

LES TRAVAUX MINIERS ANTIQUES DE ROȘIA MONTANĂ (ROUMANIE)

APPORTS CROISÉS ENTRE ARCHÉOLOGIE ET GÉOLOGIE

Béatrice Cauuet – Călin Gabriel Tămaș

Au cœur des Carpates roumaines, dans les monts Apuseni, une tradition minière séculaire marque fortement les massifs comme en témoignent les vestiges découverts dans plusieurs sites miniers. Ainsi dans la zone minière de Brad (sud de Roșia Montană), des statues anthropomorphes en pierre représentant des mineurs équipés d'outils (maillets emmanchés en pierre) et des vestiges d'habitation remontant à la culture de Coțofeni (Néolithique final) ont été retrouvés à Țebea, Baia de Criș et Crișcior. Cette région est riche par ailleurs en vestiges de l'époque romaine, comme par exemple la nécropole de Muncelu-Ruda. Dans la région d'où proviennent les statues de mineurs, on connaît des travaux miniers en alluvions aurifères le long de la vallée de Criș, concentrés entre Țebea et Baia de Criș. Des vestiges miniers en roche ont été également identifiés dans plusieurs mines des monts Apuseni et datés de l'époque romaine par le mobilier recueilli (principalement des lampes romaines), comme à la mine d'*Adamul Vechi* de Căraci, les *Treptele Romane* et les travaux creusés à l'outil le long du filon Ana sur plus de 900 m de longueur et 120 m de dénivelée à Ruda-Brad. Des équipements en bois, des pièces de boisage et 25 fragments de roues hydrauliques, ont été découverts également dans la région de Ruda-Brad, dans les travaux romains situés le long des filons Sofia et Mihaely¹.

Le site minier de Roșia Montană est quant à lui connu des spécialistes depuis le XIX^e siècle par la découverte, lors de reprises d'exploitation, de nombreux vestiges miniers et des traces d'une agglomération, *Alburnus Maior*, attribués aux Romains : réseaux miniers souterrains, des autels votifs, des inscriptions lapidaires (funéraires et votives), des poteries et vingt-cinq tablettes cirées portant des textes latins, parfois grecs². L'ensemble de cette documentation s'est enrichi au cours du XX^e siècle au gré de découvertes fortuites. Mais malgré la richesse archéologique que ces découvertes sous-tendaient, aucune recherche scientifique d'envergure n'avait réellement été mise en œuvre sur le terrain, les historiens, les épigraphistes et les archéologues se contentant de collecter et d'inventorier les trouvailles fortuites et de pointer sur un fond de carte les lieux de découvertes. Ce travail a été pour l'essentiel l'œuvre de l'épigraphiste Volker Wollmann³ et de son ami, Aurel Sîntimbrea⁴, ancien ingénieur des mines à la Minvest⁵. Il fallut attendre l'arrivée d'un projet de reprise minière à ciel ouvert, d'envergure internationale, pour que la communauté archéologique roumaine et internationale s'intéresse enfin de près à ce site⁶. Face au projet de ré-exploitation à grande échelle, un programme de fouilles préventives, à caractère exhaustif, fut mis en place à partir de 2000-2001 sous l'autorité du ministère de la Culture et des Cultes roumain et la coordination du Musée National d'Histoire de la Roumanie⁷.

¹ Sur tout cela, voir D. CRIȘAN et B. GHEORGHE-BOZSITZ, « Peste două milenii de activitate minieră ».

² I. I. RUSSU, *Inscriptiones Daciae Romanae*.

³ V. WOLLMANN, « Tablitele cerate din Roșia Montană » ; ID., *Mineritul metalifer, extragerea sării și carierele de piatra în Dacia romana* ; ID., « Contribution à la connaissance de la topographie archéologique d'*Alburnus Maior* » ; également, T. SLOTTA et alii, *Silber und Salz in Siebenbürgen*.

⁴ A. SÎNTIMBREAN, *Muzeul mineritului din Roșia Montană* ; B. ROMAN et alii, *Aurarii din Muntii Apuseni*.

⁵ À partir des années 1990, l'ensemble de cette documentation avait été porté à la connaissance de l'équipe française par l'intermédiaire de Cl. Domergue dans le but de rechercher des collaborations internationales pour lancer une étude scientifique du site. Celle-ci a commencé en 1998 et s'est poursuivie jusqu'en 2000, après une première mission en 1997.

⁶ Projet minier de la RMGC (*Rosia Montană Gold Corporation*) filiale de la compagnie minière *Gabriel Resources Ltd* (Toronto, Canada).

⁷ Programme coordonné par P. Damian, conservateur au MNIR (Muzeul Național de Istorie a României, Bucarest). L'équipe d'archéologie minière du Laboratoire TRACES, dirigée par B. Cauuet, y a été associée depuis le début. 43 archéo-

Après neuf années de recherches sur Roșia Montană⁸, ce sont plus de 70 km d'ouvrages souterrains de toutes époques (antiques, XVI^e au XX^e siècle) qui ont été explorés et partiellement topographiés, dont les trois quarts dans les massifs de Cărnic et de Cetate⁹. En circulant par les galeries récentes du XX^e siècle l'équipe franco-roumaine a pu reconnaître sur ces 70 km de travaux souterrains, environ 53 km d'ouvrages récents (XIX^e-XX^e siècle), 10 km d'ouvrages modernes ouverts à la poudre (XVII^e-XVIII^e siècle), moins de 1 km de chantiers datés du XVI^e siècle et plus de 6 km de travaux antiques ouverts à l'outil en fer (pointerolle et pic) ou par abattage au feu (fig. 1a).

I. — LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÎTOLOGIQUE

Le gisement de Roșia Montană est situé dans la partie sud des monts Apuseni appelée « Monts métallifères ». Dans ces massifs, la concentration en gisements épithermaux à métaux précieux est telle que la zone a été qualifiée de Quadrilatère de l'or¹⁰. Elle renferme le plus riche district minier aurifère et argentifère d'Europe qui couvre une surface d'environ 900 km². Le gisement de Roșia Montană situé dans la partie nord du quadrilatère a été récemment reconnu, malgré sa petite superficie d'environ 6 km², comme le plus grand gisement d'or d'Europe¹¹.

Les gisements épithermaux des monts Apuseni, d'âge Néogène, se sont mis en place de manière concentrée dans trois districts métallogénétiques orientés nord-ouest/sud-est, respectivement Brad-Săcărâmb, Zlatna-Stănița, Roșia Montană-Bucium. Le volcanisme/magmatisme qui est responsable de la genèse de ces gisements est issu d'un contrôle structural à grande échelle, c'est-à-dire un régime tectonique extensionnel qui a déclenché la fusion décompressionnelle du manteau lithosphérique, intensifiée par des rotations variables des grandes unités tectoniques — les blocks de Tisia et Getia. Une révision du contexte géodynamique de la chaîne Carpatique est proposée par Neubauer¹².

Le gisement épithermal d'or et d'argent de Roșia Montană (fig. 1b) est considéré de type low-sulfidation¹³, ainsi que récemment intermédiaire sulfidation¹⁴ en fonction de traits spécifiques, tels que la morphologie des corps de minerai, les minéraux métalliques, les minéraux de gangue, les altérations hydrothermales et l'association géochimique. Dans ce gisement, il y a plusieurs types de structures minéralisées, des filons, des stockwerks, des imprégnations, des brèches et à la surface, des placers le long des rivières et des paléo- placers le long d'anciens cours d'eau.

Dans le minerai de Roșia Montană, l'or se présente sous forme d'électrum inclus dans le quartz des filons ou dans le ciment des structures de brèche, ou encore à l'état libre dans les cavités (géodes) des corps de minerai¹⁵. Des analyses EPMA¹⁶ récentes ont mis en évidence une variété d'électrum riche en or et une autre riche en argent. Les sulfures communs présents en faibles quantités dans le gisement (pyrite principalement, blende, galène et très rarement chalcopyrite) contiennent parfois des grains d'or. À petite échelle, l'or est contenu dans des tellurures d'or et d'argent, comme par exemple dans la sylvanite, la petzite¹⁷, signalés à l'échelle microscopique en deux points du gisement.

L'argent se présente rarement sous forme d'argent natif¹⁸, la plupart du temps il se trouve dans l'électrum, dans les sulfures et les sulfosels d'argent (argentite, polybasite, proustite, péarcéite, stéphanite, etc.), et également dans le cuivre gris argentifère et dans la galène. Le tellurure d'argent (hessite) repré-

logues miniers, géologues, spéléologues et étudiants, français et roumains, ont participé aux recherches jusqu'en 2007. Ils étaient appuyés par 20 à 30 ouvriers et mineurs roumains, mis à disposition par la RMGC.

⁸ À raison de missions annuelles de 2 à 4 mois, de 1999 à 2007.

⁹ B. CAUET, « Les mines d'or antiques d'Europe ».

¹⁰ T. P. GHIȚULESCU et B. SOCOLESCU, « Étude géologique et minière des Monts Métallifères ».

¹¹ S. L. MANSKE *et alii*, « Roșia Montană, Romania: Europe's largest gold deposit ».

¹² F. NEUBAUER *et alii*, « Subduction, slab detachment and mineralization ».

¹³ I. MĂRZA *et alii*, « Low sulfidation epithermal gold deposits » ; C. TĂMAȘ et L. BAILLY, « Fluid inclusion study for Roșia Montană ore deposit ».

¹⁴ S. L. MANSKE *et alii*, « Roșia Montană, Romania: Europe's largest gold deposit » ; C. TĂMAȘ *et alii*, « New telluride and argyrodite occurrences in Roșia Montană ».

¹⁵ C. TĂMAȘ, *Structuri de «breccia pipe» asociate unor zăcăminte hidrotermale din România*.

¹⁶ *Electronic probe microanalysis* (microsonde électronique).

¹⁷ C. TĂMAȘ *et alii*, « Breccia structures and Au-Ag mineral assemblages in Roșia Montană ore deposit » ; C. L. CIOBANU *et alii*, « Telluride-gold-base metal associations at Roșia Montană » ; C. TĂMAȘ *et alii*, « New telluride and argyrodite occurrences in Roșia Montană ».

¹⁸ C. TĂMAȘ, *Structuri de «breccia pipe» asociate unor zăcăminte hidrotermale din România*.

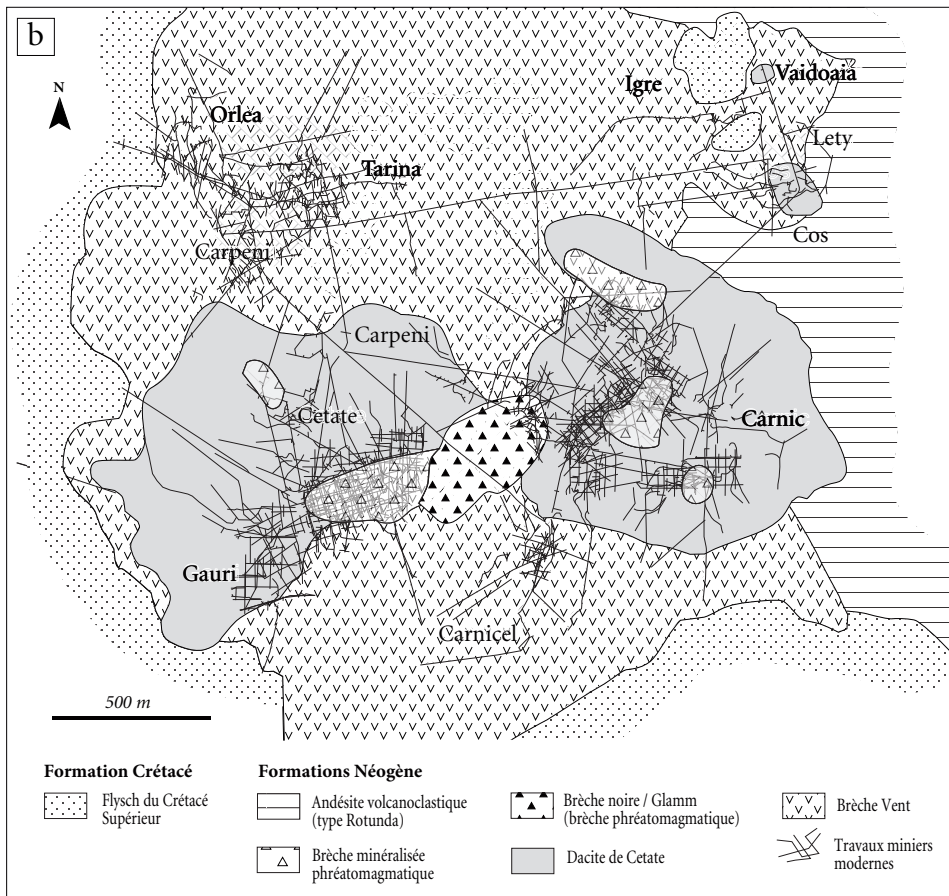
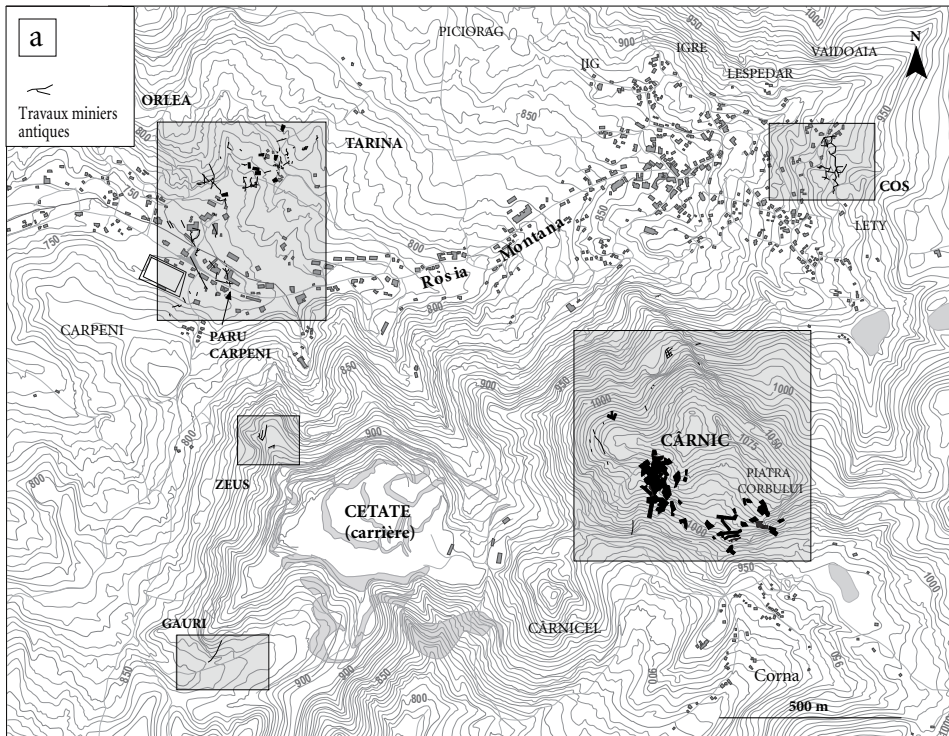


FIG. 1. — a) Carte de localisation des réseaux miniers antiques explorés et étudiés autour de Roșia Montană ;
 b) Carte géologique simplifiée de Roșia Montană avec la localisation des grands ensembles miniers de toutes époques (DAO : B. CAUDET)

sente le minéral principal de deux structures filoniennes récemment re-découvertes à Roșia Montană. De plus, un minéral assez rare, mais présent dans des quantités non négligeables dans ce gisement est l'argyrodite avec ou sans tellure¹⁹ qui a été également mis en évidence dans des corps de minerai exploités par les Anciens (par exemple la brèche exploitée dans le réseau Cărnic 2, ou celle du réseau de Cărnic 10), mais aussi dans des corps de minerai non identifiés par les mineurs de l'Antiquité.

L'exploitation du gisement s'est développée dans l'Antiquité sur l'ensemble de ces différents corps de minerai et plus particulièrement sur les filons, les brèches et les stockwerks. La structure de brèche de Cetate, qui affleure surtout dans le massif de Cetate, a été exploitée en surface (voir les chantiers à ciel ouvert romains aujourd'hui disparus dans la carrière moderne) et aussi dans des travaux miniers souterrains²⁰. Dans le massif voisin de Cărnic, on observe moins de travaux antiques en surface, car ils se trouvent pour beaucoup masqués par des haldes. L'étude des ouvrages souterrains montre que les Anciens ont suivi des marqueurs de la minéralisation que sont les filons de quartz ou les filonnets d'adulaire, les injections de brèches, les zones silicifiées et la présence de grains d'or libre dans la roche, en s'efforçant de maintenir l'exploitation au sein de la zone la plus riche du gisement. Les veines sont sub-horizontales (à faible pendage) et sub-verticales (à fort pendage), et les zones à filons croiseurs ou d'intersection entre filons et corps de brèche ont été particulièrement recherchées et exploitées. Ce sont des zones d'enrichissement à fortes teneurs.

La richesse du gisement de Roșia Montană s'explique par le mélange, la superposition et le croisement de différents types de structures minéralisées. De ce fait, on remarque qu'au sein des massifs il y a des dykes, des cheminées ou des nœuds d'enrichissement que les Anciens ont recherchés depuis la surface par de longues descenderies, des galeries inclinées qui s'enfoncent au cœur du massif. Sur les zones riches, l'exploitation s'est développée sur un plan horizontal et vertical en ouvrant sur deux à trois niveaux des ensembles de galeries, de chantiers verticaux ou inclinés et de larges chambres. Tous ces travaux sont imbriqués et reliés entre eux par des descenderies. Les études minéralogiques minutieuses menées parallèlement aux recherches archéologiques montrent que dans ces zones d'exploitation, les travaux s'arrêtent dès que les teneurs baissent notablement.

II. — LES MÉTHODES ET LES ORIENTATIONS DE RECHERCHE

Les recherches pluridisciplinaires menées par l'équipe franco-roumaine dans les massifs de Cetate, Cărnic, Țarina et Păru Carpeni depuis 1999 apportent une vision renouvelée et enrichie des vestiges miniers antiques conservés sur le site de Roșia Montană. Le travail de recherche conduit conjointement entre les archéologues/topographes, les archéologues/fouilleurs et les géologues, permet une lecture et une interprétation fécondes de la mine ancienne. L'interdisciplinarité joue à plein et favorise la compréhension des vieux travaux. Avant d'entrer dans l'exposé des résultats de ces neuf années de fouilles préventives, nous rappelons ici les différentes étapes de notre méthode de travail²¹.

L'exploration souterraine des massifs est menée par une équipe d'au moins deux personnes, des archéologues — spéléologues chevronnés, dirigée par Bruno Ancel²². Cette équipe visite tous les ouvrages souterrains accessibles en sécurité et de toutes époques. Cette exploration permet d'établir un descriptif et une topographie générale simplifiée de tous les secteurs anciens et modernes accessibles lors de l'exploration²³. Au vu des plans topographiques généraux établis et après visite des différents espaces souterrains libres d'accès, une équipe élargie, dirigée par B. Cauet, fait le choix des zones de fouilles dans tous les secteurs anciens ouverts au feu ou à l'outil (traces de pic ou de pointerolle en parois) non dangereux. Les fouilles et l'étude archéologique ont donc porté principalement sur les travaux miniers anciens menacés par le futur projet minier.

Dans les zones remarquables et peu défigurées par les reprises modernes de la Minvest (société minière de l'État roumain), des fouilles systématiques sont conduites sur les travaux antiques et de la Renaissance (xvi^e siècle) qui pouvaient être étudiées en sécurité. Les recherches ont donc été menées à leur terme en

¹⁹ *Ibid.* ; C. TĂMAȘ *et alii*, « Breccia structures and Au-Ag mineral assemblages in Roșia Montana ore deposit » ; C. L. CIOBANU *et alii*, « Telluride-gold-base metal associations at Roșia Montană » ; C. TĂMAȘ *et alii*, « New telluride and argyrodite occurrences in Roșia Montană ».

²⁰ C. TĂMAȘ *et alii*, « The relationships between breccia structures and ore veins ».

²¹ B. CAUET, « Les mines d'or et d'argent antiques de Dacie ».

²² Archéologue minier, attaché de conservation au Centre culturel de l'Argentière-la-Bessée, Hautes Alpes, France.

²³ B. CAUET *et alii*, « Ancient mining networks ».

atteignant la plupart des fronts de taille (fond des travaux anciens). Après la fouille des réseaux miniers, un long travail de topographie très détaillée a été entrepris dans toutes les zones fouillées avec l'établissement de plans, coupes et sections des ouvrages miniers dégagés. Cette topographie détaillée est établie par l'équipe de fouilles et vient remplacer les premiers plans simplifiés, dressés en première phase d'exploration. Elle constitue au final la topographie de référence des réseaux étudiés²⁴.

Enfin, une fois les cavités anciennes dégagées et libres d'accès, une étude géologique des parois avec restitution des corps de minerai exploités et prises nombreuses d'échantillons de roche, pour détermination des teneurs en métaux précieux, a été menée par des étudiants en géologie de l'université de Cluj-Napoca sous la direction de C. Tămaș. Ce travail indispensable est complémentaire de l'étude des réseaux miniers anciens. Il permet de conforter notre connaissance de la stratégie d'exploitation des anciens mineurs.

L'étude géologique de la mine antique de Cârnic avait comme premier objectif la reconnaissance du type de minerai recherché et exploité par les anciens mineurs. Différentes méthodes de recherche ont été appliquées en commençant par une observation approfondie du terrain, première condition pour résoudre la géologie — minéralogie d'un secteur minier, qui a mis en évidence des zones d'intérêt métallogénique. Au cours des recherches, plusieurs types de roches, des faciès d'altérations et bien sûr divers types de structures minéralisées (filons, stockwerks, brèches) ont été identifiés. Parallèlement à une opération intensive d'échantillonnage, une cartographie géologique détaillée a été dressée grâce aux observations faites sur les travaux miniers à partir d'une base topographique fournie par les archéologues. Ensuite, d'autres informations ont été obtenues par des études complémentaires en laboratoire²⁵. Il s'agit des analyses de teneurs or-argent et des observations microscopiques sur des lames minces et des lames polies. Elles fournissent des compléments d'information sur les teneurs en métal et les types de roches, les altérations hydrothermales, le type de minerai, la minéralogie. L'étude géologique et métallogénique a été étoffée par des analyses microscopiques électroniques, aux rayons X et des analyses à la microsonde électronique.

À partir des résultats de l'ensemble de nos recherches, des études complémentaires ont pu être lancées depuis 2002 :

- sur l'éclairage²⁶ ;
- sur les paléo-pollutions au plomb et l'impact de l'activité minière et métallurgique sur la forêt et les paysages²⁷ ;
- sur la chronologie, en lançant des travaux en dendrochronologie sur le mobilier en bois recueilli lors des fouilles (boisages, outillages, échelles, récipients)²⁸ ;
- sur la construction en 3D des réseaux antiques Cârnic 1 et 2²⁹ ;
- sur la filiation de l'or et de l'argent, par le biais d'analyses élémentaires et isotopiques croisées à partir d'un échantillonnage dense effectué en liaison avec les différentes phases métallogéniques du gisement³⁰.

III. — CARACTÉRISTIQUES DES OUVRAGES MINIERS ANTIQUES DE ROȘIA MONTANĂ

L'état des recherches archéologiques minières en cours à Roșia Montană permet de dresser un premier bilan sur la nature, l'importance et l'état de conservation des vestiges miniers antiques du site. Si un aperçu synthétique peut être fait sur le massif de Cârnic et sur ce qu'il reste du massif de

²⁴ Id., « Les mines d'or et d'argent antiques de Dacie ».

²⁵ Les analyses de laboratoire ont été réalisées à l'Université Babeș-Bolyai de Cluj-Napoca (L. Ghergari et C. Ionescu), au BRGM à Orléans (L. Bailly) et l'Université Technique de Munich (G. Lehrberger et V. Ruttner).

²⁶ E. GUILINI, *L'éclairage dans la mine pendant l'Antiquité*.

²⁷ Recherches paléo-environnementales depuis 2004 par I. Tanțau (Université Babeș-Bolyai de Cluj-Napoca), D. Galop (UMR 6565 CNRS, Besançon) et F. Monna (Université de Bourgogne, Dijon).

²⁸ Depuis 2005, sous la responsabilité de Chr. Orcel, Laboratoire Archeolabs, Le Chatelard, Saint-Bonnet de Chavagne, France. Ce travail, toujours en cours, devrait aboutir à la mise en place d'un début de chaîne de datation dendrochronologique de bois de sapin pour le Nord-Ouest de la Roumanie où pour le moment ce type de chaînes de référence de datations, bien plus précises que celles par le radiocarbone (Carbone 14), n'existe pas.

²⁹ Depuis 2003, sous la responsabilité d'A. Constans, assisté d'A. Contri en 2006.

³⁰ Sous la responsabilité de S. Baron (TRACES) et C. Tămaș.

Cetate, en revanche notre vision reste forcément parcellaire concernant les massifs de Coș, Carpeni, Orlea et Țarina où l'étude de terrain n'en est encore qu'à ses débuts. Malgré cette vision incomplète, il apparaît tout d'abord que sur l'ensemble des travaux antiques, on observe une forte répétition dans la forme et la distribution de la plupart des ouvrages étudiés sur tout le parc minier souterrain. Dans le même temps, certains chantiers miniers sont spécifiques à un secteur ou un massif donné, généralement en raison de la forme particulière et du pendage de la minéralisation (filon, brèche, stockwerk, imprégnation), de la nature de la roche encaissante et de sa plus ou moins grande dureté (dacite plus ou moins silicifiée, roche volcano-sédimentaire tendre), ou encore de la position topographique des travaux par rapport au niveau hydrostatique. De ce fait, nous allons évoquer les grands types de travaux que l'on retrouve partout et ceux qui se distinguent d'un massif à l'autre.

Sur plus de 6 km de travaux miniers antiques étudiés à ce jour dans les différents massifs qui entourent Roșia Montană, près de 95 % des ouvrages ont été ouverts à l'outil de fer (pointerolle et massette ou pic), technique attestée par les traces d'outils visibles sur les parois et par la forme quadrangulaire des parements, avec plafond et sole plats ou sole taillée en marches ou en gradins. En roche très dure (dacite silicifiée), l'abattage au feu a été préféré à l'outil, mais cela ne concerne que quelque 5 % des chantiers. Seuls deux secteurs à travaux ouverts au feu ont été identifiés, dans le secteur de Găuri, au sud-ouest du massif de Cetate, et à Piatra Corbului, à l'est du massif de Cărnici³¹. Les travaux au feu de Cărnici ont été datés de l'époque romaine grâce à la présence de charbons de bois, résidus de l'abattage. De plus, dans ce secteur est de Cărnici, une galerie a été reconnue, partiellement taillée à l'outil et partiellement ouverte au feu, selon la nature de la roche traversée. Cela montre clairement que ces deux techniques s'employaient indifféremment à la même époque en fonction de la dureté de l'encaissant. L'abattage au feu devait cependant poser des problèmes d'aération pour les chantiers loin du jour et était par ailleurs très consommateur de bois.

LES GRANDS TYPES D'OUVRAGES ANTIQUES

Dans les différents réseaux miniers de Roșia Montană, on retrouve assez systématiquement, trois grands types de travaux : des travaux de recherche (galerie ou amorce de galerie, descenderie, puits incliné), des chantiers d'exploitation (chantier vertical, puits vertical, puits incliné, chambre sur piliers, chantier incliné taillé en gradins) et des ouvrages d'assistance (galerie ou descenderie d'accès, puits incliné, galerie de circulation, d'aération, de jonction et des chambres et galeries d'exhaure). Tous les ouvrages creusés à l'outil, le plus grand nombre, sont systématiquement ouverts en respectant une section de forme trapézoïdale et ceci quel que soit le type de chantier, galerie, descenderie, chambre, chantier vertical ou puits.

Les différents types de galeries se distinguent les uns des autres par leur plus ou moins grande largeur et hauteur. Les travaux de recherche, galeries, descenderies, puits inclinés, se reconnaissent par le fait qu'ils ne communiquent pas avec d'autres travaux et se terminent sur un front de taille. Les différentes galeries ou descenderies d'assistance trouvent leur définition par la place qu'elles occupent dans un réseau et leur mise en connexion avec d'autres types d'ouvrages, comme des salles d'exhaure par exemple. Ainsi, la descenderie d'accès au jour G2 du réseau Cărnici 3 présente un gabarit trapézoïdal large : largeur 1,60 m, hauteur 2 m, plus de 50 m de longueur. Ces proportions facilitaient la circulation et le croisement des mineurs chargés de sacs de minerais et de déblais remontant vers la surface. Une galerie de recherche a des proportions plus étroites, en moyenne : largeur 1,25 m ; hauteur 1,75 m. Leurs longueurs sont très variables, de moins de 1 m pour les fronts de taille, de simples amorces de galeries, et jusqu'à 30 m de longueur.

Par ailleurs, les puits verticaux pour la circulation sont rares, comme par exemple dans le réseau Cărnici 5 (L : 2,40 m ; l : 1,80 m ; h : 2 m). Le passage entre deux niveaux se faisait soit par des chantiers verticaux, sans doute équipés d'échelles, soit par des descenderies à la sole taillée ou non en marches. Les galeries inclinées conservent une sole plate, taillée en plans inclinés, jusqu'à environ 17° de pente, les galeries très pentues, ou descenderies, sont équipées de marches (l : 30 cm ; h : 25 cm en moyenne) à partir d'environ 20° de pente. Au-delà de 45° de pente, ces descenderies sont considérées comme des puits inclinés avec marches, certains sont creusés selon un tracé hélicoïdal ; trois ouvrages de ce type ont été observés dans Cărnici.

La forme des chantiers d'exploitation est étroitement liée à la géométrie de la minéralisation. Sur filons ou corps de brèches sub-horizontaux, l'exploitation a été menée en chambres sur piliers,

³¹ B. CAUJET *et alii*, « Ancient mining networks ».

laissés pour assurer le soutien en sécurité de l'ouvrage. Les chambres correspondent à des séries de galeries trapézoïdales percées les unes à côté des autres et dont les parois de séparation ont été abattues. Le tracé de ces différentes galeries se retrouve aisément en couronne, à la sole et sur la paroi du fond de la chambre par une succession de fronts de taille accolés, de section trapézoïdale. Selon l'épaisseur du corps de minerai, l'exploitation a pu se développer sur deux ou trois étages en maintenant des planchers rocheux entre les niveaux ; de courts chantiers verticaux ou de petites descenderies avec marches permettaient de passer d'un niveau à l'autre.

Sur filons ou corps de brèche sub-verticaux, l'exploitation s'est développée en travaux verticaux ou fortement inclinés. Il s'agit de chantiers étroits aux parois verticales, généralement ouverts en commençant par percer une simple galerie de section trapézoïdale. Puis en élargissant et en approfondissant l'ouvrage à la sole de la galerie initiale, l'ouvrage a atteint des proportions d'un grand chantier vertical (exemple : longueur 15 m, largeur 2 m, hauteur 7 m, pour le grand chantier central de Cârnic 5).

Il existe également deux autres types de chantiers verticaux ou fortement inclinés. Il s'agit d'une part de chantiers constitués par une juxtaposition d'au moins quatre étages de galeries de section trapézoïdale creusées en léger décalage latéral, les unes au-dessus des autres, et consolidées par un dense boisage placé à la couronne et à la sole entre chaque niveau. Ce type très particulier de travaux n'a pour le moment été rencontré que dans les secteurs de Păru-Carpeni sous le massif de Carpeni et dans le massif de Țarina où un grand ensemble est en cours de fouille³². D'autre part, tout un secteur de Cârnic, le réseau Cârnic 10, est constitué par trois zones de chantiers très pentus, ouverts en gradins décalés sur un dyke de brèche incliné à environ 45°. Là aussi, ce sont des séries de galeries de section trapézoïdale qui ont été ouvertes les unes au-dessus des autres, en suivant le pendage de la structure minéralisée. Les parois entre les différentes galeries ont été au final abattues pour ne former plus qu'un vaste ensemble étagé en gradins.

LES ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES ET LES ATELIERS EN SOUTERRAIN

Dans les massifs de Cetate et Cârnic, il n'a pas été observé d'équipements de pompage pour l'exhaure (drainage). Le seul aménagement de ce type est un petit canal creusé à la sole d'une galerie de jonction horizontale, située assez en hauteur dans le massif de Cârnic. Ce drain permettait d'éviter le ruissellement depuis cette galerie vers une descenderie et un puits incliné, un ensemble de travaux de recherche dans Cârnic 1. Dans ce massif, on a observé parfois des surcreusements de section quadrangulaire placés à la sole, soit dans des galeries, soit dans des chambres. Ces sortes d'amorce de puits ont pu servir de bassins de stockage des eaux d'infiltration d'où l'eau était retirée par des seaux, mais également de petites réserves d'eau sous terre pour traiter (concentrer) un peu de minerai broyé, lors du contrôle de la teneur du minerai à l'avancement. La découverte d'un récipient en bois, interprété comme étant une batée et trouvé dans la chambre Ch5 du réseau Cârnic 1- Sup. conforte cette hypothèse. En liaison avec ce travail d'échantillonnage du minerai et du suivi de la teneur de la minéralisation, des enlèvements de roche calibrés ont été observés dans certains fronts de taille, ils indiquent la pratique de prise d'échantillons au front de taille.

En revanche, les réseaux miniers antiques situés dans le versant nord de la vallée, dans les massifs de Coș, Țarina, Orlea et Carpeni ont été ouverts pour partie sous le niveau hydrostatique. De ce fait d'importants systèmes d'exhaure mécaniques ont été mis en place à l'époque romaine pour maintenir un bon niveau de drainage des ouvrages en cours d'exploitation. Il s'agit de salles équipées de roues élévatoires à augets en bois, de canaux en bois et de galeries d'exhaure creusées de canaux à la sole³³. À ce jour, nous connaissons déjà cinq salles d'exhaure à Păru-Carpeni dans le massif de Carpeni, dont quatre salles appartenant au même système hydraulique ; de même la découverte d'un canal en bois et la disposition générale du fond des travaux antiques noyés à Coș (réseau Cătălina Monulești), ainsi que des mentions anciennes³⁴, laissent penser que des chambres avec roues hydrauliques existent également dans ce massif situé au nord-est de la vallée.

La présence de niches à lampe creusées dans le haut des parois atteste des aménagements d'époque romaine pour l'éclairage. De nombreux fragments de lampes romaines (des tessons d'au moins 65 lampes différentes incomplètes), dont deux lampes presque complètes, ont été retrouvés dans les

³² Id., « L'espace minier romain ».

³³ Id., « Équipements en bois dans les mines d'or protohistoriques et antiques ».

³⁴ F. POSEPNY, *Die montangeologische Aufnahme des Verespataker Goldbergbaugesbietes*.

déblais miniers qui colmataient les chantiers anciens du massif de Cârnic. Ces lampes à canal, sans anse, sont de trois tailles différentes et toutes des *Firmalampen* du type Loeschcke X, datables du II^e siècle de notre ère. Elles portent assez souvent la marque FORTIS, mais ne sont en fait que des surmoulages récents des lampes originaires de l'atelier italien Fortis³⁵. Parallèlement à l'utilisation des lampes à huile, l'éclairage se faisait aussi avec des torches faites de lattes de bois dont certains exemplaires partiellement carbonisés ont été retrouvés. Ces dernières servaient peut-être aussi à rallumer les lampes dans la mine.

Les sections étroites des galeries et la taille en trapèze permettaient d'éviter le boisage des petits ouvrages. Dans les hauts et étroits chantiers verticaux, des encoches dans les parois témoignent d'un étagage en bois et parfois de la présence de planchers suspendus en bois. Mais dans les parties supérieures visitées à Cârnic, ces boisages ne se sont pas conservés. Dans d'autres parties du site encore non fouillées, comme à Orlea et Țarina (versant nord de la vallée), des cadres en bois ont été retrouvés dans des galeries et à Carpeni et à Coș, des têtes de puits boisées et noyées ont été reconnues en prospection³⁶. Au nombre des équipements antiques en bois retrouvés, on compte deux canaux de drainage à Păru-Carpeni et à Coș. Également, huit échelles monoxyles encochées (cinq fragments d'échelle retrouvés dans Cârnic), dont trois entières retrouvées à Păru-Carpeni et à Coș ; la plus longue atteignant 5 m. Enfin, quelques petits outils de mineurs en bois (raclette à minerai, petite pelle) ont été retrouvés dans Cârnic et datés (C14 et dendrochronologie) de l'époque romaine. Mais aucun outil de mineur en fer n'a été pour le moment retrouvé en fouilles dans les mines de Roșia Montană.

IV. — LES RÉSEAUX MINIERS ANTIQUES DU MASSIF DE CÂRNIC

La mission 2001 a permis de faire le point sur le massif de Cetate et de constater qu'il renfermait peu de vestiges antiques conservés. Les *Curtile romane*, des chantiers anciens à ciel ouvert qui avaient fait la réputation de cette partie du site ont malheureusement été détruits par l'exploitation en carrière de ces trente dernières années. Actuellement, le fond de la carrière est stabilisé à la cote 890, alors qu'initialement le massif culminait à 1003 m d'altitude ; 113 m ont donc été détruits par l'exploitation récente de la Minvest et ceci sans études archéologiques préalables des travaux anciens de surface et souterrains. Sur Cetate, seulement deux secteurs antiques ont été préservés et étudiés, dans la partie nord-ouest, le secteur de Zeus ouvert par abattage à l'outil en fer (pointerolle et pic) et dans la partie sud-ouest, le secteur de Găuri ouvert par abattage au feu³⁷.

En revanche le massif de Cârnic est l'un des deux plus grands secteurs miniers de Roșia Montană, et le plus spectaculaire sur le plan patrimonial depuis que le massif voisin de Cetate a été détruit par une exploitation à ciel ouvert. Ce massif est excavé par un dédale de travaux modernes comme l'attestent les plans de synthèse qui illustrent l'évolution de l'exploitation minière³⁸ et la documentation inédite consultable dans les archives de la compagnie roumaine Minvest. Aujourd'hui l'exploration souterraine du massif est possible grâce aux niveaux de galeries quadrillées percées dans les années 1960-1980, qui s'étendent depuis le niveau de base Sf Cruce (niveau + 714) jusque sous le sommet du massif (niveau + 1046).

Les ouvrages antiques ont été étudiés principalement dans les réseaux de travaux appelés Cârnic 1, 2, 3, 5, 9 et 10. Ces réseaux sont situés sous le versant sud qui domine le village de Corna. Le relevé topographique général et exhaustif des ouvrages souterrains de toutes époques a été mené de 2003 à 2006 dans la partie sud de Cârnic. Il totalise environ 16 km d'ouvrages, dont 4 km de travaux romains et 12 km de travaux modernes ouverts à l'explosif et datables du XVII^e au début XX^e siècle.

Les fouilles se sont concentrées sur un vaste complexe de réseaux miniers antiques décomposé en sept ensembles de travaux souterrains, Cârnic 1-2-3-4-8-9-10, étagés dans le versant et tous reliés par des galeries horizontales ou des descenderies (galeries inclinées) de liaison (fig. 2). Ce vaste complexe regroupe à lui seul 2 750 m de travaux antiques topographiés couvrant une surface de 13 600 m². Il s'étage sur 98 m de dénivelée (des cotes +921m à +1019m d'altitude) et a exploré

³⁵ B. CAUJET *et alii*, « Ancient mining networks ».

³⁶ B. CAUJET, « Équipements en bois dans les mines d'or protohistoriques et antiques ».

³⁷ B. CAUJET *et alii*, « Ancient mining networks ».

³⁸ F. POSEPNY, *Die montangeologische Aufnahme des Verespataker Goldbergbaugebietes*; T. P. GHIȚULESCU et M. SOCOLESCU, « Étude géologique et minière des Monts Métallifères ».

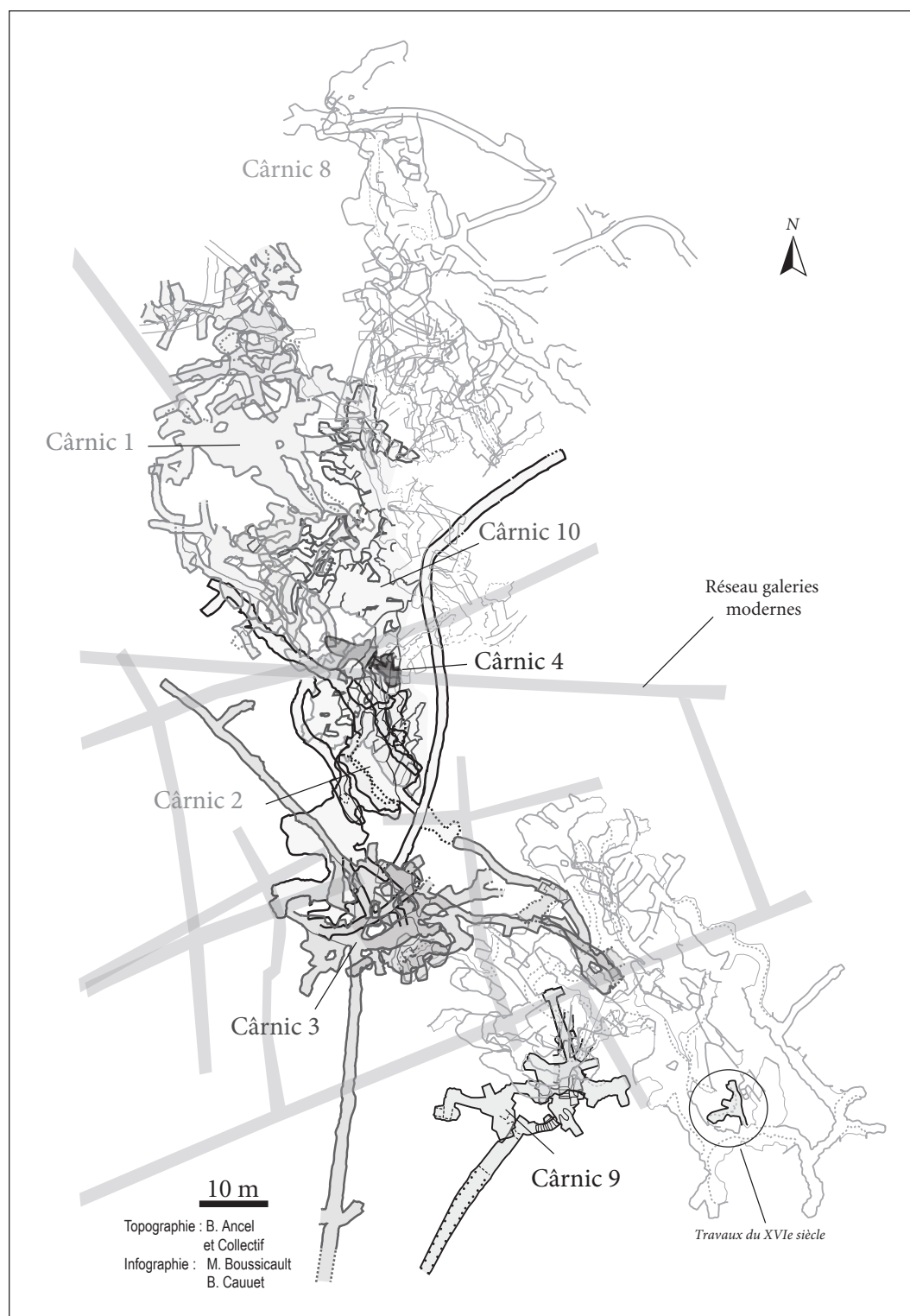


FIG. 2. — Plan d'ensemble des réseaux reliés et principalement étudiés Cârnic 1, 2, 3, 4, 8, 9 et 10 du massif de Cârnic

et exploité une grande zone minéralisée. Elle est de direction majeure NNO-SSE et accuse un fort pendage ouest/sud-ouest. Il s'agit d'une structure complexe de dykes bréchiques recoupés de filons de quartz et de stockwerks. À partir de cette structure principale se détachent des filons secondaires, peu inclinés à sub-horizontaux. Le grand ensemble de réseaux imbriqués a été foncé selon une progression descendante vers l'intérieur du massif à partir de longues descenderies venues du jour.

LE RÉSEAU CÂRNIC 1

Ce réseau antique se trouve au cœur du massif à environ 200 m de la surface. Il s'étend sur 286 m² (13 m x 22 m) et comprend plus de 346 m de travaux linéaires développés. Les travaux regroupés dans Cârnic 1 sont pour une bonne partie des chantiers très redressés, taillés en gradins sur une dénivelée de 50 m (entre les cotes 973 et 923). Les travaux d'exploitation se répartissent en huit chantiers fortement inclinés, en cinq chambres sur piliers plus ou moins vastes et en six puits inclinés ou descenderies avec gradins ou marches. Nous avons distingué trois niveaux (Supérieur, Moyen et Inférieur) de travaux qui peuvent se subdiviser chacun en trois à quatre niveaux étagés.

Autour de ces grands chantiers accolés ou juxtaposés qui ont travaillé des croisements de corps de minerai sub-horizontaux ou sub-verticaux, on trouve plusieurs petites galeries de recherche au profil trapézoïdal caractéristique. Les dimensions des sections de galerie trapézoïdale oscillent entre une largeur moyenne de 1,20 à 1,40 m pour une hauteur comprise entre 1,50 et 2 m, offrant une ouverture allant de 1,53 à 2,80 m². La plus longue de ces galeries ne dépasse guère 11 m de longueur dans Cârnic 1. Les grands ouvrages en chambres sur piliers ou en chantiers verticaux étroits ont été, pour partie, repris par les Modernes.

La chambre la plus imposante, C5, est située dans la partie supérieure du réseau où elle distribue des fronts de taille et des amorces de galeries sur au moins trois étages (fig. 3). Dans le niveau inférieur noyé de cette chambre, des outils en bois d'époque romaine ont été conservés (fig. 4), comme des pelles, des raclettes à minerai, des auges pour transporter le minerai, une batée et des fragments d'échelles encochées monoxyles (datations C14). Ailleurs, les parois des chantiers antiques réexploités ont été souvent abattues par les Modernes et les seuls vestiges du profil antique initial sont des reliquats de couronnes et de soles. Cependant de multiples amorces ou reliques de front de taille antiques permettent de bien restituer le plan général des ouvrages anciens.

Des niches à lampe se rencontrent à certains niveaux, dans le haut des parois des galeries antiques préservées. Dans les comblements des ouvrages, les dix à vingt derniers centimètres de sédiments sur la sole ont souvent livré des tessons de lampes romaines à canal, typiques du II^e siècle de notre ère, ainsi qu'une lampe presque complète marquée d'un graffito *Iustus* (fig. 5, p. 230). Ce remblai généralement argileux et compacté correspond au niveau de circulation des mineurs de l'Antiquité et les lampes cassées qu'il renferme sont un témoignage direct de l'activité minière dans le réseau.

Dans la partie supérieure du réseau, une galerie horizontale semble prolonger une longue descenderie venant du jour. Mais cette dernière n'a pu être dégagée jusqu'à la surface, car elle est effondrée et de ce fait dangereuse à fouiller. La galerie horizontale présente elle un surcreusement en canal le long d'une des parois (fig. 6, p. 230). Il s'agit du seul aménagement observé pour un drainage de l'eau dans le massif de Cârnic. Les travaux les plus profonds sont deux puits (dont un de forme hélicoïdale) qui se terminent sur un fond plat sans qu'aucun aménagement n'ait été remarqué pour évacuer les eaux d'infiltration. Il semble que le massif de Cârnic n'ait pas posé de gros problèmes d'exhaure (drainage), les eaux finissant sans doute par descendre par les fissures, plus bas dans le massif. Cela explique sans doute l'absence de dispositifs d'exhaure dans Cârnic.

LE RÉSEAU CÂRNIC 2

Ce réseau est situé plus au sud dans le versant et plus près de la surface que Cârnic 1. Les deux réseaux sont reliés par leurs étages inférieurs (fig. 7, p. 231). En Cârnic 2, il s'agit d'une descenderie creusée manifestement en direction du bas de Cârnic 1 pour effectuer une jonction, utile sans doute pour la circulation de l'air, des charges et des personnes. Le réseau Cârnic 2 occupe une surface de 897 m² (23 m x 39 m) et comprend 395 m de travaux linéaires développés. Il s'étage sur 35 m de hauteur (entre les cotes 932 et 946) et trois niveaux principaux (Supérieur, Moyen et Inférieur), l'étage intermédiaire se subdivisant encore en deux niveaux.

Le haut de Cârnic 2 correspond à des galeries et des descenderies de recherche qui se recoupent à angle droit dans différentes directions. Elles ont été manifestement creusées depuis le haut en descendant dans le massif à partir de l'étage inférieur du réseau Cârnic 3, situé au-dessus et en décalage vers le sud. C'est à ce niveau supérieur de Cârnic 2 que l'on rencontre une très longue et très belle descenderie de recherche, G31 (70 m de longueur pour 30 m de dénivelé), à la sole taillée en cent vingt cinq marches et comprenant vingt huit niches à lampe en haut des parois. Elle se termine en plan incliné sur un front de taille vertical et lisse. Cet ouvrage de très belle facture a dû nécessiter un travail très dur sur plusieurs années sans avoir permis d'aboutir à une autre partie de la mine ou sans avoir rencontré de corps de minerai utile à exploiter.



FIG. 3. — La grande chambre d'exploitation sur piliers C5 (8m de hauteur) du réseau Cărnici 1 vue dans sa partie médiane en fin de fouille (cliché B. Cauuet)

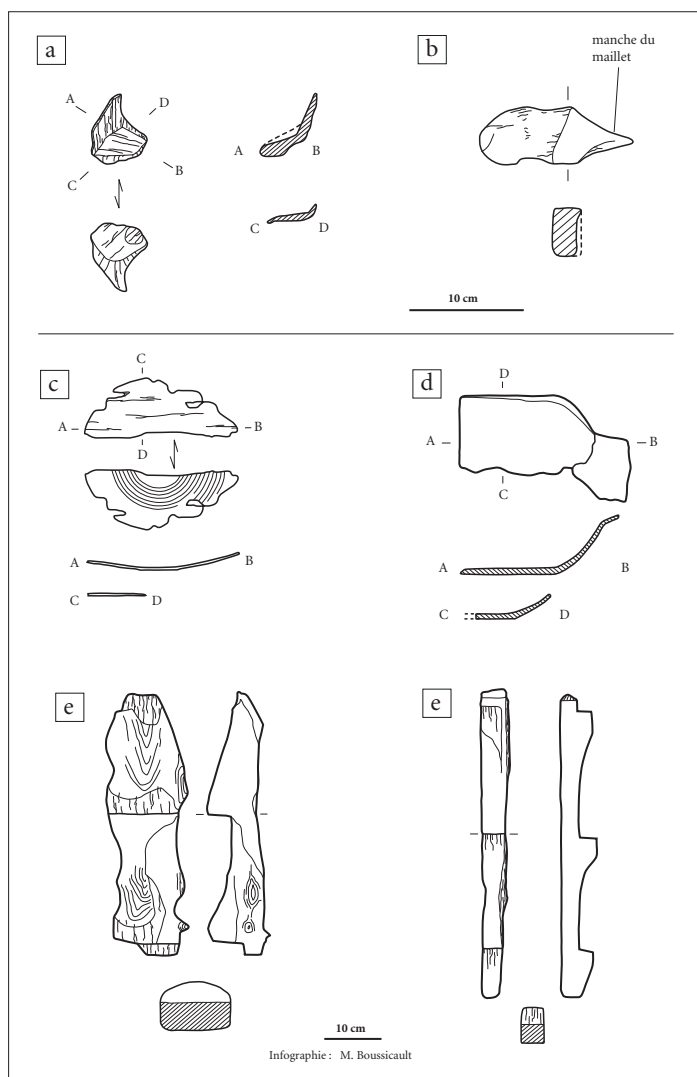


FIG. 4. — Mobilier en bois d'époque romaine découvert dans la chambre C5 de Cărnici 1. Petit outillage : a) pelle, b) maillet ; récipients : c) batée pour concentrer et tester le minerai, d) auge pour charger le minerai ; e) échelles monoxyles

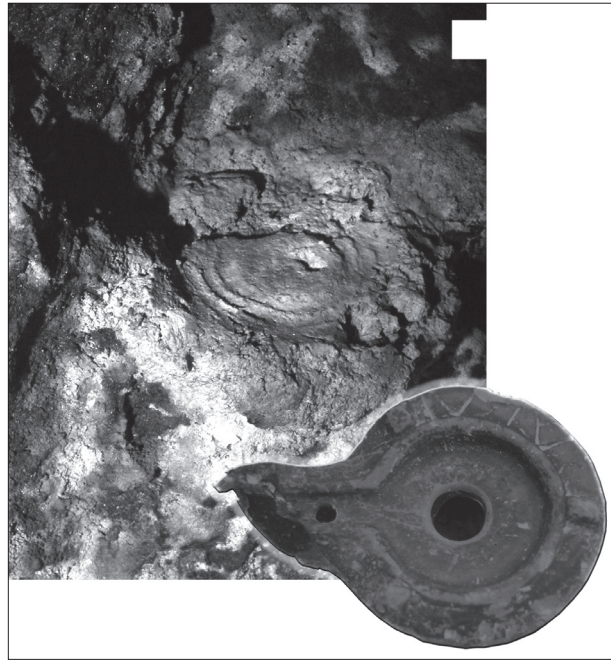


FIG. 5. — Lampe romaine de type Loeschcke X portant le graffiti IUSTUS trouvée dans la galerie G2 du réseau Cârnic 1 ; b) Empreinte du fond d'une lampe romaine laissée dans l'argile de calage placée à la base d'une niche à lampe de la galerie G31 dans Cârnic 2

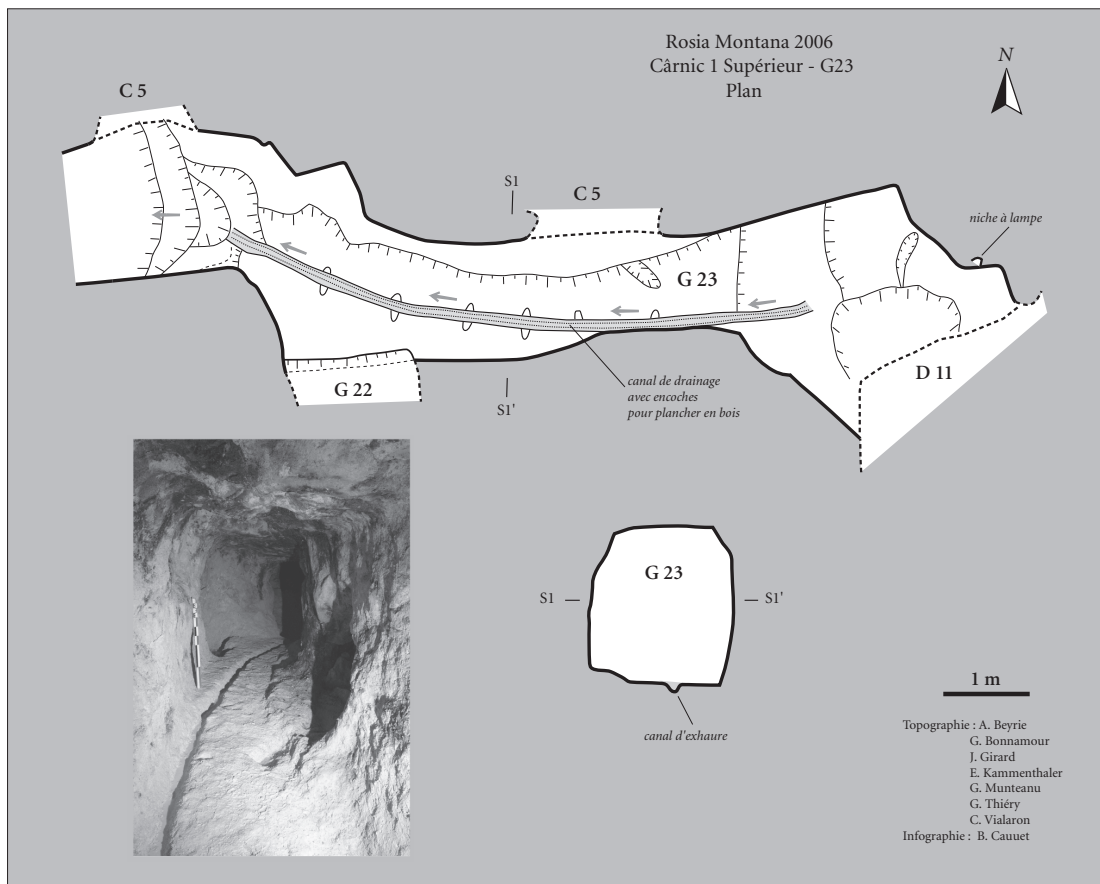


FIG. 6. — L'unique galerie G23 équipée d'un canal d'exhaure et trouvée dans Cârnic 1- Supérieur

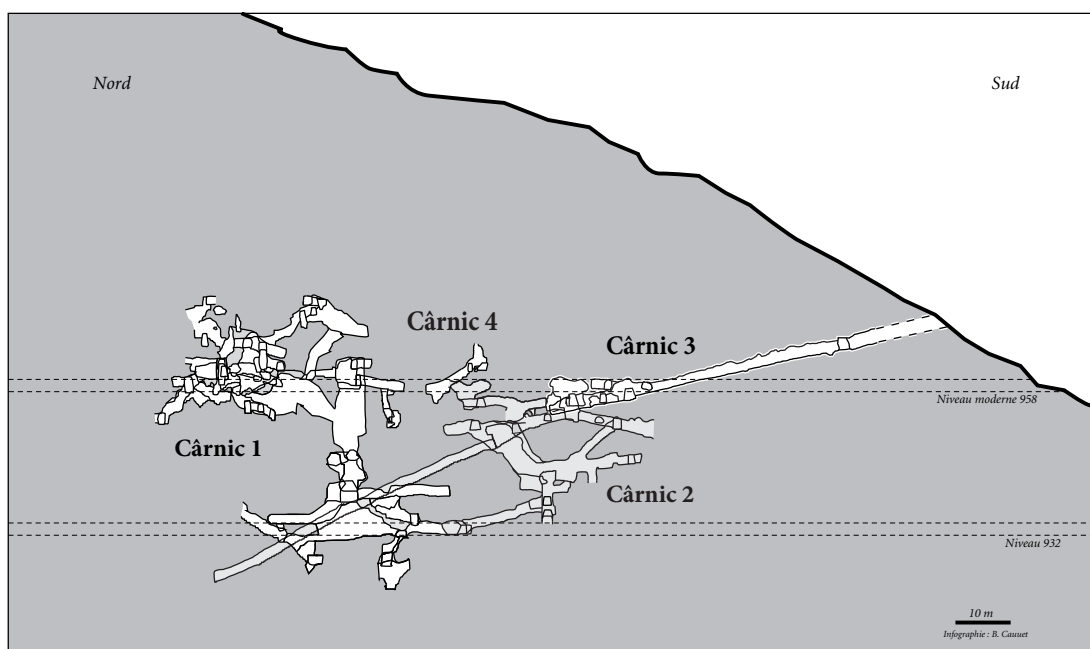


FIG. 7. — Le massif de Cărnic vu en coupe Nord-Sud avec projection des chantiers antiques des réseaux Cărnic 1-2-3-4 (partiel)

Par deux des galeries de recherche et d'exploration (des descenderies avec marches), on débouche dans l'étage intermédiaire de Cărnic 2 qui correspond à la zone des travaux d'exploitation. Ils se développent en trois secteurs du sud vers le nord. La partie sud comprend deux chambres sur piliers qui ont exploité des corps de minerai sub-horizontaux (filons). Elles s'étagent en gradins l'une à l'arrière de l'autre. Quelques courtes galeries de section trapézoïdale complètent l'ensemble. Dans ces galeries, les comblements anciens ont livré plusieurs éléments de lampes romaines du II^e siècle de notre ère.

La partie nord de Cărnic 2 est fortement inclinée et correspond à un vaste chantier très redressé, résultat d'une importante reprise moderne qui a largement déformé les travaux antiques dans ce secteur. On reconnaît cependant de nombreux fronts de taille antiques ici ou là qui permettent de restituer l'allure générale des travaux anciens. À partir de la partie haute de l'ouvrage se développent deux longues galeries d'exploitation antiques, sub-horizontales qui ont suivi sur plusieurs dizaines de mètres des filons. Elles se terminent sur des petits chantiers anciens inclinés à la sole taillée en marches ou en gradins. Dans la partie haute, côté nord, Cărnic 2 est relié à la base de Cărnic 4. Côté sud, le haut de Cărnic 2 est relié par un large dépilage à Cărnic 3. On accède à l'étage inférieur de Cărnic 2 par un puits large et profond, une sorte de chantier vertical étroit qui s'enfonce dans les profondeurs où il semble avoir été approfondi par les Modernes. Le bas du réseau se résume à G2, une longue descenderie de liaison avec le bas de Cărnic 1.

LE RÉSEAU CĂRNIC 3

Il s'agit d'un réseau antique relativement bien conservé et qui communiquait directement avec le jour par une longue descenderie tracée en plan incliné vers le cœur du massif sur plus de 50 m de longueur. Sa sortie au jour n'a pu être dégagée, car elle est effondrée sur une trentaine de mètres. Elle a été désobstruée sur près de 20 m de longueur, mais depuis l'intérieur du massif. Cette descenderie d'accès donnait directement dans une petite exploitation minière développée à l'horizontal dans toutes les directions et sur deux étages.

Dans cet ensemble étalé sur 609 m² (21 m x 29 m), correspondant à 320 m de travaux linéaires développés, on dénombre six chambres sur piliers dont deux chambres exploitées sur deux niveaux avec planchers rocheux suspendus. La périphérie des chambres est marquée par de petites amorces d'exploration de la minéralisation en galeries de section trapézoïdale, de 3 à 4 m de longueur maximum. Côtés est et ouest, deux longues galeries, l'une inclinée, l'autre sub-horizontale, ont été

poussées sur plus de 30 m de longueur à la recherche de nouveaux secteurs richement minéralisés. La galerie est donnée dans un petit réseau inférieur comprenant deux petites galeries parallèles et un large puits de section rectangulaire. La partie plus à l'est de cette galerie de recherche supérieure a été en partie défigurée par les reprises modernes. La descendrière de recherche du côté ouest se termine sur un front de taille après avoir donné dans un petit chantier latéral.

Ce niveau Cârnic 3 apparaît comme un ensemble de travaux cohérents et bien regroupés qui pourrait correspondre à une concession minière antique bien individualisée et directement reliée au jour³⁹. L'étage inférieur de Cârnic 3 donne par un vaste chantier vertical dans le réseau de galeries de recherche du haut de Cârnic 2. La disposition des chantiers entre ces deux réseaux et les sens d'avancement des mineurs anciens identifiables par les traces d'outils en paroi et le profil général des ouvrages montrent clairement que le réseau Cârnic 2 a été ouvert après le réseau Cârnic 3. Il peut correspondre soit à une extension de l'exploitation initiale vers l'intérieur du massif, soit à une deuxième concession ouverte à partir de celle plus proche du jour.

LES RÉSEAUX CÂRNIC 4 ET CÂRNIC 8

Cârnic 4 et 8 sont situés au-dessus de Cârnic 1 et 2 et donnent dans ces deux réseaux par des ouvrages très inclinés ou verticaux. Ils ont été explorés et topographiés et l'étude géologique a pu être globalement menée en Cârnic 4. Cependant, ils se trouvent plus en altitude par rapport à l'ensemble Cârnic 1-2-3 et de ce fait dans des parties très abruptes et très instables du massif, proches de la surface. Pour des questions de sécurité, seule la partie inférieure de Cârnic 4 a pu être étudiée et la plus grande partie de ces deux réseaux n'a pas été fouillée. Le travail de fouille qui restera à faire ne pourra être lancé qu'à partir de la surface et au moyen de gros engins mécaniques permettant de soulever les énormes blocs et pans de roche effondrée qui en masquent les accès.

LE RÉSEAU CÂRNIC 9

a) Les travaux antiques

Ce réseau situé légèrement plus à l'est de l'ensemble Cârnic 1-2-3 a été découvert à partir d'une descendrière d'accès antique, retrouvée par un sondage à la pelle mécanique. Il s'agit d'un vaste ensemble de travaux étagés sur quatre niveaux, mais comprenant pour les trois quarts des travaux modernes ouverts à la poudre. En effet, la plupart des travaux antiques de ce secteur ont été éventrés et défigurés par les reprises modernes. Nous n'avons recensé que trois secteurs présentant une continuité de travaux anciens méritant un travail de fouilles. La partie allant vers le jour présente un petit ensemble remarquable structuré autour d'une longue descendrière en plan incliné, qui après un angle droit vers l'est, descend dans les profondeurs du massif et dans des petits dépilages latéraux, dont un contenait une échelle antique monoxyle.

Enfin, l'ensemble le plus significatif étudié dans Cârnic 9 correspond à un réseau antique, très profond, trouvé et fouillé à l'étage inférieur de cette partie du massif. Les travaux s'y développent à l'horizontal sur près de 300 m² et sur 85 m de travaux linéaires. Ils s'organisent autour de deux chambres sur piliers, travaillées sur un seul niveau qui s'étire du nord au sud, puis d'est en ouest. Dans cette partie de la mine, on voit nettement comment le système d'exploitation s'organise à partir du percement de séries de courtes galeries de section trapézoïdale, placées les unes à côté des autres. À partir d'un certain avancement, les parois qui séparent les galeries sont abattues et des parties de parois sont conservées pour servir de piliers de soutien aux chambres ainsi obtenues. Dans le niveau de circulation antique fouillé, plusieurs fragments de lampes à canal du I^{er} siècle ont été retrouvés.

b) Les ouvrages des XVI^e - début XVII^e siècles

Au-delà de cette partie amont, les travaux sont très défigurés. Plus en profondeur, on rencontre un deuxième petit secteur intéressant qui présente des chantiers petits et étroits, creusés à l'outil. Cet ensemble a été fouillé et daté du XVI^e siècle par une datation C14 faite sur une pièce de boisage trouvée dans le comblement d'un chantier. Ce petit ensemble se distingue nettement des propor-

³⁹ B. CAUJET, « Apport de l'archéologie minière à l'étude de la mise en concessions des mines romaines ».

tions classiques et relativement systématiques des travaux d'époque romaine par la forme, la section des chantiers et les traces d'outils en parois (traces de pointerolle fines et d'une certaine fraîcheur). Il s'agit, comme à la galerie de La Studentu près de Găuri (massif de Cetate), de travaux « médiévaux » ou « post-médiévaux » ouverts entre le *xvi*^e et le début du *xvii*^e siècle, juste avant l'apparition de l'explosif en mine.

Dans ces travaux peu nombreux, les galeries sont très étroites (largeur entre 0,45 et 0,85 m) et montrent une progression d'avancement en marches, recreusées à la sole. Ce type de percement était mené par une équipe de deux mineurs, l'un placé au front de taille, le second suivant en arrière pour agrandir l'ouvrage par un approfondissement creusé à la sole⁴⁰. C'est là une technique de percement de galerie classique du *xvi*^e siècle et que l'on retrouve à la même époque dans les mines des Vosges (France). À Roșia Montană, certains fronts de taille de section trapézoïdale, mais d'un format beaucoup plus petit que celui des ouvrages antiques, correspondent à des travaux des *xvi*^e-*xvii*^e siècle.

LE RÉSEAU CÂRNIC 10

Ce dernier réseau antique remarquable se trouve situé vers l'intérieur du massif, assez loin du jour et communique avec Cârnic 4 et Cârnic 8 par son flanc est. Il constitue une zone à l'écart. L'ensemble couvre une surface de près de 2 700 m² (45 x 60 m) et comprend plus de 400 m de travaux linéaires développés sur une dénivelée d'environ 21 m (fig. 8a, p. 234). Dans la partie est, les travaux antiques ont été très perturbés par des effondrements importants et par des reprises modernes. Les secteurs intéressants sont ceux situés en partie centrale et dans les trois développements côté ouest. Cârnic 10 correspond à un ensemble de chantiers sub-verticaux, étagés en gradins parallèles. En fait, il s'agit de séries de galeries trapézoïdales, ouvertes les unes à côté des autres, puis les unes au-dessous des autres en suivant l'inclinaison des structures minéralisées, à savoir des croisements de veines (horizontales et verticales) et de corps de brèche (dykes de brèche). Les parois séparant ces galeries ont été ensuite abattues, créant des chantiers inclinés en gradins étagés (fig. 8b, p. 234).

Cela donne à l'ensemble une morphologie particulière avec de multiples fronts de taille, étagés qui festonnent les limites extérieures de trois zones principales d'exploitation⁴¹. Localement, on découvre un étage inférieur où des petits chantiers ont été percés. Des fragments de lampes romaines du *ii*^e siècle de notre ère ont été également conservés dans les comblements des chantiers. Les soles des parties les plus hautes ont été retrouvées quasiment nues, portant assez peu de remblais anciens ou modernes. En revanche, les parties inférieures du flanc ont été fortement défigurées et comblées par les travaux modernes.

LES SPÉCIFICITÉS DU MASSIF DE CÂRNIC

Les travaux anciens de Cârnic comprennent des galeries, des descenderies, des chantiers verticaux étroits, des chambres sur piliers et des puits inclinés, voire hélicoïdaux, qui offrent une grande diversité d'architecture selon le contexte géologique. Sur filon vertical les chantiers sont apparemment constitués de galeries superposées. Ils offrent des parois verticales qui conservent bien les traces d'outils avec des ruptures (banquettes, décrochements) qui indiquent les limites des galeries qui les ont dépilées. Dans les chantiers, les traces d'outils permettent de comprendre la dynamique opératoire, c'est-à-dire les sens de creusement, le suivi de la minéralisation, les choix stratégiques des mineurs dans l'avancement du travail. On note la forme caractéristique et assez systématique en section trapézoïdale de la plupart des galeries et des chantiers, ce qui n'est pas une tradition minière romaine. Cette tradition peut être d'origine locale et dace ou encore être arrivée avec les mineurs déplacés des régions de Dalmatie et d'Illyrie. La suite des recherches nous éclairera sur ces questions techniques.

En roche dure (zone de Piatra Corbului), l'attaque au feu est omniprésente et donne une architecture caractéristique de plafonds voûtés et de parois arrondies, noircies. Dans ce type d'architecture, l'ampleur des salles est spectaculaire. La présence d'encoches à lampe est également significative des travaux anciens d'époque romaine. Les descenderies sont comparables à des galeries inclinées à la sole taillée en marches plus ou moins hautes selon la pente. Leur rôle paraît être prépondérant dans

⁴⁰ P. FLUCK, « La-Croix-aux-Mines ».

⁴¹ B. CAUDET, « L'espace minier romain ».

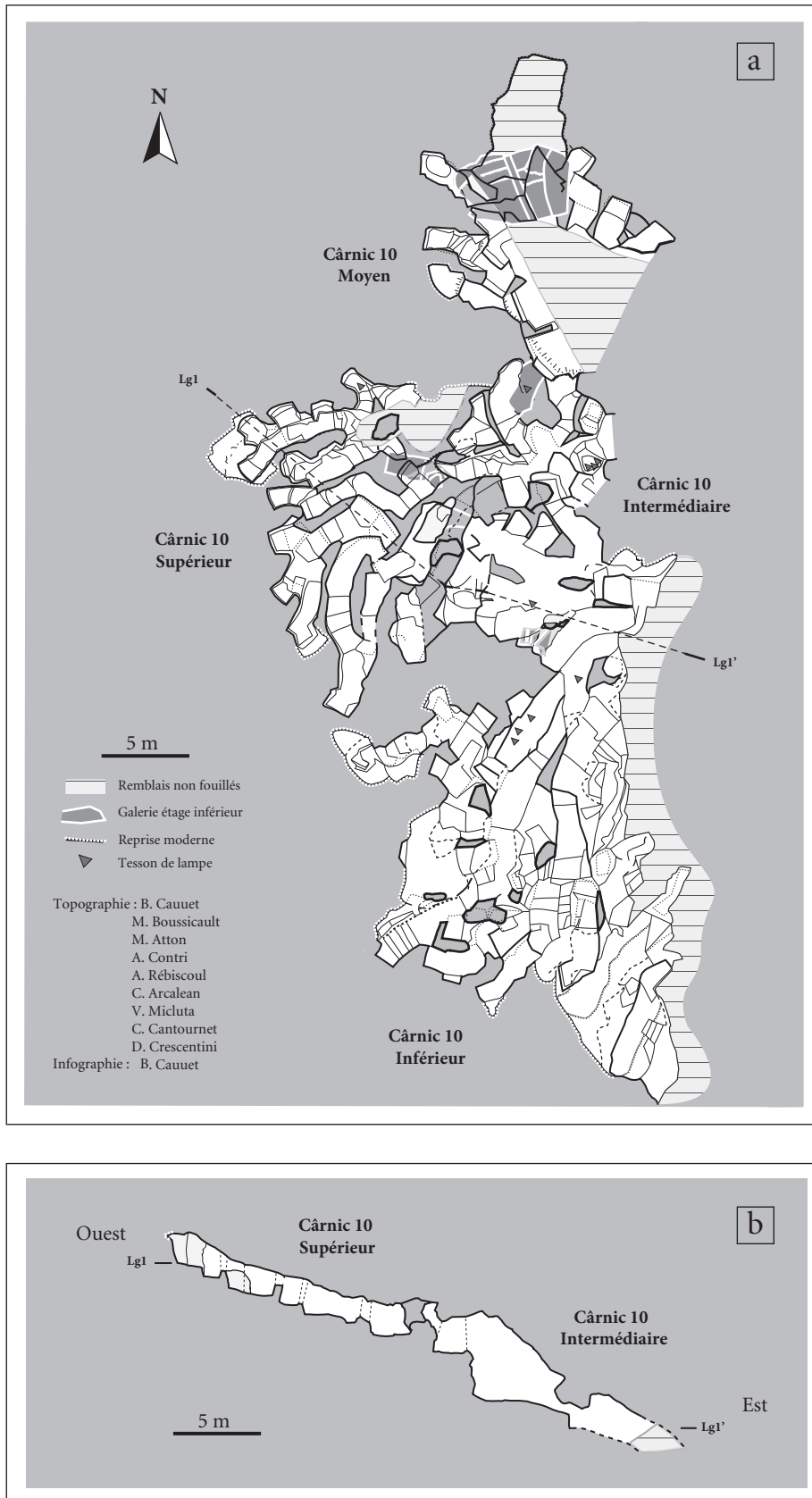


FIG. 8. — Plan d'ensemble des nombreux chantiers du réseau Cărnic 10 ; b - Vue en projection Ouest-Est des ouvrages du réseau Cărnic 10-Supérieur

l'organisation des exploitations. Les puits verticaux sont rares et de faible profondeur. La circulation des hommes et des charges et la ventilation se sont faites principalement par le laci des galeries et des descenderies. Le portage devait se faire à dos d'homme mais également sur des brancards. Lors de la campagne de 2007 dans le massif de Țarina, un brancard romain (datation C14) partiellement conservé a été retrouvé.

V. — SECTEUR CARPENI, PARU-CARPENI

En 2004, plus au nord sous la vallée de la Roșia, les relevés topographiques ont été commencés dans le quartier Carpeni, un secteur très prometteur, notamment pour les équipements en bois qui se sont bien conservés dans un contexte très humide, amenant la découverte de sept portions de travaux antiques, dont deux salles de roue d'exhaure. Le travail d'exploration et de topographie a été fait à partir des travaux modernes liés à la galerie Sf Cruce qui ont recoupé un grand nombre d'ouvrages anciens. Il y a encore beaucoup d'exploration à mener dans ce secteur pour en parfaire la connaissance, notamment derrière des murs en parpaings qui cachent plusieurs secteurs avec travaux antiques.

Les recherches ont été ici marquées, en 2004, par une très importante découverte, celle des emplacements d'au moins deux roues hydrauliques pour l'exhaure (pompage) dans la mine. Elles se trouvent situées à environ 25 m de distance l'une de l'autre et sont d'époque romaine. Il s'agit de grandes salles de section quadrangulaire, reliées à une galerie basse (d'où venait l'eau) et une galerie haute (vers où l'eau était remontée). Dans ces chambres étaient installées des roues élévatoires à augets en bois qui puisaient l'eau à drainer depuis le bas de la salle pour la remonter vers une galerie supérieure, au travers d'un canal en bois, placé en hauteur au niveau de la galerie supérieure et le long de la roue. Les deux salles découvertes en 2004 étaient remplies d'une accumulation de boisages conservés et tombés en tas.

En 2005 et 2007, la salle d'exhaure située le plus au sud-est et qui se trouvait dans un meilleur état de conservation que l'autre a été entièrement fouillée. À partir de cette salle initiale (L : 4,50 m ; l : 2,30 m ; h : 5,80 m), les fouilles ont permis d'identifier trois autres salles d'exhaure reliées directement par des galeries à celle fouillée ; l'une plus basse et les deux autres dans un étage supérieur. Il s'agit donc dans cette partie sud-est de Păru-Carpeni, d'un ensemble d'au moins quatre salles d'exhaure liées en diagonale et creusées les unes au-dessus des autres, à partir de 30 m de profondeur. La salle centrale a livré toutes les pièces du boisage qui étaient le plafond, ainsi que les éléments brisés d'une roue élévatoire à augets datée par C14 du 11^e siècle de notre ère⁴². Il s'agit d'une découverte majeure sur le drainage des mines romaines par machinerie qui survient pour la première fois en Europe depuis les années 1930 et les découvertes fortuites faites dans les mines du sud de la péninsule Ibérique. Ici, la découverte s'est faite dans un contexte archéologique contrôlé qui va permettre de comprendre l'ensemble du dispositif et de le restituer en totalité (fig. 9, p. 236).

Par nos recherches bibliographiques nous savions que des éléments de roue d'exhaure avaient été retrouvés à Roșia Montană au 19^e siècle, mais sans que l'emplacement exact de ce type d'équipement de pompage ait été précisé. Par ailleurs, se trouvaient exposés au musée archéologique d'Alba Iulia deux pales et un axe de roue pratiquement complet. La salle étudiée a été percée par une galerie moderne remontante au niveau du bassin collecteur d'eau. Il paraît donc très vraisemblable que ce soit lors de cette découverte fortuite que les mineurs modernes ont prélevé les deux pales et l'axe de la roue qui se trouvent maintenant au musée d'Alba Iulia. Grâce à l'ensemble de ces pièces nous avons pu effectuer une première restitution du boisage du plafond de la salle et du dispositif de suspension et de construction de la roue⁴³. De même, le système d'élévation de l'eau de mine, grâce à la succession des trois salles à roues élévatoires reliées aux différentes galeries de drainage, a été étudié et topographié. Il paraît évident que d'autres salles d'exhaure doivent compléter ce dispositif en s'élevant vers la surface ; la suite des recherches devrait permettre de le vérifier.

L'étude des bois a montré que la plupart des essences sont le sapin pour les pièces des boisages et le hêtre pour les pièces de la roue. Les pièces des boisages supérieurs et inférieurs de la salle se corrélaient parfaitement et se calent dans le milieu du 11^e siècle après J.-C., autour de 155 de notre ère.

⁴² Un morceau de planche en bois de sapin (partie d'un boisage) a été prélevé pour une analyse C14 et la datation (Archeolabs) a donné : 1925 +/- 50 BP (40 BC - 220 AD) ; soit en date 14C calibrée entre 1 cal BC et 220 cal AD (entre les 1^{er} et 11^e siècles de notre ère).

⁴³ B. CAUDET, « Équipements en bois dans les mines d'or protohistoriques et antiques ».

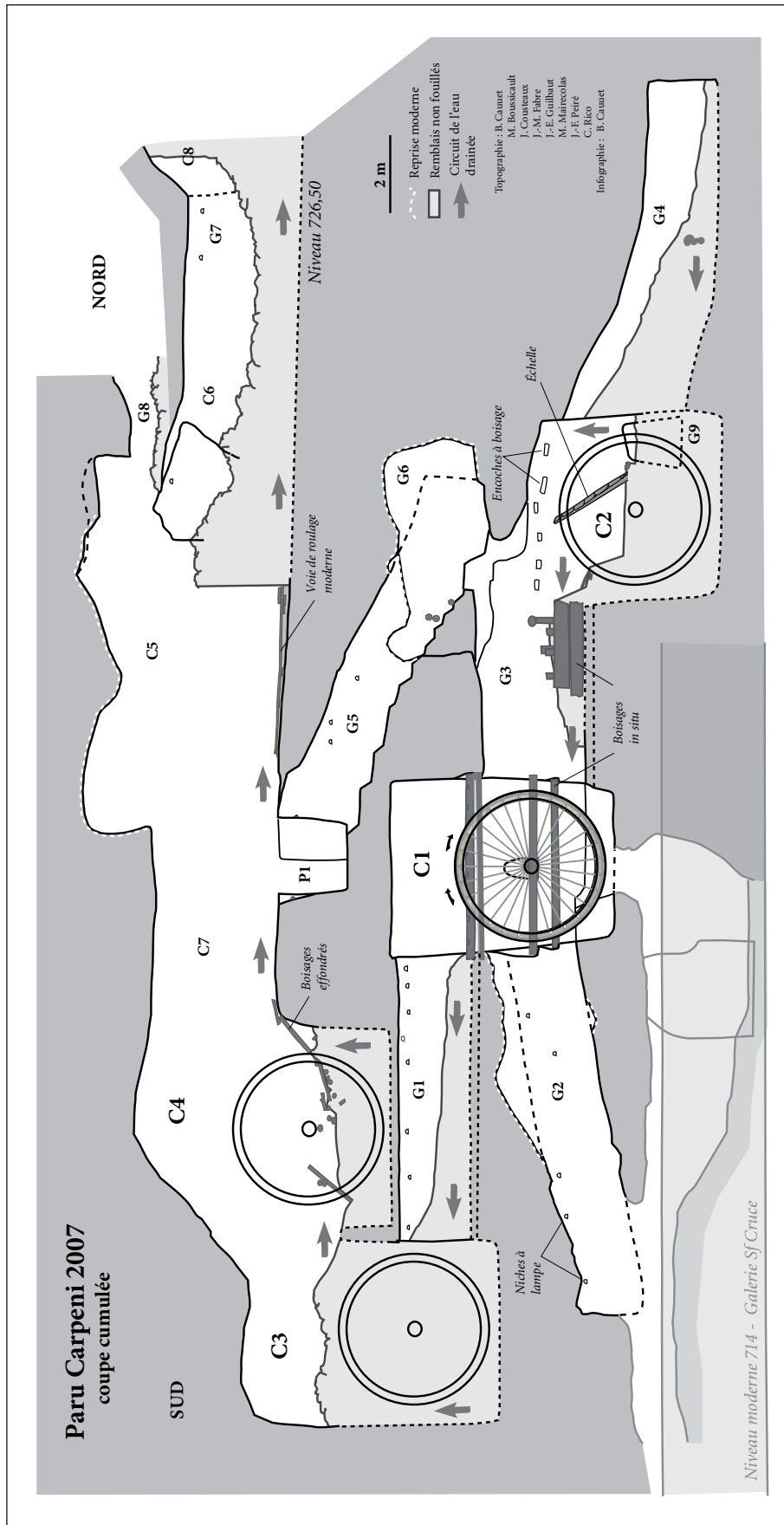


Fig. 9. — Păru-Carpeni : coupe cumulée présentant l'ensemble des quatre chambres à roues élévatoires et les galeries reliées en fin de fouille en 2007

En revanche, les pièces d'étagage rencontrées dans la galerie inférieure seraient plus anciennes de 50 ans environ, datant vraisemblablement de la fin du 1^{er} siècle après J.-C. L'étude doit être aboutie pour pouvoir donner plus de précisions⁴⁴.

VI. — APPORT DE LA GÉOLOGIE-GÎTOLOGIE À LA COMPRÉHENSION DE LA PRATIQUE MINIÈRE DES ANCIENS

Jusqu'à récemment les échanges archéologues-géologues sont restés assez limités, car l'apport des géologues concernant la nature des gisements se faisait à trop grande échelle. En effet, les géologues peuvent fournir des informations très générales concernant la province métallogénique dans laquelle le gisement en question se trouve, l'évolution à grande échelle du territoire ou les principes généraux de la formation d'une telle ou telle ceinture métallogénique. Ce type d'informations, bien qu'il confirme un fort potentiel métallifère et donc la possibilité que ce potentiel ait pu être exploité depuis longtemps, reste trop général et de peu d'intérêt pour les archéologues miniers.

Leur demande se situe à un autre niveau d'échange, celui de l'échelle du gisement qui doit permettre aux géologues d'en préciser la nature et les particularités minéralogiques en termes directement compréhensibles et utilisables par les archéologues. En fait, l'archéologue minier a besoin d'informations très ciblées concernant le contexte minéralogique des réseaux miniers qu'il étudie, car il s'agit de reconstruire l'activité minière dans sa globalité. Les demandes d'informations concernent principalement la nature de la roche encaissante, la morphologie des corps de minerai, la composition minéralogique du minerai, le volume enlevé et la teneur du minerai dans chaque front de taille. En effet, le contexte géologique d'un ouvrage minier particulier donne généralement beaucoup d'informations à même de faire avancer la connaissance d'un secteur minier⁴⁵.

DURETÉ DE LA ROCHE

D'une manière générale et très visible, la technique d'avancement utilisée dans la mine s'adapte étroitement à la dureté de la roche/minerai traversé(e). Les mineurs anciens ont adopté l'abattage à l'outil dans des roches d'une dureté faible à forte. Dans des roches très dures, l'abattage au feu était plutôt privilégié. Cette technique était aussi conditionnée par les possibilités d'aéragage. Par exemple, les grands travaux à ciel ouvert de Cetate, les fameux *Curțile Romane* qui ont suivi sur la verticale des grandes structures de brèches fortement minéralisées et fortement silicifiées, donc très dures, ont été ouverts par abattage au feu. Les mineurs ont adapté leur façon d'exploiter à la dureté de la roche, comme dans le massif de Cărnic où une galerie a été alternativement creusée à l'outil, avec un profil trapézoïdal typique, et au feu, avec les parois et le plafond lisses et arrondis.

ALTÉRATIONS HYDROTHERMALES

Une particularité des corps de minerai de Roșia Montană est la silicification, c'est-à-dire une altération hydrothermale qui marque les corps de minerai. Cet indice de la minéralisation se traduit pour les mineurs par un changement de la couleur de la roche, qui devient grisâtre, mais aussi par une augmentation de la dureté de cette roche. Dans le cœur de la zone de roche silicifiée, dont la partie la plus dure, se trouve la zone la plus riche d'un corps de minerai. Assez souvent, nous avons mis en évidence dans les travaux miniers des zones de silicification traversées par les mineurs et le but recherché était à l'évidence de trouver la structure minéralisée responsable de cette altération.

Un exemple évident de la stratégie d'exploration du gîte a été observé dans le grand chantier vertical Ch19 du réseau Cărnic 5 où les Anciens ont exploité une structure filonienne arborescente. La structure principale a plusieurs branches qui ont aussi des teneurs élevées. De ce fait, il était important pour les mineurs de reconnaître toutes les branches de cette structure filonienne verticale. En conséquence, les Anciens ont creusé une amorce de galerie à partir d'une paroi silicifiée du chantier central. Au bout de quelques dizaines de centimètres, constatant que la dacite encaissante n'était plus silicifiée, ils ont arrêté leur percement, car ils ont dû comprendre que l'absence de silicification indiquait la sortie de la zone potentiellement riche.

⁴⁴ Id., « L'espace minier romain ».

⁴⁵ B. CAUDET et C. TĂMAȘ, « Dynamics of exploitation and types of mining workings in *Alburnus Maior* ».

TYPES DE CORPS DE MINÉRAI

À l'échelle du gisement, les mineurs anciens ont découvert divers types de corps de minerai, dont les plus fréquents et les plus riches sont les filons (sub-verticaux à sub-horizontaux) et les corps de brèches (dykes, cheminée, poches). Tout en maintenant toujours un profil trapézoïdal aux travaux, une tradition séculaire locale très enracinée, les Anciens ont su adapter leur mode de progression à la morphologie et au pendage des corps de minerai, en creusant des galeries, des chambres sur piliers ou des chantiers verticaux ou inclinés. De plus, ils ont concentré leur exploitation non seulement dans les corps de minerai, mais surtout dans les zones d'intersections entre différentes structures minéralisées.

Les cas les plus fréquents sont les croisements filon/filon et filon/brèche. Les zones de croisement entre un filon sub-horizontale et un autre à fort pendage sont systématiquement exploitées par des galeries centrées précisément sur la zone d'intersections des structures. Un exemple de ce type d'exploitation ouverte sur une intersection entre un filon et une brèche, est représenté par la grande chambre C5 de Cârnic 1 qui a été exploitée d'une manière préférentielle par les Anciens. Les analyses de teneurs montrent, pour ce dernier cas, de grandes différences. Ainsi, d'une manière globale la brèche phréatique exploitée dans un chantier vertical et dans une chambre sur piliers a des teneurs d'environ 15-30g/t Au et 20-35g/t Ag, alors que la zone d'intersection entre brèche et filon à fort pendage a des teneurs bien plus riches, à savoir plus de 110g/t Au et 170g/t Ag. Cette zone a été bien évidemment suivie dans une partie de la chambre d'exploitation en gardant des piliers dans les zones à faibles teneurs.

DISCRIMINATION DES OUVRAGES

L'étude géologique et individualisée des ouvrages permet de préciser la stratégie des mineurs et de mieux interpréter les différents chantiers. L'étude des parements et les analyses des échantillons de roche/minerai permettent de distinguer les ouvrages d'assistance pour l'accès et les liaisons (circulation des hommes et des produits, ventilation, exhauste), des ouvrages de recherche et d'exploitation (galeries en recoupe, chambres, puits, chantiers verticaux) qui suivent et traversent des corps de minerai. Ainsi, une galerie de recherche a été ouverte dans une zone où existent des indices de minéralisation, soit pour mettre en évidence les prolongements d'une structure minéralisée déjà connue, soit pour tenter de mettre en évidence une nouvelle structure.

De plus, le long d'un tel ouvrage, tous les indices de minéralisation ont été pris en compte, car ils sont seuls à même d'imposer des changements concernant la direction, la taille ou la pente des travaux. On a pu observer que lorsqu'une nouvelle structure minéralisée a été interceptée, elle est tout de suite suivie par les mineurs. Un exemple typique est la galerie G20 du réseau Cârnic 3, à partir de laquelle s'ouvre le chantier vertical D9 qui a suivi une structure filonienne à fort pendage. Une autre caractéristique de la galerie de recherche est qu'elle garde la même direction et/ou pente, sauf lorsque des raisons géologiques imposent des changements.

Les travaux miniers appelés ouvrages d'assistance qui sont généralement percés hors des zones minéralisées répondent à d'autres objectifs, comme la jonction, la circulation et l'aérage. La galerie G2 du réseau Cârnic 2 a été creusée pour réaliser la jonction entre les réseaux Cârnic 2 et Cârnic 1. Bien que cette galerie démarre dans une zone minéralisée, elle se dirige ensuite vers une zone stérile, et les faibles indices de minéralisations recoupées ne sont pas suivis. De plus, les changements de direction et de pente ne sont pas en corrélation avec la géologie, mais avec la position spatiale recherchée par les mineurs pour atteindre dans ce cas la partie inférieure du réseau Cârnic 1.

Un ouvrage minier étonnant est la galerie G31 du réseau Cârnic 2. Cette longue galerie (70 m) a certainement nécessité un travail de longue haleine pour les mineurs obligés de travailler à la main. Quel était le but de cette galerie ? L'étude géologique a montré que cette galerie est creusée au départ dans une brèche minéralisée, pour s'éloigner graduellement de la zone d'intérêt minier, comme la galerie G2 du réseau Cârnic 2. De plus, la galerie change de direction, presque à 90°, sans aucune liaison avec la géologie. À l'évidence, ce changement de direction n'était pas guidé par l'exploration du gisement. Dès lors cette galerie devait avoir une autre finalité, malheureusement non atteinte, vraisemblablement la jonction avec un autre secteur minier, inconnu pour l'instant.

PARTICULARITÉS GÎTOLOGIQUES ET DYNAMIQUES D'EXPLOITATION

Nous avons observé que, de manière préférentielle, les travaux d'exploitation ont été dirigés vers le toit des structures minéralisées. Les corps de minerai épithermaux sont formés suite à la circulation des fluides hydrothermaux, chauds, et chargés en métaux, ainsi que riches en quartz. Compte tenu de la tendance naturelle de circulation ascendante des fluides chauds dans les roches, le toit des structures minéralisées qui représente des voies de canalisation du flux de fluides est une zone dans laquelle les métaux ainsi que les minéraux de gangue se déposent plus fréquemment qu'au mur des structures. De plus, les branches des corps de minerai sont également plus fréquentes dans le toit d'une structure principale qu'au mur. Ce sont les raisons pour lesquelles les Anciens se sont concentrés surtout dans le toit des filons ou des structures de dyke de brèches.

Parmi les réseaux miniers anciens étudiés à Roșia Montană, nous n'avons constaté qu'un seul cas d'exploitation menée dans le mur d'une structure minéralisée. Il s'agit du réseau Cârnic 10, menée systématiquement au mur d'une structure, en laissant intact le toit. Ainsi, dans les chantiers D1 du niveau Cârnic 10-Inf et D2 du niveau Cârnic 2-Sup, les Anciens sont restés systématiquement dans le mur de la structure minéralisée principale. Ils n'ont presque pas touché la zone du toit, bien qu'ils aient compris que cette zone était plus riche que celle du mur. Il apparaît que pour leur sécurité les mineurs ont volontairement conservé une certaine épaisseur du toit du filon (environ 30 cm) pour stabiliser le plafond des chantiers, car au-delà de cette épaisseur de roche silicifiée, l'encaissant est fragile et instable. En raison de la morphologie du corps de minerai (structure avec pendage d'environ 50°), ils ont décidé de travailler en galeries parallèles, étagées et reliées les unes aux autres après abattage des parois intermédiaires. De cette manière se sont formés progressivement, d'aval en amont pendage, des chantiers inclinés mais qui sont restés toujours au-dessous de la limite supérieure de la structure minéralisée. L'envergure des chantiers est donc restée strictement circonscrite par l'épaisseur de la zone délimitée entre le toit et le mur de la structure principale, pour des raisons de sécurité.

MINÉRALOGIE DU MINERAI ET SON IMPACT SUR LA CHAÎNE OPÉRATOIRE

La découverte d'un rouleau de litharge dans une galerie romaine du massif de Cârnic a permis d'aborder la question de la chaîne opératoire de l'argent. L'opinion classique suggérait qu'à Roșia Montană la mine romaine était concentrée seulement sur l'or. Nous ne pouvons pas ignorer la réalité géologique, c'est-à-dire les teneurs élevées en argent des corps de minerai de Roșia Montană. De plus, nous avons mis en évidence des travaux d'exploitation de corps de minerai beaucoup plus riches en argent qu'en or, notamment dans les réseaux Cârnic 2, Cârnic 9 - Inf et Cârnic 10.

L'étude microscopique et les analyses à la microsonde électronique nous ont permis d'établir la composition minéralogique détaillée du minerai avec des fortes teneurs en argent. L'argent se trouve dans l'alliage naturel or-argent (électrum), mais dans des quantités plus importantes dans l'argentite (sulfure d'argent), proustite, péarceite, polybasite, stephanite, etc. (sulfosels d'argent) et dans la galène (galène argentifère) et le cuivre gris (cuivre gris argentifère). Les techniques modernes d'analyse minéralogique, notamment la microscopie électronique à balayage et la microsonde électronique ont permis la mise en évidence dans certains corps de minerais riches en argent (Cârnic 2 et Cârnic 10) de l'argyrodite, un minéral d'argent et de germanium, ainsi que des traces systématiques de tellure dans la galène. Ces deux éléments chimiques (Te et Ge) sont vraisemblablement des éléments traces qui peuvent servir en association avec les isotopes du plomb de traceurs des métaux, car la métallurgie de l'or et de l'argent n'engendre pas leur disparition dans les métaux précieux suite au traitement du minerai⁴⁶.

QUANTIFICATION DES VOLUMES EXTRAITS ET DU TONNAGE DES MÉTAUX EXPLOITÉS

Dans la mine ancienne de Cârnic nous avons mis en évidence plusieurs fronts de taille avec une zone centrale recreusée. À ce jour, nous avons documenté cinq fronts de taille de ce type dans les réseaux miniers Cârnic 1, 2, 3 et 9. La forme parallélépipédique de ces surcreusements très réguliers, et leur position en fin de travaux de recherche, indiquent qu'il s'agissait d'un échantillonnage

⁴⁶ A. HAUPTMANN *et alii*, « The composition of gold from the ancient mining district of Verespatak/Roșia Montana » ; C. TĂMAȘ *et alii*, « Minéralogie et signature isotopique du plomb des minerais auro-argentifères à *Alburnus Maior* ».

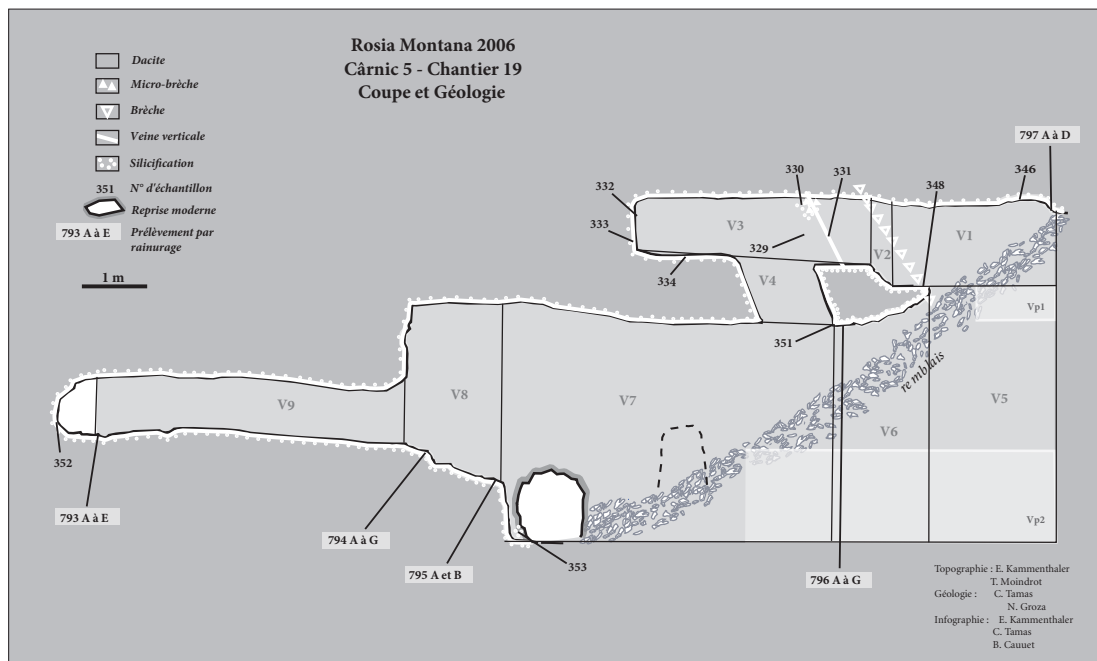


FIG. 10. — Coupe du chantier central Ch19 du réseau Cărnic 5 avec report du contexte minéralogique et des nombreux échantillons de minerais prélevés pour calculer la quantification de la production dans le chantier

(rainurage) pour vérifier les teneurs du minerai. Cette hypothèse a été renforcée par les résultats de la quantification de ce volume et de la masse de minerai qui correspondent aux attaques géométriques sur les fronts de taille. Les cinq exemples documentés nous indiquent que le volume correspond toujours à environ 50 dm³ (ou 50 litres) et à une masse d'environ 120 kg de minerai. Il s'agit vraisemblablement de la quantité nécessaire pour effectuer un échantillonnage représentatif permettant d'orienter le choix d'arrêter ou de poursuivre l'avancement.

Un autre type de quantification a été fait en ayant comme but d'identifier le volume du minerai extrait d'un grand chantier d'exploitation, puis de proposer la quantité de métaux précieux potentiellement obtenus dans ce chantier. Pour modéliser cette démarche, le chantier Ch19 de Cărnic 5 a été choisi. Il s'agit d'un chantier vertical dans lequel les Anciens ont exploité un filon sub-vertical à plusieurs branches (fig. 10).

La topographie détaillée de cet ouvrage minier nous a permis de calculer avec précision le volume de la cavité souterraine. Ensuite, l'étude géologique a été précisée et renforcée par un échantillonnage dense de l'espace minier, pour obtenir des teneurs sur tous les parements du chantier. Nous avons ensuite calculé les quantités d'or et d'argent potentiellement récupérables dans ce chantier minier en se calant sur la méthode de calcul de réserves des géologues actuels qui évaluent une teneur moyenne à partir des différentes teneurs obtenues en parements. La seule différence était que dans notre cas il s'agissait d'une réserve déjà exploitée. Cette quantification nous a montré que dans ce grand chantier d'environ 20 m de longueur et 10m de hauteur, les Anciens ont pu récupérer au moins 6 kg d'or et 12 kg d'argent.

VII. — CONCLUSION. QUESTIONS ET PERSPECTIVES DANS L'ÉTUDE DE LA PRATIQUE MINIÈRE DES ANCIENS

Les travaux miniers de Roșia Montană, suite aux fouilles archéologiques, témoignent d'un vrai professionnalisme des mineurs de l'Antiquité. Leurs connaissances géologiques et minières sont remarquables (topographie souterraine, connaissance gîtologique, méthodes d'abattage, pompage, éclairage, ventilation naturelle, etc.), malgré leurs possibilités techniques assez réduites. Les études géologiques menées dans l'ensemble des vestiges miniers anciens de Cărnic, Cetate ou de Paru Carpeni ont confirmé que les Anciens savaient très précisément suivre des corps de minerai à or et à

argent, parfois difficilement identifiables. Dans un seul cas, nos recherches géologiques ont montré qu'ils sont sortis du corps de minerai et ont dirigé leur ouvrage (une galerie) dans une zone stérile qui les éloignait du minerai (G24, Cârnic 1 - Inférieur), plus précisément dans le mur d'une structure de dyke de brèche phréatique minéralisée.

On note également que plusieurs zones fortement minéralisées ont été ouvertes par des travaux miniers anciens qui ne sont pas allés au bout du potentiel existant. Cependant, l'étude géologique et archéologique approfondie de la mine romaine de Cârnic a montré que les Anciens avançaient toujours jusqu'à la limite des corps de minerai, et l'avancement s'arrêtait seulement quand les teneurs devenaient décevantes. Cependant, dans les chantiers D10 (Cârnic 1), G70 (Cârnic 2) et G55 (Cârnic 3), des travaux situés dans des zones profondes de la mine où vers les limites de corps de minerai connus, les fortes teneurs obtenues sur les fronts de taille révèlent que le travail d'exploitation s'est arrêté pour des raisons non économiques. Dans ces situations, quelle était la raison de l'interruption de l'exploitation, si toutes les conditions étaient favorables pour la poursuite de l'exploitation ? En effet, les mineurs avaient dans leurs fronts de taille du minerai riche, la ventilation ne posait pas de problèmes, les eaux d'infiltration étaient gérées, la dureté du minerai n'était pas plus forte que dans d'autres secteurs de la mine où les mineurs ont utilisé l'abattage à outil. Comme il s'agissait de travaux miniers d'exploitation dans des zones très riches, donc à fort potentiel, leur abandon peut indiquer un arrêt complet de la mine/concession et donc plus que le seul arrêt de travaux d'exploration moins payants. Ce sont peut-être de graves événements extérieurs à l'activité de la mine elle-même qui ont motivé l'arrêt de l'activité minière dans certains secteurs très prometteurs.

L'étude conjointe, par l'archéologie et la géologie, des chantiers miniers antiques et du *xvi*^e siècle de Roșia Montană, permet de restituer la dynamique d'exploitation des Anciens. Par cette étude, le mode opératoire et la connaissance géologique empirique des mineurs sont mis en évidence. Car ce sont la forme, les dimensions, la topographie et l'orientation des chantiers qui, croisées à la nature, la composition et la topographie des corps de minerai, révèlent les bons choix stratégiques (ou les rares erreurs) des mineurs et leur adaptation aux contraintes du terrain et de la minéralisation dans l'avancement de l'exploitation dans le gisement.

Pour arriver à ce degré de compréhension des techniques minières anciennes, notamment et surtout pour l'Antiquité à Roșia Montană, il est nécessaire de pouvoir étudier et dégager tous les remblais qui comblent les ouvrages, jusqu'aux fronts de taille à l'avancement. En effet, cela permet d'obtenir une topographie complète et une vue d'ensemble de la mine et de pouvoir offrir au partenaire géologue l'accès à tous les fronts de taille (parements, plafond, sole, front à l'avancement). C'est une condition indispensable à la reconnaissance complète des corps de minerais atteints par l'exploitation en facilitant les observations et la prise d'échantillons.

Après neuf années de recherches de terrain sur les vestiges miniers antiques de Roșia Montană, notre étude devrait pouvoir se poursuivre pendant encore quelques années. Mais déjà et de toute évidence, la vallée de la Roșia apparaît comme un des plus grands centres miniers du monde romain, en bonne place à côté de plusieurs autres sites miniers et métallurgiques majeurs de la péninsule Ibérique, Linares, Riotinto, São Domingos, Aljustrel, Tres Minas, etc., ou encore pour une tout autre technologie minière, la mine d'or en alluvions romaine de Las Médulas (Bierzo, León) exploitée par la force hydraulique.

