Étude et mise en valeur d'un site sidérurgique moderne en haute montagne

Le programme de conservation de la forge du Madriu-Perafita-Claror

Olivier CODINA(1), Florian TÉREYGEOL(2)

(1) Patrimoni Cultural d'Andorra, (2) IRAMAT UMR 7065 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9849

Résumé : Né en 2019, le programme de la forge du Madriu est motivé par la sauvegarde du site archéologique. L'intervention a débuté en 2021 et réunit des archéologues, des techniciens du patrimoine et des compagnons spécialistes de l'architecture en pierre sèche qui dirigent une formation professionnelle. La mise en valeur du site doit être complétée, en 2024, par la création d'un sentier d'interprétation (itinéraire d'interprétation) et, à partir de 2025, par la production de différents produits destinés à la diffusion des résultats (2024-2026).

Abstract: Launched in 2019, the Madriu forge programme is motivated by the desire to preserve the archaeological site. Field work began in 2021 and brings together archaeologists, heritage technicians and master craftsmen specialising in dry stone architecture, who are leading a professional training programme. The enhancement of the site is to be completed in 2024 with the creation of an interpretive trail and, from 2025 onwards, with the production of various products designed to disseminate the results (2024-2026).

1 Introduction

Distante de trois heures de marche du premier village (Escaldes), la forge du Madriu est située au bord de la rivière du même nom, à près de 2 000 mètres d'altitude. Le site sidérurgique réunit deux groupes de structures, distantes d'une centaine de mètres (Figure 1). Le plus complexe correspond à l'atelier de transformation du minerai en métal (forge à la Catalane, carte 2) ; le second, situé en aval, est un martinet travaillant des barres de fer (Figure 2). Pendant un siècle, le secteur occupé par les forgeurs fut retranché à l'espace d'élevage de la haute vallée. Dans ce secteur, deux ensembles agropastoraux distincts (Cabanes, Figure 2) sont antérieurs à la forge. La

chronotypologie de l'un d'eux permet de l'inclure, vraisemblablement, dans un horizon médiéval, tandis que l'autre est, pour le moment, indatable. Les autres éléments pastoraux qui complètent ce paysage sont postérieurs aux forges.

Jusqu'en 2020, les seules données disponibles pour cette forge provenaient des archives (Codina, 2005 et 2016) et des prospections superficielles réalisées dans la vallée (Fortó *et alii*, 2015). Actuellement, même si les données sont en cours d'exploitation, les trois premières campagnes de fouille ont permis de préciser certains aspects.

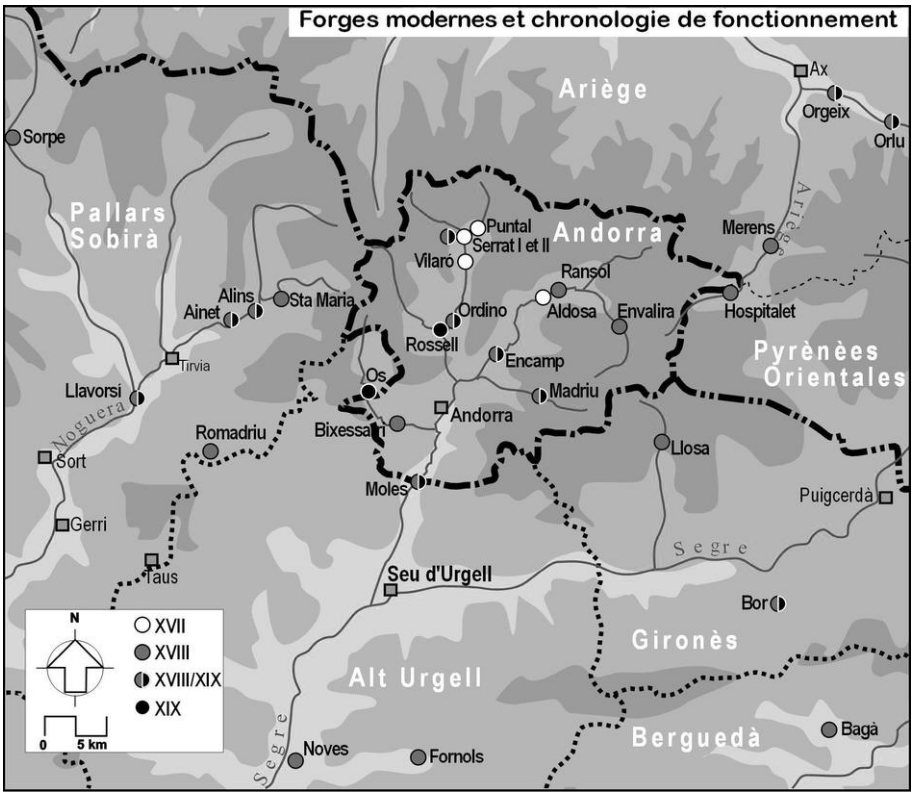


Fig. 1 : Implantation des différents bâtiments du complexe sidérurgique du Madriu.

2 Le contexte de la sidérurgie andorrane

Historiquement, l'investissement andorran dans la production de fer a généré la construction de treize forges. Quatre datent du XVII^e^ siècle, sept du XVIII^e^ et les deux dernières sont du XIX^e^. Cependant, leur exploitation ne fut pas synchrone. L'activité des premières usines cessa avant 1650, sur les sept forges du XVIII^e^, trois furent abandonnées avant 1780 et quatre passèrent le cap du changement de siècle. De celles-ci, trois cohabitèrent avec la dernière usine construite en 1842, la forge Rossell (Figure 2). Une approche globale de la production de fer andorrane au cours de cette période permet d'estimer que la production maximale au XVIII^e^ siècle tournait autour de 400

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

à 500 tonnes de fer l'an, alors qu'au XIX^e siècle elle parvint à près de 800 tonnes. La quantité la plus élevée ne fut donc pas obtenue au moment où il y avait le plus grand nombre de forges en activité.

La forge du Madriu a fonctionné pendant un siècle (1732-1836). L'acte fondateur fut signé par les frères Raguer de Campdevànol, en Catalogne, et la Commune d'Andorre. Parallèlement au droit de construire l'usine sur un terrain communal, il leur était concédé le droit d'extraire du minerai, où ils le voudraient dans la vallée, et de produire du charbon de bois dans la partie supérieure du bassin versant au-dessus de la forge, soit une surface de 699 hectares. La recherche de minerai fut un fiasco et, deux ans plus tard, une convention fut établie avec le concessionnaire barcelonais de la forge du Puymorens. Ce droit d'importation du minerai fut inscrit dans le décret de Louis XV qui régulait le passage des marchandises autorisées entre la Royaume de France et l'Andorre (ANA/ASC, doc. 187). Jusqu'à sa fermeture, la forge du Madriu fut la seule forge andorrane réduisant un minerai étranger.

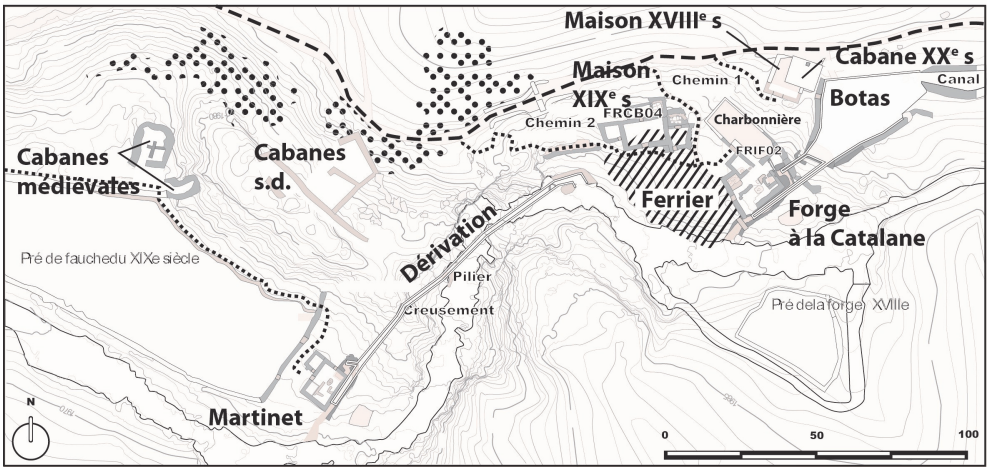


FIG. 2 : Les forges modernes de la principauté d'Andorre.

Le lieu choisi pour construire l'usine illustre un besoin hydraulique réduit. La proximité de la mine et l'importance du débit de la rivière ne sont donc pas des conditions premières pour le choix d'implantation. À l'évidence, l'important était de se rapprocher de la zone où le charbon de bois allait être produit. L'utilisation de cette ressource fixait la durée du contrat de fondation, et l'épuisement des arbres adultes existants au moment de la signature marquait le moment à partir duquel la propriété de la forge serait transférée à la Commune qui, dès lors, pourrait la louer au plus offrant. Au cours des diverses concessions, la commune et les concessionnaires ont autorisé une extension de la zone de prélèvement du bois, essentiellement des résineux, d'un peu plus de 2 000 hectares dans lesquelles les prospections partielles ont, déjà, permis de dénombrer plus de 400 charbonnières.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Les loyers en faveur du domaine communal commencèrent en 1794 (ANA/ACA, doc. 118) et, 10 ans plus tard, cette forge et la forêt avoisinante représentaient près de la moitié des revenus communaux (ANA/ACA, livres de comptes 1 et 2). D'après les premiers contrats, les baux comprenaient le *botàs* (réservoir), la forge avec sa charbonnière, une maison et les outils des forgeurs.

3 La forge du Madriu, un témoignage évolutif de la forge à la catalane ?

Bien qu'elle soit tardive, la mention concernant le *bourrec*, un manchon de cuir qui reliait l'appareil soufflant à la tuyère, mérite une attention particulière. Cette pièce permet d'identifier un élément technique directeur : la trompe des Pyrénées. Sa présence confirme incontestablement que la forge fonctionnait selon la méthode dite de la forge à la catalane qui se généralise à l'ouest des Pyrénées au début du XVIII^e^ siècle (Cantelaube, 2005). À la différence d'autres usines contemporaines, dans lesquelles les soufflets furent remplacés par la nouvelle machine, il semble, qu'au Madriu, la forge ait été construite, dès l'origine, en suivant les spécificités de cette nouvelle technique. D'autres éléments structurels sont partiellement décrits comme la maison des forgeurs qui regroupait cinq espaces : une écurie avec ses mangeoires, un entrepôt pour le fer, une cuisine et une salle à manger et une cave.

D'autre part, les textes permettent d'identifier la création d'un espace industriel complémentaire : un martinet dédié exclusivement à la finition du métal produit au gros marteau (*mall*). Mise en contexte, cette modification coïncide avec une dynamique plus large d'amélioration de la production des forges pour donner plus de métal et augmenter la proportion de fer de qualité (*fer fort*) obtenu à chaque réduction. Cette évolution est identifiable dans toutes les forges andorranes de la seconde moitié du XVIII^e^ siècle. Dans tous les cas étudiés, cela se traduit, simultanément, par une complexification de la chaîne opératoire et une adaptation des circuits de vente du métal pour prendre en compte l'accroissement de la quantité d'acier disponible (Cantelaube, Codina, 2011).

Au Madriu, la documentation qui signale ce changement permet d'en préciser les contours. Jusqu'en 1801, les listes des biens loués énumèrent la forge, le *botàs*, le *cadavre* (arbre), la soucherie et le *mall* (marteau). Par la suite, les baux reprennent cet inventaire, mais tous les éléments du marteau sont accordés au pluriel, car la liste inclut deux installations métallurgiques, la forge de production et celle de finissage. Chronologiquement, ce dédoublement a eu lieu au tournant du XIX^e^ siècle, entre 1796 et 1801.

Lorsque les forges disposaient d'un cours d'eau suffisamment puissant pour alimenter un réservoir agrandi (botàs) pouvant fournir l'énergie suffisante à la mise en mouvement simultané de deux marteaux, les installations étaient mitoyennes (forges du Serrat, d'Ordino, de Moles et d'Encamp). Le torrent du Madriu ne permet pas de suivre cette logique. La nouvelle infrastructure, comprenant un martinet, une trompe, un fourneau et un petit logement, fut bâtie en aval du canal de fuite de la forge. L'intégration de cette nouvelle construction offre matière à réflexion : quelle était la motivation concrète des forgeurs ? Devait-elle servir à diversifier la production pour

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

doter la forge d'un catalogue plus large d'objets finis ou, comme semblent le démontrer les archives, était-ce un changement structurel dont l'objectif était de rationaliser la production en divisant la chaîne opératoire ?

Ainsi, la construction de la forge du Madriu, puis sa modification illustrent potentiellement deux moments décisifs dans l'évolution de la méthode à la catalane. D'une part, l'établissement de 1732 s'inscrit dans la typologie initiale de cet appareil. Les paramètres de sa construction sont ceux qui prévalaient pour les usines que les traités du XIX^e^ siècle qualifient d'anciennes ou de petites forges catalanes et que les auteurs identifient en Roussillon, en Catalogne ou en Ariège au XVIII^e^ siècle, alors qu'au siècle suivant, ils ne l'identifient plus qu'en Catalogne et en Roussillon (RICHARD 1838 ; FRANÇOIS, 1843). En Andorre, tout indique qu'elles firent le lien entre les usines à soufflets hydrauliques implantées dans la première moitié du XVII^e^ siècle, descendantes directes des moulines médiévales (VERNA 2001 ; TÉREYGEOL, HECKES, 2012), et les forges catalanes modernes construites, ou adaptées, à partir de la fin du siècle.

L'autre moment marquant illustré au Madriu est l'adoption du second atelier nécessaire pour finir la production livrée par une forge qui continue à fonctionner avec un bas foyer et un seul marteau hydraulique. Alors que le produit commercialisé reste fondamentalement le même, désormais, les forgeurs font deux chauffes ; l'une lors de la réduction, l'autre pour finir le métal. Pour l'heure, l'explication la plus plausible a trait à la démesure progressive du marteau qui répondrait à l'accroissement substantiel de la masse à épurer produite à chaque réduction. Pendant le siècle de fonctionnement de la forge du Madriu, la quantité de fer commercial obtenue par massiau (loupe de réduction) double et, simultanément, le poids moyen des têtes de marteau connu grâce aux textes passe de 150/200 kg a plus de 600 kg. Théoriquement, ce changement placerait l'établissement du Madriu dans une étape intermédiaire entre la petite catalane améliorée, identifiable pour toutes les forges du XVIII^e^ siècle, et la grande catalane du XIX^e^ siècle, pour laquelle le plan structurel de la forge avait été rationalisé. Ces nouvelles forges travaillaient alors avec deux marteaux (*mall* et martinet) organisés autour d'un seul bas foyer, un modèle technologique illustré par la forge Rossell (BOSCH, 2001), dont l'ingénieur des mines Jules François s'octroyait la paternité en 1842.

Le dernier bail du Madriu couvre les années 1832 à 1836, la fermeture coïncide avec la conception d'un projet d'implantation d'une nouvelle usine aux Escaldes. Prévue à une altitude de 1000 m inférieure à celles du Madriu, elle s'alimenterait d'une plus grosse rivière (Valira), en revanche elle devait reprendre l'exploitation des forêts du Madriu. Très probablement, la motivation fut la même qui déplaça la production de la forge du Serrat (1550 m) à La Massana (1210 m), parce qu'il valait mieux construire une nouvelle usine pouvant rivaliser avec les nouvelles forges que de restaurer l'ancienne. Au Madriu, l'infrastructure vieillissante et la localisation en haute montagne devenue obsolète, rendaient contre-productif la modernisation de l'outil.

4 Un site préservé pour l'étude

Il est à noter que le contexte du Madriu est particulièrement favorable à la recherche archéologique. Sa situation marginale a préservé les ateliers des reconversions qui dé-

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

naturent habituellement les autres sites (moulins, scieries, micro centrales électriques, etc.). Depuis l'abandon de l'activité métallurgique, le secteur de la forge est retourné à sa vocation pastorale. Les derniers aménagements débutent vers 1850, mais contrairement à la phase antérieure l'exploitation ne se fonde plus sur le cheptel ovin transhumant. Un pré de fauche est délimité sur l'ancien pâturage de la forge et la forge maréchale, sommairement adaptée, accueille du gros bétail équin non transhumant. Enfin, en 1965, une cabane d'un étage est construite sur la partie supérieure du site pour abriter un vacher. Ces nouveaux usages partagent une localisation contiguë de la forge, mais leur installation n'a pas impliqué la transformation des bâtiments industriels. Seule la cabane contemporaine réutilise partiellement l'emplacement d'un bâtiment annexe qui surplombe la forge de réduction.

Pour ce qui est de la sidérurgie, hormis quelques rénovations mineures du martinet, aucun programme architectural ultérieur à grande échelle n'a été identifié. La réduction du fer et la mise en forme des produits se déroulant dans deux espaces de travail totalement différenciés, deux corpus distincts, produits à partir du même minerai, sont clairement discriminés dès la fouille.

5 Protection et valeurs patrimoniales de la forge du Madriu

5.1 Cadre général

La zone archéologique de la forge du Madriu bénéficie d'une double protection légale. Elle a la qualification de bien immobilier d'intérêt culturel (BIC, ES-018) et elle est située dans la vallée du Madriu-Perafita-Claror (VPMC), un paysage culturel inscrit au Patrimoine mondial depuis 2005 (VM-138). Les interventions sont donc régies par les directives et prescriptions dérivées des conventions et chartes internationales ratifiées par l'Andorre (UNESCO et le Conseil de l'Europe) et par ce qui est prévu par la loi sur le patrimoine culturel d'Andorre en matière de biens d'intérêt culturel archéologique. À ce titre, le site intègre un mécanisme de suivi régulier mis en place depuis 2005 par le ministère de la Culture et la Commission de Gestion de la VMPC. L'évolution négative de l'état sanitaire des vestiges de la forge et du martinet est à la base de la prise de conscience qui a motivé la conception du programme de conservation et de la décision d'investir pour leur sauvegarde et la mise en valeur du site (Figure 3).

Les témoignages matériels de l'industrie sidérurgique de la VMPC font partie de la ligne de recherche « *Homes de Ferro* » promue par le ministère de la Culture qui fut à l'origine de la création du centre d'interprétation de la Forge Rossell en 2001 et de la création d'un premier itinéraire culturel en association avec la commune d'Ordino. En coordination avec les régions de Gipuzkoa, de Nouvelle-Aquitaine et de Catalogne, un itinéraire thématique transfrontalier a été conçu : la Route du Fer dans les Pyrénées (RDFDP).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984



Fig. 3 : Vues partielles de l'état initial du site et à l'issue des opérations.

5.2 Le cadre spécifique et état de conservation

Le Plan de Conservation spécifie que la forge et le martinet intègrent un secteur de 1 245 m^2 qualifié de réserve patrimoniale/archéologique (ZRA) dans lequel d'autres vestiges remarquables associés aux activités anciennes de la vallée ont été inventoriés.

Selon une photographie du début du XX^e siècle, la forge avait déjà l'aspect d'un site archéologique (Chevalier, 1924). Les constructions avaient subi un constant processus de dégradation. À près 2 000 m d'altitude, l'appareil des murs doit résister à de fortes variations thermiques et à des précipitations relativement importantes, notamment sous forme de neige. Même si le granit employé est un matériel très résistant, ces conditions climatiques extrêmes accroissent sa dégradation. En fonction de leur emplacement sur une façade, les pierres sont plus ou moins exposées aux intempéries, au vieillissement et aux cycles de gel-dégel qui les fragilisent. Si le programme de conservation prévoit la réutilisation du matériel original, systématiquement, la mise en œuvre d'un élément requiert une évaluation de l'état de chacun des blocs.

L'altération des murs étant forte, ceux qui conservent une certaine hauteur ont perdu leur cohérence et, depuis qu'ont débuté les inspections régulières, divers éléments architecturaux significatifs ont été perdus ou endommagés. Cette dynamique qui menace les vestiges a motivé la conception de ce programme. Le recours à l'archéologie du bâti et à l'archéométallurgie allait de pair pour obtenir des données fiables, tout en complexifiant l'opération qui devait être conduite de concert avec les restaurateurs au cours de la même séquence de travail sur le terrain. Cette contrainte fait de l'intervention sur les forges du Madriu une opération unique en son genre sur le plan méthodologique.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984



Fig. 4 : Les travaux de restauration durant l'opération archéologique.

À partir du moment où des portions de mur ont été enfouies sous le remblai, le processus de dégradation amorcé en 1836 s'est considérablement ralenti, voire à cesser. En revanche, il est clair que leur mise au jour le réactive, les fouilles doivent, par conséquent, être coordonnées, avec une phase de conservation préventive, prévue pour stabiliser les murs, en attendant leur consolidation définitive. D'autre part, sous le niveau de circulation de l'usine, les murs de canaux ont été presque entièrement préservés, cela laisse présager que sous le niveau de circulation actuel les vestiges ont été sauvegardés. Il a fallu composer à chaque instant entre le démontage pour étude et le maintien en réserve.

D'autre part, l'ensemble est affecté par un facteur biologique dynamique. La croissance d'arbres et d'arbustes quasi centenaires, et le développement de plantes vivaces, *melopospermum* en particulier, directement sur le bâti, affectent sévèrement la préservation. Au-delà des désordres perceptibles sur les couronnements, les racines se sont immiscées jusqu'aux fondations et mettent en péril les structures à moyen terme.

L'ensemble des restaurations des éléments bâtis a été fait en pierre sèche. Le programme de restauration n'incluant pas une mise hors d'eau des murs, il a été choisi de cristalliser les couronnements en employant une juxtaposition de blocs d'une taille, et d'un poids, suffisant pour couvrir les deux faces des murs. Cette variation dans la technique de construction répond à deux autres fonctionnalités. En premier lieu, elle permet de gagner en hauteur pour faciliter l'interprétation des vestiges tout en différenciant l'original de la reconstitution. D'autre part, étant donné que l'éloignement

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

du site interdit la programmation d'un suivi régulier et que la visite autonome, sans contrôle, la restauration devait, en même temps, favoriser la maintenance passive et la résistance aux incivilités des visiteurs. Dès sa conception, le programme a bénéficié des conseils techniques de l'Association nationale des Artisans Bâtisseurs en Pierres Sèches (ABPS) qui, depuis 2002, œuvre au développement et à la structuration de la filière pierre sèche en France.

6 Mise en valeur du site et exploitation des résultats

Dès la première année, le chantier a été ouvert périodiquement aux visites programmées et un suivi audiovisuel des travaux a été mis en place pour produire un reportage sur la totalité du programme. Il s'en est suivi la mise en place d'un parcours d'interprétation qui, à partir des témoignages matériels restaurés, forme une dérivation des GR11 et GR7 remontant la vallée du Madriu. La restitution du site s'accompagne d'une signalétique produite spécialement utilisant un langage graphique illustrant la volumétrie originale et le fonctionnement de diverses parties de l'usine. Elle offre en catalan (anglais, français et castillan disponibles via un QR code) les informations de vulgarisation nécessaires pour réaliser la visite libre du lieu.

Le programme prévoyait la fouille de 590 m^2 et la restauration de 285 m linéaires de murs. Pour adapter le chantier au calendrier, la superficie fouillée a été légèrement réduite, notamment une partie de la charbonnière de la forge a été mise en réserve archéologique. Cependant, la découverte de structures bâties indécelables de prime abord a substantiellement modifié le programme de restauration. En 2023, sur les 285 m linéaires de mur programmés, 46 ont été mis en réserve pour faire front à la restauration des nouveaux éléments qui requéraient une consolidation d'urgence afin d'être sauvegardés. Actuellement, l'expertise des compagnons et des ouvriers de la pierre sèche a permis de travailler, entre 2022 et 2023, à la conservation de 460 m linéaires de construction pour lesquels 592 m^3 de moellons de granit ont été mis en œuvre manuellement. Selon le projet sectoriel établi pour l'été 2024, à terme, plus de 500 m linéaires auront finalement été traités et cristallisés.

Pour ce qui est du site à proprement parler, les fouilles ont confirmé l'intégralité des vestiges préservés. Selon leur fragilité, ils sont soit conservés en réserve archéologique, soit consolidés et restaurés afin d'étayer la visite publique.

Tous les éléments techniques constitutifs de la forge de réduction et de celle du martinet ont été identifiés. Les deux phases technologiques identifiées en archives ont été reconnues. La structure en bois des soucheries des deux marteaux, des conduites et des réservoirs, particulièrement le *botàs*, inscrivent cette usine dans la continuité du *temps des moulines* (Verna, 2001), et un parallèle peut être établi avec les vestiges mis au jour sur le site de Castel-Minier à Aulus-les-Bains (Téreygeol, Heckes, 2012). La mouline la plus tardive fouillée à Castel-Minier (active au moins de 1549 à 1580) offre des similitudes évidentes avec celles du Madriu. Le bas foyer se présente comme un massif construit non jointif avec le canal de fuite et disposant d'un mur de séparation d'avec l'espace de ventilation. Ce mur dispose d'une ouverture recevant la tuyère en cuivre amenant l'air au cœur du bas foyer (Méaudre, Téreygeol, 2019). Les volumes du bas foyer sont très proches et la base carrée semble une norme que l'on

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

observe dès le XV^e^ siècle à Castel-Minier. Pour ce qui touche au marteau, l'infrastructure est encore ici identique qu'il s'agisse des agencements des poteaux supportant le mécanisme, ou de la pierre de plusieurs tonnes recevant l'enclume métallique. En revanche la présence de la trompe des Pyrénées attestée dans les deux usines inscrit directement les installations du Madriu dans le procédé catalan alors que les installations du Castel-Minier sont dotés de soufflets, manuels au XV^e^ siècle, hydrauliques au XVI^e^ siècle.

La qualification de martinet pour la petite forge a été assurée, notamment, grâce à la typologie du foyer de chauffe et par l'étude des paléodéchets qui confirme la production de barres. Par conséquent, l'hypothèse de la modification du système de production à la fin du XVIII^e^ siècle mise en évidence par les sources écrites prend plus de force. La mise en route de cette unité de production coïncide avec des modifications importantes sur le site de réduction. L'installation initiale de 1732 a été agrandie. Entre autres, une aire de traitement du minerai a été ajoutée et la superficie de la halle pour stocker le charbon a quasiment doublé. À l'inverse, la découverte d'une stalle de grillage contredit les dires des ingénieurs des mines qui considéraient que le minerai du Puymorens était traité préalablement à son exportation sur le carreau de la mine.

L'agrandissement et la modernisation de l'outil de production ne sont pas les seules évolutions découvertes. Les documents d'archives qui décrivent la forge sont laconiques et la connaissance sur les édifices annexes restait fort imprécise. Les fouilles de 2021 et 2022 ont montré que la maison originale (1732) avait été substituée par une autre, plus grande, implantée, probablement, vers 1800. Après 1814, le bâtiment, qui servait également de magasin, fut agrandi ; il disposait, alors, de deux fours à pain qui étaient utilisés conjointement. Ce qui démontre une fonction ne se limitant pas à l'économat destiné aux seuls forgerons.

7 Conclusion

Pour ce qui est de l'ensemble du site, bien que l'aboutissement de la recherche sur le terrain ne soit pas effectif, les premiers résultats ont confirmé la pertinence de l'approche globale qu'exigeait l'analyse du secteur de la forge. L'intérêt scientifique du projet, tant sur les aspects ayant trait au siècle de fonctionnement de la sidérurgie dans la VMPC, comme pour l'approche relative à l'évolution du paysage qui couvrira, à terme, une période d'au moins six siècles. Au-delà de ces aspects strictement relatifs à la recherche, le programme a permis de mettre à jour un site patrimonial majeur et, surtout, il en garantit la conservation à long terme.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984



Fig. 5 : Exemple de la cristallisation du martinet et de la mise en place des éléments signalétiques.

Bibliographie

Balent A. (2005), "La mine de fer de Puymorens (Cerdagne) : Conflits de propriété et d'usage (XVIIe-XXe siècles)", *Resopyr 1. Les ressources naturelles des Pyrénées du Moyen-Âge à l'époque Moderne*, Perpignan, PUP-CRHiSM : 423-451.

Bosch J. M., Codina O., Vila A. (2001), La farga Rossell. El zenit de l'obtenció del ferro pel procediment directe, col. Monografies del patrimoni cultural d'Andorra, Andorra, Govern d'Andorra, 2001.

Cantelaube J. (2005), *La forge à la catalane dans les Pyrénées ariégeoises. Une industrie à la montagne, XVIIe et XIXe siècles*, Toulouse, CNRS, Framespa, Université Toulouse Le Mirail.

Cantelaube J., Codina O. (2011), "La réduction directe et l'acier : le cas à la catalane", L'acier en Europe avant Bessemer, P. Dillmann, L. Perez i C. Verna, Toulouse, ed. CNRS et UTM, 2011 : 361-386.

Cantelaube J., Codina O. (2013), "Les territoires pyrénéens de la sidérurgie à la catalane. Des ressources de l'écosystème aux demandes des marchés (XVIIe-XIXe siècle)", Les industries rurales dans l'Europe médiévale et moderne, Flaran 33, Tolosa de Llenguadoc, PUM : 281-294.

Chevalier M. (1848), La république d'Andorre ou une république séculaire heureuse et stable, Paris, Carnot – Barba.

Codina O. (2016), *La farga i el martinet del Madriu. Estudi i proposta per a la realització d'un itinerari d'interpretació del ferro a la VMPC*, Patrimoni Cultural d'Andorra i Comissió de Gestió de la Vall, inédit.

François J. (1843), *Recherches sur le gisement et le traitement direct des minerais de fer et plus particulierement dans l'Ariège*, Paris, Carilian-Goery et Dalmont, 404 p.

Meaudre J.-C., Téreygeol F. (2019), Discovery of a set of copper tuyere imprints on the site of Castel-Minier, end 13th to mid-16th century AD (Ariège, France), Historical Metallurgy, vol. 52, part 1 for 2018 : 33-37.

Richard T. (1838), *Études sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minerais sans convertir le métal en fonte*, Paris, L. Mathias, 1838.

Téreygeol F., Heckes J. (2012), El vent de les manxes i el poder del mall : les eines hidrauliques de la « mouline » del jaciment arqueologic Castel-Minier (XVI^{e} s., França), in *Boscos de Ferro, Actes de 1es primeres jornades de recerca i desenvolupament de la vall ferrera*, Alins : 51-63.

Verna C. (2001), Le temps des moulines, Fer, technique et société dans les Pyrénées centrales (XIII^{e}-XIV^{e} siècles), ed. Publications de la Sorbonne.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984