à cette époque.

L'activité minière, ininterrompue semble avoir retrouvé un regain d'activité au XIXe siècle comme en témoignent certains ouvrages à ciel ouvert, travaillés à la poudre. Des sentiers miniers assuraient la liaison entre les différents quartiers de mines favorisant l'approvisionnement en continu de la forge de Maglio.

Ces investigations qui font l'objet de travaux pluridisciplinaires permettent d'étudier dans un ensemble relativement enclavé, des exploitations minières intégrées dans un contexte paléométallurgique parfaitement daté.

### Riassunto

*La località mineraria della Valle Morobbia è situata 2 km a SE di Carena, sul versante sinistro della valle. Le ricerche effettuate fra il 1997 e il 1998 hanno rivelato l'esistenza di una zona di coltivazione di ca. 600 di sviluppo orientata SW-NE. L'estrazione, in gran parte effettuata mediante utensili a mano, testimonia un'intensa attività che le fonti storiche fanno iniziare nel XV secolo. Lo studio delle miniere finora scoperte evidenzia la coltivazione dei filoni mediante differenti tecniche estrattive, che rivelano la volontà di sfruttare al meglio il minerale e razionalizzare il*

*lavoro. Le gallerie attraversano la roccia orizzontalmente al fine di raggiungere le mineralizzazioni, in genere situate su piani molto inclinati. Le coltivazioni a cielo aperto sono invece più difficili da identificare: un esempio di questo tipo di sfruttamento si trova a monte del Maglio fra 1100 e 1160 ms.m.. Nella miniera Christian, associata a coltivazioni a cielo aperto e in sotterraneo, il ritrovamento di parecchio legname d'opera ancora perfettamente conservato, ha consentito una prima valutazione delle tecniche di sostegno impiegate fra il XV e il XIX secolo. L'attività mineraria, sviluppatasi a fasi alterne, sembra avere ricevuto un nuovo slancio fra la fine del 1700 e l'inizio del 1800, come testimoniano le tracce di coltivazione con esplosivo trovate in talune località.*

*Durante l'attività, una rete di sentieri garantiva sia il collegamento fra i differenti siti sia il rifornimento continuo dell'altoforno. (PO)*

## **Zusammenfassung**

*Das Bergbaurevier des Val Morobbia (Kanton Tessin) liegt 2 km südöstlich des Dorfes Carena auf der linken Talseite. Im Zuge der Forschungen war es möglich eine erste Abbauzone mit einer Ausdehnung von 600 m zu lokalisieren; sie liegt auf einer in südwestlich-nordöstlicher Richtung verlaufenden Achse.*

*Die Bergbauarbeiten umfassen ein gestuftes System von Stollen und Erzabbaustellen. Die horizontal vorgetriebenen Suchstollen dienen zum Auffinden der Erzgänge. Sie sichern die Verbindung mit den verschiedenen im Berginnern liegenden Abbaustellen, die ihrerseits die vertikal verlaufenden Erzgänge verfolgen. Die Übertagearbeiten sind schwieriger zu identifizieren: es wurde zum Beispiel ein parallel zum Hang verlaufender Graben oder Verhau (= Tagebauschlitz) festgestellt. Er liegt oberhalb des Verhüttungsplatzes Il Maglio auf 1'110 bis 1'160 m ü. M. und hat eine Länge von fast einem Kilometer.*

*Die Mine Christian I vereinigt Tagebau sowie eine Anzahl Suchstollen und Abbauschlitze, die der stockwerkartigen Lagerstätte in die Tiefe folgen. Ein Ensemble von hervorragend erhaltenen Holzeinbauten ist hier zum Vorschein gekommen, dank welchen eine erste Typologie der in dieser Epoche eingesetzten "Verzimmerungs-Techniken" aufgestellt werden kann.*

*Die Bergbauaktivitäten, die nie ganz abgebrochen wurden, scheinen im 19. Jh. wieder aufgelebt zu sein, wie verschiedene mit Hilfe von Sprengstoff ausgeführte Übertagearbeiten belegen. Bergwerkswege sicherten die Verbindung zwischen den verschiedenen Abbaustellen und gewährleisteten die fortlaufende Versorgung des Verhüttungsplatzes Il Maglio.*

*Diese Forschungen erfolgen in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Sie gestatten es den bergmännischen Abbau in einem relativ geschlossenen Umfeld und integriert in sehr gut datiertem paläometallurgischem Kontext zu untersuchen. (VOS und HPS).*

## Position du problème

Les programmes actuels sur la paléométallurgie du fer ont centré la recherche quasi exclusivement sur les opérations de réduction et la production. La métallurgie extractive, quant à elle, a surtout concerné le domaine des non ferreux.

Le projet mis en œuvre à Carena porte sur l'étude complète de la chaîne opératoire avec la restitution intégrale du cycle extraction - réduction sur une échelle diachronique. Le choix de Carena se justifie pleinement par sa complémentarité dans le domaine de l'archéologie minière et métallurgique, et par sa dimension régionale et internationale.

Les reconnaissances effectuées à Carena (Tessin – Suisse) ont permis d'identifier plusieurs exploitations de minerai de fer. Exploitées à la pointe et au coin (fimmel), ces anciennes exploitations témoignent par leur situation géographique d'une intense activité minière menée dès le XVe siècle selon les sources pour l'extraction du minerai de fer en filon. La mine de Carena associe des exploitations à ciel ouvert et une série de recherches souterraines et dépilages descendants ouverts dans des filons en stockwerck. Ces premières investigations permettent d'étudier dans un ensemble régional des exploitations minières intégrées dans un contexte de vestiges paléométallurgiques parfaitement datés.

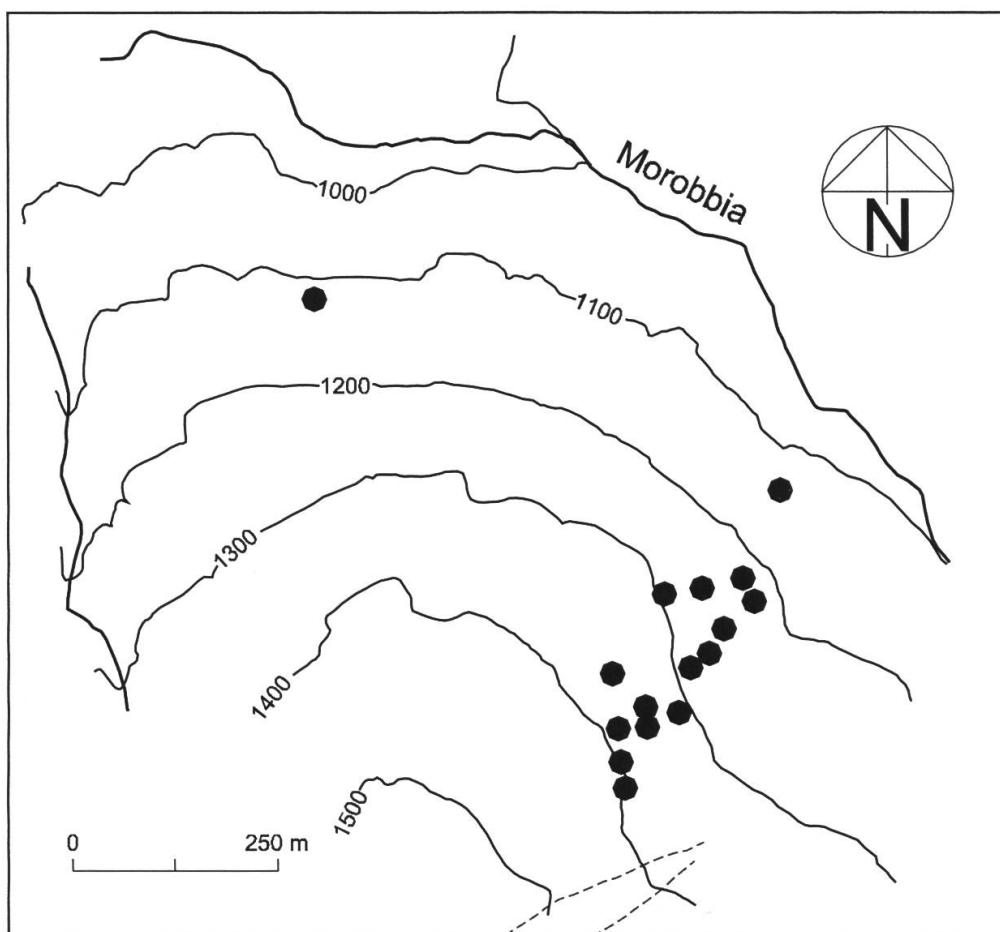


Fig. 1 : Carena TI. Carte de localisation des mines et plan général. (Topographie).

## Cadre géographique

Le site minier est situé à 2 km au SE du village de Carena sur la rive gauche du Val Morobbia. Deux campagnes de recherches archéologiques effectuées à Carena ont permis de localiser une première zone d'exploitation minière de 600 mètres de développement, située suivant un axe d'orientation SW-NE (Fig. 1).

## Les prospections

Sur une dénivellation de plus de 350 mètres s'échelonnent plusieurs dizaines de haldes en demi-cercle de petites dimensions reliées par des sentiers miniers. Certaines de ces haldes ont été réoccupées ultérieurement par des aires de charbonniers ce qui pose parfois des problèmes d'identification. Les sondages réalisés en 1997 et 1998, à l'aplomb de plusieurs de ces haldes, ont permis de préciser la présence d'exploitations à ciel ouvert et souterraines dirigées sur le filon et orientées en profondeur (mine Christian I). À partir des indices géologiques, les prospections ont été dirigées sur le versant (cf l'article de P. Oppizzi, p. 50-62).

## Vérification des données bibliographiques sur le terrain

Les prospections se sont orientées d'après la bibliographie et en particulier la carte minéralogique (Ch. Wenger et alii 1994), pour se centrer sur l'axe majeur de la minéralisation. Après vérification, les observations suivantes ont été effectuées sur le terrain. Les points 1 et 2 (cités par Ch. Wenger et alii 1994), ces deux sites correspondent aux affleurements rocheux du filon et à la grande halde. Le point 3 (Op. cité), le site a été retrouvé dans un thalweg. Il correspond à un affleurement dont il paraît difficile d'affirmer s'il faisait ou non l'objet d'une exploitation. Le point 4 (Op. cité), pourrait correspondre à la mine n° 3 qui comporte une galerie souterraine (cf topographie) et un dépilage à ciel ouvert. Le point 5 (Op. cité), dépilage souterrain sur filon (cf topographie). Le point 6 (Op. cité), non retrouvé. Le site ne correspond pas avec la description initiale. Seule une cavité naturelle a pu être retrouvée dans ce secteur. Le point 7 (Op. cité) est une recherche de quelques mètres située sur la rive droite d'un affluent du Val Morobbia. Le petit fourneau n'a pas encore été retrouvé, pourtant sa localisation semble très précise. En revanche un bâtiment de forge, lié à la mine, a été localisé à la base des exploitations. Les recherches systématiques ont été entreprises en amont de la forge sur le versant.

## Les réseaux souterrains – généralités

Les travaux ont été presque intégralement creusés au marteau et à la pointerolle (Fig. 2). Lorsque la roche est saine, les parois et la voûte de la galerie portent de longues stries sub-parallèles, distantes de 1 à 3 centimètres, laissées par l'extrémité de la pointerolle. Sur la voûte, ces stries sont le plus souvent parallèles à l'allongement de la galerie. Ces traces d'outils sont abondantes et témoignent d'un abattage manuel dans la plupart des sites.

Généralement, les filons ont été attaqués depuis leur affleurement par des travaux en tranchées. Les ouvrages souterrains sont constitués de galeries et dépilages accompagnés parfois de traces de chantiers mobiles. Les vestiges de boisage sont abondants et variés en particulier dans la mine Christian I. Du point de vue chronologique deux datations <sup>14</sup>C donnent un âge moderne aux éléments de boisage (XVIIe - XVIIIe s.) prélevés dans la mine Carena I. Les datations en cours devraient apporter de précieux renseignements sur la chronologie et la dynamique interne de ces exploitations.

## Méthodes d'exploitation et techniques extractives

La variété des modes d'exploitation est un caractère significatif des mines de Carena. Sur un même gîte, pas moins de cinq techniques d'exploitation ont été identifiées :

**1 – des tranchées à ciel ouvert** qui mettent au jour la masse minéralisée. L'extraction est limitée à quelques mètres de profondeur (Fig. 3). Un exemple de tranchée parallèle au versant ou verhau a été repéré sur près d'un kilomètre de développement à l'aplomb du site Il Maglio entre 1'110 m et 1'160 m d'altitude.

**2 – des galeries d'allongement** qui suivent le filon depuis le jour. Leur développement varie selon l'importance du gîte exploité. Rapidement, ces galeries évoluent en dépilage remontant ou descendant selon les concentrations repérées.

### 3 – les dépilages sur filon.

3.1 Exemple de dépilage par tranchée unidescendante : La mine Christian I.

La mine Christian, principal réseau souterrain mis en évidence, développe près de 97 mètres sur une profondeur totale de 24 m. Le gabarit des galeries est en moyenne de 1,20 à 1,30 m (Fig. 4). Le dépilage sur filon s'enfonce dans la masse minéralisée suivant une démarche empirique et par paliers successifs. Des travers-bancs de recherche latéraux, de faible développement, sondent la puissance du gîte en profondeur et servent de point d'appui au stockage ou à la remontée du minerai. Des amorces de stances sont perceptibles à la base de la mine Christian I. Ces stances suivent le filon à l'horizontale mais n'ont pas d'issue au jour. À Carena, ces stances sont de type récurrentes et participent à l'élargissement du dépilage à sa base. Pour exploiter un contenu filonien instable et fortement altéré, dans un contexte structural fortement tectonisé, les mineurs ont pratiqué un soutènement régulier et étudié jusque dans les parties profondes.

La mine Christian présente dans sa zone d'exploitation un boisage, régulier et organisé tout au long de la colonne dépilée, conservé de manière exceptionnelle (Fig. 5). L'originalité de la mine Christian I est en effet d'avoir maintenu en l'état un soutènement en place jusque dans les parties les plus profondes et les plus instables. La présence de ce type de vestige est rare dans les mines de cette période et bien souvent ne subsistent que les traces d'ancrage sur les parois.

Deux types de boisage s'y rencontrent :

- des boisages, régulièrement disposés, utilisés pour renforcer la voie dépilée
- des soutènements destinés à supporter les chantiers remontant dans la partie inférieure du réseau.



Fig. 2 : Carena TI. Mine Supérieure 3. Galerie d'allongement sur plan de faille. Front de taille avec traces de pointerolettes.  
(Photographie : D. Morin).

Dans la partie supérieure, des marches en colimaçon ont été réalisées à partir de billes serrées à l'horizontale, disposées au sol avec pour fonction de bloquer les éboulements (Fig. 6). Un hourdage construit au pied de ces marches permet de retenir les remblais (Fig. 7). Il est constitué de plusieurs bois disposés à l'horizontale perpendiculaires entre eux. Dans la partie inférieure du dépilage ont été retrouvés plusieurs éléments d'une échelle à barreaux emboîtés. Une soixantaine de bois reste encore en place dans le réseau. La plupart des billes effondrées au sol ont été remontées pour analyses au cours de la campagne 1998. Les cellules sont toutes constituées d'une seule bille porteuse. Les bois utilisés sont composés pour moitié de sapin (*abies alba*) et de hêtre (*fagus silvatica*). La longueur des billes est de 0,26 m à 1,51 m pour une moyenne comprise entre 0,95 m à 1 m. Le diamètre mesuré passe de 6 cm (dans le cas de muraillement renforcé) à 12,5 cm (pour une moyenne de 9 à 10 cm). Cette mesure ne tient pas compte des dégradations subies au cours du temps et qui ont sensiblement diminué le gabarit des pièces de bois (Fig. 8).



Fig. 3 : Carena TI. Il Maglio. Travaux à ciel ouvert sur versant. (Photographie : D. Morin)

#### *L'assemblage des bois*

Le serrage au toit s'effectue directement à plat ou par l'intermédiaire de pièces de calage. Les billes sont constituées de pièces de bois grossièrement équarries. Dans le cas d'un calage simple (Fig. 9), les billes sont solidarisées avec des dosses de calage au moyen d'un assemblage en "tin" ou "gorge de loup". Cet assemblage nécessite le façonnage d'un évidement à une extrémité du bois. La face arrondie de la dosse s'y emboîte parfaitement, tandis que la face aplatie fait corps avec le plan du massif. Le façonnage des pieds de bois dépend de la qualité du support. Le pied peut être directement posé à plat dans le cas d'un mur friable ou lorsque la bille est posée sur le sol. Il peut être vitelé c'est-à-dire légèrement équarri à son extrémité. Cette technique permet d'absorber une partie de l'effort par affaissement de l'extrémité du bois. En général, le diamètre des billes permet un serrage au mur sans aménagement notable. Pour éviter que les bois ne clippent, certains d'entre eux ont été potelés en particulier en tête de dépilage là où les contraintes sont les plus fortes. Les dosses de calage sont parfois doublées à l'équerre (Fig. 10).

#### *Mode de soutènement*

Le boisage de la mine Christian possède les caractéristiques d'un gisement penté. La pression des terrains s'exerce beaucoup moins qu'en plateure. Elle est donc moins puissante pour donner du serrage aux cellules. En revanche, les boisages reçoivent les chocs provoqués par le déplacement des ouvriers et le va-et-vient des charges de minerai. Pour répondre à ces contraintes, les mineurs ont organisé le soutènement en

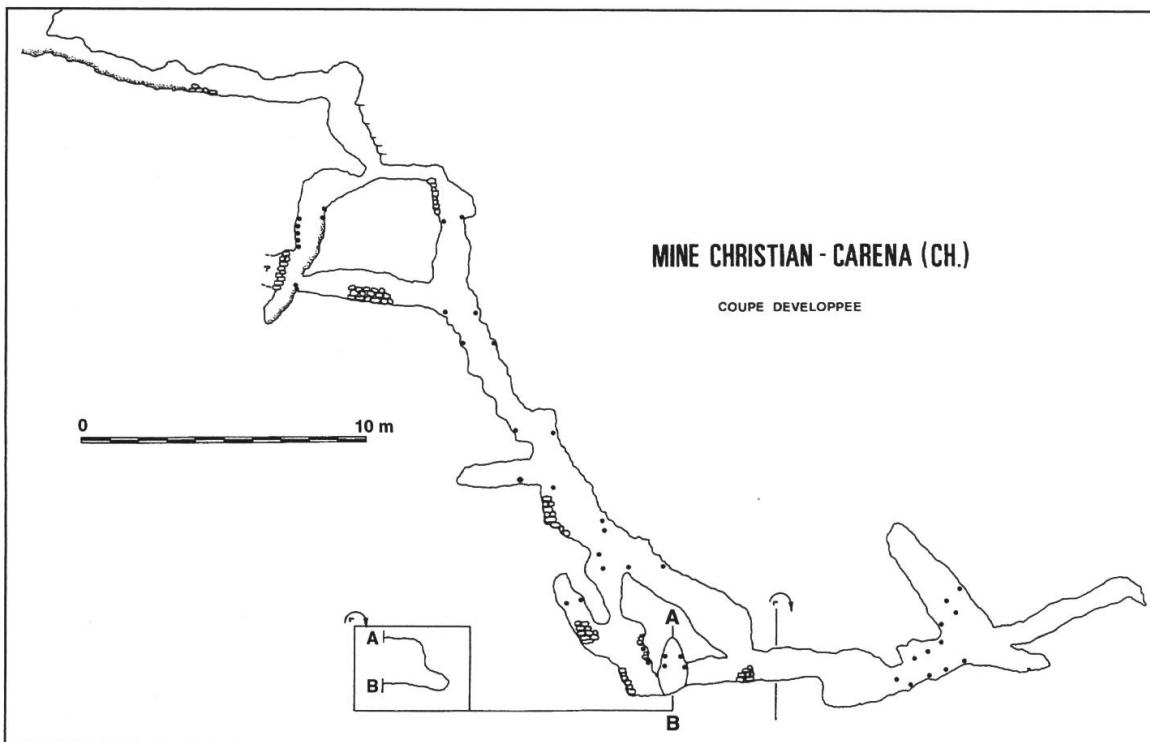


Fig. 4 : Carena TI. Mine Christian I. Coupe développée du réseau et localisation des boisages. (Topographie M. Aubert et G. Meyer – Synthèse graphique : D. Morin).

N°	Descriptif	Longueur	Largeur	Diamètre	Orientation	Angle de portée
01.1	Escalier d'accès				295°	0°
01.2	Escalier d'accès				15°	0°
01.3	Escalier d'accès				345°	0°
01.4	Escalier d'accès				335°	0°
01.5	Escalier d'accès				230°	0°
01.6	Escalier d'accès				245°	0°
01.7	Escalier d'accès				245°	0°
01.8	Escalier d'accès				260°	0°
01.9	Escalier				300°	0°
02	Ourdis				295°	0°
03	Bille potelée contre paroi	1,51 m	12,5 cm	160 cm	- 11°	
04	Bille rivée au toit sur cale simple	1,11 m	9,5 cm	175 cm	- 290°	
05	Bille potelée à l'oblique *	1,13 m	13 cm	105 cm	- 44°	
06	Bille potelée	0,93 m	6,5 cm	155 cm	- 50°	
07	Bille rivée au toit sur cale double	0,82 m	9,5 cm	135 cm	- 55°	
08	Petite bille rivée sur cale simple à gorge de loup	0,52 m	4,4 cm	115 cm	- 42°	
09.1	Bille rivée au toit sur cale simple à gorge de loup	1,30 m	11 cm	160 cm	- 42°	
09.2	Bille potelée	1,10 m	8 cm	150 cm	- 15°	
010	Bille rivée	0,99 m	5,5 cm	195 cm	- 9°	
011	Bille rivée	1,09 m	6,5 cm	145 cm	- 40°	
012	Bille rivée	1,27 m	9 cm	280 cm	- 3°	
013	Bille rivée au toit sur cale double	1,00 m	11 cm	195 cm	- 26°	
014	Bille équarrie rivée au toit sur cale simple	1,10 m		11 cm	145°	- 45°
015	Bille équarrie rivée au toit sur cale simple	0,66 m	12 cm	6,5 cm	130°	- 21°
016	Bille équarrie rivée au toit sur cale double	0,77 m	10,5 cm	8,2 cm	180°	- 26°
017	Bille rivée au toit sur cale simple	1,03 m	15 cm	8 cm	345°	- 40°
018	Bille potelée	0,89 m	8 cm	162 cm	- 29°	
019	Bille potelée	0,88 m		9 cm	184°	- 28°
020	Bille rivée contre paroi - stérile	0,75 m		6 cm	230°	0°
021	Bille rivée contre paroi - stérile	0,26 m		6 cm	225°	0°

\* Tête de dépilage

Fig. 5 : Carena TI. Tableau synthétique des différentes structures de boisage présentes dans le réseau Christian I. (Schéma : D. Morin)



Fig. 6 : Carena TI. Mine Christian I. Réseau supérieur. Marches d'escaliers : billes rivées au sol.  
(Photographie : D. Morin).

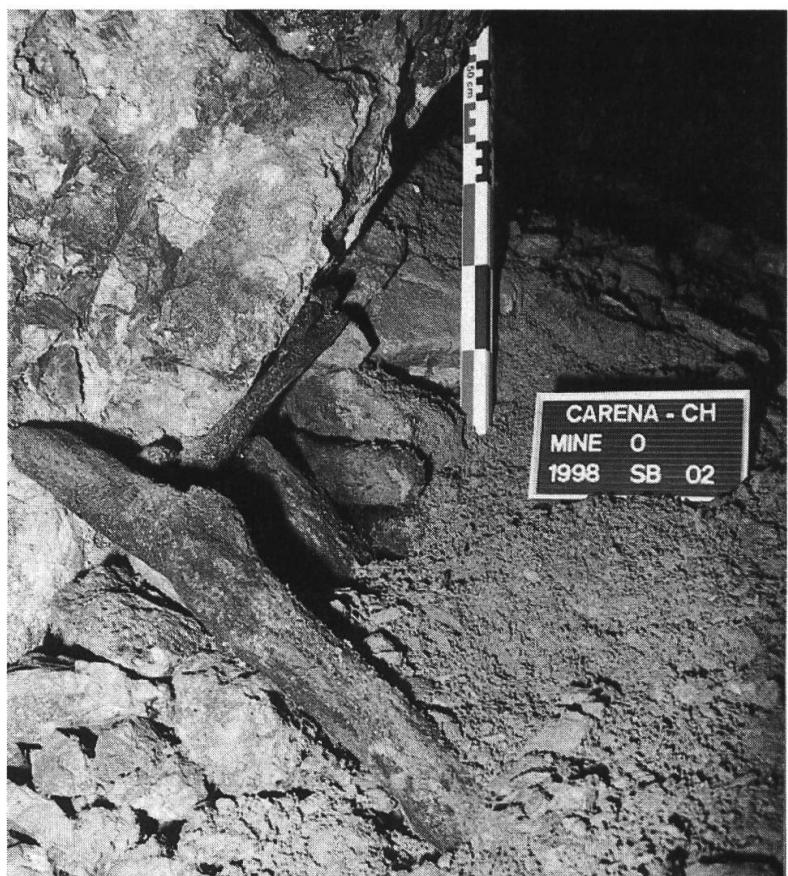


Fig. 7 : Carena TI. Mine Christian I. Hourdage. Barrage mixte (billes et planches) construit au pied d'une taille en gisement penté en vue de retenir les remblais et murette en stériles. (Photographie : D. Morin).

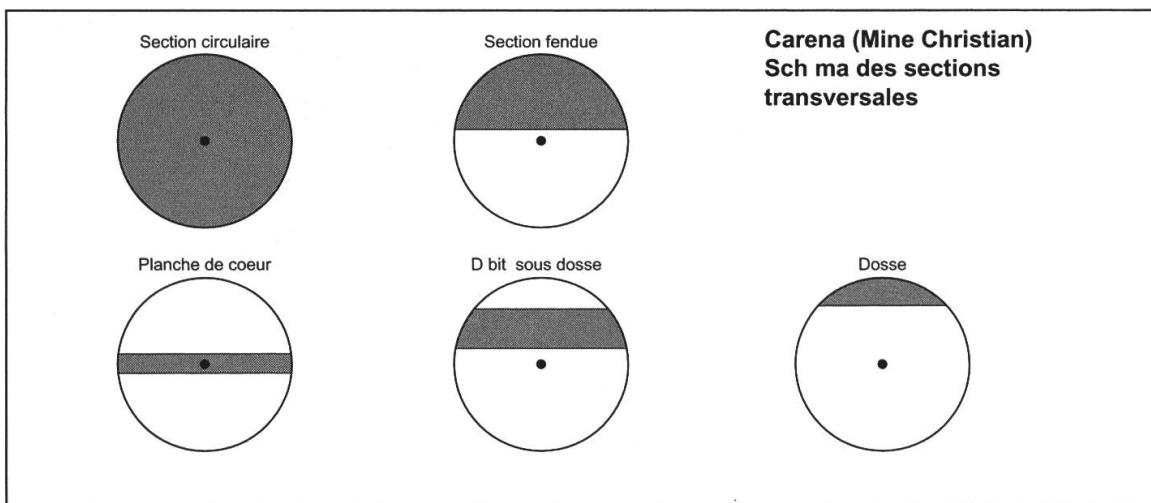


Fig. 8 : Carena TI. Schéma récapitulatif. Origine des sections transversales de bois utilisés dans la mine Christian I. (Schéma : D. Morin).



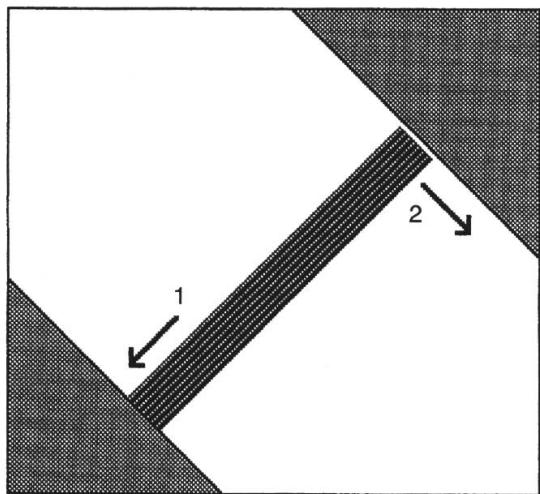
Fig. 9 : Carena TI. Mine Christian I. Boisage latéral. Bille rivée au toit sur cale simple. Assemblage à gorge de loup. (Photographie : D. Morin).



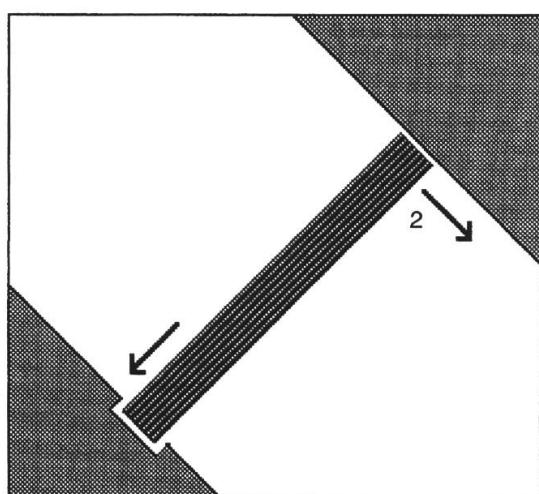
Fig. 10 : Carena TI. Mine Christian I. Boisage latéral. Bille rivée au toit sur cale double. Assemblage à gorge de loup. (Photographie : D. Morin).

positionnant de manière régulière et sur l'ensemble de la colonne un boisage relativement simple suivant quatre modules de base : par billes serrées et par billes poteées. Dans les deux cas, les billes sont rivées au toit, soit par calage simple, soit par calage double à l'équerre. Les billes utilisées sont relativement pauvres en cernes. Il s'agit de bois coupés sur place que les mineurs taillaient au gré des besoins. Les analyses en cours devraient apporter de nouvelles précisions sur la nature et l'origine de ces bois. La disposition des cellules paraît relever d'une programmation tant dans le gabarit que dans l'apprêt des cellules (Fig. 11). Il fallait contenir, pour des raisons de sécurité, un massif fragile tout en maintenant ouverte une section libre permettant le passage de l'air, des hommes et du matériel. Il s'agissait moins de ralentir les phénomènes de convergence que de maintenir les endroits fissurés dans une position relative constante.

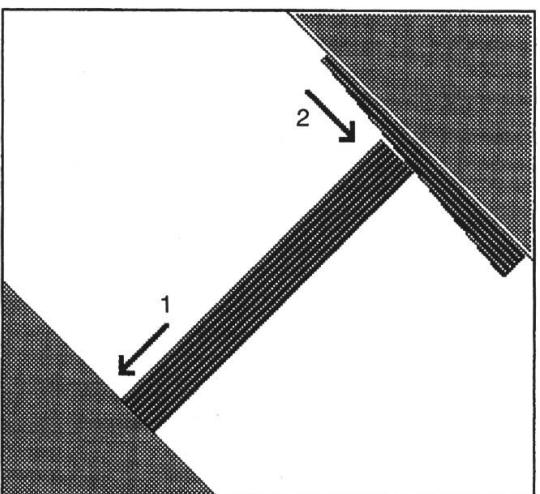
La mine présente ainsi des techniques de boisage parfaitement maîtrisées et adaptées aux contraintes d'un massif irrégulier et instable, dont les éléments de base se retrou-



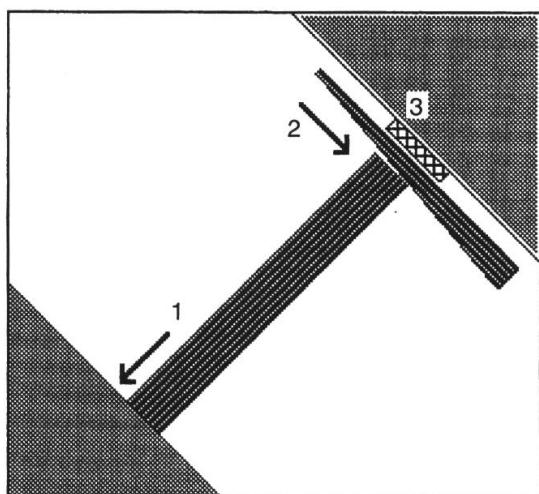
Bille calée à l'oblique



Bille potelée à l'oblique



Bille rivée au toit surcale simple



Bille rivée au toit surcale double



Sens de pose



Parois rocheuses

Fig. 11 : Carena TI. Mine Christian I : tableau récapitulatif des différents modules de soutènement présents dans le réseau. (Schéma : D. Morin).

vent dans les mines contemporaines, et en particulier les mines de houille en dressants. La mine a livré une découverte exceptionnelle d'une caisse en bois encore remplie de fragments de mineraux dans un très bon état de conservation. Retrouvée à l'aplomb d'un front de taille dans une galerie horizontale située à mi-puits, il s'agit d'un récipient quadrangulaire, muni de deux anses latérales et ouvert sur un côté qui devait être utilisé comme une pelle (Fig. 12). Le mineraux une fois recueillis étaient vraisemblablement remonté dans des seaux ou des paniers.

D'autres modes de soutènement ont été utilisés. Plusieurs murettes réalisées à partir de stériles remplissent également une fonction de soutènement en appui de boisages ou pour consolider des travaux de comblements. Ces murailles réalisées avec soin au moyen de blocs de petite taille se rencontrent à tous les niveaux du réseau.

Cette pratique permettait la consolidation des chantiers et l'utilisation des stériles accumulés lors de l'abattage.

### 3.2 Exemple de dépilage remontant

Un exemple de dépilage remontant est illustré par la mine 5 supérieure (Fig. 13) qui développe près d'une centaine de mètres sur une quinzaine de mètres de hauteur. Les recherches prennent appui sur une première exploitation par tranchée unidescendante. La reconnaissance d'un filon riche et subparallèle d'axe E-W a entraîné l'ouverture d'un deuxième chantier en profondeur dirigé dans l'axe du filon sur trois niveaux et de manière récurrente dans les parties supérieures. La puissance du filon a été évidée par chantiers mobiles successifs dont les traces d'encrage sont encore visibles sur les parois. Ils sont accompagnés des vestiges en place de boisages suspendus.

Les chantiers étaient maintenus au moyen de supports calés à l'horizontale supportant des planchers. Ces paliers ont été installés au fur et à mesure de la progression de l'abattage au toit.

Cette zone a été entièrement travaillée à la poudre. Un second accès a été ouvert ultérieurement dans le versant pour, semble-t-il, tenter d'élargir, mais sans succès apparent, la recherche vers le Nord et le Nord Est. La mine supérieure développe 65 m, la hauteur des galeries est de 1,50 m à 1,20 m, la largeur entre 1,10 m et 1,20 m. La profondeur atteint la cote de - 17 m. Le comblement actuel ne permet pas de poursuivre l'exploration.

### 3.3 Exemple de dépilage remontant par tranchée remblayée

Ce mode d'exploitation est illustré par le quartier supérieur des mines de Carena (mine 3) (Fig. 14). Les galeries sont en partie comblées par des matériaux stériles provenant de l'extraction progressive du toit. La sole a servi d'échafaudage et de support aux chantiers. Pour accéder aux parties supérieures et permettre l'évacuation du minerai, les mineurs ont ménagé des accès successifs étagés. L'abattage s'organise en taille montante à partir d'un traçage de base au filon.

Dans la partie profonde, des galeries d'allongement (Fig. 15) entaillent le filon à la recherche d'amas minéralisés dès lors que la zone s'appauvrit. L'exploitation chassante à l'origine, devient rabattante en profondeur : les galeries sont orientées de manière récurrente. Une petite recherche a été menée perpendiculairement au plan de minéralisation de manière à recouper d'éventuels filons croiseurs.

La mine 3 développe 75 m sur une hauteur de 10 m. La hauteur des galeries varie de 0,80 m et 1,30 m de hauteur pour une largeur moyenne de 0,60 m. Le filon est entaillé à l'horizontale sur une profondeur de 35 m.

**4 – Les galeries de recherches :** il s'agit de courtes galeries taillées dans les formations brèchiques indurées superficielles correspondant à l'altération du bedrock et aux dépôts de pente (Fig. 16). Ces conduits étroits, instables et irréguliers rejoignent des minéralisations fortement altérées et proches de la surface. Elles ont été forées latéralement ou dans le prolongement de tranchées d'exploitation afin de reconnaître la puissance du gîte et d'en tester la teneur. C'est le cas de la Mine Christian II et des recherches latérales exécutées à la hauteur de la grande halde.

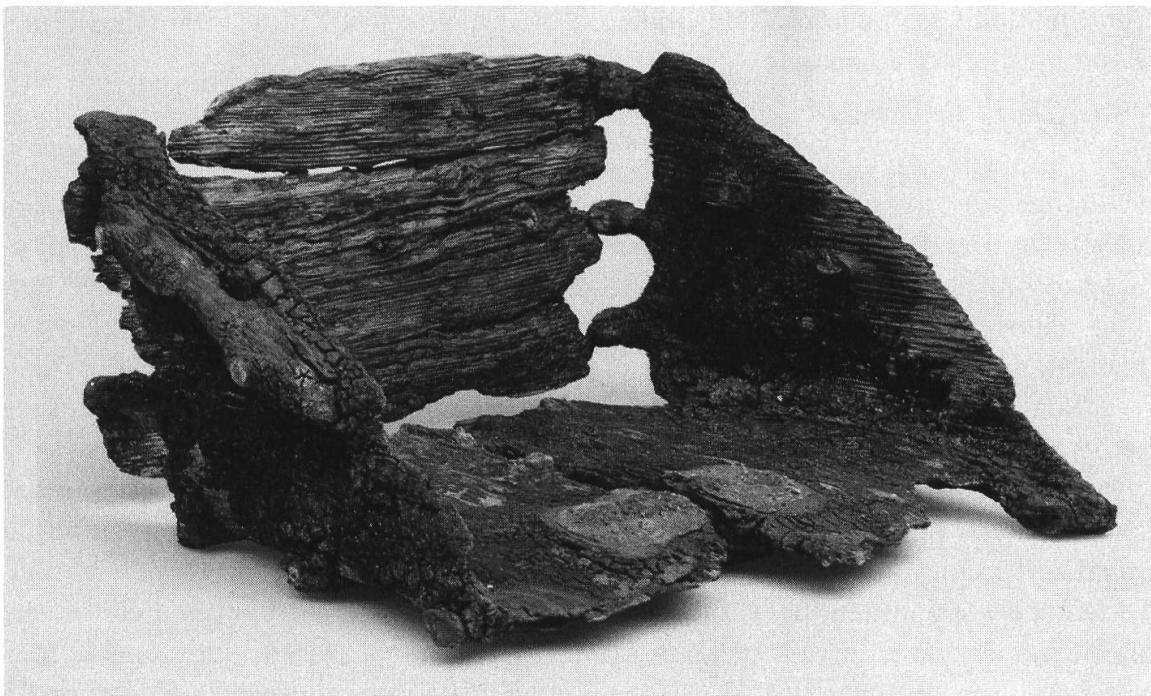


Fig. 12 : Carena TI. Mine Christian I. Galerie de recherche (Strecke) avec au sol, auget en bois *in situ* encore rempli de son contenu de mineraux. (Photographie : D. Morin). En haut auget en bois après restauration (Photographie : Ufficio beni culturali e monumentali, Bellinzona).

**5 – Une exploitation en carrière :** une attaque du filon a été reconnue à l'affleurement en carrière à la base du gisement. Il s'agit d'une reprise récente taillée à la poudre. Les coups de fleurets sont parfaitement visibles sur les parois.

### Interprétation

Les exploitants ont sondé le champ filonien à tous les niveaux du versant au moyen de tranchées et galeries. Ils se sont enfouis sur les colonnes minéralisées étroites au moyen de dépilages organisés et apparemment cloisonnés (Fig. 17). Les exploitations variées montrent qu'il n'y a pas, a priori, de relations particulières entre les dif-

férents travaux reconnus. Le contexte géomorphologique et gîtologique peut expliquer ce découpage (stockwerk).

La tectonique locale paraît avoir largement contribué à désolidariser l'ensemble, ce qui expliquerait la dispersion et le nombre des haldes encore visibles. Les travaux ressemblent davantage à une juxtaposition de réseaux. Le mode d'exploitation souterrain s'organise entre dépilages et galeries de recherche étagées de faible développement (Fig. 18).

Pour y voir une démarche rationnelle de la part des mineurs, il faut concevoir la présence de concentrations minérales irrégulières disséminées dans un filon fortement tectonisé et broyé. La tectonisation postérieure au remplissage des vides a certainement contribué à la complication des gîtes : le minerai est injecté dans les brèches de failles et les zones de broyage.

Les dispositions topographiques et gîtologiques, la séparation du filon en plusieurs branches peuvent expliquer en partie le télescopage de cette profusion de travaux. On peut également émettre l'hypothèse d'une concession compartimentée. Du point de vue chronologique, l'homogénéité des techniques d'abattage et du mode d'exploitation à l'intérieur de chaque réseau, ne permet pas d'avancer l'hypothèse de reprises à l'intérieur d'un même réseau à l'exception des dépilages supérieurs.

En surface, d'autres vestiges ont été repérés et sont intimement liés à l'exploitation minière :

- une série de substructions au niveau des haldes supérieures (cabane de mineurs?) (Fig. 19)
- un four de grillage lié à une exploitation en tranchées
- un bâtiment de forge
- un réseau de sentiers miniers en lacets, reliant les différents sites, complète l'ensemble.

## Chronologie

Les datations C14 obtenues à partir d'éléments de boisage font apparaître une datation calibrée comprise entre 1715 et 1815 (cal. AD). Cette première indication chronologique demande à être confirmée par d'autres prélèvements et surtout confortée par une datation dendrochronologique plus affinée favorisée par l'abondance de matière. La fourchette proposée pourrait correspondre à la reprise métallurgique qui a affecté de nombreuses mines de fer dès la fin du XVIe siècle. Elle ne permet pas en l'état de démontrer l'existence ou non d'une exploitation antérieure.

## Conclusion

L'étude des galeries de Carena montre une homogénéité dans les paramètres architecturaux. Les réseaux souterrains sont conditionnés par la gîtologie : l'empirisme est de règle. Pourtant, il est possible de discerner un certain nombre d'innovations dans la conduite de l'exploitation.

L'utilisation systématique du boisage dans la mine Christian I atteste des moyens mis en œuvre pour étendre les chantiers en profondeur dans des zones fragiles et instables. Les prémisses d'exploitation de type rabattante et chassante sur plusieurs

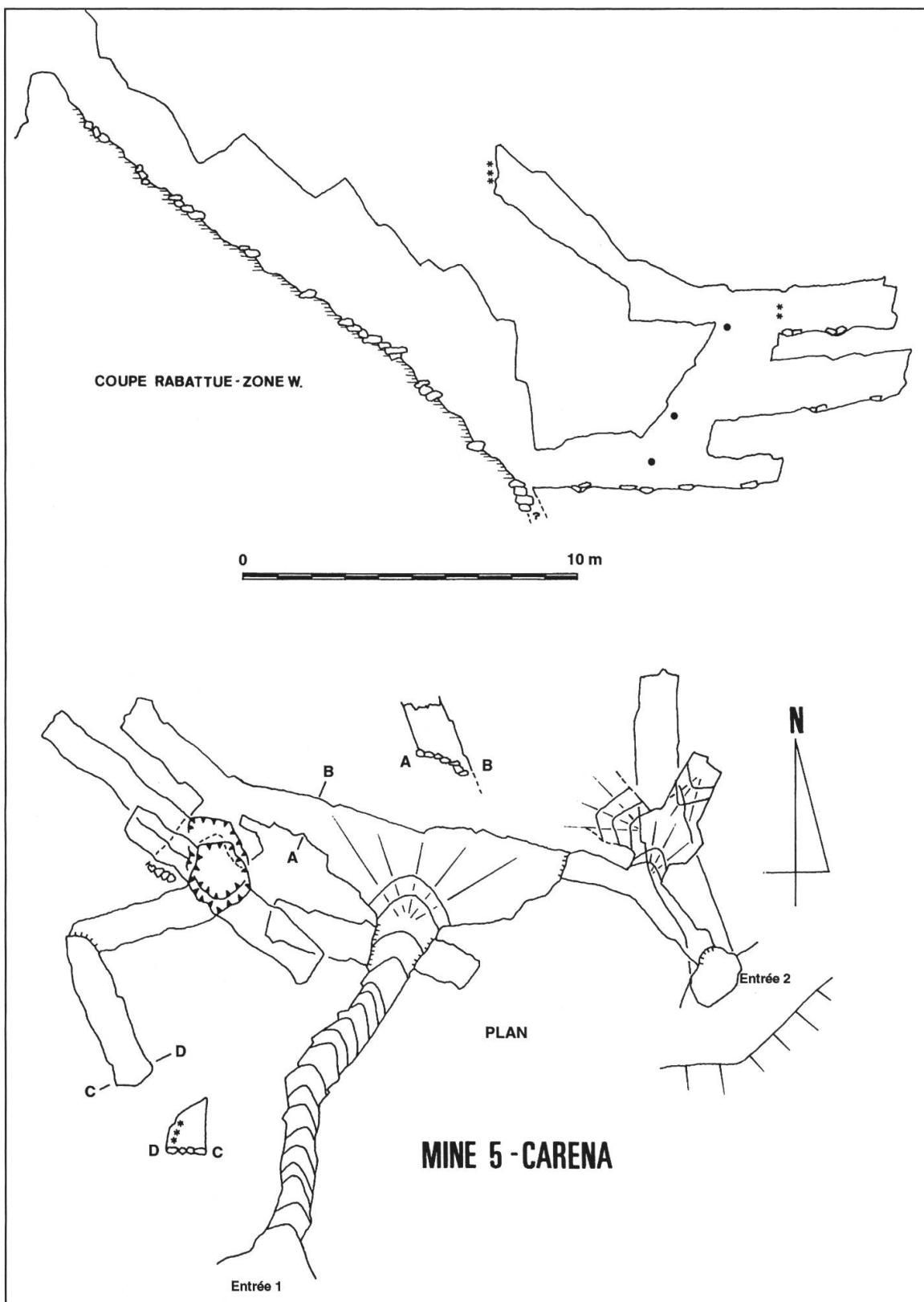


Fig. 13 : Carena TI. Mine Supérieure (Mine 5). Topographie du réseau. Coupe développée et plan. Dépilage par tranchée unidescendante et dépilage remontant par chantiers mobiles et galeries sur filon. (Topographie : D. Jacquemot, M. Cottet et Ch. Rosenthal – Synthèse graphique : D. Morin).

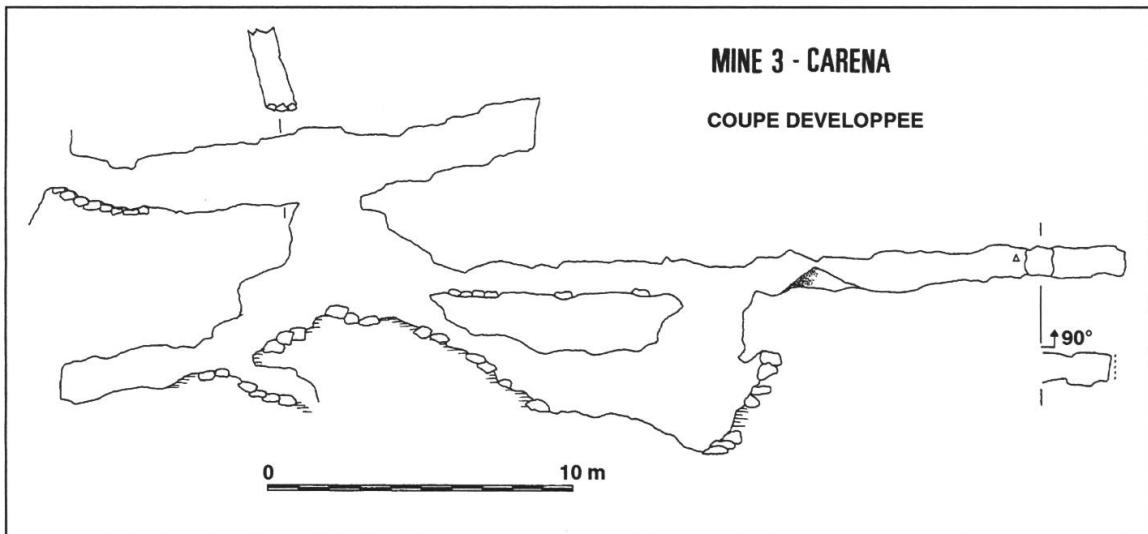


Fig. 14 : Carena TI. Mine 3. Topographie du réseau. Coupe développée. Dépilage remontant par tranchée remblayée. (Topographie : D. Jacquemot, M. Cottet et Ch. Rosenthal – Synthèse graphique : D. Morin).

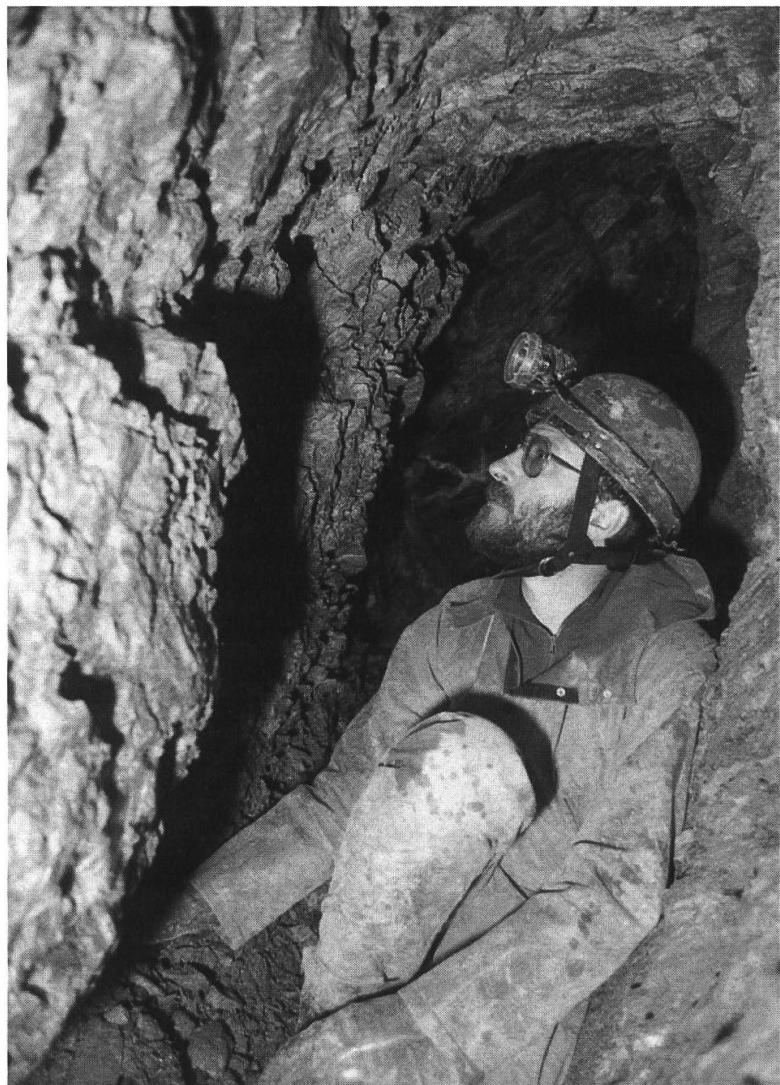


Fig. 15 : Carena TI. Mine Supérieure 3. Galerie d'allongement sur filon : profil de galerie (niveau supérieur). (Photographie : D. Morin).

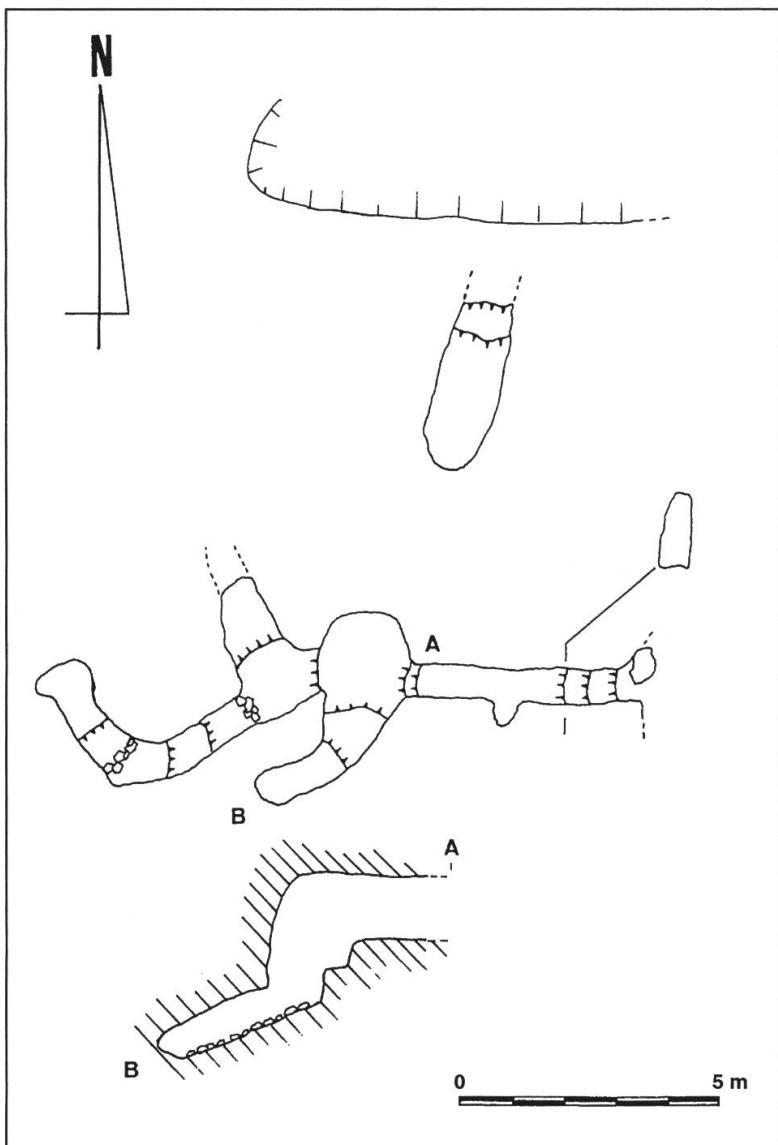


Fig. 16 : Carena TI. Galeries de recherche à la hauteur de la grande halde inférieure. (Topographie : J. Olivier et Y. Imbert – Synthèse graphique : D. Morin).

niveaux montrent une volonté de quadriller l'espace souterrain avec pour objectifs de découper le filon par tranches successives et de rationaliser l'exploitation.

Les travaux miniers semblent s'organiser suivant un découpage systématique et étageé de galeries et dépilages. Les galeries explorent la montagne dans des plans horizontaux pour dégager en profondeur les colonnes minéralisées.

La friabilité de la roche et sa perméabilité ont favorisé l'enfoncement en profondeur sans avoir recours à des travaux d'exhaure : pompage ou travers-banc. Seuls les problèmes liés à l'aérage ont certainement joué un rôle. C'est peut-être le cas dans la mine Christian I où l'absence de ventilation a poussé les mineurs à effectuer une série de recoupes de manière à ménager un courant d'air, au demeurant peu perceptible.

À l'issue des premières campagnes de reconnaissance, plusieurs sites d'exploitation minière ont été repérés. Les premières investigations montrent à l'évidence, que d'autres réseaux souterrains restent à découvrir. Cette hypothèse repose sur :

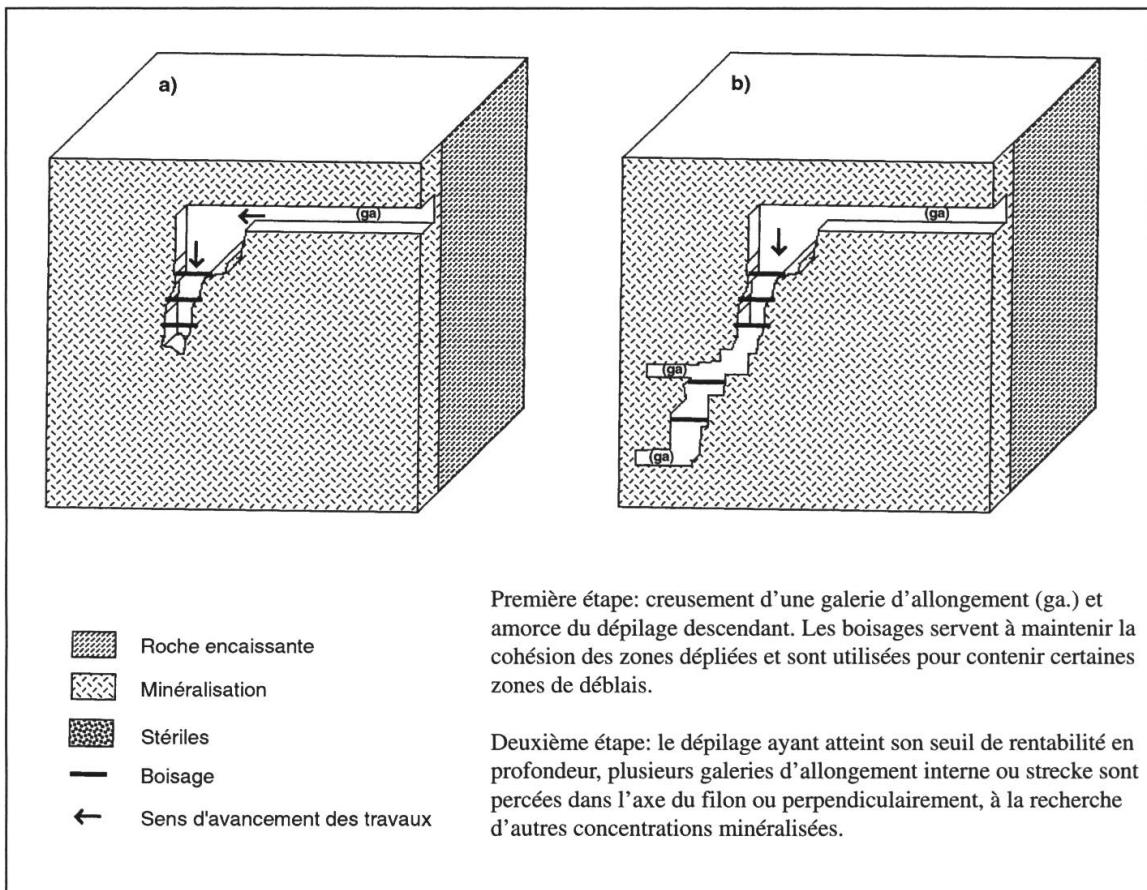
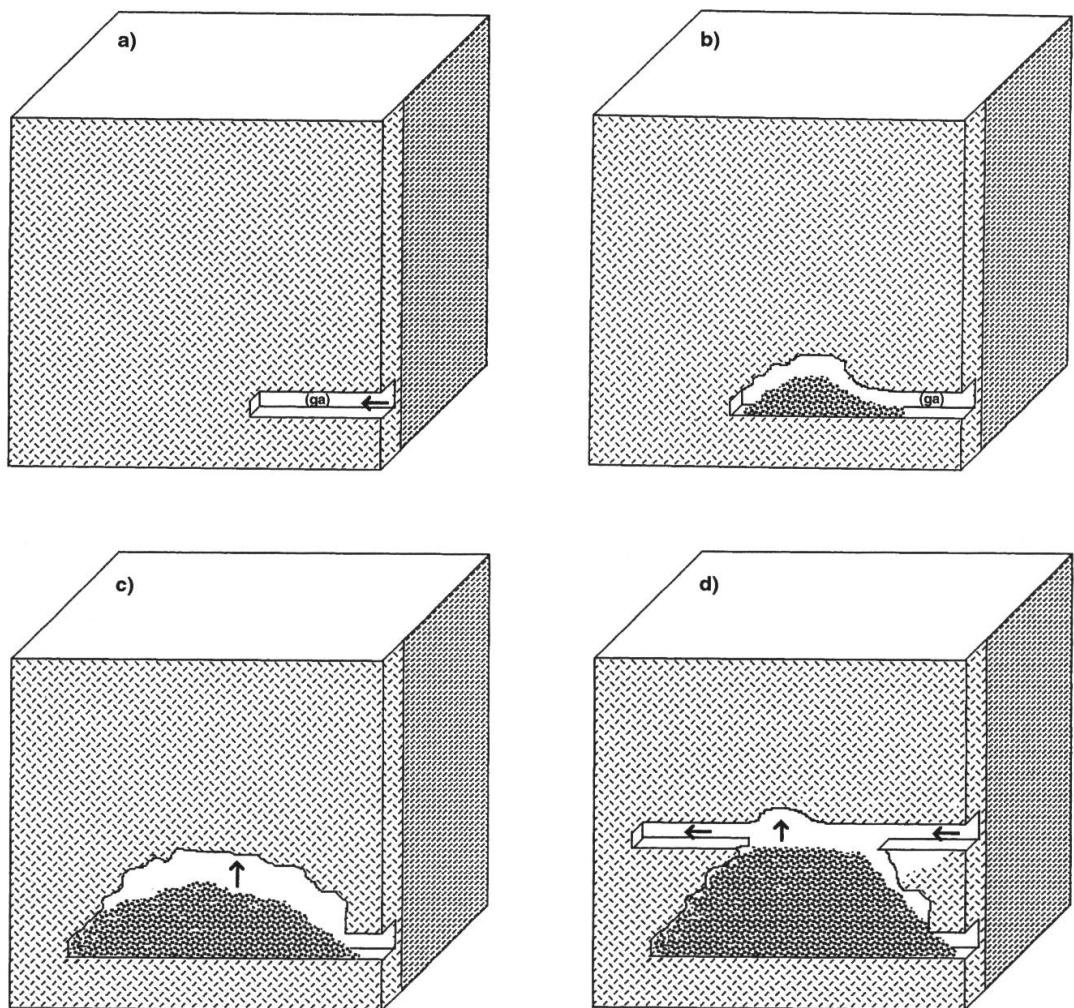


Fig. 17 : Carena TI. Bloc diagramme – Schéma opératoire – Schéma type d'exploitation du filon par galerie d'allongement (ga) et dépilage descendant. (Reconstitution : D. Morin).

- la quantité, la dispersion et le volume des haldes identifiées
  - les vestiges d'accompagnements de ces haldes : forges, sentiers miniers aménagés
  - l'importance stratégique des sites métallurgiques associés : forge et fonderie
- Les techniques d'abattage enregistrées à Carena sont différentes d'un système à l'autre : manuelles ou à la poudre. Il sera intéressant de vérifier comment le passage, de l'une à l'autre de ces techniques, s'est opéré à l'intérieur d'une même tranche d'exploitation.



- Roche encaissante
- Minéralisation
- Stériles
- Boisage
- ← Sens d'avancement des travaux

Première étape: le filon est sondé à l'horizontale par une première galerie d'allongement ou galerie de traçage.

Deuxième étape: le filon est exploité au toit à partir de la galerie d'allongement

Troisième étape: le filon est évidé par dépilage remontant. Les stériles jouent le rôle d'échafaudage.

Quatrième étape: pour atteindre les chantiers, une galerie d'allongement est foncée quelques mètres plus haut que la précédente. Celle ci est poussée en profondeur dans l'axe du filon ou perpendiculairement à la recherche de filons croiseurs.

Fig. 18 : Carena TI. Bloc diagramme – Schéma opératoire – Schéma type d'exploitation du filon par galerie d'allongement et dépilage remontant par tailles remblayées. (Reconstitution : D. Morin).



Fig. 19 : Carena TI. Vestige d'habitat en pierre sèche sur versant à hauteur des travaux à ciel ouvert d'Il Maglio. (Photographie : D. Morin).

## Bibliographie

- MORIN D. (1999): La miniera di ferro di Piazzalunga. In : La Miniera perduta. Cinque anni di ricerche archeometallurgiche nel Territorio di Bienna. p. 49 - 60. ; Il ferro nelle Alpi : giacimenti, miniere e metallurgia dall'antichità al XVI secolo, International conference : Bienna (Brescia - Italy) October 2 - 4 1998.
- MORIN D. (1997): Les mines de fer et de manganèse de Saphoz Esmoulières (Canton de Faucogney - Haute-Saône). Bulletin de la Société d'Histoire et d'Archéologie de l'Arrondissement de Lure - SHAARL, N°16, Année 1997, p.128-150, 7 fig.
- MORIN D. (1995): Dynamique et évolution des système d'extraction du minerai de fer sédimentaire du XVIIe au XIXe siècle. L'exemple des plateaux de Saône et du Jura septentrional. Paléométallurgie du fer et Cultures, Actes du Symposium international du Comité pour la sidérurgie ancienne et de l'Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques. Belfort- Sevenans, 1-2-3 novembre 1990, Institut Polytechnique de Sevenans, p. 429 - 452. Ed. Vulcain, 1995.
- MORIN D. (1993): Les systèmes d'exploitation du minerai de fer sédimentaire en Franche Comté (XVIe au XIXe siècle). Archéologie, Typologie et Dynamique des systèmes. U.F.R. des Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société ; Thèse de Doctorat de l'Université de Franche-Comté. (Direction de M. Mangin). 4 tomes - 6 volumes, 1600 p. 73 planches photos, 291 fig. tableaux et cartes.
- WENGER C. & STEIGER R. (1994): Carta delle materie prime minerali della Svizzera. Foglio 1 Ticino - Uri. 1:200'000 Bern.

Les topographies ont été réalisées à l'aide d'une boussole Topochaix, d'un clinomètre de reconnaissance Suunto et d'un télémètre DAAR, appareil de mesure électronique à distance.

Les levés topographiques ont été réalisés durant les campagnes 1997 et 1998 par les personnes suivantes : Michel Aubert, Monique Bôle, Michel Cottet, Yves Imbert, Denis Jacquemot, Gilles Meyer, Denis Morin, Jacques Olivier et Christophe Rosenthal – *Equipe Interdisciplinaire d'Etudes et de Recherches Archéologiques sur les Mines Anciennes et le Patrimoine Industriel – ERMINA*.

Adresse de l'auteur : Dr. Denis Morin  
637, rue de la Prairie  
F – 70110 Villersexel

UPR CNRS 806  
Laboratoire de „Métallurgies et Cultures“,  
Université de Technologie de Belfort Montbéliard  
Site de Sévenans  
F – 90010 Belfort Cedex