



**HAL**  
open science

## Le programme Minedor. Caractérisation archéologique et paléoenvironnementale des mines d'or arvernes de Haute-Combraille (Auvergne, France)

Frédéric Trément, Jacqueline Argant, Elise Bremon, Hervé Cubizolle, Bertrand Dousteysier, José Antonio Lopez-Saez, Guy Massounie, Rigaud Pierre, A. Véron

### ► To cite this version:

Frédéric Trément, Jacqueline Argant, Elise Bremon, Hervé Cubizolle, Bertrand Dousteysier, et al.. Le programme Minedor. Caractérisation archéologique et paléoenvironnementale des mines d'or arvernes de Haute-Combraille (Auvergne, France). Povoamento e exploração dos recursos mineiros na Europa atlântica ocidental, Carla Maria Braz Martins; Ana M. S. Bettencourt; José Inácio F. P. Martins; Jorge Carvalho, Dec 2010, Braga, Portugal. pp.271-285. hal-04248842

**HAL Id: hal-04248842**

**<https://hal.science/hal-04248842>**

Submitted on 18 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# POVOAMENTO E EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS MINEIROS NA EUROPA ATLÂNTICA OCIDENTAL

COORD.  
CARLA MARIA BRAZ MARTINS  
ANA M. S. BETTENCOURT  
JOSÉ INÁCIO F. P. MARTINS  
JORGE CARVALHO



CITCEM  
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO TRANSDISCIPLINAR  
CULTURA, ESPAÇO E MEMÓRIA



# POVOAMENTO E EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS MINEIROS NA EUROPA ATLÂNTICA OCIDENTAL

COORD.

CARLA MARIA BRAZ MARTINS

ANA M. S. BETTENCOURT

JOSÉ INÁCIO F. P. MARTINS

JORGE CARVALHO



CITCEM  
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO TRANSDISCIPLINAR  
CULTURA, ESPAÇO E MEMÓRIA



APEQ

## FICHA TÉCNICA

**Título: Povoamento e Exploração dos Recursos Mineiros na Europa Atlântica Ocidental**

Coordenação: Carla Maria Braz Martins, Ana M. S. Bettencourt, José Inácio F. P. Martins, Jorge Carvalho

Figura da capa: *Torques* de Póvoa de Lanhoso, Museu D. Diogo de Sousa, Braga; Mina de Deilão, S. Pedro do Sul (fotografias de Carla Maria Braz Martins)

Edição: CITCEM – Centro de Investigação Transdisciplinar «Cultura, Espaço e Memória»  
APEQ – Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário

Design gráfico: Helena Lobo [www.hldesign.pt](http://www.hldesign.pt)

ISBN: 978-989-97558-5-7

Depósito Legal: 337978/11

Concepção gráfica: Sersilito-Empresa Gráfica, Lda. [www.sersilito.pt](http://www.sersilito.pt)

Braga, Dezembro 2011

# SUMÁRIO

## *Apresentação*

Carla Maria Braz Martins, Ana M. S. Bettencourt, José Inácio F. P. Martins e Jorge Carvalho .....	7
--	---

## 1. PAISAGEM E MINERAÇÃO

<i>Challenges and prospects of Geographic Information Systems in Bronze Age hoards in Atlantic Europe</i> Beatriz Comendador Rey e Alejandro Manteiga Brea .....	15
<i>O papel social das amortizações metálicas na estruturação da paisagem da Idade do Bronze do Noroeste Português: os montes da Penha (Guimarães) e da Saia (Barcelos)</i> Hugo Aluai Sampaio .....	31
<i>Le programme MINEDOR. Caractérisation archéologique et paléoenvironnementale des mines d'or arvernes de Haute-Combraille (Auvergne, France)</i> Frédéric Trément en collaboration avec Jacqueline Argant, Elise Brémon, Hervé Cubizolle, Bertrand Dousteysier, José Antonio López-Sáez, Guy Massounie, Pierre Rigaud e Alain Veron .....	55
<i>Aprovechamiento de mineral de hierro en el monte Basagain (Anoeta, Gipuzkoa, Euskal Herria) desde la Protohistoria hasta nuestros días. Estudio preliminar</i> Sonia San Jose Santamarta .....	71
<i>Of slags and men. Iron mining and metallurgy in the Mira valley (Southwest Portugal) from Iron Age to the Middle Ages</i> Jorge Vilhena e Mathieu Grangé .....	83

<i>Minería romana en el Noroeste de Hispania: tecnología minera y explotación del territorio</i>	
F.-Javier Sánchez-Palencia . . . . .	113
<i>Explotación minera y poblamiento romano a Orillas del Cantábrico</i>	
Cármén Fernández Ochoa e Ángel Morillo Cerdán . . . . .	133
<i>Los yacimientos auríferos primários de la provincia de León (España): técnicas de explotación romana</i>	
Roberto Matías Rodríguez . . . . .	155
<i>Minería romana y poblamiento en la cuenca del baixo Miño (Noroeste Peninsular)</i>	
Brais X. Currás Refojos e Luis F. López González . . . . .	179
<i>Paisagem, Povoamento e Mineração Antigas no Vale Alto do Rio Terva, Boticas</i>	
Lúis Fontes, Mafalda Alves, Carla Maria Braz Martins, Bruno Delfim e Eurico Loureiro . . . . .	203
<i>Contribuição para o estudo da mineração romana de ouro na bacia do Rio Terva (Norte de Portugal)</i>	
Alexandre Lima, Roberto Matías Rodríguez e Alexandra Mendonça . . . . .	221
<i>Contribuição para o estudo da mineração romana de ouro na Serra das Banjas (Norte de Portugal)</i>	
Alexandre Lima, Roberto Matías Rodríguez, Natália Félix e Maria Antónia Silva . . .	237
<i>Chão das Servas no panorama mineiro do rio Ocreza (Vila Velha de Ródão)</i>	
Susana Rodrigues Cosme . . . . .	251
<i>Una aproximación etnoarqueológica al trabajo del estaño en el valle del río Ribeira y la zona del Tameirón (A Gudiña, Ourense, NW Peninsular)</i>	
Cristina Isaura Fernández Fernández . . . . .	261

## 2. ARQUEOMETALURGIA

<i>The inception and nature of extractive metallurgy in Western Europe</i>	
Paul T. Craddock . . . . .	281
<i>Arqueometalurgia na Europa Atlântica – o ouro antes do ferro</i>	
Barbara Armbruster . . . . .	313

<i>Prehistoric copper mining and metallurgical expertise in Ireland</i> William O'Brien .....	337
<i>Achados metálicos de cobre no baixo Vouga (Centro-Norte de Portugal)</i> Carlos Manuel Simões Cruz, Ana M. S. Bettencourt, Elin Figueiredo e Maria de Fátima Araújo .....	359
<i>First bronzes of North-West Iberia: the data from Fraga dos Corvos habitat site</i> João Carlos Senna-Martínez, Elsa Luís, Maria de Fátima Araújo, Rui Silva, Elin Figueiredo e Pedro Valério .....	377
<i>Produção e práticas metalúrgicas da Idade do Bronze no Noroeste Português: o sítio do Pego, Braga</i> Hugo Aluai Sampaio e Ana M. S. Bettencourt .....	391
<i>Metallurgy and society in “Baiões/Santa Luzia” culture group: results of the METABRONZE project</i> João Carlos Senna-Martínez, Elin Figueiredo, Maria de Fátima Araújo, Rui Silva, Pedro Valério e João Luís Inês Vaz .....	409
<i>Metalurgia do castro do Cabeço da Argemela (Fundão): formas, conteúdos, produções e contextos</i> Raquel Vilaça, Sara Almeida, Carlo Bottaini, João Nuno Marques e Ignacio Montero-Ruiz .....	427
<i>Tesoros olvidados. Propuestas para el estudio e interpretación del conjunto de orfebrería castreña de Recouso (San Martiño de Marzoa, Oroso, A Coruña)</i> Óscar García Vuelta e Xosé-Lois Armada .....	453
<i>Identificação de possíveis oficinas metalúrgicas na Citânia de Briteiros (Noroeste de Portugal)</i> Gonçalo P. Cruz e José Antunes .....	463
<i>A actividade metalúrgica/mineira no povoado de São Faraústo 2 (Oriola, Portel)</i> Susana Rodrigues Cosme .....	471
<i>Metalurgia del hierro en el yacimiento tardoantiguo de El Castellón (Santa Eulalia de Tábara, Zamora)</i> José Carlos Sastre Blanco, Antonio J. Criado Portal e Patricia Fuentes Melgar . . . .	483

### 3. PROSPECÇÃO GEOFÍSICA

<i>Técnicas não intrusivas na prospecção arqueológica</i>	
Fernando Almeida e Jorge Carvalho.....	503
<i>Aplicação do geo-radar no reconhecimento de uma estrutura no complexo mineiro de Três Minas, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real</i>	
Carla Maria Braz Martins, Jorge Carvalho, Fernando Almeida e Abílio Cavalheiro.....	521
<i>Prospecção geofísica na avaliação do potencial arqueológico da Fábrica de vidros do Côvo (Oliveira de Azeméis)</i>	
João Tiago Tavares, Abílio Cavalheiro, Fernando Almeida, Jorge Carvalho e Pedro Garcia .....	535





# LE PROGRAMME MINEDOR. CARACTÉRISATION ARCHÉOLOGIQUE ET PALÉOENVIRONNEMENTALE DES MINES D'OR ARVERNES DE HAUTE-COMBRAILLE (AUVERGNE, FRANCE)

FRÉDÉRIC TRÉMENT<sup>1</sup>

EN COLLABORATION AVEC JACQUELINE ARGANT<sup>2</sup>,  
ELISE BRÉMON<sup>3</sup>, HERVÉ CUBIZOLLE<sup>4</sup>,  
BERTRAND DOUSTEYSSIER<sup>5</sup>, JOSÉ ANTONIO LÓPEZ-SÁEZ<sup>6</sup>,  
GUY MASSOUNIE<sup>7</sup>, PIERRE RIGAUD<sup>8</sup>, ALAIN VERON<sup>9</sup>

## 1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Les Arvernes sont, durant le Second Age du Fer, l'un des peuples les plus puissants de la Gaule. Cette puissance, ils la doivent à leur position centrale, au cœur

---

<sup>1</sup> Coordinateur du programme MINEDOR. Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II. Centre d'Histoire «Espaces et Cultures» (CHEC – EA 1001). Maison des Sciences de l'Homme. 4, rue Ledru. F-63057 Clermont-Ferrand cedex. frederic.trement@wanadoo.fr

<sup>2</sup> Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (LAMPEA – UMR 6636) – Institut Dolo-mieu. 15, rue Maurice Gignoux. F-38031 Grenoble cedex. j.argant@wanadoo.fr

<sup>3</sup> Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II. Centre d'Histoire «Espaces et Cultures» (CHEC – EA 1001). Maison des Sciences de l'Homme. 4, rue Ledru. F-63057 Clermont-Ferrand cedex. e\_lisou@hotmail.fr

<sup>4</sup> Université Jean Monnet – Saint-Etienne. Image, Société, Territoire, Homme, Mémoire, Environnement (ISTHME – EVS – UMR 5600 CNRS). 6, rue Basses des Rives. F-42023 Saint-Etienne cedex 2. herve.cubizolle@univ-st-etienne.fr

<sup>5</sup> Centre d'Histoire «Espaces et Cultures» (EA 1001 – CHEC). Maison des Sciences de l'Homme. 4 rue Ledru. F-63057 Clermont-Ferrand cedex 1. bertrand.dousteyssier@univ-bpclermont.fr

<sup>6</sup> Laboratorio de Arqueobotánica, CEH, CSIC, Duque de Medinaceli 8. E-28014 Madrid. ceh1149@ceh.csic.es

<sup>7</sup> Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II. Centre d'Histoire «Espaces et Cultures» (CHEC – EA 1001). Maison des Sciences de l'Homme. 4, rue Ledru. F-63057 Clermont-Ferrand cedex. guy.massounie@wanadoo.fr

<sup>8</sup> Centre Ernest-Babelon. Institut de Recherches sur les Archéomatériaux (IRAMAT – UMR 5060 CNRS). 3D rue de la Férollerie. F-45071 Orléans cedex 2. rigaud@cnrs-orleans.fr

<sup>9</sup> Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE – CNRS). BP 80. F-13545 Aix-en-Provence cedex 4. veron@cerege.fr

du Massif Central, ainsi qu'à leur richesse, tirée notamment d'une agriculture florissante et de l'exploitation minière. On sait par les textes que cette puissance se traduit par une diplomatie très active en Gaule centrale et méditerranéenne, et par l'influence exercée sur les peuples du sud du Massif Central (Trément dir. 2002; Trément *et al.* 2007; Trément 2010a). Cette «mainmise» sur les Vellaves, les Gabales, les Rutènes et les Cadurques permet aux Arvernes de contrôler d'importantes ressources minières, en particulier d'argent (Strabon, *Géographie*, IV, 2, 2-3). Elle les met également en contact direct avec la Gaule Transalpine, qui passe dans l'orbite romaine au IIe s. av. J.-C.

L'un des apports majeurs des recherches conduites au cours des quinze dernières années est d'avoir mis en évidence le rôle crucial joué par la plaine de la Limagne dans l'organisation du territoire des Arvernes à partir du IIIe s. av. J.-C. Cette plaine concentre en effet les sites majeurs de la fin de l'Age du Fer, puis le chef-lieu de cité de l'époque romaine, *Augustonemetum* (Trément 2009). Les prospections systématiques et les études paléoenvironnementales confirment qu'il s'agit d'une des régions les plus densément peuplées et exploitées des Gaules à la fin de l'Age du Fer et à l'époque romaine (Trément 2010a; b; sous presse). Enfin, c'est dans cette même plaine que se développe le vaste complexe potier de Lezoux, ainsi que de nombreux ateliers de production de céramique dits «de Gaule centrale».

On a donc l'image, entre le IIIe s. av. J.-C. et le IIIe s. ap. J.-C. au moins, d'une grande prospérité économique, qui se concrétise, après la conquête romaine, par des réalisations exceptionnelles comme le temple de Mercure au sommet du puy de Dôme ou encore, selon Pline l'Ancien (*Histoire Naturelle*, XXXIV, 18, 45-47), la commande passée par les Arvernes au plus grand sculpteur grec de l'époque, Zénodore, d'une statue colossale figurant ce même dieu.

Dans ce contexte de peuplement dense et d'intense mise en valeur se pose la question de la place des montagnes périphériques dans le système économique régional (Trément 2010a; b; sous presse). Cette question est fondamentale à plus d'un titre :

- la moyenne montagne couvre en effet la majeure partie du territoire arverne ;
- elle borde de toute part la plaine de la Limagne et est directement en contact avec elle ;
- enfin, ces massifs montagneux étaient susceptibles de fournir en quantité des ressources essentielles aux habitants de la plaine. C'est le cas tout particulièrement des ressources minières, dont il sera question ici.

Pour aborder la question de l'intégration des massifs montagneux dans l'économie du territoire arverne, onze «fenêtres» ont été ouvertes en différents points de la cité (Trément 2010a; sous presse). L'objectif est de comparer les dynamiques de

l'occupation du sol sur la base de protocoles communs d'acquisition des données archéologiques et paléoenvironnementales. Cette démarche, qui en est encore à un stade préliminaire, montre que certains secteurs ont fait l'objet d'un développement économique remarquable, notamment au Haut-Empire, en lien avec la proximité de grands axes routiers.

C'est le cas en Haute-Combraille, une région de hauts plateaux localisée à la périphérie occidentale du territoire, où les prospections réalisées par Guy Massounie (en cours) dans le cadre d'une thèse ont mis en lumière une densité inattendue de sites occupés aux deux premiers siècles de notre ère (Fig. 1). Ce résultat infirme

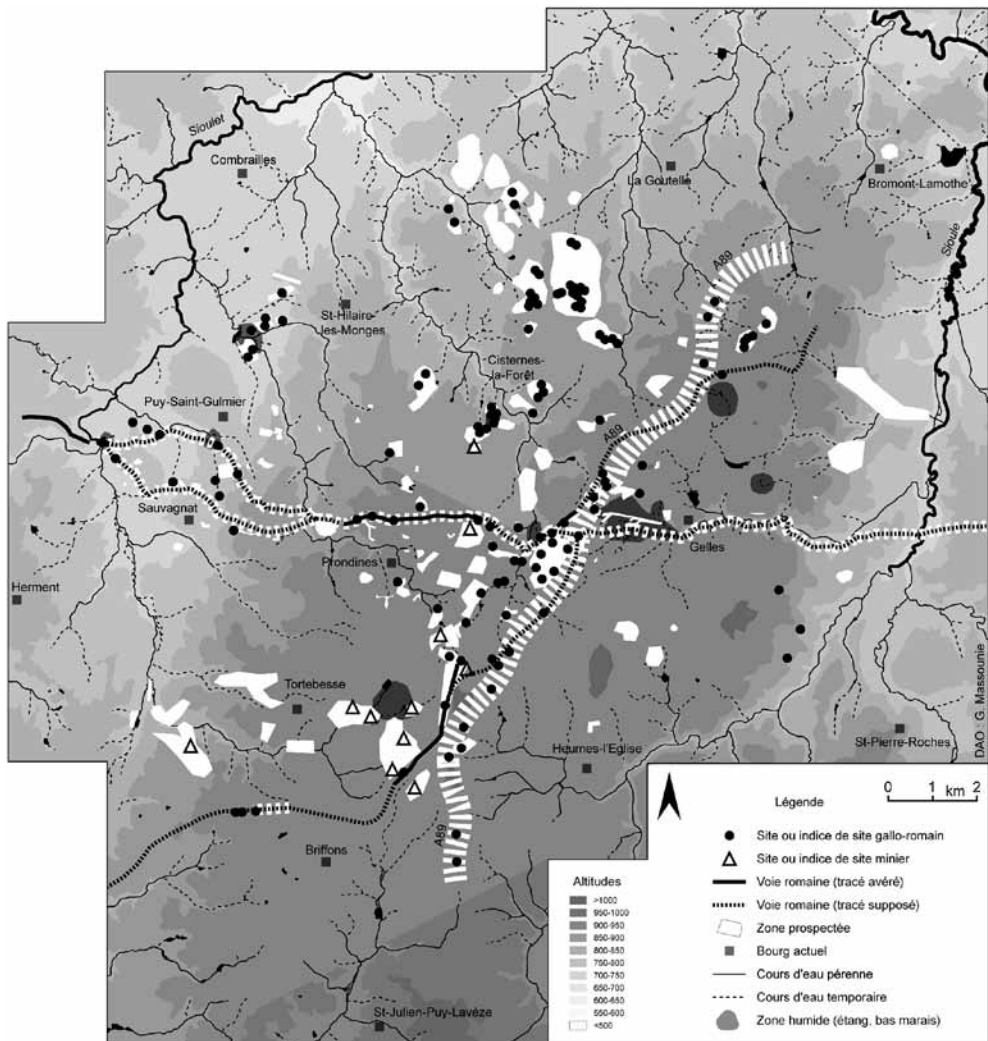


Figure 1. L'occupation du sol en Haute-Combraille au Haut-Empire (d'après Massounie en cours).

l'idée selon laquelle ce secteur de confins était un désert archéologique. La méthodologie mise en œuvre par Guy Massounie combine enquête orale, prospection des rares parcelles labourées, recherche d'anomalies topographiques, suivi de travaux agricoles, en particulier ceux liés au remembrement consécutif à l'aménagement de l'autoroute A89. Le suivi des travaux de l'autoroute et l'inspection des déblais ont été également très fructueux.

Ces prospections, complétées par des sondages, ont permis de préciser le tracé de deux voies romaines majeures (Dacko en cours): la voie d'Agrippa qui relie Lyon et Saintes, et la voie Burdigalaise qui s'en détache en direction du Sud-Ouest.

Les établissements d'époque romaine sont nombreux le long de ces voies, particulièrement à leur intersection, mais également à une distance relativement élevée (5 ou 6km). La caractérisation de cet habitat est encore difficile, faute de fouilles ou même de labours. Certaines concentrations particulièrement denses suggèrent la présence d'agglomérations. Mais les données de prospection et surtout la fouille préventive réalisée à Prondines, sur le tracé de l'A89, montrent également la présence de *villae*.

Comment expliquer ce phénomène de développement? Est-ce un phénomène localisé ou bien le signe d'un développement plus général de la moyenne montagne?

Le fouilleur de la *villa* de Puy-Gilbert à Prondines, André Rebiscol (2005), a envisagé que cet établissement puisse être lié à l'exploitation de l'or, en se fondant sur la proximité d'un réservoir relié à un système d'adduction et d'écoulement, qu'il interprète comme une laverie. En effet, ce secteur est connu pour ses potentialités aurifères, mais aussi argentifères.

Nous avons donc entrepris de suivre cette piste pour tester l'hypothèse d'un lien entre le phénomène de développement observé aux deux premiers siècles de notre ère et une éventuelle exploitation minière. De fait, les prospections conduites depuis une quinzaine d'années dans cette région (Rigaud 1998; Rigaud, Bouyer 1995; Cauuet 1999; Massounie en cours) ont mis en évidence la présence d'innombrables vestiges d'extraction aurifère, passés jusque là inaperçus du fait de l'état du couvert végétal (dominé par les forêts et les prairies) et du manque d'investissement archéologique dans cette zone éloignée des pôles de développement et de recherche (Fig. 2). Des vestiges similaires sont présents dans le territoire des Lémovices (Limousin), où les recherches de Béatrice Cauuet permettent de les attribuer à l'époque gauloise (Cauuet 2007). Cette datation «haute» illustre et justifie l'idée dominante, chez les historiens de l'Antiquité, selon laquelle l'exploitation des mines d'or gauloises du Massif Central et des Alpes aurait cessé au début de notre ère, après la conquête romaine, en lien avec l'ouverture par Auguste des énormes mines impériales du Nord-Ouest de la péninsule ibérique (Domergue 2008). Or les recherches en cours

sur les dynamiques de peuplement dans la Haute-Combraille obligent à discuter ce point de vue.

Il s'agit là d'une question essentielle de l'historiographie romaine, mais également, pour mieux comprendre les fondements socio-économiques de la prospérité et de la puissance des Arvernes à la fin de l'Age du Fer et à l'époque romaine. En effet, des zones considérées comme marginales de nos jours ont pu constituer des foyers de développement importants à certaines époques (les géographes parlent de «marges intégrées») (Trément 2010a; 2010b; sous presse; Trément, Carvalho sous presse).

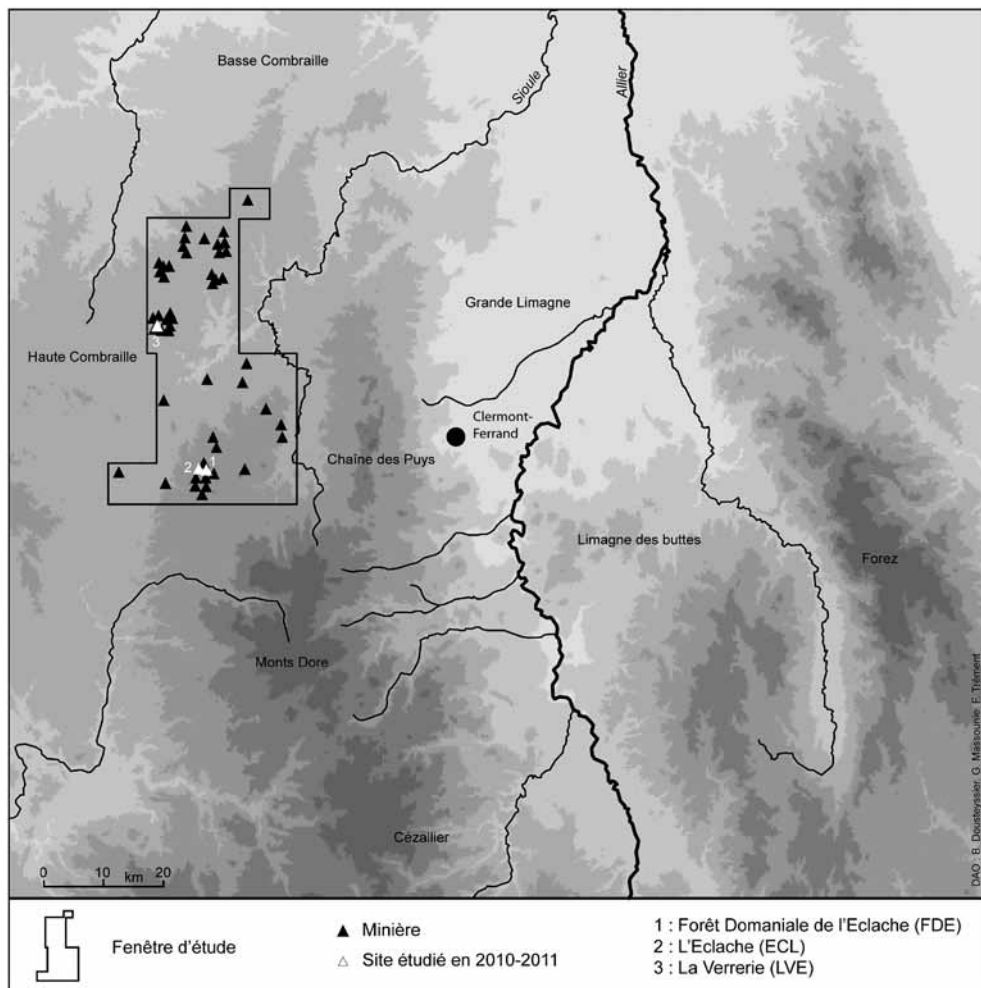


Figure 2. Localisation des mines d'or anciennes de Haute-Combraille.

## 2. LE PROGRAMME MINEDOR

Pour répondre à ces interrogations, il est nécessaire de caractériser les vestiges d'extraction minière en combinant plusieurs types d'approches. C'est là l'ambition du programme MINEDOR, lancé en 2010 dans le cadre de l'appel à projets «programme interdisciplinaire» de la Maison des Sciences de l'Homme de Clermont-Ferrand.

L'objectif est 1) de cartographier précisément les minières au moyen de prospections pédestres et aériennes, d'une analyse des couvertures photographiques aériennes verticales et de relevés par GPS bi-fréquence et tachéomètre laser/infrarouge, puis éventuellement LIDAR; 2) d'en évaluer l'impact sur le paysage grâce à des analyses paléoenvironnementales (palynologie, microfossiles non polliniques) et géochimiques (métaux lourds, éléments-traces, isotopes du plomb) réalisées à haute résolution sur des carottes prélevées dans des zones humides avoisinantes (tourbières, bas marais, étangs), et 3) par ce biais, d'en dater la (ou les) phase(s) d'exploitation.

Ces nouvelles données permettront d'éclairer un pan important de l'économie antique du Massif Central. L'hypothèse d'une exploitation de ces mines à l'époque romaine pourrait expliquer la densité remarquable des établissements repérés en prospection au cours des dernières années dans ces zones de hauts plateaux (900-1000m), et dont l'occupation date des deux premiers siècles de notre ère. Les zones humides constituant des stocks d'eau considérables à la tête des bassins-versants, il sera également possible d'évaluer les conséquences environnementales d'éventuelles pollutions minières anciennes à court, moyen et long terme.

### 2.1. Archéologie spatiale

Le premier objectif a consisté, en recourant aux méthodes de l'archéologie spatiale, à cartographier précisément et à caractériser du point de vue typologique les vestiges d'extraction minière (Fig. 2).

Bien qu'elles laissent des traces imposantes et caractéristiques, les minières sont difficilement repérables du fait de l'épaisse couverture boisée actuelle; les prospections pédestres en cours seront systématisées et complétées par des prospections aériennes et une analyse méthodique des couvertures aériennes verticales disponibles. Les structures seront localisées et relevées au moyen d'un GPS bi-fréquence à résolution centimétrique acquis par la MSH dans le cadre de la Plateforme IntelEspace. La réalisation d'une couverture LIDAR sera envisagée ultérieurement.

Les vestiges d'extraction feront l'objet d'une description archéologique précise. Ils présentent en effet des formes et des dimensions variées relevant de deux catégories principales: les mines à ciel ouvert exploitant des gisements superficiels (minières

circulaires, ovalaires ou en tranchées parallèles) et les mines souterraines exploitant des gisements profonds (puits et galeries). En 2010, la minière de «La Verrerie» (Villosanges) a déjà fait l'objet d'un relevé microtopographique au tachéomètre (Fig. 3-4). En 2012, les minières de la «Forêt domaniale de L'Eclache» et de «L'Eclache» seront relevées par GPS bi-fréquence et/ou tachéomètre en fonction de la densité du couvert forestier.



Figure 3. Vue aérienne de la minière de la Verrerie à Villosanges (source: Géoportail).

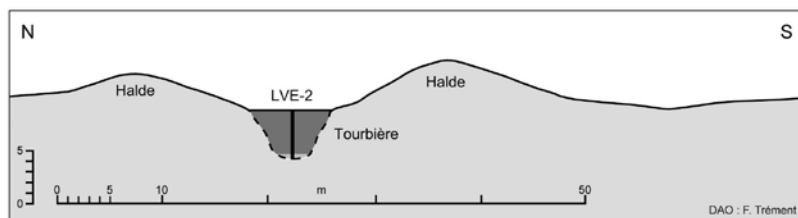
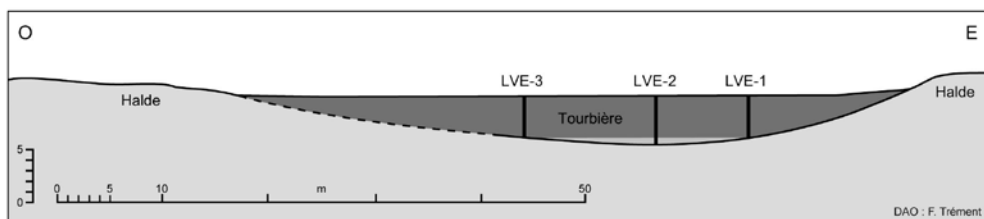


Figure 4. Coupes topographiques de la minière de la Verrerie (Villosanges).



A terme, la spatialisation des différents types de structures minières dans un SIG apportera un précieux éclairage sur la logique d'organisation de l'exploitation.

## 2.2. Géomorphologie des tourbières

Parallèlement, une prospection et une cartographie des tourbières et autres zones humides ont été entreprises en collaboration avec Hervé Cubizolle, qui a déjà effectué un travail de ce type dans les Monts du Forez (Cubizolle, Argant 2006; Cubizolle *et al.* 2004; 2012). Des carottages-tests ont été réalisés systématiquement dans les séquences tourbeuses afin d'identifier celles qui, par leur âge et leur dilatation, sont susceptibles d'offrir la résolution chronologique la plus élevée dans la fourchette de temps qui nous intéresse (c'est-à-dire les trois derniers millénaires).

A l'issue de cette phase exploratoire, le croisement des informations relatives aux sites miniers et aux zones humides a permis de sélectionner trois secteurs d'étude caractérisés par la juxtaposition d'importantes concentrations de minières et de tourbières retenues pour leur potentiel informatif, afin de procéder aux analyses paléobotaniques et géochimiques :

- Sur le site de la Forêt domaniale de L'Eclache (commune de Prondines), un forage (FDE-1) de 2,50m a été réalisé dans une halde en vue d'analyses minéralogiques. Dans une petite tourbière située à proximité immédiate, en bordure nord de la zone minière, une carotte (FDE-2) de 1,40m a été prélevée au moyen d'une sonde russe (Fig. 5).
- Sur le site de L'Eclache (commune de Prondines), deux carottes (ECL-3 et ECL-4) de 1,40m ont été extraites dans la tourbière qui borde la zone minière au sud (Fig. 6).
- Sur le site de La Verrerie (commune de Villosanges), trois carottes ont été prélevées dans la tourbière qui s'est formée dans une vaste minière: LVE-1 (4,10m), LVE-2 (4,50m) et LVE-3 (4m) (Fig. 4).

## 2.3. Les méthodes paléobotaniques

Les analyses paléobotaniques mises en œuvre sur ces séquences tourbeuses ont pour but de caractériser les dynamiques de la végétation et des milieux humides en vue d'identifier et de dater les phases majeures de pression anthropique, susceptibles de coïncider avec les phases d'exploitation minière. On sait en effet que l'ouverture d'une zone d'extraction nécessitait le déboisement d'une surface trois à quatre fois supérieure (inf. or. B. Cauuet).



Figure 5. Délimitation de la zone minière de la Forêt domaniale de l'Eclache (Prondines) et emplacement des carottages FDE-1 et FDE-2 (cliché vertical: Géoportail).

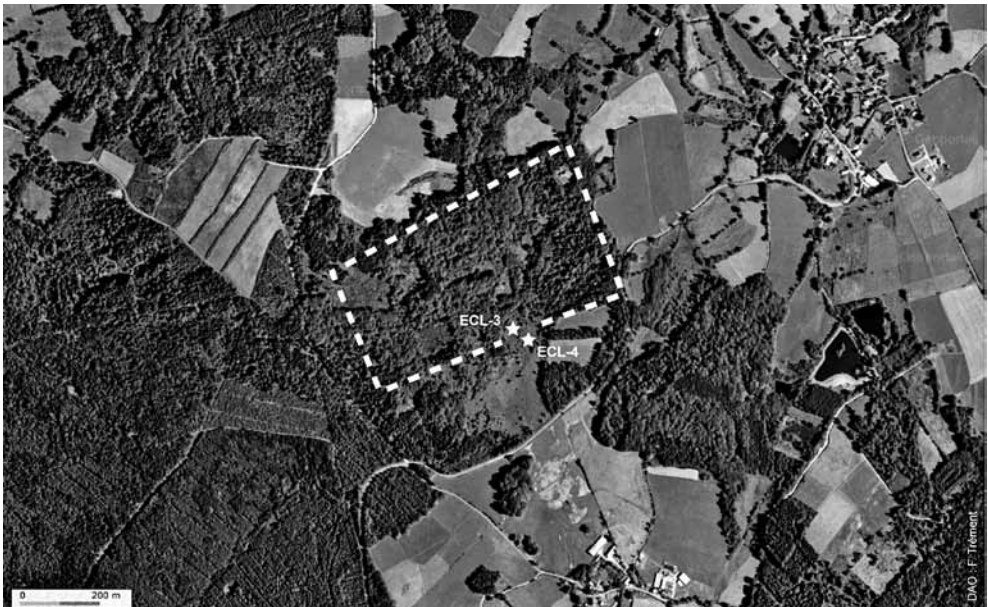


Figure 6. Délimitation de la zone minière d l'Eclache (Prondines) et emplacement des carottages ECL-3 et ECL-4 (cliché vertical: Géoportail).

Les analyses paléobotaniques en cours concernent les pollens et les microfossiles non polliniques. Les analyses polliniques réalisées par Jacqueline Argant portent sur 80 échantillons. Les microfossiles non polliniques issus des culots sont étudiés par José Antonio López-Sáez. L'objectif, à ce stade préliminaire, est 1) d'évaluer le potentiel paléobotanique des tourbières sélectionnées, grâce à un échantillonnage à maille lâche (20cm), 2) de repérer les principales phases de mise en valeur du milieu (déboisements, défrichements, gestion agro-pastorale), 3) de caler chronologiquement les séquences, grâce à 15 datages. En 2012, il s'agira de caractériser ces phases «sensibles» grâce à une maille d'échantillonnage à plus haute résolution (2cm) et d'affiner leur datation au moyen de nouveaux datages C14.

L'intérêt de ces zones humides est triple: 1) d'une part, il s'agit d'excellents enregistreurs paléoenvironnementaux (dépressions fermées, humidité constante, remplissage organique datable par carbone 14), susceptibles de nous renseigner précisément sur l'évolution du couvert végétal, sur la nature de l'occupation du sol et sur les pollutions minières éventuelles, nous permettant par là même de dater et de quantifier les grandes phases d'exploitation, tout en évaluant leur impact environnemental (déboisements); 2) d'autre part, l'accumulation de tourbe peut avoir une origine anthropique et résulter de barrages construits dans le but de créer des pièces d'eau (ces pièces d'eau ont pu être aménagées à des fins agricoles, comme c'est le cas dans les Monts du Forez, mais aussi en lien, ici, avec les activités minières); 3) enfin, ces tourbières constituant des stocks d'eau considérables à la tête des bassins-versants, il est essentiel d'évaluer les conséquences environnementales d'éventuelles pollutions à court, moyen et long terme.

#### 2.4. Les méthodes géochimiques

Les applications de la géochimie isotopique dans le champ de l'histoire et de l'archéologie sont relativement récentes. L'intérêt des géochimistes s'est porté principalement sur la question des pollutions générées depuis la Révolution industrielle. Mais l'Antiquité a attiré précocement leur attention à travers le problème du saturnisme, considéré un temps comme l'une des causes possibles du déclin de l'Empire romain (Gilfillan 1965; 1990). Ces travaux aujourd'hui discutables (du fait de l'absence de dialogue avec les historiens et les archéologues) ont le mérite d'avoir mis en évidence la réalité des pollutions chimiques libérées dans l'atmosphère par la métallurgie antique (Nriagu 1983).

A ces approches globales (fondées notamment sur l'étude des séquences glaciaires du Groenland) ont succédé des approches régionales plus interdisciplinaires, visant à discriminer signal géochimique global, régional et local. Des travaux emblématiques ont été conduits en Basse Saxe (Monna *et al.* 2000) et dans le Jura suisse

(Shotyk *et al.* 1998). En France, des recherches ont été développées avec succès dans les ports méditerranéens antiques (Véron 2004), dans les Pyrénées occidentales (Monna *et al.* 2004a), dans le Mont Lozère (Baron 2005), dans le Morvan (Monna *et al.* 2004b) et dans les Alpes (Segard 2009). Ces travaux révèlent l'ancienneté des pollutions générées par les activités minières, mais aussi des situations régionales très contrastées.

La méthodologie envisagée dans le projet MINEDOR découle des expériences conduites dans les Pyrénées occidentales, le Mont Lozère, le Morvan et les Alpes. Elle est fondée sur la quantification des métaux lourds, sur la détection des éléments-traces et sur la géochimie isotopique du plomb libéré par les opérations d'abattage au feu et de traitement du minerai (la coupellation de l'or et de l'argent est réalisée au moyen du plomb). Les analyses entreprises en 2011 sur les carottes FDE2 et ECL4, réalisées par Alain Véron, permettront de caractériser qualitativement et quantitativement le signal local, et de préciser la nature de l'impact environnemental (pollution chimique) des activités minières anciennes. La corrélation entre diagrammes polliniques et profils géochimiques permettra d'identifier les principales phases d'exploitation et de pollution minières.

L'investigation géochimique fine des tourbières datées dans des zones d'exploitation connues devrait nous permettre de reconstruire les périodes de fonctionnement de ces mines, leur intensité, et possiblement la source des minerais de plomb utilisés dans les processus métallurgiques associés à la purification de l'or natif. Nous proposons d'utiliser le traçage par le plomb et ses isotopes stables<sup>10</sup>. L'analyse complémentaire d'étain (Sn) et d'arsenic (As) sera réalisée si les analyses de plomb ne s'avéraient pas concluantes, dans le cas où ces mines seraient *pro parte* des mines d'étain (recherchées pour la fabrication des bronzes), et/ou vérifier les indicateurs d'une métallurgie locale basée sur l'utilisation d'arsenic (un autre adjuvant utilisé pour purifier l'or). L'aluminium (Al) sera mesuré afin de calibrer les concentrations de métaux traces par rapport au «fond géochimique» non contaminé par des apports exogènes (norme crustale), et ainsi vérifier si les variations observées sont liées à des changements minéralogiques ou à des apports liés à une anthropisation régionale.

Compte tenu de son utilisation massive pendant l'Antiquité, le plomb pourrait marquer la présence d'une anthropisation régionale (présence de «plomb domestique» très précoce) sans pour autant être un indicateur des activités minières. Toutefois, la

---

<sup>10</sup> Les analyses isotopiques du plomb mettent en œuvre un spectromètre de masse à thermo-ionisation avec source solide (Finnigan MAT 262 et VG 54-30) et un spectromètre de masse multicollection à plasma induit (MC-ICPMS Nu du GEOTOP, Université du Québec à Montréal, UQAm, Canada). Pour les éléments Al, Pb, Sn et As sera utilisé un spectrophotomètre d'émission atomique à générateur inductif de plasma (ICP AES – Jobin Yvon ULTIMA C).

proximité des mines aurifères et des zones humides étudiées, ainsi que l'utilisation de plomb comme adjuvant dans les processus métallurgiques d'extraction de l'or, permettront de distinguer ces activités avec des enrichissements significatifs des teneurs en plomb, ainsi que des signatures isotopiques spécifiques, caractéristiques des adjuvants de plomb, et certainement différentes de l'encaissant crustal et du «plomb domestique». Bien que le plomb ait largement démontré son efficacité pour le traçage des activités minières, c'est la première fois à notre connaissance qu'il sera utilisé dans le contexte de mines exclusivement aurifères.

## 2.5. Les méthodes géologiques

A terme, les données obtenues sur les exploitations minières anciennes seront croisées dans un SIG avec la carte géologique réactualisée des gisements métallifères, afin de mieux orienter les prospections archéologiques à venir. Ce travail commencera par un inventaire de la documentation disponible au Service géologique régional et au Bureau des recherches géologiques et minières, toute cette zone géographique des Combrailles ayant fait l'objet, dans les années 1970-80, de prospections géologiques approfondies en vue de la recherche d'uranium. Ces recherches ont montré la présence de nombreux minerais dans ce secteur, dont de l'or (inf. or. P. Nehlig).

## CONCLUSION

Ces nouvelles données devraient éclairer un pan important de l'économie antique du territoire arverne, et plus largement du Massif Central. Elles permettront peut-être aussi de discuter le schéma très «moderniste» d'une gestion impériale des mines d'or planifiée à l'échelle de l'Empire, qui se serait traduit, à l'époque augustéenne, par la fermeture des petites exploitations jugées insuffisamment rentables au profit des grands districts miniers du Nord-Ouest ibérique.

Seule cette collaboration interdisciplinaire intensive est susceptible de permettre de répondre aux questions posées, qui relèvent d'une approche systémique des interactions sociétés/environnement.

## RÉFÉRENCES

- BARON, S. (2005). *Etude de la traçabilité et de l'évolution d'une pollution liée au fonctionnement d'ateliers métallurgiques médiévaux au plomb argentifère sur le Mont Lozère*. Nancy: Centre de recherches pétrographiques et géochimiques. Thèse de doctorat.

- CAUJET, B. (1999). Prospection-inventaire. Les mines d'or des Arvernes (communes de Bagnols, La Bessette, Cros, Larodde, Tauves et Trémouille-Saint-Loup). *Bilan scientifique de la Région Auvergne 1997*. Ministère de la Culture, DRAC Auvergne, Service régional de l'Archéologie. 90.
- CAUJET, B. (2007). *L'or des Celtes du Limousin*. Limoges: Culture et patrimoine limousin. 123 p. (collection Archéologie).
- CUBIZOLLE, H.; ARGANT, J. (2006). Les facteurs de la mise en place des tourbières du Massif Central oriental granitique à l'Holocène. In MIRAS, Y.; SURMELY, F. (dir.). *Environnement et peuplement de la moyenne montagne du Tardiglaciaire à nos jours*. Actes de la table ronde de Pierrefort (juin 2003). Besançon: Presses Universitaires de Franche-Comté. p. 93-108 (Annales Littéraires 799, Série «Environnement, sociétés et archéologie», 9).
- CUBIZOLLE, H.; FASSION, F.; ARGANT, J.; LATOUR, C.; GALET, P.; OBERLIN, C. (2012). Mire initiation, climate change and agricultural expansion over the course of the Late-Holocene in the Massif Central mountain ranges (France): what are the causal links and what are the implications for mire conservation? *Quaternary International*, special issue.
- CUBIZOLLE, H.; GEORGES, V.; LATOUR, C.; ARGANT, J.; SERIEYSSOL, K. (2004). La turfigenèse à la fin du Subboréal et au Subatlantique dans les tourbières basses du Massif Central oriental granitique (France): une manifestation de l'action humaine? *Quaternaire*. 15(4). 343-359.
- DACKO, M. (en cours). *Les voies romaines du Massif Central: dynamique des réseaux et impact territorial*. Clermont-Ferrand: Université Blaise Pascal. Thèse de doctorat, sous la dir. de F. Trément.
- DOMERGUE, C. (2008). *Les mines antiques. La production des métaux aux époques grecque et romaine*. Paris: Picard (collection Antiqua).
- GILFILLAN, S.C. (1965). Lead poisoning and the fall of Rome. *Journal of occupational medicine*. 7. 53-60.
- GILFILLAN, S.C. (1990). *Rome's ruine by lead poison*. Library of Congress. 234 p.
- MASSOUNIE, G. (en cours). *Le peuplement des Combrailles de la Protohistoire au Moyen-Age (Puy-de-Dôme)*. Clermont-Ferrand: Université Blaise Pascal. Thèse de doctorat, sous la dir. de F. Trément.
- MONNA, F.; HAMER, K.; LÉVÊQUE, J.; SAUER, M. (2000). Pb isotopes as a reliable marker of early mining and smelting in the Northern Harz province (Lower Saxony, Germany). *Journal of geochemical exploration*. 68. 201-210.
- MONNA, F.; GALOP, D.; CAROZZA, L.; TUAL, M.; BEYRIE, A.; MAREMBERT, F.; CHÂTEAU, C.; DOMINIK, J.; GROUSSET, F.E. (2004a). Environmental impact of early Basque mining and smelting recorded in a high ash minerogenic peat deposit. *Science of the total environment*. 327. 197-214.
- MONNA, F.; PETIT, C.; GUILLAUMET, J.-P.; JOUFFROY-BAPICOT, I.; BLANCHOT, C.; DOMINIK, J.; LOSNO, R.; RICHARD, H.; LÉVÊQUE, J.; CHÂTEAU, C. (2004b). History and environmental impact of mining activity in Celtic Aeduan territory recorded in a peat bog (Morvan, France). *Environmental science and technology*. 38(3). 665-673.
- NRIAGU, J.O. (1983). *Lead and lead poisoning in Antiquity*. New York: John Wiley & Sons. 437 p.
- REBISCOUL, A. (2005). Prondines. A89, section 8, Le Sancy/Combronde. Puy-Gilbert sud. *Bilan scientifique de la Région Auvergne 2003*. Ministère de la Culture, DRAC Auvergne, Service régional de l'Archéologie. 102-104.
- RIGAUD, P. (1998). Un patrimoine archéologique méconnu: les minières de la Combraille. *Mémoires de la société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse*. 46. 413-419.
- RIGAUD, P.; BOUYER, P. (1995). Les mines antiques de la Combraille: une introduction à leur étude. *Travaux d'archéologie limousine*. 15. 97-103.

- SEGARD, M. (2009). *Les Alpes occidentales romaines*. Aix-en-Provence: Errance. 287 p. (Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine, 1).
- SHOTYK, W.; WEISS, D.; APPLEBY, P.G.; CHEBURKIN, A.K.; FREI, R.; GLOOR, M.; KRAMERS, J.D.; REESE, S.; VAN DER KNAAP, W.O. (1998). History of atmospheric lead deposition since 12,370 <sup>14</sup>Cyr BP from a peat bog, Jura Mountains, Switzerland. *Science*. 281. 1635-1640.
- TRÉMENT, F. DIR.; GUICHARD, V.; MENNESSIER-JOUANNET, C. (2002). Aux origines de la cité arverne. In MARTIN, D. (dir.). *L'identité de l'Auvergne (Auvergne, Bourbonnais, Velay). Mythe ou réalité historique? Essai sur une histoire de l'Auvergne des origines à nos jours*. Nonette: Créer Editions. 166-193.
- TRÉMENT, F. (2009). A l'origine de la centralité clermontoise. In CHIGNIER-RIBOULON, F. (dir.). *Clermont-Ferrand, ville paradoxale*. Clermont-Ferrand: Presses Universitaires Blaise Pascal. 115-118 (CERAMAC, hors-série n°2).
- TRÉMENT, F. (2010a). Romanisation et dynamiques territoriales en Gaule centrale. Le cas de la cité des Arvernes (Ile s. av. J.-C. – Ile s. ap. J.-C.). In CORSI, C.; VERMEULEN, F. (dir.). *Changing Landscapes. The impact of Roman towns in the Western Mediterranean*. Proceedings of the International Colloquium (Castelo de Vide – Marvão, 15-17 mai 2008). Universidade de Évora – CIDEHUS – Centro Interdisciplinar de História, Culturas e Sociedades. Bologne: Ante Quem. 85-104 (Ricerche Series Maior, 1).
- TRÉMENT, F. (2010b). Romanisation et développement dans les campagnes des Gaules. In OUZOULIAS, P.; TRANOY, L. (dir.). *Comment les Gaules devinrent romaines*. Colloque international (Auditorium du Louvre, 14-15 septembre 2007). Paris: INRAP-La Découverte. 159-176.
- TRÉMENT, F. (sous presse). Romanisation et développement: dynamiques spatiales du développement des territoires dans le Massif Central de l'Age du Fer au Moyen-Age. In FICHES, J.-L.; PLANA, R.; REVILLA, V. (dir.). *Paysages ruraux et territoires dans les cités de l'Occident romain*. Colloque Ager IX (Barcelone, 25-27 mars 2010). Montpellier: Presses universitaires de la Méditerranée.
- TRÉMENT, F.; CARVALHO, H. (sous presse). Romanisation et développement: le cas des cités de Bracara Augusta (Portugal) et des Arverni (France). Une perspective de longue durée. In Actes du colloque *Ager Tarraconensis: paisatge, poblament, cultura material i historia* (Tarragone, 28-29 septembre 2010). Tarragone: Institut Català d'Arqueologia Clàssica.
- TRÉMENT, F.; CHAMBON, J.-P.; GUICHARD, V.; LALLEMAND, D. (2007). Le territoire des Arvernes: limites de cité, tropismes et centralité. In MENNESSIER-JOUANNET, C.; DEBERGE, Y. (dir.). *L'archéologie de l'Age du Fer en Auvergne*. Actes du XXVIIe colloque international de l'AFEAF (Clermont-Ferrand, 29 mai-1<sup>er</sup> juin 2003). Thème régional. Lattes, Monographies d'archéologie méditerranéenne. 99-110.
- VÉRON, A. (2004). *Le plomb: un poison pour l'homme, de l'or pour le géochimiste*. Habilitation à diriger les recherches, Université Aix-Marseille III. 73 p.

**Résumé:** Le projet MINEDOR vise à étudier de manière interdisciplinaire et diachronique les anciennes mines d'or, attribuées traditionnellement à l'époque gauloise, repérées en grand nombre aux confins des territoires des Arvernes et des Lémovices, dans le secteur de la Haute-Combraille (Puy-de-Dôme). L'objectif est 1) de cartographier précisément les minières au moyen de prospections pédestres et aériennes, d'une analyse des couvertures photographiques aériennes verticales et de relevés par GPS bi-fréquence, 2) d'en évaluer l'impact sur le paysage grâce à des analyses paléoenvironnementales (palynologie, microfossiles non polliniques) et géochimiques (métaux lourds, éléments-traces, isotopes du plomb) réalisées à haute résolution sur des carottes prélevées dans des zones humides (tourbières, bas marais, étangs), et 3) par ce biais, d'en dater la (ou les) phase(s) d'exploitation. Ces nouvelles données permettront d'éclairer un pan important de l'économie antique du Massif Central. L'hypothèse d'une exploitation de ces mines à l'époque romaine pourrait expliquer la densité remarquable des établissements repérés en prospection au cours des dernières années dans ces zones de hauts plateaux (900-1000 m), et dont l'occupation date des deux premiers siècles de notre ère. Les zones humides constituant des stocks d'eau considérables à la tête des bassins-versants, il sera également possible d'évaluer les conséquences environnementales d'éventuelles pollutions minières anciennes à court, moyen et long terme.

**Mots-clés:** Archéologie, paléoenvironnement, mines, tourbières, palynologie, géochimie, pollutions minières, Arvernes, Minedor.

**Abstract:** The MINEDOR project aims to study from an interdisciplinary and diachronic point of view the ancient gold mines, traditionally attributed to the Gaulish period, discovered in large numbers at the fringes of the *Arverni* and *Lemovices* territories, in the area of Upper Combraille (Puy-de-Dôme). The goal is 1) to accurately map the mines through fieldwalking and aerial surveys, analysis of vertical aerial photographic coverage and localization by dual-frequency DGPS, 2) to assess their impact on the landscape through palaeoenvironmental (palynology, microfossils) and geochemical (heavy metals, trace elements, lead isotopes) analyses made at high resolution from cores extracted in wetlands (bogs, marshes, ponds), and 3) to date the phases of exploitation. These new data will highlight an important aspect of the ancient economy of the Massif Central. The hypothesis of an exploitation of these gold mines in Roman times could explain the high density of settlements identified by prospections in recent years in this highlands area (900-1000 m), and whose occupation dates from the first two centuries AD. As wetlands contain considerable stocks of water at the head of the watershed, it will also be possible to assess the environmental consequences of ancient mining pollution in the short, medium and long terms.

**Keywords:** Archaeology, palaeoenvironment, mining, peat bogs, palynology, geochemistry, mining pollution, Arverni, Minedor.





# POVOAMENTO E EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS MINEIROS NA EUROPA ATLÂNTICA OCIDENTAL

COORD.

CARLA MARIA BRAZ MARTINS

ANA M. S. BETTENCOURT

JOSÉ INÁCIO F. P. MARTINS

JORGE CARVALHO



**CITCEM**

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO TRANSDISCIPLINAR  
CULTURA, ESPAÇO E MEMÓRIA

**FCT**

Fundação para a Ciência e a Tecnologia

INSISTÊNCIA EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



Universidade do Minho

Faculdade de Ciências Sociais