



HAL
open science

Mine d'étain et atelier métallurgique d'As Muradellas (Baltar, Espagne)

Emmanuelle Meunier, João Fonte, Tiago Do Pereiro, Ana Luísa Rodrigues

► **To cite this version:**

Emmanuelle Meunier, João Fonte, Tiago Do Pereiro, Ana Luísa Rodrigues. Mine d'étain et atelier métallurgique d'As Muradellas (Baltar, Espagne). Bulletin archéologique des Écoles françaises à l'étranger, 2023, pp.9505. 10.4000/baefe.9505 . hal-04184937

HAL Id: hal-04184937

<https://hal.science/hal-04184937>

Submitted on 29 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

Mine d'étain et atelier métallurgique d'As Muradellas (Baltar, Espagne)

Bilan des recherches préliminaires 2021-2022

Manuscrit des auteurs non mis en page.

Version finale disponible en ligne à cette adresse : <https://journals.openedition.org/baefe/9505>

Emmanuelle Meunier, post-doctorante, CRBC – Université de Bretagne Occidentale et CReAAH
– Université de Rennes

João Fonte, post-doctorant, Department of Archaeology and History, University of Exeter

Tiago do Pereiro, ERA Arqueologia

Ana Luísa Rodrigues, C²TN, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Composition de l'équipe de terrain :

Beatriz Comendador Rey (Universidade de Vigo)

Filipa Dias (Faculdade de Ciências, Universidade do Porto)

Elin Figueiredo (Cenimat/i3N – Universidade NOVA de Lisboa)

Juan Manuel Galiña Lorenzo (Grupo de Investigación H2M, Universidade de Vigo)

José Alberto Gonçalves (Universidade do Porto)

Aaron Lackinger (GEAAT, Universidade de Vigo)

Alexandre Lima (Faculdade de Ciências, Universidade do Porto)

Andrea Mouriño Schick (GEAAT, Universidade de Vigo)

Tiago do Pereiro (ERA Arqueologia)

Ana Luísa Rodrigues (Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares (C2TN), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa)

Lucía Rodríguez Álvarez (GEAAT, Universidade de Vigo)

Dulce Russo (Departamento de Engenharia e Ciências Nucleares (DECN), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa)

Partenariats institutionnels :

Casa de Velázquez

GEAAT - Université de Vigo

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

C²TN, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

DECN, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Cenimat/i3N – Universidade NOVA de Lisboa

Commune de Baltar

Travaux réalisés :

Missions de terrain 18-21 mai 2021 et 4-8 juillet 2022

Mots-clés PACTOLS : Baltar, Galice, Espagne, Archéologie, Mine, Gîte secondaire, Haut-Empire romain, Époque médiévale, Étain.

1 Introduction

Le site d'As Muradellas (fig. 1) se situe sur la commune de Baltar (Ourense, Espagne). Il s'agit d'une des cinq mines anciennes de la commune. Elle a permis l'exploitation d'étain en alluvions et un atelier de métallurgie primaire permettant de transformer la cassitérite, le minerai d'étain, en métal, se trouve sur sa bordure. Cette mine a exploité une petite couche d'alluvions non référencée sur la carte géologique, qui n'indique à cet endroit que le substrat granitique¹. Des analyses d'échantillons du sol, réalisées lors de prospections géologiques en 2020 par Filipa Dias et Alexandre Lima (Faculdade de Ciências, Univ. do Porto), ont confirmé la présence de cassitérite dans les alluvions. La présence d'or ne peut pas être exclue dans ce contexte géologique. La cassitérite est cependant largement dominante dans ces terrains.

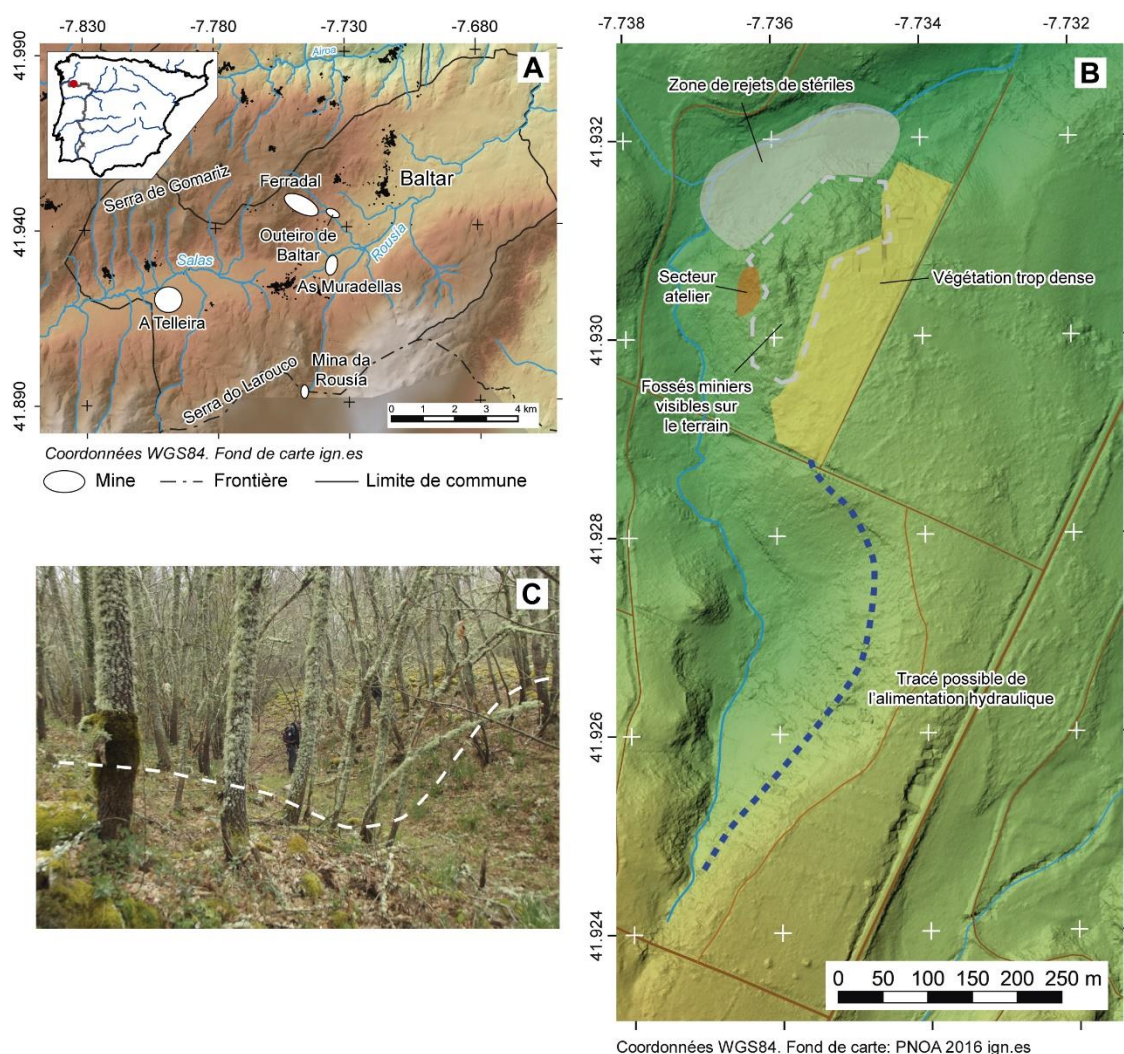


Figure 1 : A : Localisation du site d'As Muradellas dans la commune de Baltar. B : Plan du site sur fond LiDAR PNOA 2016. C : Vue d'un des fossés miniers.

Les vestiges miniers consistent en une série de fossés séparés par des talus formés par l'accumulation de galets stériles, caractéristiques du démontage des alluvions par la force hydraulique. Ce type de chantier est bien connu pour l'exploitation de l'or des alluvions

¹ IGME 1981.

consolidées dans le Nord-Ouest ibérique à la période romaine². En France et en Allemagne, des vestiges de ce type ont aussi été associés à l'exploitation de l'étain aux périodes antiques et médiévales³. Un des objectifs de ces recherches était donc de préciser la chronologie de l'exploitation de la mine d'As Muradellas.

L'atelier a été décelé grâce à une scorie d'étain recueillie en surface lors des prospections géologiques. Il se situe sur une plateforme qui borde les travaux miniers à l'ouest. Il s'agit du premier atelier de métallurgie primaire de l'étain dont l'étude archéologique est entreprise en péninsule Ibérique. Les enjeux sont ici multiples. D'une part, il s'agit de retrouver la chaîne opératoire du traitement de la cassitérite et d'autre part de dater cette activité.

Pour répondre à ces objectifs, une étude préliminaire sur deux campagnes a été menée en 2021 et 2022 pour évaluer l'état de conservation du site et les possibilités de poursuivre les recherches. Quatre sondages ont été réalisés sur la plateforme qui borde les travaux miniers à l'ouest (fig. 2). Trois se sont avérés positifs dans le secteur nord. Celui du secteur central est négatif. Le talus d'une piste qui recoupe des fossés miniers a aussi été nettoyé et relevé. Une prospection géophysique magnétique (Tiago do Pereiro, ERA Arqueologia) a été réalisée en 2022, pour préciser et compléter les données des sondages (fig. 2). Une série de datations OSL (Ana Luísa Rodrigues, C²TN, IST-ULisboa) apporte les premières données chronologiques. Les résultats obtenus sont prometteurs et invitent à poursuivre les recherches sur ce site.

² Notamment : HERAIL, PEREZ GARCIA 1989 ; DOMERGUE 1990 ; SANCHEZ-PALENCIA *et al.* 2006 ; SANCHEZ-PALENCIA *et al.* 2012 ; CURRAS *et al.* 2015 ; FERNANDEZ-LOZANO *et al.* 2019.

³ DESSOLIN, CAUJET 2018 ; TOLKSDORF *et al.* 2019.

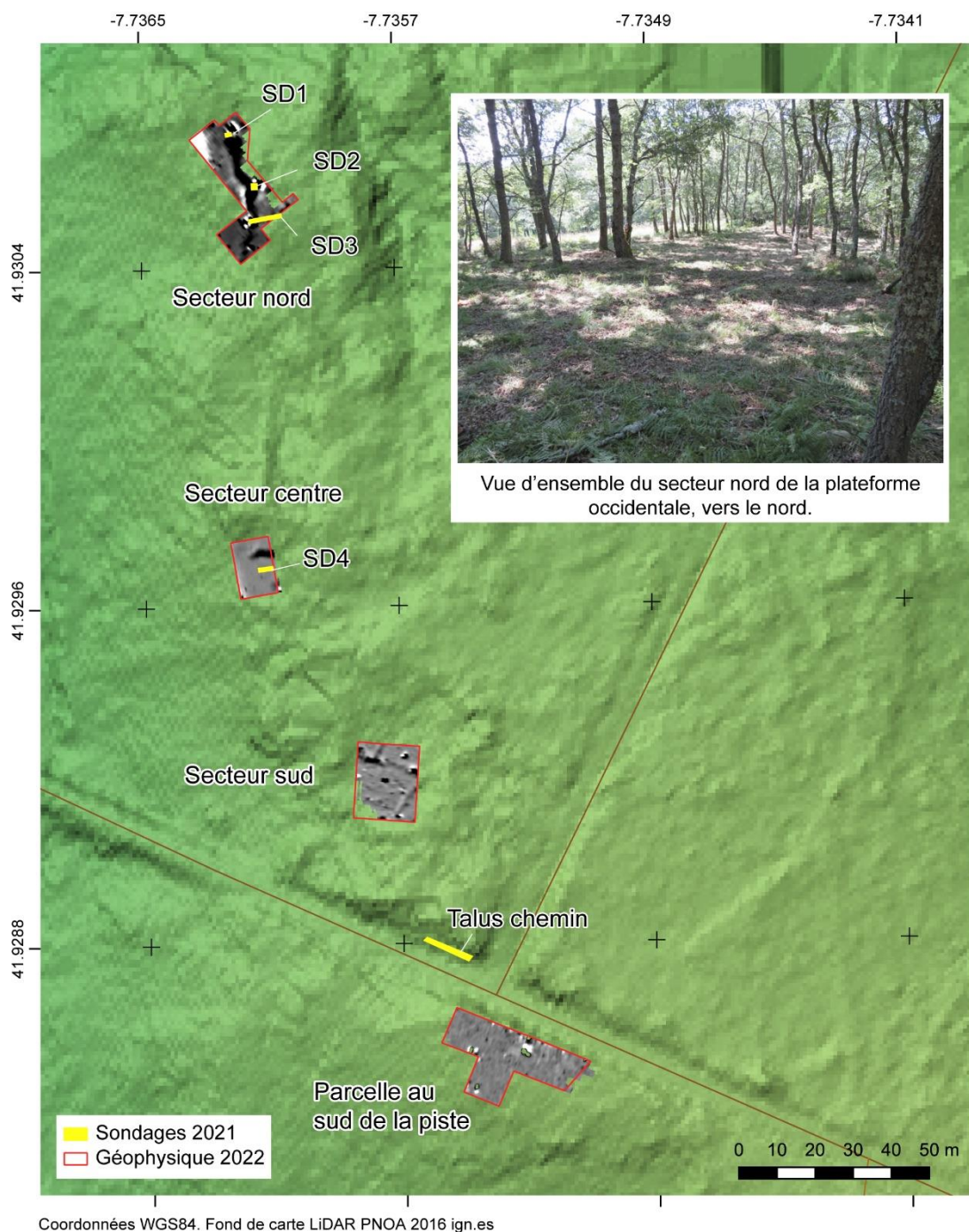


Figure 2 : Localisation des sondages 2021 et des zones de prospection géophysique 2022.

2 Les sondages de 2021

2.1 Les niveaux d'ateliers en place

Dans le secteur nord de la plateforme occidentale, les sondages 1 et 2 ont livré des niveaux de sol de terre battue. Les couches supérieures des sondages sont constituées dans les deux cas par la terre végétale (respectivement US 101 et 201) qui recouvre un niveau sableux marron clair très homogène et peu compact d'une quarantaine de cm d'épaisseur (respectivement US 102 et 202) accumulé sur les structures après l'abandon définitif du site.

Dans le sondage 1 (fig. 3), la sédimentation sableuse recouvre un niveau de remblai contenant de très nombreux galets de taille réduite (2 à 10 cm de côté) pris dans un sédiment limono-sableux marron foncé, US 103. La fouille a été arrêtée sur le niveau de sol qui est apparu à une profondeur de 85 cm dans le tiers ouest du sondage, US 104. Il se caractérise par un niveau argileux induré de couleur marron clair. Il n'a été dégagé que sur une petite surface car le remblai de l'US 103 se poursuit en profondeur dans la partie orientale du sondage et il n'était pas possible de poursuivre correctement la fouille sans élargir la fenêtre. Le remblai caillouteux s'apparente à un rejet sélectif des galets stériles retirés des alluvions lors de leur exploitation. Le recouvrement du niveau de sol argileux indique que la mine s'est, à un moment donné, étendue vers l'ouest et a obligé à un réaménagement de l'espace, qui reste à définir.



Figure 3 : Vue du sondage 1 en fin de fouille.

Dans le sondage 2 (fig. 4), la couche de sédimentation sablonneuse US 202 recouvrait un premier niveau de sol mal conservé, localisé dans l'angle nord-est du sondage. Ce lambeau de sol est marqué par un niveau de terre noire, US 203, partiellement recouvert d'une couche d'argile jaune très homogène, US 205 et délimité par un alignement grossier de galets (US 204). Ces niveaux s'appuyaient sur une couche de remblai sableux, US 206, qui permet de rattraper un niveau à peu près horizontal au-dessus d'une accumulation de gros galets stériles pris dans une matrice de terre très noire, US 207. L'US 207 correspond, comme l'US 103, à l'extraction des galets des alluvions exploitées. Elle recouvre un autre niveau de sol, US 208, induré, de couleur noire et présentant de nombreuses inclusions de charbons de petite taille et des petits nodules de terre rubéfiée, qui évoque un sol d'atelier métallurgique. La fouille a été arrêtée sur ce niveau de sol, qui occupait tout le fond du sondage. Là encore, le fait qu'il soit partiellement recouvert par l'accumulation de galets stériles de l'US 207 montre l'extension de la mine vers une zone auparavant dédiée au traitement du minerai.

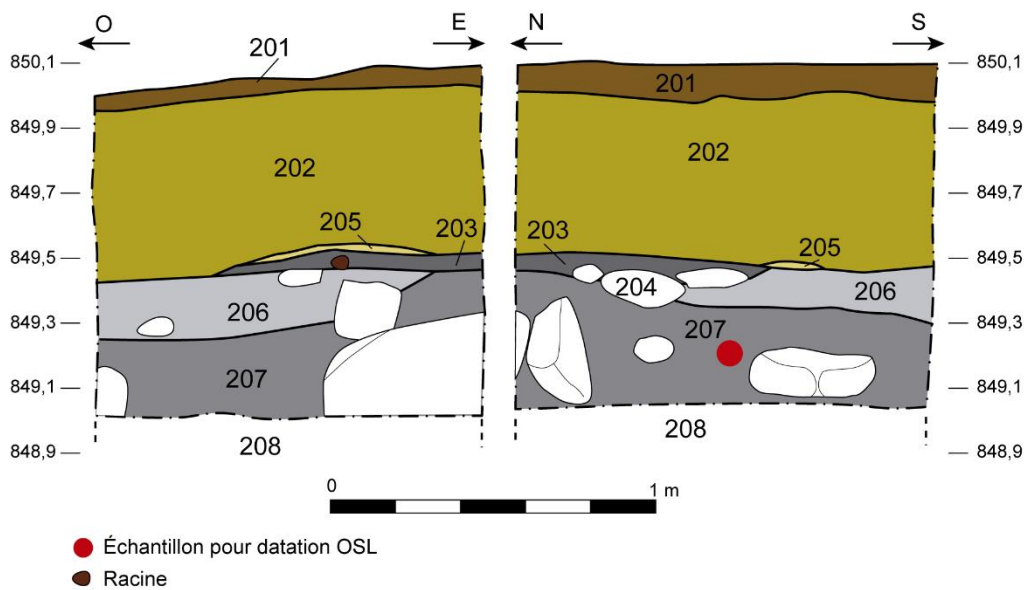


Figure 4 : coupes nord et est du sondage 2 et vues en cours et en fin de fouille.

Des datations OSL ont été réalisées sur les US 103 et 207. Le risque de contamination racinaire des charbons, dans un secteur sujet aux incendies, était trop important pour recourir au radiocarbone. Les datations OSL permettent de dater la dernière exposition à la lumière solaire des grains de quartz contenus dans les sédiments, ce qui date leur enfouissement⁴. Les résultats obtenus dans le sondage 1, à la base de l'US 103, indiqueraient une chronologie du VI^e s. av. J.-C. (± 200 ans), ce qui n'est pas recevable. Les valeurs présentent en effet une grande dispersion du signal, dont la chronologie finale est beaucoup trop ancienne pour ce type de contexte. Cela peut s'expliquer parce que le sédiment contient des grains de quartz dont le signal de luminescence n'a pas été remis à zéro d'une façon homogène et complète par l'exposition à la lumière solaire au moment de la formation de la couche. Ils conservent donc une partie de leur signal géologique. Dans le sondage 2, au contraire, les valeurs sont très cohérentes entre elles et permettent de dater l'US 207 de la période médiévale, entre les XII^e et XIII^e siècles. Cela situe nécessairement la formation du sol supérieur (US 203, 204, 205) au Moyen âge également. Le sol inférieur, US 208, pourrait être plus ancien, mais l'absence de niveau de sédimentation entre ce niveau et l'accumulation de galets stériles de l'US 207 ne permet pas à ce stade d'envisager un écart chronologique très important. Cela indique également qu'une partie de l'activité

⁴ AITKEN 1999.

minière, qui a amené à la formation du niveau 207, a eu lieu au Moyen âge sur ce site. Il s'agit de la première datation médiévale pour ce type de chantier en péninsule Ibérique.

2.2 Une structure fossoyée pouvant être liée au lavage du minerai

Dans le sondage 3 (fig. 5), le terrain naturel (US 304 et 305) est apparu directement sous le niveau de sédimentation sablonneuse de couleur claire US 302, équivalente aux US 102 et 202. La moitié orientale du sondage s'est avérée complètement perturbée par des racines. La moitié occidentale n'a livré qu'une structure fossoyée peu profonde, ES 307, qui s'ouvre dans le terrain naturel. La structure fossoyée a un profil en cuvette très ouverte et est comblée par un sédiment limono-sableux de couleur noire. Le fond de la structure présente un ressaut qui augmente sa profondeur vers le nord, suivant la pente du terrain. Ce type de ressaut peut avoir sa logique dans un fossé destiné au lavage fin des alluvions, car la rupture de pente provoque une augmentation du courant et permet d'évacuer plus facilement les particules légères stériles, alors que les particules plus lourdes, ici la cassitérite (et éventuellement quelques pépites d'or), resteraient sur le fond du fossé.

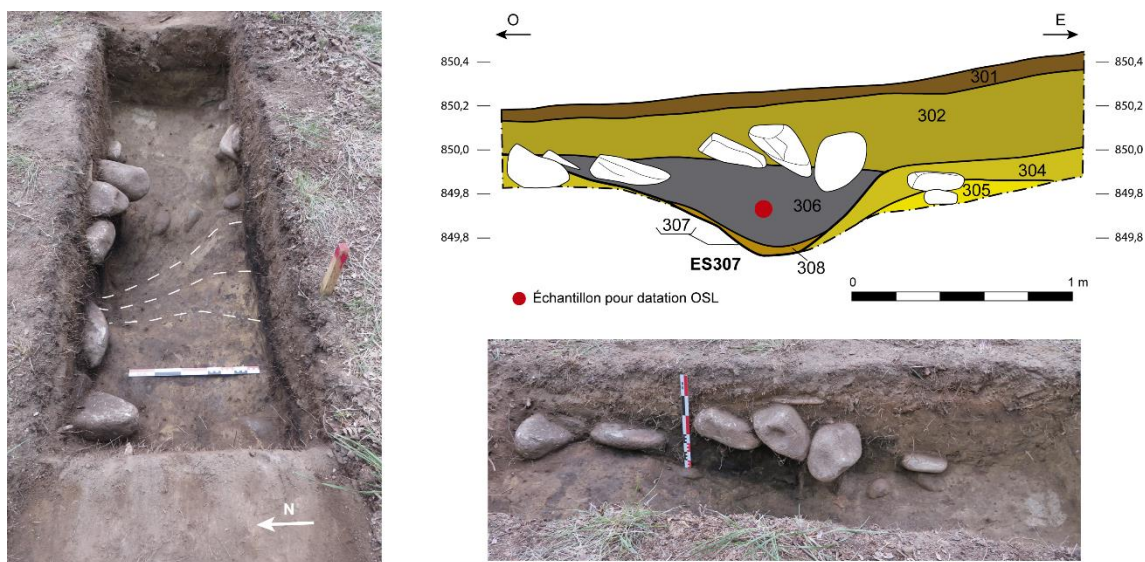


Figure 5 : Sondage 3. À gauche, vue du ressaut dans le profil du fossé ES 307. À droite, dessin et photographie de la coupe nord.

La datation OSL des sédiments à la base du comblement du fossé, dans le profil nord, place son abandon au début du III^e s. ap. J.-C. (± 100 ans). Cette chronologie est cohérente avec ce que l'on connaît pour les exploitations minières en alluvions par la force hydraulique en péninsule Ibérique, qui déclinent à partir de la fin du II^e s. ap. J.-C.⁵

2.3 Des fossés recoupés par une piste récente

Au sud de la zone où les fossés miniers sont visibles dans le paysage, la piste qui dessert ces parcelles, tracée lors du remembrement effectué dans les années 2000, a coupé des fossés liés à cette exploitation minière comme on peut l'observer dans le talus nord (fig. 6). Les fossés ont été coupés de biais et apparaissent très étirés dans leur largeur. Le nettoyage du talus a toutefois permis d'identifier trois creusements. Le fossé central, ES 514, est recoupé par les deux autres et par conséquent le plus ancien. Les deux autres fossés, ES 513 à l'ouest et ES 515 à l'est, ne se recoupent pas entre eux. Ces fossés présentent des comblements hétérogènes constitués de

⁵ DOMERGUE 1990, p. 309 ; OREJAS *et al.* 2012, p. 43.

terre sablonneuse et de galets en proportions variables. La couleur foncée de leur comblement tranche avec l'encaissant jaune clair. On notera que les comblements du fossé occidental ES 513 sont constitués principalement de galets avec peu de sédiments, ce qui laisserait penser que l'on se trouve là aussi face à des stériles évacués lors de l'exploitation. Ces fossés ne sont absolument pas décelables en surface du fait de la végétation très dense dans cette partie sud de la parcelle où se trouve la mine. Un débroussaillage drastique serait nécessaire pour espérer reconstituer leurs tracés vers le nord.



Figure 6 : Relevé photogrammétrique des fossés ES 514, ES 515 et ES 516 dans le talus nord de la piste.

Vers le sud, ces fossés ne se retrouvent pas dans le talus car la piste est en pente montante vers l'est. Les fossés, dont l'axe devait être presque tangent à la piste à cet endroit, ont ainsi été seulement écrêtés vers le sud-est, où le talus est à une cote supérieure à leur niveau d'ouverture. Cependant, la topographie générale permet de restituer une bande dans laquelle les fossés doivent se trouver. En effet, l'alimentation hydraulique de cette exploitation devait se faire par une déviation d'un cours d'eau environ 600 m au sud des vestiges aujourd'hui visibles. Pour amener cette eau dans la mine, le tracé des fossés devait suivre une pente régulière qui ne laisse pas beaucoup d'options le long de la dorsale. La reprise agricole sur ces terrains a cependant complètement effacé les traces de l'infrastructure hydraulique qui permettait d'amener l'eau servant à éroder artificiellement les alluvions minéralisées.

Une datation OSL a également été réalisée sur des sédiments du fond du fossé ES 514, le plus ancien. Le comblement caillouteux n'a pas facilité la prise d'échantillon et les valeurs de la datation présentent une certaine dispersion. Le résultat place l'abandon de ce fossé ES 514 au début du IV^e s. ap. J.-C., à ± 200 ans. La fourchette chronologique est large et un peu tardive, mais elle est tout de même cohérente, dans ses valeurs basses, avec la date obtenue pour le comblement du fossé ES 307, correspondant à une phase d'exploitation du Haut Empire. On ne sait pas combien de temps s'est écoulé avant le creusement des deux autres fossés, qui ont partiellement recoupé le comblement du fossé ES 514. À titre d'hypothèse, on peut supposer qu'ils correspondent à la phase médiévale d'exploitation. Les possibilités topographiques pour amener l'eau vers la zone minière sont limitées et pourraient expliquer ce recoupement des structures à cet endroit. Cela devra être validé par des datations complémentaires.

3 La géophysique de 2022

Avant de passer à une fouille en aire ouverte de l'atelier, et pour aider à cibler la zone à ouvrir, une prospection géophysique magnétique a été menée sur trois secteurs de la plateforme occidentale, au nord, au centre et au sud. La parcelle au sud de la piste a aussi été testée (fig. 2).

Dans le secteur nord (fig. 7), deux anomalies liées à des fortes combustions ont été identifiées, à 2 m au nord-est du sondage 1 et immédiatement au nord du sondage 2. Cela pourrait correspondre avec des fours ou foyers pour la réduction de la cassitérite. On note aussi que le fossé ES 307 peut être suivi sur une trentaine de mètres du sud au nord, avec un tracé sinueux. Il n'a pas été vu dans la coupe du sondage 1, vers lequel il se dirige. On remarque toutefois que l'anomalie correspondant au creusement s'élargit au sud du sondage 1, indiquant peut-être un aménagement particulier à cet endroit. Quatre petites fosses sont aussi identifiées, dont une qui recoupe le fossé au sud.

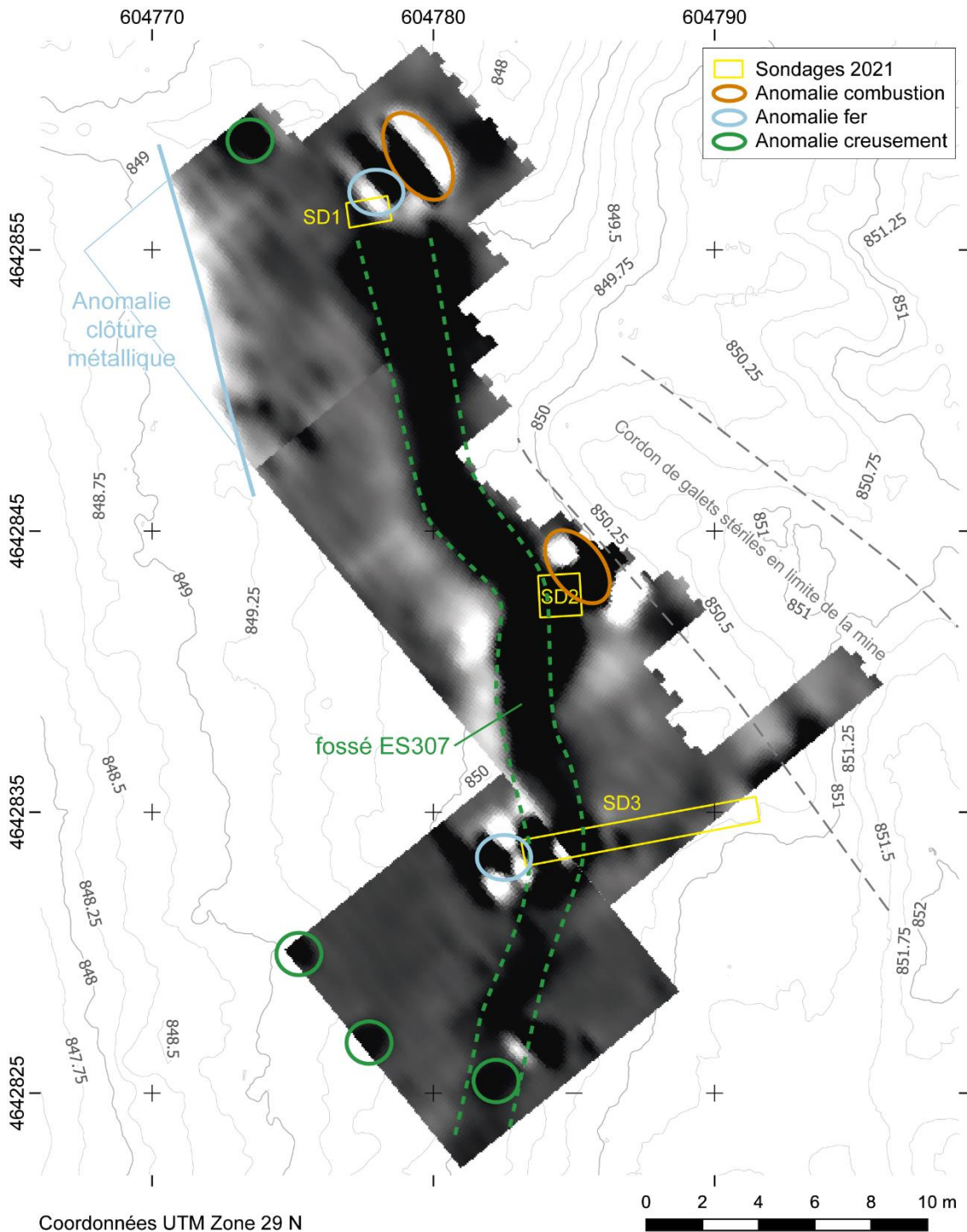


Figure 7 : Magnétogramme interprété du secteur nord de la plateforme occidentale.

Dans le secteur central (fig. 8), une grande fosse allongée orientée ouest-est a été détectée à 4 m au nord du sondage stérile de 2021. Aucun élément ne permet de préciser sa fonction avant fouille. Dans le secteur sud (fig. 8), des anomalies linéaires formant un quadrilatère ainsi que des fosses ont été identifiées. La comparaison avec les photographies aériennes des années 1970 montre que deux des anomalies linéaires sont alignées avec l'angle d'une parcelle antérieure au remembrement et qu'une autre correspond au tracé d'un chemin. Il pourrait donc s'agir des vestiges d'une petite construction dans l'angle de la parcelle. À ce stade, nous ne pensons pas que les anomalies de ce secteur soient liées à l'exploitation minière.

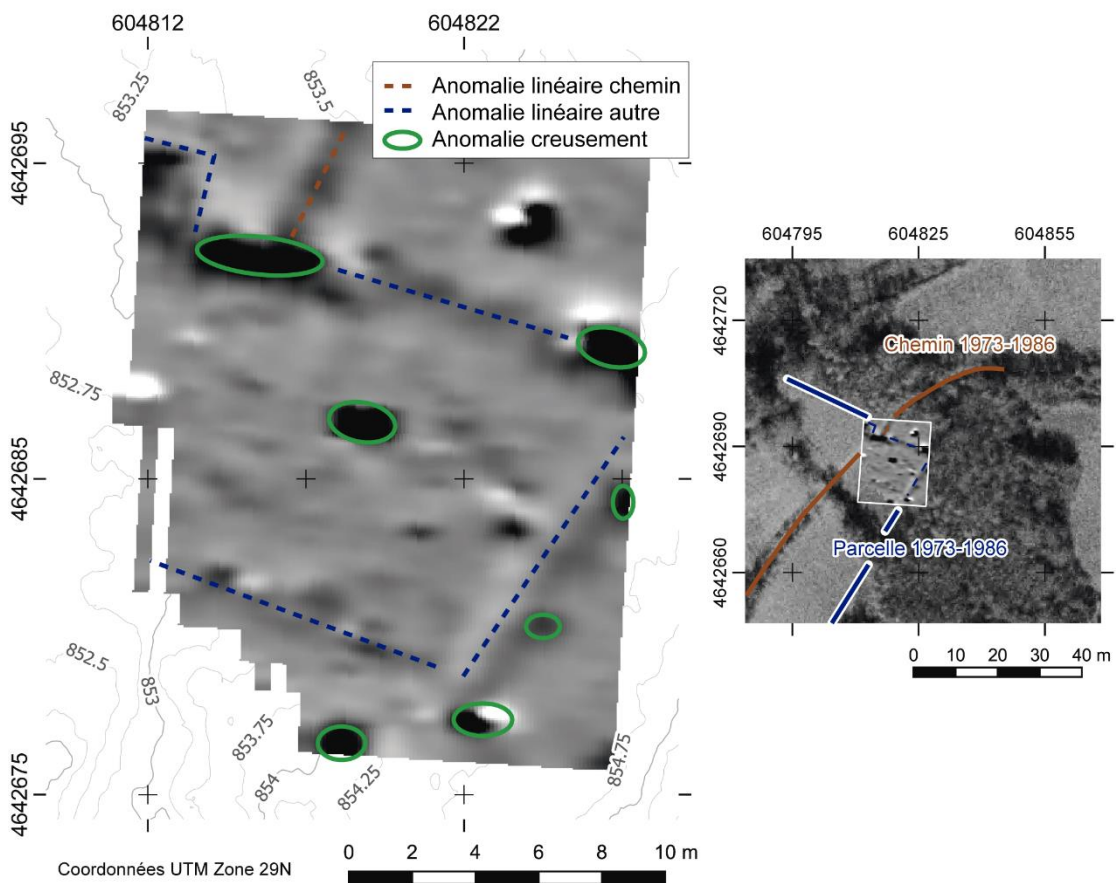
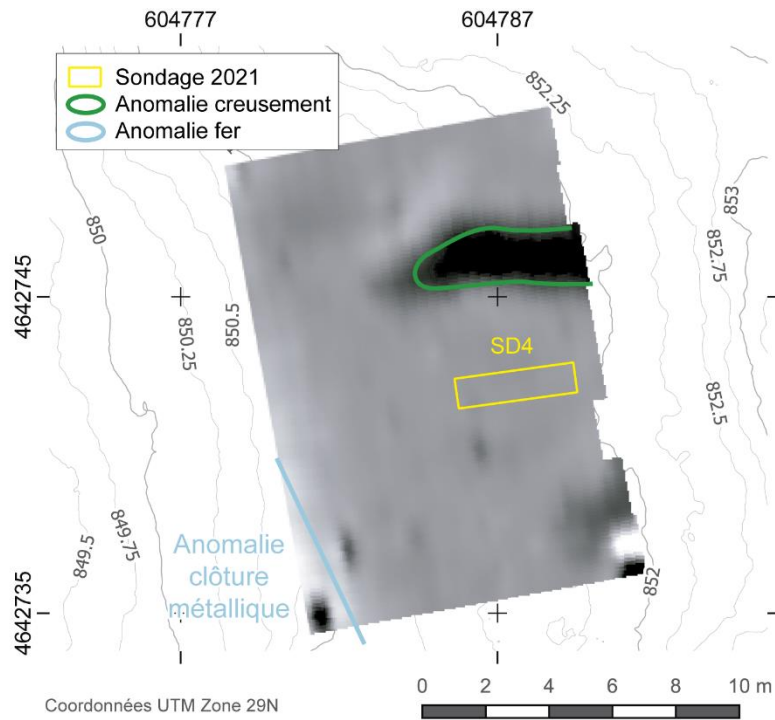


Figure 8 : En haut, magnétogramme interprété du secteur centre. En bas, magnétogramme interprété du secteur sud et comparaison avec la photographie aérienne ancienne du vol 1973-1986 (photo aérienne CC-BY 4.0 ign.es).

Enfin, la zone prospectée dans la parcelle au sud de la piste avait pour objectif de rechercher une trace des fossés identifiés dans le talus nord. Seule une petite anomalie linéaire orientée nord-ouest – sud-est a été détectée (fig. 9). Elle pourrait correspondre avec l'orientation des fossés, mais sa faible intensité au regard de la largeur des creusements observés ne permet pas d'être catégorique. On signale toutefois que la cote d'ouverture des fossés observée dans le talus nord se trouve 1 à 2 m sous la surface de la zone prospectée, ce qui est proche des limites de détection de l'appareil.

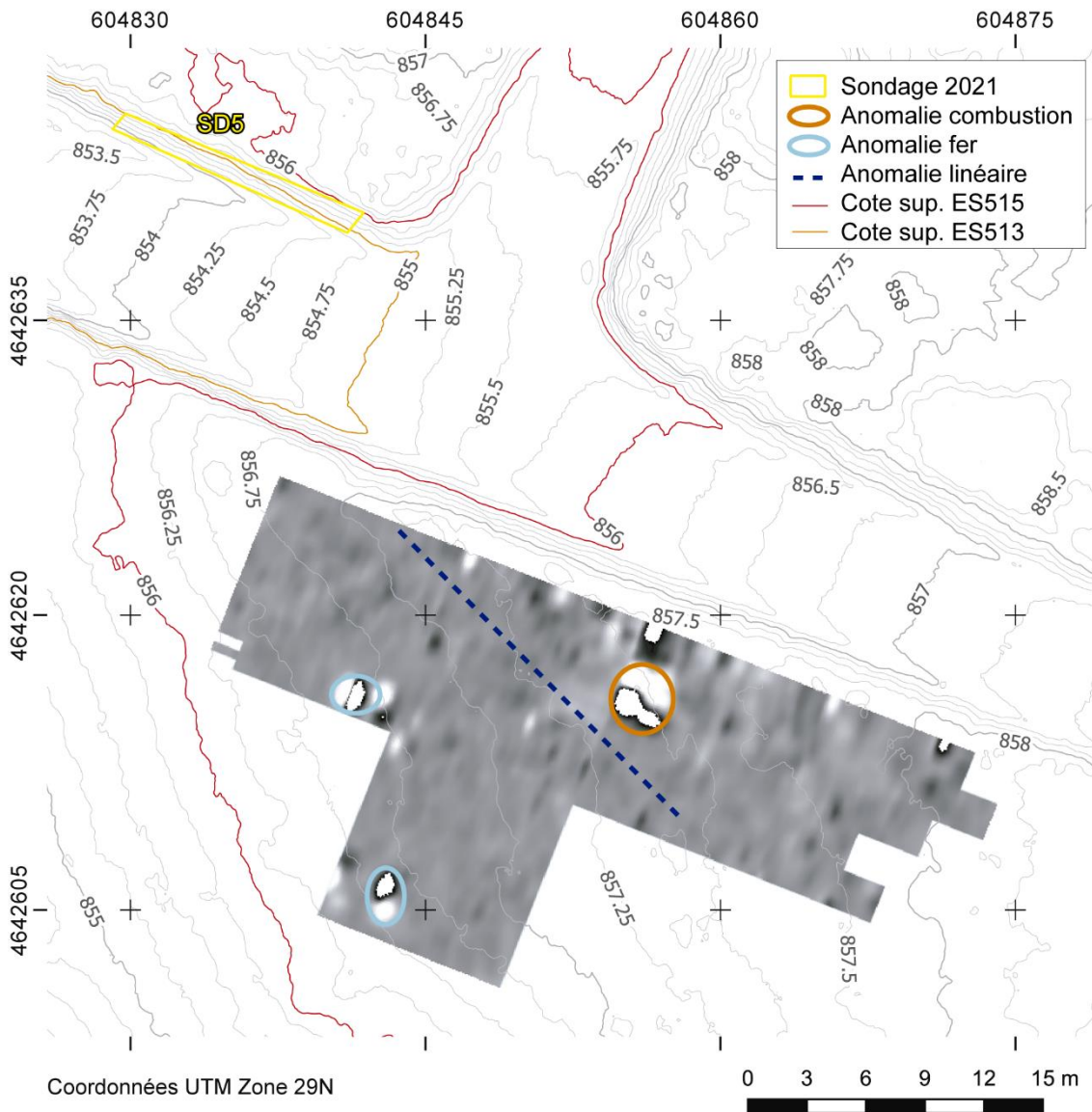


Figure 9 : Magnétogramme interprété de la parcelle au sud de la piste.

Les anomalies détectées dans le secteur nord confirment l'intérêt d'élargir les sondages ouverts en 2021, pour intégrer les zones de combustion et mieux caractériser le fossé ES 307. À l'heure actuelle, on ne connaît pas d'exemple archéologique de structure dédiée spécifiquement à la réduction de la cassitérite en étain métallique. Des données ethnographiques obtenues auprès d'artisans de Galice ont montré que de simples foyers ouverts pouvaient suffire⁶. La

⁶ LACKINGER *et al.* 2017.

géophysique confirme pour l'heure que les structures de chauffe de l'atelier d'As Muradellas ont été soumises à des combustions intenses.

4 Conclusions et perspectives

Les recherches préliminaires menées sur le site d'As Muradellas ouvrent de nouvelles perspectives concernant la production ancienne d'étain en péninsule Ibérique. Tout d'abord, les chantiers en alluvions dans les contextes où de la cassitérite est présente doivent bien être pris en compte dans le catalogue des ressources stannifères. La scorie d'étain retrouvée sur ce site montre que la cassitérite était récupérée et traitée, même si l'or qui pouvait l'accompagner avait une valeur bien plus forte. Nous pensons que la possibilité d'exploitations mixtes pour étain et or devrait être mieux intégrée dans les reconstitutions sur les économies anciennes de la région. Pline lui-même indique d'ailleurs que de l'étain était extrait avec l'or des alluvions⁷.

D'autre part, les données chronologiques indiquent ici deux phases d'activité espacées dans le temps, le Haut Empire et les XII^e-XIII^e siècles. Cette chronologie médiévale, inédite jusqu'ici pour ce type de mine dans la péninsule Ibérique, demande à être confirmée par des datations supplémentaires. Cependant, cela rejoint d'autres résultats similaires obtenus ailleurs en Europe montrant que les ressources stannifères en alluvions ont pu être exploitées par la force hydraulique au Moyen âge. Si ces résultats sont bien confirmés par de futures datations, la typologie des chantiers miniers, au moins dans les secteurs mixtes à étain et or, ne serait plus un argument suffisant pour attribuer les mines à la période romaine sans données de chronologie absolue.

Enfin, la présence de structures métallurgiques en bordure des travaux miniers, avec des anomalies décelables par une prospection géophysique magnétique, permet de valider cette méthodologie pour de futures recherches d'ateliers de traitement de la cassitérite. Les accumulations de galets dans ces exploitations d'alluvions ont en général provoqué un abandon des terrains miniers et de leurs abords immédiats, peu propices à l'agriculture. La possibilité d'identifier d'autres ateliers bien préservés est donc réelle. La poursuite des fouilles prévue sur le site d'As Muradellas permettra de préciser le type de vestiges associé à ces sites.

Bibliographie

AITKEN 1999

Martin J. Aitken, « Archaeological dating using physical phenomena », *Reports on Progress in Physics* 62, 1999, p. 1333–1376.

CURRÁS *et al.* 2015

Brais Xosé Currás, María Ruiz del Árbol, Francisco Javier Sánchez-Palencia, Almudena Orejas, Damián Romero, « Ancient landscapes of north-western Iberia: Historical aerial photographs and the interpretation of Iron Age and Roman territories », in Vujadin Ivanišević, Tatjana Veljanovski, David Cowley, Grzegorz Kiarszys., Ivan Bugarski (éd.), *Recovering lost landscapes*, Belgrade, Institute of Archaeology, 2015, p. 67-78.

DESSOLIN, CAUJET 2018

⁷ PLINE, *Hist. Nat.* XXXIV, 47.

Tristan Dessolin, Béatrice Cauuet, « Les anciennes mines d'étain de l'Autunois : actualité des recherches », *Bulletin Archéologique d'Autun*, 2018, p. 47-59.

DOMERGUE 1990

Claude Domergue, « *Les mines de la Péninsule Ibérique dans l'antiquité romaine* », Rome, école Française de Rome, coll. de l'EFR, 1990.

FERNANDEZ-LOZANO *et al.* 2019

Javier Fernández-Lozano, Juan José Palao-Vicente, José Antonio Blanco-Sánchez, Gabriel Gutiérrez-Alonso, Juan Remondo, Jaime Bonachea, Mario Morellón, Alberto González-Díez « Gold-bearing Plio-Quaternary deposits: Insights from airborne LiDAR technology into the landscape evolution during the early Roman mining works in north-west Spain », *Journal of Archaeological Science: Reports* 24, 2019, p. 843-855.

HERAIL, PEREZ GARCIA 1989

Gérard Hérail, L. C. Pérez García, « Intérêt archéologique d'une étude géomorpho-lithologique: les gisements d'or alluvial du Nord-Ouest de l'Espagne », in Claude Domergue (éd.), *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1989, p. 21-31.

IGME 1981

IGME, *Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Baltar 302*, Madrid, Servicio de publicaciones Ministerio de Industria, 1981.

LACKINGER *et al.* 2017

Aaron Lackinger, Cristina I. Fernández, Beatriz Comendador Rey, Elin Figueiredo, João Pedro Veiga, Rui J. C. Silva, « Sacar el estaño de las piedras: Un procedimiento artesanal para la obtención de estaño en la Galicia meridional », in Luis García Pulido, Luis Arboledas Martínez, Eva Alarcón García, Francisco Contreras Cortés (éd.), *Presente y futuro de los paisajes mineros del pasado: estudios sobre minería, metalurgia y poblamiento*, Granada, Editorial Universidad de Granada, 2017, p. 259-269.

OREJAS *et al.* 2012

Almudena Orejas, Inés Sastre, Elena Zubiaurre, « Organización y regulación de la actividad minera hispana altoimperial », in Mar Zarzalejos Prieto, Patricia Hevia Gómez, Luis Mansilla Plaza (éd.), *Paisajes mineros antiguos en la Península Ibérica. Investigaciones recientes y nuevas líneas de trabajo*, Madrid, UNED, 2012, p. 31-46.

SÁNCHEZ-PALENCIA *et al.* 2006

Francisco-Javier Sánchez-Palencia, Almudena Orejas, Inés Sastre, Luis Carlos Pérez, « Las zonas mineras romanas del Noroeste peninsular. Infraestructura y organización del territorio », in Isaac Moreno Gallo (éd.), *Nuevos elementos de ingeniería romana: III congreso de las obras públicas romanas*, León, Junta de Castilla y León, 2006, p. 265-285.

SÁNCHEZ-PALENCIA *et al.* 2012

Francisco Javier Sánchez-Palencia, Damián Romero, Alejandro Beltrán, « Paisajes mineros en el Noreste de Lusitania y Asturias meridional », in Mar Zarzalejos Prieto, Patricia Hevia Gómez,

Luis Mansilla Plaza (éd.), *Paisajes mineros antiguos en la Península Ibérica. Investigaciones recientes y nuevas líneas de trabajo*, Madrid, UNED, 2012, p. 155-170.

TOLKSDORF *et al.* 2019:

Johann Friedrich Tolksdorf, Frank Schröder, Libor Petr, Christoph Herbig, Knut Kaiser, Petr Kočár, Alexander Fülling, Susann Heinrich, Heide Hönig, Christiane Hemker 2019 : « Evidence for Bronze Age and Medieval tin placer mining in the Erzgebirge mountains, Saxony (Germany) », *Geoarchaeology: An International Journal*, 35-2, p. 1-19.