

# Utilisation préhistorique de la technique minière d'abattage au feu dans le district cuprifère de Cabrières (Hérault)

Paul Ambert\*<sup>1</sup>

Centre d'anthropologie, UMR 8555 du CNRS, 39, allées Jules-Guesde, 31080 Toulouse cedex, France

Reçu le 8 juillet 2002 ; accepté le 29 octobre 2002

Présenté par Yves Coppens

---

**Abstract – Prehistoric use of the fire-setting method in the copper-mining district of Cabrières (Hérault, France).** Fire-setting to open up mines has been used on hard rock since prehistoric times. In the copper-mining district of Cabrières, the existence of metre-sized spherical or sub-spherical cavities, sometimes spaced along the same vertical in an ore seam, has usually been ascribed to this method [12, 13, 20]. Two AMS <sup>14</sup>C dating of micro-charcoal found in dolomite and of burnt ore breccias related to extraction in these cavities give the ages 3830 ± 40 BP, cal BC 2340–2130 and 3900 ± 40 BP, cal BC 2480–2280, which is the first evidence in France of the use of fire-setting in prehistoric mines. *To cite this article: P. Ambert, C. R. Palevol 1 (2002) 711–716.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

fire-setting / copper mines / Bronze Age / Cabrières / southern France

**Résumé – L'abattage, ou l'ouverture des mines, par le feu, a été pratiqué dans le cas de roches dures depuis la Préhistoire. Dans le district minier cuprifère de Cabrières, l'existence de cavités sphériques ou sub-sphériques métriques, parfois échelonnées sur une même verticale le long des filons minéralisés, a été classiquement attribuée à cette technique [12, 13, 20]. Deux datations <sup>14</sup>C par AMS des micro-charbons de bois récoltés dans les brèches de dolomie et de minerais brûlés liés au défilage minier de ces cavités ont donné les âges de 3830 ± 40 BP, cal BC 2340–2130 et de 3900 ± 40 BP, cal BC 2480–2280, confirmant, pour la première fois en France, l'utilisation dans les mines préhistoriques de l'abattage au feu. *Pour citer cet article : P. Ambert, C. R. Palevol 1 (2002) 711–716.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS**

abattage au feu / mines de cuivre / Age du bronze / Cabrières / Sud de la France

---

## Abridged version

Fire-setting to open up mines has been used on hard rock since prehistoric times. In the mining district of Cabrières, copper ore is mostly found in particularly hard quartzite dolomite. Metre-sized spherical or sub-spherical cavities, sometimes spaced along the same vertical in an ore seam, were early ascribed to this method [12, 13, 20]. However, as long as there was no decisive evidence (charcoal, trace of fires) in these cavities, ascribing them to fire-setting or to the Aenolithic age [1, 6] remained no more than a likely hypothesis. The contemporaneity of the many stone hammers round the edge of the mines was proved by the discovery of the Vierge mine scrapings, dating from the early

Bronze Age [4, 5] (see below). The way they were distributed led to the definition [15] of three major mining centres: Vallarade–Neuf-Bouches, Pioch-Farrus and La Roussignole. A type study has been made of several hundred hammers [15]. These awesome strikers have an average weight ranging from 800 g to 2 kg. They only very rarely have some rudimentary kind of throat, which does not rule out that they might have had a handle to give them greater force. Fifty percent of them are double or multiple. Their size compares with those found in other European mines, where it has been shown [18–20] that hard rock was initially tackled by fire-setting. They have three main kinds of working surface [15] (semi-spherical, bevelled and pointed), which seem to have been used in combination; a high proportion of these

---

\*Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : m.p.ambert@wanadoo.fr (P. Ambert).

<sup>1</sup>Adresse actuelle : 190, rue des Genévriers, Le Clos, 34830 Clapiers, France

double tools have a semi-spherical head at the other end from a pointed grooved one, sometimes being asymmetrical like a pickaxe.

This means that the tool can be likened to a striker used alternatively for rough or precise work, for preliminary excavation followed by extraction of ore particles. Studies of wall impacts in the mines have shown over-deepening of varying extent in the pits and on the roughened wall surface, which could result from the use of these three kinds of head.

The parallelepiped chisel, and pre-cut, shape with traces of ore on one side, is evidence that at least some of these tools were made with quartzite fragments, which broke off when the ore was extracted.

Removing blocks of this size from such a hard quartzite wall makes it likely that fire-setting was used; the ovoid formations would result from a fierce fire followed by striking with a quartzite, quartz or basalt hammer [2, 9, 12, 13].

The first chronological indications of copper-ore mining in the district of Cabrières were recorded in 1982 with two metre-sized mine excavations in Pioch-Farrus [6]. Traces of presumably ancient wedges match up with stone hammer roughening ascribed to the impact of quartzite hammers. Furthermore, one of them (S II) has a thick layer of ancient debris covering a brown stratum containing fragments of ore, chalcolithic shards, and hammers. The charcoal was too sparse for a  $^{14}\text{C}$  dating that could have confirmed the age of wall roughening in the mine.

Notwithstanding this uncertainty, the Pioch-Farrus IV S II excavation was presented as the local archetype of Chalcolithic mines [2, 6]. The ovoid concavities of the same type on the west wall of the Pioch-Farrus IV quarry were tied in with them.

Recent work [7] has provided us with many examples of metre-sized ovoid cavities (Pioch-Farrus IV, La Roussignole 2, 3 and 5, Vallarade 5 and Vallarade les Neuf-Bouches) and of pitted wall surfaces. A comparative study perfected our initial analysis and led us to take samples that enabled us to give a final dating. We examined the pits (Pioch-Farrus IV, La Roussignole 2 and 3) with strong limestone concretions at their base; a stalagmitic floor here covers a breccia filling of dolomite chips and burnt ore containing charcoal and the odd hammer.

In several instances (Les Neuf-Bouches, Pioch-Farrus IV), the concretions that cover the wall struck by stone hammers show signs of wedge marks [5, 9], usually ascribed to the ancient period. This observation, which allows us to assume that the impacts are prehistoric, led to the further sampling in two pits on the west (Fig. 2, sample 1) and east (sample 2)

walls in the Pioch-Farrus IV quarry. The two samples are similar in composition. The debris, laid down here and there in more or less horizontal strata, are the same in both cases: fragments of dolomite and ore, angular, burnt and charred by fire and mixed with small pieces of charcoal. They differ mainly in that in sample 2, layers of breccia alternate with sandy loam, the rough beds containing the three main elements of excavation by fire (dolomite, burnt ore and charcoal), which seem to be absent from the fine beds. The age of this extraction by fire-setting has been determined by AMS  $^{14}\text{C}$  dating of the pieces of micro-charcoal found in both samples:  $3830 \pm 40$  BP, cal BC 2340–2130 (Beta-156929 PF4-W-1) for the first,  $3900 \pm 40$  BP, cal BC 2480–2280 (Beta-156928 PF4-E-3) for the second.

These ages correspond to the turning point between the Chalcolithic period and the Bronze Age. They are close to those ( $3900 \pm 130$ , cal BC 2870–2030;  $4010 \pm 70$ , cal BC 2867–2354, and  $3870 \pm 80$  BP, cal BC 2576–2050) of the neighbouring metal-working site of Roque-Fenestre [14], thus confirming the hypothesis [4] of the relationship between part of the mining work of Pioch-Farrus IV and the metal industry of Roque-Fenestre. Though they do not actually prove that fire-setting was used at Cabrières any earlier, which could be mooted in view of the older mining-metal-working sites already known [3, 9], these dates match those of the emergence of this method in western Europe. The dates found for Cabrières are contemporaneous with the very beginnings of the Irish mine workings on Ross Island [19], where fire-setting has been proved. On the other hand, they are earlier than the Austrian mines of Mitterberg [20] and northern Tyrol [16] and the Irish ones of Mount Gabriel [18], which date from the Bronze Age.

Fire-setting was actually the sole technical solution possible to make it ‘worthwhile’ to extract an ore that, like in Cabrières, is largely confined to narrow seams in very hard rock. That such a sophisticated method was used, here as on Ross Island, is no doubt, due to the quality of the ore extracted. In both instances, this is fahlerz, an ore requiring the use of relatively complex refining processes to have complete control of its impurities to produce high-quality copper alloys. On Ross Island, tennantite was used to make copper with arsenic, the basis of the flourishing Irish Chalcolithic metal industry. In Cabrières, the modified tetrahedrite gave a metal alloy of antimony and silver, a proto-bronze now discerned in over half of the metal tools of the 3rd millennium BC analysed to date in the Languedoc [3]. It is this composition that has determined that copper ores were used in Cabrières as early as the Chalcolithic and that their extraction was rendered much easier by fire-setting.

## 1. Introduction

L’abattage, ou l’ouverture des roches, par le feu (*fire-setting* des auteurs anglo-saxons), a été pratiqué dans les mines depuis la Préhistoire (Ross Island [19]), en particulier dans le cas de roches trop dures pour être

directement attaquées avec des outils insuffisamment performants. Un feu violent est appliqué contre la paroi minéralisée, l’éclatement des roches étant complété par des outils de percussion, d’abord des maillets de pierre, plus tard des outils en fer. Dans certaines roches de

dureté extrême, cette technique remplace, jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, l'emploi de la poudre noire [12, 13].

Dans le district minier de Cabrières, les minerais de cuivre sont, pour la plupart, distribués au sein de dolomies quartzifiées particulièrement coriaces. L'existence de nombreux maillets de pierre et de cavités sphériques ou sub-sphériques métriques, parfois échelonnés sur une même verticale le long des filons minéralisés, déterminèrent, dès 1982, nos travaux à Pioch-Farrus IV [6, 9]. Ces morphologies sont classiquement attribuées au *fire-setting* [12, 13, 19], à notre avis d'ailleurs abusivement, dans les roches stratifiées peu dures, où les formes en coupole traduisent le profil d'équilibre des contraintes. Aussi, à Cabrières, faute d'indices déterminants (charbons de bois, traces de feux) associés à ces cavités, leur attribution, à l'abatage par le feu comme à l'âge du cuivre [1, 6], restait seulement du domaine de l'hypothèse vraisemblable.

La découverte, en 1996, à l'entrée de la carrière de Pioch-Farrus IV, d'un foyer en place accolé à la paroi brûlée d'une anfractuosité sub-ovoïde, daté du XII<sup>e</sup>–XIII<sup>e</sup> ap. J.-C. par les produits carbonneux du dépilage sous-jacent, a permis de confirmer l'interrelation entre cette technique et ces alvéoles [21]. Ici, la paroi porte des écaillures horizontales scalariformes, interprétées comme le produit d'un martelage avec des outils en fer. Elles différencient nettement le *fire-setting* médiéval de celui des autres cavités sphériques aux parois lisses de la carrière de Pioch-Farrus IV.

Fort de ces constatations et au bénéfice d'observations réitérées réalisées à Pioch-Farrus IV [2, 5, 11, 21], nous avons entrepris une recherche spécifique des maillets et des cavités ovoïdes, en associant, dans l'étude de ces dernières, trois domaines d'investigations complémentaires :

- l'inventaire des cavités sphériques ou sub-sphériques à parois lisses du district de Cabrières ;
- l'étude de leurs particularités morphologiques et celle des successions d'impacts internes et périphériques qu'elles ont pu conserver ;
- la datation directe par <sup>14</sup>C AMS des micro-charbons extraits des brèches thermiques, conservées à l'aplomb de deux d'entre elles.

Les résultats permettent de démontrer, pour la première fois en France, la pratique à Cabrières d'un abatage minier préhistorique au maillet de pierre, précédé de *fire-setting*.

## 2. Les outils des mineurs préhistoriques du district cuprifère de Cabrières

Vasseur, en 1911 [22], signale la découverte de nombreux maillets en quartzite (sous le terme de

broyeurs) sphéroïdaux (oblongues) à l'intérieur et à la périphérie des mines de cuivre de Vallarade, qui portent le nom évocateur des Neuf-Bouches. L'ancienneté évidente de l'exploitation minière, comme le caractère primitif de ces maillets, lui suggèrent de les attribuer à l'âge du Bronze, hypothèse fondée sur la proximité de deux sites archéologiques (grottes du Broum et de Nizas [22]), dont la contemporanéité, faute de documents archéologiques dans les mines, restait hypothétique. Elle a été confirmée, dès 1979, au grattage minier Bronze ancien de la Vierge [4, 5] (cf. ci-dessous), qui nous fournit plusieurs maillets. Sur cette base, nos prospections dans les « garrigues » de Cabrières permettent alors d'identifier trois ensembles miniers [15], chacun fort de centaines de maillets et de plusieurs anfractuosités minières alvéolaires : ceux de Vallarade–Neuf-Bouches, de Pioch-Farrus et de La Roussignole. Il convient d'ajouter à cette liste la découverte d'un maillet isolé dans une excavation proche de la grotte du Broum [10], d'un autre sur le versant sud de Mas de Rigaud et celle d'outils, de taille moindre, issus des sites métallurgiques de Roque-Fenestre [14] et de La Capitelle-du-Broum, récemment découvert [8].

Ces maillets sont des percuteurs redoutables, dont le poids moyen oscille entre 800 g et 2 kg. Ils ne possèdent que très exceptionnellement une esquisse de gorge, ce qui a suscité l'hypothèse qu'ils étaient utilisés sans manche [15]. Outre qu'elle reste en l'état indémontrable, cette façon de voir rendrait ces outils peu opérationnels, peu aptes à fragmenter des dolomies quartzitiques aussi dures. Au contraire, un emmanchement ne pouvait qu'améliorer leurs performances. D'ailleurs, les pièces les plus lourdes (elles peuvent atteindre 14 kg), sans doute suspendues à un trépied, ne pouvaient qu'être utilisées lancées.

Les percuteurs sont à 50 % doubles ou multiples. Ils ont des dimensions comparables à ceux des autres mines européennes, où l'abatage des roches dures préalablement attaquées par le feu a été démontré [18–20]. Ils portent des conchoïdes de chocs, hérités du martelage, répartis dans la plupart des cas aux deux extrémités de la pièce. Ils possèdent trois types principaux de surface de fonctionnement [15] (la demi-sphère, le biseau et la pointe), dont l'utilisation conjuguée paraît complémentaire. En effet, une forte proportion des outils doubles (Fig. 1, en haut) oppose une tête en demi-sphère à l'autre appointée en dièdre, parfois asymétrique à la façon d'un pic (Fig. 1, en bas). Cet outil peut être assimilé de ce fait à un percuteur pouvant servir alternativement à des travaux grossiers ou précis, au dépilage préliminaire, puis au travail d'extraction des particules de minerai. Les impacts

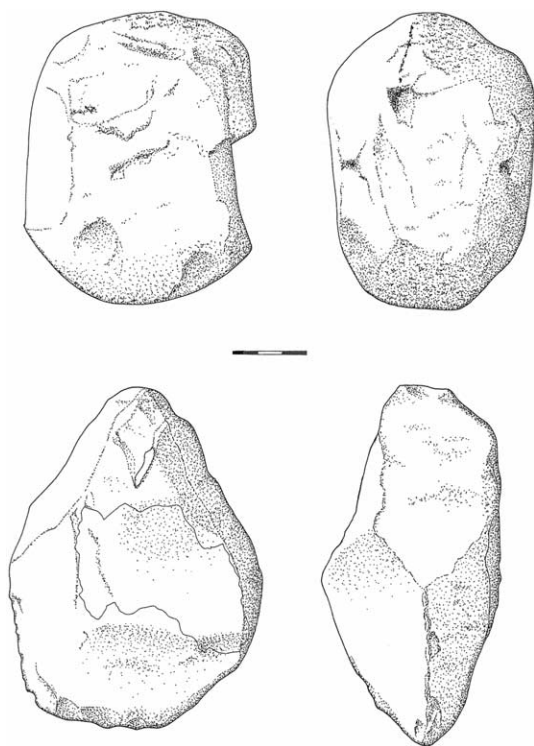


Fig. 1. Les maillets en quartzite des mineurs préhistoriques de Cabrières. En haut : Maillet double en quartzite ; en bas : maillet-« pic » en quartzite.

Fig. 1. Quartzite hammer stones from the prehistoric miners of Cabrières. Top: Quartzite double hammer; bottom: quartzite pickaxe hammer.

pariétaux recensés dans les mines montrent, au sein des alvéoles et des parois bouchardées, des surcreusements de tailles diverses, pouvant résulter de l'utilisation de ces trois types de tête.

Les ébauches massives de maillets, oblongues, portant sur une face la trace de la minéralisation, permettent d'assurer qu'une partie au moins de ces outils provient de la réutilisation du matériau quartzitique éclaté lors de l'extraction du minerai. Ces ébauches et outils ont une forme parallélépipédique, héritée de la stratification ou de la diaclasation initiale de la roche éclatée lors des travaux. Cette forme a été particulièrement mise à profit dans le façonnage des pics et des tranchets.

Le détachement de blocs de ce volume d'une paroi en quartzite aussi dure rend probable l'utilisation du *fire-setting*, les morphologies ovoïdes résultant de la succession d'un feu violent et d'un martelage au maillet en quartzite, quartz ou basalte [2, 9, 12, 13].

### 3. Morphologies des impacts miniers antérieurs aux travaux antiques

Les premiers indices d'une chronologie des activités minières sur les parois minéralisées en cuivre du

district de Cabrières furent enregistrés, dès 1982, dans deux excavations minières de taille métrique de Pioch-Farrus IV [6]. Des traces de pointerolles, présumées antiques, y recourent un bouchardage au marteau de pierre, attribué à l'impact des maillets en quartzite. De surcroît, dans l'une d'elles (S II), d'épais déblais antiques recouvraient une strate brune contenant des fragments de minerai, des tessons chalcolithiques et des maillets. Les charbons étaient trop rares pour permettre alors une datation  $^{14}\text{C}$ , qui aurait pu confirmer l'âge du bouchardage des parois de cette mine. Néanmoins, en dépit de cette incertitude, l'excavation S II de Pioch-Farrus IV fut présentée comme l'archétype local des mines chalcolithiques [2, 6]. Les concavités ovoïdes de la paroi ouest de la carrière de Pioch-Farrus IV, de même type, leur furent rattachées.

L'argumentaire resta sensiblement en l'état jusqu'à l'an passé, la découverte d'alvéoles identiques aux précédentes venant seulement renforcer cette probabilité. Le programme de sauvegarde du Patrimoine minier de Cabrières, préalable à la mise en sécurité des mines orphelines du district par la DRIRE de Languedoc-Roussillon [7], a nécessité plusieurs opérations d'envergure (pompages à Pioch-Farrus IV et La Roussignole 3 ; fouilles à La Roussignole 2, A. Maass [17]) et à Pioch-Farrus IV, L. Carozza [11]). Elles ont permis d'identifier de nombreuses alvéoles ovoïdes, aux parois lisses ou bouchardées par les maillets de pierre (La Roussignole 2, 3, 5, Pioch-Farrus IV), que les travaux récents à Vallarade–Les Neuf-Bouches ont utilement complété :

- plusieurs d'entre elles (Pioch-Farrus IV, ouest et nord ; La Roussignole 2), ont des parois très lisses comme vernies en surface, sans doute liées à l'action de processus chimiques et à des migrations de carbonates ; elles peuvent, en l'absence de bouchardage visible, être affectées par des écaillures concentriques en pelure d'oignon ;
- d'autres (Pioch-Farrus IV, La Roussignole 2 et 3) possèdent un fort concrétionnement calcaire (draperies, planchers stalagmitiques) qui, comme à La Roussignole 2, masquent totalement les traces de l'artificialisation de la paroi ; ailleurs (Les Neuf-Bouches, Pioch-Farrus IV), la partie basale des alvéoles présente un remplissage de déblais plus ou moins bréchifié, contenant des maillets, fossilisé par un plancher stalagmitique ; plusieurs outils en quartzites (Fig. 1) et de nombreux secteurs périphériques aux alvéoles, puits ou parois (Pioch-Farrus IV, Vallarade–Les Neuf-Bouches, La Roussignole 2) sont inclus ou recouverts par un voile de stalagmite. Ce dernier est parfois entaillé par des coups de pointerolles, attribués [6, 9] à l'Antiquité.

Aussi, ces formes (alvéoles minières) et formations (brèches) et objets (maillets) ont été considérés comme préhistoriques, et c'est pour valider le fonctionnement des alvéoles et leur âge qu'un programme couplé de datations  $^{14}\text{C}$  et d'analyses par thermoluminescence a été lancé.

#### 4. Premiers résultats des travaux menés en 2001

Les résultats présentés dans cette note correspondent à des échantillons prélevés sur les parois de la carrière de Pioch-Farrus IV, où nous avons sélectionné :

- la plus belle et la plus haute des alvéoles de la paroi ouest (Fig. 2) ; elle possède une surface interne vernie et lisse et, à sa base, une banquette de brèches indurées (prélèvement 1) recouvertes par une croûte stalagmitique ; ces brèches, limitées à la concavité basale de l'alvéole sont rubéfiées et forment le produit de l'abatage au feu ;
- les fractions les moins grossières des nombreuses brèches de défilage qui recouvrent le sol, les parois, et plus particulièrement la cloison entre les deux dernières alvéoles du secteur est (prélèvement 2), secteur qui porte de façon quasi continue les stigmates des maillets de pierre.

Les deux échantillons ont une composition proche. Les débris, localement disposés en strates sensiblement horizontales, sont les mêmes dans les deux cas : fragments de dolomie et de minerais, brûlés, rougis par le feu, anguleux, associés à des charbons de petite taille. Leur principale différence vient de l'alternance, dans le prélèvement 2, de niveaux de brèches et de limons sablonneux, les lits grossiers possédant les trois composantes principales du défilage au feu (dolomies et minerais brûlés, charbons), alors que les lits fins en paraissent exempts.

L'âge de cette extraction par *fire-setting* a pu être précisé grâce aux datations  $^{14}\text{C}$  par AMS des micro-charbons de bois récoltés dans chacun des deux prélèvements :  $3830 \pm 40$  BP, cal BC 2340–2130 (Beta-156929 PF4-W-1) pour le premier,  $3900 \pm 40$  BP, cal BC 2480–2280 (Beta-156928 PF4-E-3) dans le second. Ces âges correspondent à la charnière du Chalcolithique et de l'âge du bronze. Ils sont proches de ceux ( $3900 \pm 130$ , cal BC 2870–2030 ;  $4010 \pm 70$ , cal BC 2867–2354, et  $3870 \pm 80$  BP, cal BC 2576–2050) du site métallurgique voisin de Roque-Fenestre [14]. Ils confirment donc l'hypothèse [4] des inter-relations existant entre une partie de l'extraction minière de Pioch-Farrus IV et le fonctionnement métallurgique de Roque-Fenestre.

Ces deux premières datations, directement obtenues sur des déblais miniers permettent en outre de démon-



Fig. 2. Alvéole minière obtenue par défilage au feu. Pioch-Farrus IV, paroi ouest, avec à sa base (carré blanc) la brèche datée par  $^{14}\text{C}$  AMS ( $3830 \pm 40$  BP, cal BC 2340–2130).

Fig. 2. Fire-setting sub-spherical mine impact. Pioch-Farrus IV, west wall with at this base (white square) stalagmitic floor contains charcoals dated from  $3830 \pm 40$  BP, cal BC 2340–2130.

trer de façon formelle l'utilisation de l'abatage au feu dans les mines de cuivre préhistoriques.

#### 5. Conclusions

L'attribution des alvéoles sphéroïdales, métriques, du district cuprifère de Cabrières, à une activité minière préhistorique, bien que vraisemblable, restait, jusqu'à ce jour, quelque peu subjective. Elle se fondait sur leur ressemblance avec celle de plusieurs mines européennes protohistoriques réalisées par *fire-setting*. Les plus connues sont les mines de l'âge du bronze autrichien, en particulier celles de la région du Mitterberg [20] et du Tyrol Nord [16]. Celles, irlandaises, de l'âge du bronze, de Mount Gabriel [18] et, campaniformes de Ross Island [19], creusées dans des roches de dureté sensiblement semblable aux quartzites de Cabrières, offraient le meilleur argument. Néanmoins, dans les mines irlandaises, l'humidité bien connue du climat

atlantique avait permis la conservation des matériaux et des objets en bois, propices aux datations. A contrario, ils font défaut dans le contexte méditerranéen des « garrigues » de Cabrières.

Il a donc fallu imaginer une méthodologie de datation différente, celle-là même qui est explicitée dans cette note. Fondée sur la datation des charbons extraits directement des brèches de défilage conservées dans le fond de deux alvéoles de Pioch-Farrus IV, elle s'est avérée probante. Elle permet en effet d'attester l'utilisation de l'abattage au feu pendant la période 2400–2200 av. J.-C. Ces dates sont contemporaines de l'extrême début de l'exploitation des mines irlandaises de Ross Island [19], jusqu'à aujourd'hui les plus anciennes connues. Il est néanmoins possible que nous puissions isoler à Cabrières, où des travaux miniers ou métallurgiques plus anciens ont été reconnus [2, 8], une utilisation antérieure du *fire-setting*, dont les datations proposées ici correspondent pourtant à l'apparition de cette technique en Europe occidentale. Cette hypothèse repose sur la vraisemblance du fait que le *fire-setting* soit la seule solution technique permettant de rendre exploitable avec une certaine « rentabilité » un minerai,

de type Cabrières, généralement réduit à des filons étroits contenus dans une roche très dure.

Enfin, il convient de souligner que l'utilisation de cette technique, ici comme à Ross Island, peut découler de la qualité des minerais extraits. Dans les deux cas, il s'agit de cuivres gris, minerais pour lesquels il convient de recourir à des processus métallurgiques relativement complexes pour obtenir le cuivre métallique. Les impuretés des minerais, bien maîtrisées, permettent de fournir des alliages de cuivre de qualité. À Ross Island, l'utilisation de tennantite donne les cuivres à l'arsenic, base de la florissante métallurgie chalcolithique irlandaise. À Cabrières, la tétraédrite altérée fournit un métal allié à de l'antimoine et à de l'argent. Cet alliage est en fait un proto-bronze. Il en a la dureté et la malléabilité, utilisé en Languedoc [3] dans la moitié des outils métalliques du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., plus de cinq siècles avant l'apparition de l'étain. C'est ce proto-bronze qui a fait, à cette période, l'intérêt du minerai de cuivre de Cabrières. Il y a sans doute déterminé l'utilisation de la technique minière de l'abattage au feu.

**Remerciements.** Ils s'adressent, aux membres du PCR Culture « Mines et métallurgies préhistoriques du Midi de la France », et plus particulièrement à L. Carozza, J. Coularou, P. Galant, à ceux de l'Action intégrée « Procope Toulouse-Fribourg/Brigau », en particulier C. Strahm et A. Maass, ainsi qu'aux propriétaires du domaine de Vallarade (P. et R. Cabanes), dont l'aide nous a été particulièrement précieuse.

## Références

[1] P. Ambert, Cabrières-Hérault, le plus vieux centre minier métallurgique de France (2500 av. J.-C.), Colloque en hommage à J. Arnal, Archéologie en Languedoc, 1990 32 p.

[2] P. Ambert, Les mines préhistoriques de Cabrières (Hérault) : quinze ans de recherches, état de la question, Bull. Soc. Préhist. Fr. (3) (1995) 409–508.

[3] P. Ambert, Les minerais de cuivre et les objets métalliques en cuivre à antimoine-argent du Sud de la France. Preuves d'une exploitation minière et métallurgique du début du III<sup>e</sup> millénaire B.C., Der Anschnitt, Bochum B. 9 (1999) 177–194.

[4] P. Ambert, J.-L. Espérou, La mine de la Vierge, Gallia Préhistoire, DRAC Languedoc-Roussillon 25 (2) (1982) 450–451.

[5] P. Ambert, H. Barge, J.R. Bourhis, J.L. Esperou, Mines de cuivre préhistoriques de Cabrières (Hérault) : premiers résultats, Bull. Soc. Préhist. Fr. 81 (3) (1984) 83–89.

[6] P. Ambert, H. Barge, C. Landes, Les mines de cuivre de Pioch-Farrus (Cabrières-Hérault), Préhistoire et Antiquité, Actes du 110<sup>e</sup> congrès des sociétés savantes, Montpellier, 1985, pp. 97–113.

[7] P. Ambert, B. Beaumes, N. Houlès, Le Patrimoine minier du district de Cabrières (Hérault) confronté au traitement des mines orphelines par la DRIRE L-R. Solutions conservatoires réalisées, Archéologie en Languedoc 24 (2001) 55–76.

[8] P. Ambert, J. Coularou, C. Cert, J.-L. Guendon, D. Bourgarit, B. Mille, D. Dainat, N. Houlès, B. Beaumes, Le plus vieux village de métallurgistes de France (3100–2880 cal BC), Péré-Hérault, C. R. Palevol 1 (2002) 67–74.

[9] M.-C. Bailly-Maître, N. Houlès, C. Landes, Le site minier antique de Pioch-Farrus (commune de Cabrières, Hérault), recherches préliminaires, Revue Archéologique Narbonnaise XVII (1984) 327–337.

[10] H. Barge, P. Ambert, J.L. Espérou, La grotte du Broum à Péré (Hérault), ses relations avec les mines chalcolithiques de Cabrières, Archéologie en Languedoc 21 (1997) 65–78.

[11] L. Carozza, Pioch-Farrus IV (Cabrières-Hérault), Rapport de fouilles programmées, DRAC Languedoc-Roussillon, 1999.

[12] C.F. Delius, Traité sur la science de l'exploitation des mines par théorie et pratique avec un discours sur les principes des finances, fait par l'Académie impériale et royale de Schemnitz, par C.F.D., traduit en français par I. Schreiber, Imp. P.D. Pierres, Paris, 1778.

[13] C. Dubois, L'ouverture par le feu dans les mines : histoire, archéologie et expérimentations, Revue d'Archéométrie 20 (1996) 33–46.

[14] J.-L. Esperou, La structure métallurgique de Roque-Fenestre (Cabrières-Hérault), Archéologie en Languedoc (17) (1993) 32–46.

[15] J.-L. Espérou, P. Roques, P. Ambert, L'outillage des mineurs préhistoriques de Cabrières : les broyeurs, Colloque en hommage à J. Arnal, Saint-Mathieu de Tréviers, Archéologie en Languedoc (15) (1992) 67–76.

[16] G. Goldenberg, L'exploitation du cuivre dans les Alpes autrichiennes à l'âge du bronze, L'Atelier du bronzier en Europe du XX<sup>e</sup> au VIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère, CTHS, Paris, 2, 1998, pp. 9–23.

[17] A. Maass, La mine de La Roussignole 2 (Cabrières, Hérault), Rapport de fouilles, DRAC Languedoc-Roussillon, 2000.

[18] W. O'Brien, Mount Gabriel, Bronze Age mining in Ireland, Bronze Ages Studies, 3, Cork, Irlande, 1994 371 p.

[19] W. O'Brien, Ross Island and the mining heritage of Killarney, Department of Archaeology, Galway, Irlande, 2000 30 p.

[20] R. Pittioni, Prehistoric copper mining in Austria: problems and facts, Bull. Inst. Archaeol. Lond. 7 (1951) 16–43.

[21] M. Salvaire, L. Carozza, H. Richard-Vigeron, N. Houlès, B. Beaumes, M. Marco, A. Burens, S. Foulquier, F. Courren, D. Dainat, C. Landes, P. Ambert, Les travaux du PCR « Mines et Métallurgies préhistoriques du Midi de la France » à la mine de Pioch-Farrus IV à Cabrières-Hérault en 1996 et 1997, Résultats et perspectives, Archéologie en Languedoc (21) (1997) 83–92.

[22] G. Vasseur, Une mine de cuivre explorée à l'âge du bronze dans les garrigues de l'Hérault (environs de Cabrières), L'Anthropologie XXII (1911) 413–420.