



HAL
open science

Entreprises métallurgiques et “ économie circulaire ” (Pyrénées, XIIIe -XVIe siècles)

Florian Téreygeol, Catherine Verna

► **To cite this version:**

Florian Téreygeol, Catherine Verna. Entreprises métallurgiques et “ économie circulaire ” (Pyrénées, XIIIe -XVIe siècles). *Entreprises et Histoire*, 2023, n° 110 (110), pp.18-28. 10.3917/eh.110.0018 . hal-04241973

HAL Id: hal-04241973

<https://hal.science/hal-04241973>

Submitted on 7 Nov 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.

ENTREPRISES MÉTALLURGIQUES ET « ÉCONOMIE CIRCULAIRE » (PYRÉNÉES, XIII^E-XVI^E SIÈCLES)

par Florian TEREYGEOL

directeur de recherche au CNRS

IRAMAT, UMR 7065 CNRS, Université Paris-Saclay et NIMBE, UMR 3685, CEA Saclay

et Catherine VERNA

professeure d'histoire médiévale

Université Paris 8 Vincennes Saint-Denis, Arscan, UMR 7041 CNRS

Caractériser l'économie circulaire dans l'entreprise médiévale est une gageure. Seul le croisement des sources d'archives avec les données de l'archéologie permet de restituer les stratégies à l'œuvre des acteurs de la production, dans notre cas celle des métaux sur le versant oriental des Pyrénées françaises entre les XIII^e et XVI^e siècles.

La notion d'« économie circulaire »¹ n'est pas ignorée des historiens médiévistes, même s'ils en font peu usage, sinon très récemment. Ils lui préfèrent celles, moins institutionnelles et moins contemporaines, de récupération, de réparation, de recyclage ou de réemploi, pour examiner, au plus près des individus, une économie qui se caractérise par une tension entre production et marché, en particulier pour les biens de consommation courante² ; une économie qui peut basculer dans la pénurie,

d'où cette attention à la gestion des ressources de façon durable, que l'on soit producteurs ou consommateurs.

Si ce champ de la recherche est assez récent en histoire médiévale, à la croisée de l'histoire et de l'archéologie, il a déjà à son actif de solides résultats, en particulier dans le domaine de la construction (qu'il s'agisse de recycler la pierre ou les métaux), de l'étude des marchés de l'occasion ou de la pratique des réparations³. Cependant jamais n'avait encore

¹ Nous utilisons la définition diffusée par les ministères de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, et de la Transition énergétique : « la capacité à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources ainsi que la production des déchets » (<https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie-circulaire>).

² P. Benito i Monclús (ed.), *Crisis alimentarias en la Edad Media : modelos, explicaciones y representaciones*, Lérida, Milenio, 2013 ; P. Benito i Monclús, S. Carocci, L. Feller (dir.), *Économies de la pauvreté au Moyen Âge*, Madrid, Publications de la Casa de Velazquez, 2023.

³ Citons le tout récent numéro spécial de *Anuario de estudios medievales* consacré à l'économie circulaire, *Los orígenes de la « economía circular » : reciclajes y reutilización en la Edad Media*, vol. 52, 2022. Il offre une utile et précise mise au point bibliographique sur le sujet. Entre autres articles : J. V. García Marsilla, « Introduction. Las siete vidas de las cosas : la funciones del reempleo, el reciclaje y la reutilización en la Edad Media », p. 3-20. À propos du recyclage et du réemploi dans la construction, voir Ph. Bernardi et M. L'Héritier, « Recyclage et réemploi : la seconde vie des matériaux de construction », *Aedificare*, vol. 4, n° 2, 2018. Sur la question des réparations abordée sur la longue durée, voir G. Bernasconi, G. Camino, L. Hilaire-Pérez, O. Raveux (dir.), *Les réparations dans l'Histoire : cultures*

été examinée la place de l'économie circulaire dans l'entreprise. Pour les médiévistes, la difficulté réside dans la capacité à rassembler des sources, écrites comme matérielles, qui témoignent de ces pratiques et de la volonté entrepreneuriale de les appliquer. Il nous a fallu cibler un observatoire sur lequel nous avions suffisamment travaillé pour être en mesure de répondre aux objectifs de l'enquête, celui de l'« entreprise », même si cela ne va pas sans quelques précisions pour les médiévistes. Pour conjuguer démarche historique et archéologique, nous avons délaissé la grande entreprise chère aux médiévistes qui en ont étudié les vastes comptabilités, restituant les organigrammes entre maison mère et filiales, jusqu'aux ateliers des sous-traitants⁴. Nous lui avons préféré la petite entreprise rurale réunissant, dans un atelier, au maximum une vingtaine de travailleurs aux statuts divers et dont les capitaux sont divisés en parts détenues par des investisseurs qui ne participent pas forcément à la production et à la gestion⁵. Dans les cas qui seront examinés ici, il s'agit d'ateliers métallurgiques, pour la plupart de forges de réduction (moulines et *fargas*) et d'un atelier de traitement des minerais polymétalliques (argent, cuivre, plomb). Tous sont rassemblés entre les versants du mont Canigou (Pyrénées-Orientales) et le Couserans (Ariège), englobant la haute vallée de Vicdessos et la grande mine de Sem ; à la frontière de la Couronne d'Aragon et du royaume de France (voir figure page suivante).

C'est au tournant des années 1300 que s'implantent ces ateliers équipés de la force

hydraulique pour mouvoir la soufflerie et le marteau — dans le cas des moulines et des *fargas*. Ainsi, cette zone embrasse un vaste espace dont le choix n'a pas d'autres justifications que de nous permettre, dans un premier temps — celui de cette étude pionnière —, de travailler à partir de matériaux minutieusement rassemblés depuis des années, seuls à même d'éclairer cette enquête à l'échelle de l'atelier et de l'individu, à la croisée de l'histoire des entreprises et de celle du travail et de l'environnement.

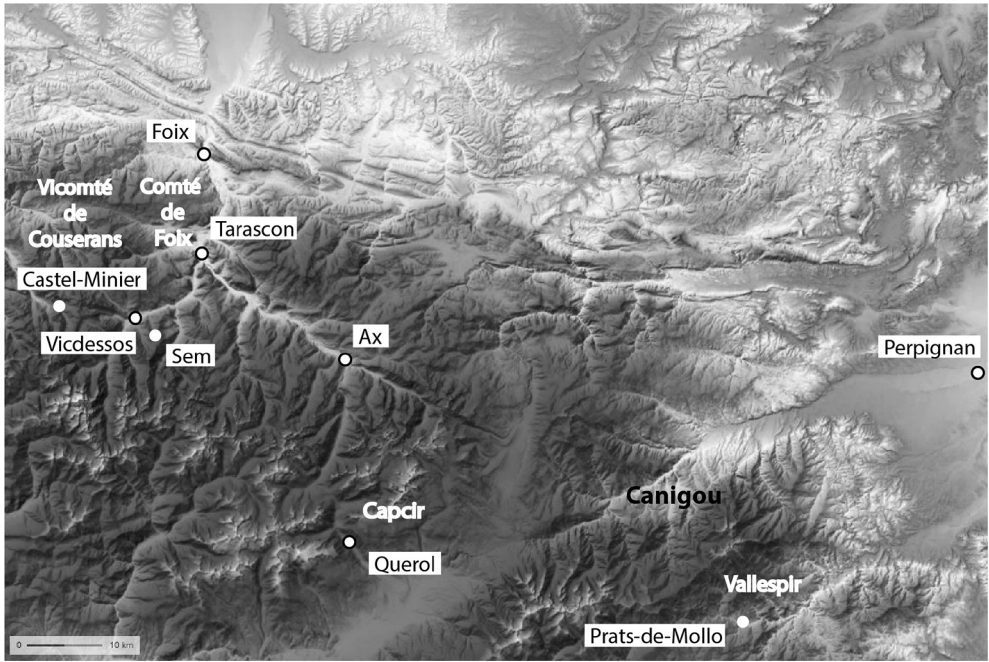
Les résultats présentés sont, effectivement, le fruit d'une recherche de longue haleine. Les quelques actes écrits que nous avons isolés sont extraits d'une base de données qui en compte plus de 6000, résultat d'un enregistrement initié en 2000, portant, en particulier, sur les actes notariés des XIV^e-XVI^e siècles conservés aux Archives départementales des Pyrénées-Orientales. Dans le domaine de l'archéologie, nous ne disposons que d'un site, celui de Castel-Minier (Ariège), dont la fouille programmée et régulière depuis vingt ans est en mesure de nous apporter des résultats tangibles. Aucun site hydraulique n'a pu être découvert dans les Pyrénées-Orientales malgré les prospections nombreuses qui ont été conduites : des crues, répétées et violentes durant le Moyen Âge, ont arraché les structures anciennes sur les rives des torrents, qu'il s'agisse du Tech, de la Têt ou de leurs affluents⁶. C'est dans ce contexte que des pratiques entrepreneuriales relevant de l'économie circulaire ont pu être identifiées dans des domaines précis : (1) le

techniques et savoir-faire dans la longue durée, Paris, Presses des Mines, 2022. Notons qu'un Groupement de Recherche (ReMarch, n° 2063) est consacré à l'étude du réemploi et du recyclage dans la construction ancienne.

⁴ C. Verna, « Quelles sources pour quelles entreprises du XIII^e au XV^e siècle ? », in F. Ammannati (a cura di), *Dove va la storia economica secc. XIII-XVIII, Atti della XLII Settimana di Studi, Prato, 18-22 aprile 2010*, Florence, Le Monnier, 2011, p. 339-371 ; C. Verna, « De quoi les entreprises rurales sont-elles le nom ? (Méditerranée occidentale - XIII^e-XVI^e siècles) », in C. Verna (dir.), *Entreprises rurales en Méditerranée occidentale (XIII^e-XVI^e siècles)*, en cours de parution.

⁵ C. Verna, *L'industrie au village : essai de micro-histoire (Arles-sur-Tech XII^e et XV^e siècles)*, Paris, Les Belles Lettres, 2017.

⁶ G. Pages, A. Disser, J. Mach, M. L'héritier, *Le fer en Ariège et dans les Pyrénées-Orientales : rapport intermédiaire de PCR*, Montpellier, 2021. Ce rapport du PCR est en relation étroite avec le programme FEDER Fermapyr (*Le fer dans le massif des Pyrénées, Antiquité – début du XVII^e siècle*) dirigé par Gaspard Pages et Catherine Verna (CNRS – Université Paris 8 Vincennes Saint-Denis).



Carte de localisation des principaux noms de lieux cités

contrôle et l'optimisation de la production minière, (2) le recyclage et la valorisation, (3) le réemploi et la réparation.

1. CONTRÔLER ET OPTIMISER LA PRODUCTION MINIÈRE

1.1. Rationaliser l'extraction dans la mine de fer de Sem (comté de Foix, vallée de Videssos)

La pratique qui nous vient immédiatement à l'esprit est celle qui relève de la volonté de rationaliser l'extraction des matières premières

en appliquant une gestion volontariste quand l'entreprise, parfois encadrée ou accompagnée par le pouvoir seigneurial, établit un contrôle de l'approvisionnement. Cette situation est celle de la mine de Sem, dans la vallée de Videssos, sur le finage du village du même nom qui est membre de la communauté de vallée, en amont de Tarascon (Ariège). L'extraction y est communautaire. Elle est régie par plusieurs chartes de franchises rédigées aux XIII^e et XIV^e siècles qui aboutissent à limiter le droit d'extraction aux seuls hommes de la communauté de Videssos⁷. Elle est finalement encadrée par l'ordonnance comtale de 1414 (souvent désignée comme règlement) qui nous retiendra ici, approuvée par des nobles du comté et par les consuls de Foix, d'Ax, de Tarascon et de Videssos, petites villes et bourgs dont l'activité économique est vivifiée

⁷ La gestion communautaire des ressources de la montagne est bien connue pour le Moyen Âge. Dans le domaine des métallurgies, voir la mise au point dans C. Verna, *Le temps des moulins : fer, technique et société dans les Pyrénées centrales (XIII^e-XVI^e siècles)*, Paris, Publications de la Sorbonne, 2001.

par le minerai de Sem. Que dit ce dernier acte ? Le préambule précise le contexte de rédaction. Selon les rédacteurs, la vallée et le comté se sont enrichis du fait de l'extraction, mais la situation a récemment évolué. Les autorités signataires de l'acte dénoncent le désordre attribué à la « négligence » et à la « paresse » des mineurs : ils creusent n'importe où et abandonnent les excavations, ils proposent à la vente du minerai de mauvaise qualité, ils détruisent le « minier », entraînant la diminution des profits. L'ordonnance, qui est présentée comme une réaction à un état de fait, propose un nouvel encadrement des mineurs instaurant un contrôle de leur travail par les préposés à la mine (*suprapositi*) nommés par les consuls et le bayle du comte. Ils répartissent les concessions, contrôlent l'extraction et la régularisent en fixant le nombre de hottes à livrer dans un contexte d'économie de guerre. La mine doit répondre, en ce début du XV^e siècle, à la demande régulière et en hausse de ceux qui disposent des forges hydrauliques, autant d'ateliers détenus par les notables de Vicdessos et des vallées alentours qui en tirent largement profit car le fer est exporté hors de la vallée. Il apparaît que les *suprapositi* sont en mesure d'interrompre l'extraction quand ils jugent qu'une quantité suffisante est atteinte. Dans ce fait précis se conjuguent l'intérêt de préserver le gisement clairement énoncé et d'en réserver l'approvisionnement à ceux qui sont les premiers servis et, en outre, les seuls à profiter d'un prix de vente du minerai fixé au plus bas entre mineurs et forgers, c'est-à-dire en priorité les notables entrepreneurs de la communauté de Vicdessos, disposant de forges hydrauliques. Dorénavant, les profits de la mine leur sont réservés.

L'argument moral est courant au Moyen Âge (la malice, la paresse des travailleurs). Ce qui est intéressant, dans ce cas, c'est que l'élite communale qui dirige de fait l'exploitation communautaire de la mine par

l'intermédiaire des consuls qui sont nommés à sa tête, en accord avec le pouvoir comtal, souhaite corriger des pratiques qu'elle associe au gaspillage du minerai et à la mise en péril de la mine. Des pratiques qui ne sont sans doute pas nouvelles mais qui remettent en cause, au début du XV^e siècle, les revenus en hausse dont la notabilité profite exclusivement — du fait du contrôle de l'approvisionnement et du prix fixe du minerai. Il s'agit non pas de réduire drastiquement l'extraction, mais bien d'appliquer une gestion qui préserve le gisement sur le long terme tout en répondant aux attentes de ceux qui en tirent profit. Il faut donc lire ce souci conservatoire comme une réponse de l'élite de la communauté à un nouveau contexte économique de guerre qui réactive des pratiques traditionnelles. Il est clair que la volonté conservatoire, répondant à un nouveau souci de gestion des consuls entrepreneurs, est ancrée dans une culture commune aux vallées de montagne : obtenir et maintenir la stricte appropriation par l'élite de la communauté des biens et des usages collectifs, quels qu'ils soient⁸. On retrouve la même attitude dans le domaine des pâturages, entre autres.

1.2. Mécaniser la production : les moulins à minerai de Castel-Minier (vicomté de Couserans)

Toujours dans le cadre de la rationalisation de l'extraction, mais cette fois pour la production d'argent, l'usage du moulin à minerai illustre parfaitement la volonté des entrepreneurs d'exploiter l'intégralité de la ressource disponible sur un gisement. La présence de moulins sur les sites métallurgiques médiévaux répond au besoin toujours affirmé de broyer : broyer les minerais, broyer les scories et broyer les produits métallurgiques comme la litharge⁹.

⁸ C. Verna, *Le temps des moulins...*, op. cit., p. 245-253.

⁹ La litharge est un oxyde de plomb formé à l'issue de l'affinage de l'argent. Elle peut être principalement réemployée comme fondant pour la fusion d'un nouveau stock de minerai ou utilisée pour la production de glaçure céramique.

La machine occupe ainsi une position double à la croisée entre production et recyclage : produire le minerai bon à fondre, et recycler les déchets et les sous-produits issus de la fonte. Paradoxalement, l'objet permettant cette comminution (fracturation des minerais) reste méconnu. À ce jour, seuls quatre exemplaires sont identifiés (trois en France et un en République tchèque¹⁰). Dans l'iconographie des traités techniques du XVI^e siècle, seul le moulin à or est représenté, qui diffère du moulin à minerai, plus générique¹¹. En l'état actuel des recherches archéologiques, le moulin à minerai le plus ancien que nous connaissions remonte au début du XIII^e siècle¹², mais il est fort probable que ce type d'appareil a existé plus précocement, à l'image des moulins à blé. Sur le gisement de Castel-Minier dans le Couserans, cette mécanisation est attestée grâce à la découverte d'une demi-meule en réemploi comme parement d'un four de fonte actif dès le début du XIV^e siècle. Sur le site archéologique, trois lieux où s'élevaient des moulins sont répertoriés, et un a livré les vestiges bien conservés de la construction abritant la machinerie. Ce dernier moulin est daté de la première moitié du XV^e siècle. Le moulin permet le traitement des minerais pauvres à moindre coût. C'est même sa fonction première. Avec un minerai pauvre, la matière utile est disséminée au sein de la roche stérile. La production d'une fine granulométrie n'excédant pas celle des particules prises dans la roche est obligatoire pour obtenir un produit bon à fondre. Le moulin offre un double avantage. Non seulement il augmente la productivité du travail, mais il livre aussi un

matériau aux dimensions homogènes, condition *sine qua non* pour finaliser son enrichissement sous eau, par différence de densité¹³. Ainsi, l'adoption de cet appareil a ouvert des possibilités tant pour l'exploitation de certains gisements que pour le traitement de minerais préalablement estimés comme trop pauvres, faute de pouvoir en extraire à coût maîtrisé la fraction utile. C'est bien cette fonction qui a été observée à Castel-Minier dès le début du XIV^e siècle et qui restera d'actualité jusqu'à l'abandon de la production du métal blanc sur ce lieu dans la seconde moitié du XV^e siècle.

2. RECYCLER ET VALORISER LES DÉCHETS

2.1. Valoriser les déchets du moulin à scier pour l'usage de la forge (Prats-de-Mollo, haut Vallespir)

Le bois, sous la forme du charbon de bois, est le combustible utilisé pour la réduction du fer et le traitement des minerais polymétalliques (argent, cuivre et plomb) dans les ateliers métallurgiques. Les entrepreneurs qui dirigent ces ateliers sont donc attentifs à l'approvisionnement en charbon de bois et à son coût car, après une période qui leur a été favorable, celle de l'installation des moulins (vers 1300-1350), où l'autorisation seigneuriale d'élever de nouvelles forges hydrauliques

¹⁰ Il s'agit pour la France des sites de Brandes-en-Oisans, de Castel-Minier et Pampailly, et du site d'Havličkúv Brod en République tchèque : M.-C. Bailly-Maitre, *L'entreprise minière de Brandes, XI^e-XIV^e siècles, Huez-Oisans (Isère), extraction et transformation de minerais argentifères*, Lyon, Service Régional de l'Archéologie d'Auvergne-Rhône-Alpes, 2019 ; F. Tereygeol, « *Bref ce sont les Indes Françaises...* » (*Malus, 1601*) : mines et ateliers métallurgiques à Castel-Minier (X^e-XVI^e siècles), Tarascon, Journées archéologiques d'Ariège, 2022, sous presse ; P. Benoit, *La mine de Pampailly, XV^e-XVIII^e siècles, Brussieu (Rhône)*, Lyon, Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes, 1997 ; P. Hrubý, *Silver Mining in the Kingdom of Bohemia (13th and 14th centuries)*, Leyde, Brill, sous presse.

¹¹ Par exemple : G. Agricola, *De Re Metallica*, Bâle, Froben, 1556.

¹² M.-C. Bailly-Maitre, *L'entreprise minière de Brandes, op. cit.*

¹³ Ce type de lavage repose sur la différence de densité des grains, à taille égale. Les plus légers, stériles, sont emportés par l'eau, alors que les plus lourds, la fraction utile, restent en tête d'appareil.

est souvent associée à des usages sur le bois et le charbon, ceux-ci ont tendance à disparaître, l'accès au bois étant réglé par le marché. Pour comprendre l'impact de ce nouveau contexte sur l'entreprise métallurgique et la valorisation exceptionnelle des déchets qui en découle, il convient de rappeler quelques éléments de contexte général qui dépassent, cependant, le cadre de l'entreprise.

Le marché du bois se tend dès le XIV^e siècle. La pression sur le couvert forestier s'alourdit du fait de l'augmentation de la consommation domestique (le bois pour la vie quotidienne, qu'il s'agisse de la cuisson des aliments et du chauffage, de l'élaboration des outils ou de la construction de bâtiments) dans un contexte de croissance de la population qui atteint un plafond dès les années 1330. Les sources attestent couramment l'organisation du prélèvement en bois et, dans certains espaces, la mise en place d'une sylviculture. Si nous concentrons nos observations sur la partie méridionale de la France actuelle, du Languedoc aux Pyrénées, on note que des mesures sont prises parfois dès la fin du XIII^e siècle ; elles le sont par les seigneurs ; elles le sont également par les communautés d'habitants, en particulier dans les bourgs et les petites villes, comme l'attestent les nombreuses chartes de coutumes. Il s'agit de gérer la consommation du bois au plus près des ressources, en excluant souvent les « étrangers » à la communauté (ceux qui n'habitent pas le lieu, mais peuvent vivre dans une paroisse très proche). Des territoires sont mis en défens, c'est-à-dire qu'ils sont protégés, et les usages sont, dans un premier temps, énumérés avant d'être limités en quantité (le charbonnage peut être exclu des usages ou limité à quelques sacs) comme en qualité

(dans ce cas, certaines essences sont exclues du prélèvement, particulièrement les arbres fruitiers ou les jeunes arbres « d'un bras », c'est-à-dire dont la circonférence du tronc est réduite). Dans les espaces qui abritent une production métallurgique de type industriel, c'est-à-dire qui approvisionnent des marchés au moins à l'échelle régionale, comme cela est le cas sur les flancs du Canigou et dans la vallée du Vicdessos, il faut ajouter aux besoins traditionnels et courants le combustible nécessaire à chauffer les fours¹⁴. Cette pression est d'autant plus forte qu'à l'industrie métallurgique se superpose, du moins dans le Canigou, la consommation du bois pour la teinturerie (un gouffre énergétique) et les scieries dont beaucoup fournissent les fustiers de Perpignan qui organisent en amont du débitage, la coupe et le flottage du bois¹⁵. Les dispositions qui sont prises dans ces espaces, si elles sont parfois plus précoces, ne diffèrent pas dans leur nature et leur application de celles que nous avons énumérées.

Pour conclure sur ce contexte général où forte consommation en bois et volonté de préservation se conjuguent, et pour isoler un exemple précis qui concerne un espace équipé de forges, rappelons le contrat d'échange minéral contre bois conclu entre le comte de Foix, les consuls de la vallée du Vicdessos (pour le minéral), d'une part et le vicomte de Couserans (pour le bois), d'autre part, un texte proclamé en janvier 1348. Le texte original est très endommagé. Les copies ultérieures (car l'échange est pratiqué pendant toute la période moderne avec plus ou moins de facilité) sont souvent fautives et certaines sont falsifiées dans le but d'alourdir la pression sur les forêts du Couserans au bénéfice des forges de réduction du Vicdessos¹⁶. En conséquence

¹⁴ Pour la définition du mot « industrie » et son historiographie médiévale se reporter à C. Verna, *L'industrie au village*, op. cit., p. 11-21. Sur la consommation du bois et la pression sur le couvert forestier en Languedoc et dans les Pyrénées, voir C. Verna, *Le temps des moulins*, op. cit., p. 115-135 (la gestion des forêts) et *L'industrie au village*, op. cit., p. 173-185 (le roi et le charbon).

¹⁵ C. Verna, « Faire flotter du bois (comté de Roussillon, XIV^e et XV^e siècles) », in D. Boisseuil, Ch. Ricco, S. Gelici (dir.), *Les marchés des matières premières dans l'Antiquité et au Moyen Âge*, Rome, École Française de Rome, 2021, p. 305-321.

¹⁶ C. Verna, *Le temps des moulins*, op. cit., p. 125-129.

et sans grande surprise, le Couserans connaît une déforestation dès la fin du XIV^e siècle. Il est un espace dominé et le restera jusqu'à la fin de l'époque moderne. Peu de sources écrites sont conservées sur le Couserans et nous ignorons si une préservation du couvert forestier a été appliquée ultérieurement. Cette gestion demeure problématique au moins dans l'environnement immédiat de Castel-Minier qui, rappelons-le, est situé en Couserans. La fouille a mis en évidence un total déboisement aux abords du site, tant et si bien que des coupes à blanc ont entraîné deux coulées de boue emportant une partie des installations (une première fois au XV^e siècle, et une seconde au XVI^e).

Dans ce contexte, les sources de Prats-de-Mollo font figure d'exception et livrent une série de textes (trois actes de 1313, 1314 et 1321) témoignant de la pratique de l'économie circulaire par l'entreprise, dans un espace où l'innovation que constitue la mise en place de la forge de réduction hydraulique au début du XIV^e siècle bouscule les usages courants sur le bois¹⁷. Prats-de-Mollo est une seigneurie royale. Il est intéressant de noter, au passage, que la législation sur le bois qui sera expérimentée en haute vallée du Vallespir sera le socle sur lequel s'établiront, au milieu du XIV^e siècle, les grandes ordonnances domaniales catalanes sur les forêts. Au cœur du dossier figure l'autorisation de construction de moulins à scier (*moli serradors*), des machines sophistiquées qui sont mal connues et dont ces actes sont les premiers à témoigner. Cette remarque s'enrichit d'une constatation : quand les premières scieries sont élevées, elles sont associées à une mouline. En quelque sorte, la forge est pensée comme en complément du moulin à scier. Même si les actes ne le

précisent pas, on peut supposer que dans un contexte de tension sur le bois, la forge consomme tout ce que le moulin à scier ne traite pas : arbres dont la qualité est médiocre, fâitage et branches, le tout valorisé du fait de sa transformation en charbon. Si dans certains baux d'amodiation de moulins l'accès à des essences est prohibé, ce n'est jamais le cas pour les moulins à scier qui les jouxtent. Ainsi, mouline et moulin à scier occupent une place complémentaire dans l'économie du combustible et cette complémentarité illustre la volonté d'une forme d'économie circulaire. Cette même association se retrouve, encore dans le domaine royal, cette fois-ci en Capcir, en 1401, à Querol. Sans doute, cette attention portée aux déchets explique-t-elle que le contrôle du charbonnage soit apparu tardivement dans le comté de Roussillon et le Vallespir, comparé au Vicdessos. Cependant, au cours de la première moitié du XIV^e siècle, il semble bien que l'activité charbonnière soit devenue incontrôlable, ou du moins qu'elle ait dépassé la place que le pouvoir royal lui avait assignée dans la gestion prévisible de ses forêts. Elle crée le désordre. La valorisation des déchets du sciage pour fournir du combustible à la mouline s'est révélée insuffisante ; elle ne pouvait pas non plus être systématique. Il a fallu réduire nettement la pratique du charbonnage, dès 1326. Néanmoins le cas de Prats-de-Mollo témoigne d'un choix de gestion, appliqué au niveau de l'atelier, pensé au moment même de son installation, à l'origine de laquelle est le roi, dans son domaine¹⁸.

¹⁷ C. Verna, *L'industrie au village*, op. cit., p. 173-185.

¹⁸ Les exemples de valorisation des déchets sont suffisamment rares dans la documentation écrite médiévale pour que nous croyons utile de mentionner un cas de récupération de la limaille de fer pour un usage en teinturerie : un moulin *tornal* ou moulin à aiguiser, équipé de trois meules et activé par la force animale, est installé à Clermont-l'Hérault en 1411. Le pareur qui détient une teinturerie à proximité immédiate, et qui a participé au financement dudit moulin, se réserve toute la moulée (boue à base de limaille récupérée sous les meules) afin de l'utiliser dans sa teinturerie. La limaille, en réaction avec des tanins, permet de teindre les draps en gris ou en noir et d'accentuer l'intensité d'une teinture : L. Caliste, *Le Lodévois et ses marges : industries, ateliers et entreprises (vallées de la Lergue et de l'Hérault, XI^e siècle)*, thèse de doctorat d'histoire, Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis, 2021, p. 203.

2.2. Recycler des déchets issus de la production (Castel-Minier, vicomté de Couserans)

Trois déchets sont à considérer : les roches broyées, les scories et les cendres. Pour chacun d'eux, les métallurgistes font preuve de pragmatisme. Une fois le minerai broyé et isolé, il reste à disposition un sable stérile. Ce matériau fin et nécessaire à l'élaboration du mortier n'est pas naturellement disponible sur le site mais le moulin à minerai en fournit obligatoirement. Son utilisation dans la construction a été révélée par l'enrichissement en métaux lourds des mortiers. Dans le même esprit, la scorie, elle aussi passée au moulin pour en extraire les particules métalliques, donne un sable utilisé dans la construction¹⁹. Il se détecte cette fois macroscopiquement dans les joints des pierres. La scorie de fer est également utilisée telle quelle comme matériau drainant. Elle a été retrouvée en lit de fondation de plusieurs places foyères métallurgiques. Des roches auraient tenu la même fonction, l'usage de ces scories de fer atteste leur abondance dans l'environnement de travail. Enfin, le recyclage le plus emblématique porte sur la cendre de bois. Ce matériau est naturellement présent à plusieurs stades de la production comme résidu de la combustion du bois et du charbon. Il est surtout un élément fondamental pour l'affinage de l'argent par coupellation. Les études conduites sur les fonds de four de coupellation ont montré l'usage de cendre de hêtre ayant fait l'objet d'un lavage préalable à leur mise en œuvre pour réaliser la sole absorbante des fours²⁰.

L'usage et la disponibilité de ce déchet sont ici à la base de la richesse du site : il n'y aurait pas production du métal blanc sans les cendres²¹.

2.3. Valoriser les minerais à faible valeur en organisant le marché des métaux (Castel-Minier, vicomté de Couserans)

La variété minéralogique qu'il est possible d'observer dans une mine oblige à un tri drastique au sein de l'atelier avant de fondre les minerais pour produire des métaux isolés : plomb, cuivre et argent. Ces chaînes de production ont été identifiées et décrites avec plus ou moins de détails dès l'Antiquité. Quelle que soit la sélection préalable, elles impliquent des affinages au sens large pour isoler le métal convoité. Dans au moins deux cas reconnus sur le site de Castel-Minier, les métallurgistes ont eu une démarche inverse lors de la production pour obtenir non plus un métal fin, mais des alliages valorisables. Il s'agit alors d'ajouter un métal, l'étain, ou des alliages de bronze (étain-cuivre, dont l'intérêt repose ici sur la présence d'étain), importés dans les deux cas, à un minerai extrait sur place. Ce choix est symptomatique d'une volonté de rentabilité face à la réalité du terrain. Il porte sur le traitement des minerais de bournonite (un sulfure de plomb, cuivre et antimoine) et de galène (un sulfure de plomb, principal minerai d'argent, mais à des teneurs toujours faibles). Concernant la bournonite, cet ajout permet l'élaboration d'un alliage quaternaire peu connu appelé « caldarium »

¹⁹ Ailleurs, ce sable de scorie a été également la base d'un succédané pour la production du verre : F. Téreygeol, G. Sarah, B. Gratzue, « D'argent, de verre et de plomb : maximisation de la production et économie de pénurie dans les mines de Melle au haut Moyen Âge », in D. Boisseuil, Ch. Rico, S. Gelichi (dir.), *Les marchés des matières...*, *op. cit.*, p. 133-151.

²⁰ Le lavage des cendres vise à faire partir les éléments alcalins par dissolution et à évacuer les éléments exogènes (graviers, charbons) : voir L. Ercker, *Beschreibung Allerfuernemisten Mineralischen Ertzt und Bergkwercks arten*, rééd., trad. A. G. Sisco et C. S. Smith : *Treatise on ores and assaying*, Chicago, University of Chicago Press, 1951 [1574], p. 26-28.

²¹ La cendre occupe une place à part dans l'économie des déchets puisqu'elle trouve des emplois aussi bien pour l'amendement des terres agricoles, la production savonnaire ou encore le lessivage des draps.

utilisé pour la chaudronnerie²². Sans cet ajout, le pseudo-alliage (Pb-Cu-Sb), produit naturellement lors de la fonte, ne sert à rien. Le cas de la galène est encore plus surprenant, car il atteste une réflexion sur l'état du marché et une demande spécifique d'un alliage plomb-étain. Cette galène est d'abord à l'origine de la production de l'argent. Une fois le métal précieux récupéré, le métallurgiste dispose d'une quantité impressionnante de plomb désargenté dont la valeur est très limitée du fait d'une forte production sur l'ensemble des mines d'argent en activité. À titre indicatif, la production d'un kilogramme d'argent entraîne mécaniquement une production minimale de 100 kg de plomb²³. En alliant le métal gris avec un peu d'étain, le métallurgiste élabore un alliage spécifique destiné à la réalisation des plombs de vitrail. L'opération métallurgique est simple, peu coûteuse et s'apparente à une production de niche puisque ne répondant qu'à un besoin, limitée en termes de clientèle, tout en améliorant la rentabilité de la production.

Cet apport en étain n'est pas anodin dans la logique économique du lieu, car ce métal mou n'est pas présent dans les minéralisations ni localement, ni à l'échelle pyrénéenne. Il a donc fallu s'approvisionner sur un marché à longue distance dont les plus proches sources sont le nord-ouest de la péninsule ibérique, la Bretagne ou, dans une moindre mesure, le Massif central. Face à cette difficulté, une stratégie de contournement a été élaborée en recyclant des objets en bronze (Cu-Sn) dans le cas de la bourmonite²⁴. En revanche, dans le cas de la production de plomb de vitrail à partir de la galène, il n'y a pas d'autres choix que de disposer d'étain métallique pour l'allier

au plomb de revivification²⁵. Ainsi, dans ce cas identifié au tournant du XV^e siècle, le choix de consommer l'intégralité des ressources minérales extraites a conduit à la mise en place d'un système d'approvisionnement dépassant largement l'échelle locale.

3. RÉEMPLOYER ET RÉPARER LES PRODUITS FINIS ET SEMI-FINIS

Troisième modalité de l'économie circulaire pratiquée au Moyen Âge : la récupération des produits de « seconde main ». Le marché de l'occasion est sans doute le champ de recherche qui a été le plus largement investi par les médiévistes. On en connaît les résultats pour les vêtements ou bien pour les objets métalliques. Qu'en est-il dans les Pyrénées ? Qu'en est-il dans l'entreprise ? Dans l'espace qui nous occupe, les analyses des fers dans l'architecture qui sont en cours dans le cadre du programme européen Fermapyr CNRS - Université Paris 8 (Le fer dans le massif des Pyrénées) et qui seraient en mesure de nous fournir, en complément des textes, des informations inédites sur les fers de récupération ne sont pas encore disponibles. Il nous suffira de préciser que, dans les comptabilités médiévales catalanes, comme dans les actes notariés (et en particulier dans les inventaires après décès suivi de ventes à l'encan, c'est-à-dire aux enchères), l'historien voit passer, de listes en listes, un nombre considérable d'objets en fer, ou de fer en lingot ou en barre,

²² D. Dungworth and M. Nicholas, « Caldarium? An antimony bronze used for medieval and post-medieval cast domestic vessels », *Historical Metallurgy*, vol. 38, n° 1, 2004, p. 24-34.

²³ F. Téreygeol, « La quantification de la production argentifère : Melle, un cas d'école ? », in M. Bompaire et G. Sarah (dir.), *Mine, métal, monnaie : les voies de la quantification de l'histoire monétaire du haut Moyen Âge*, Genève, Droz, 2017.

²⁴ J. Flament, F. Téreygeol, G. Sarah, « La production du cuivre et de ses alliages à Castel-Minier (Ariège, France). Opportunisme métallurgique et pragmatisme économique d'une fonderie de moyenne montagne au XV^e siècle », in M.-C. Bailly-Maitre, G. Bianchi, N. Minvielle (dir.), *Les métaux précieux en Méditerranée médiévale. Exploitations, transformations, circulation*, Aix-en-Provence, Presses universitaires de Provence, 2019, p. 203-217.

²⁵ Le plomb de revivification est le métal gris produit à l'aide des litharges formées lors de l'affinage de l'argent.

d'acier, de seconde main²⁶. En archéologie, cette récupération est également visible. À Castel-Minier, elle est identifiée à la fois dans le cadre du travail et pour l'élaboration des infrastructures.

Le réemploi, qui est associé dans ce cas à la réparation, s'inscrit tout d'abord dans le quotidien de la vie du mineur. Chaque jour, il doit présenter ses pointerolles (ciseaux à pierre) usées ou cassées à la forge minière afin que le forgeron leur redonne une utilité soit par un apport de métal neuf par soudure d'une nouvelle pointe en cas de bris, soit par forgeage d'une nouvelle tête dans le corps même de l'objet pour lui rendre sa fonction première, lorsque celle-ci est simplement usée. Cette activité, bien identifiée à Castel-Minier comme sur les autres mines médiévales, repose sur un atelier spécifique, la forge de mine, qui est très clairement dissociée des forges de production. Seconde évidence du réemploi, les meules de moulin qui ne peuvent plus être rhabillées (c'est-à-dire réparées) fournissent des pierres de construction déjà bien équarries. Elles ont été retrouvées en réemploi comme base de foyer et comme linteau de four. Enfin, très classiquement, un bâtiment désaffecté devient une carrière fournissant moellons et parements pour un nouveau bâtiment, comme nous l'avons constaté dans le cas des fortifications du site, dont l'appareil se retrouve dans les murs de la mouline voisine.

CONCLUSION : L'ENTREPRISE MÉDIÉVALE AU PLUS PRÈS DES RESSOURCES ?

Le contexte général des derniers siècles du Moyen Âge est bien celui d'une attention

portée à l'exploitation des ressources qui apparaît nettement dans la législation de la Couronne d'Aragon, dans les ordonnances consacrées à la prospection et à l'extraction de la première moitié du XV^e siècle, en particulier. Elles s'adressent aux futurs prospecteurs aptes à organiser des entreprises minières. Or on note qu'elles sont de plus en plus détaillées et énumèrent les mines d'or, d'argent, de plomb, de cuivre, d'azur (carbonate de cuivre de couleur bleu), d'étain, d'acier (distinguées de celles de fer) et de cinabre (sulfure de mercure). Longtemps, on a considéré cette énumération comme une liste permettant de répondre à toutes les situations, un texte volontairement large et uniformisé. Or on peut lire autrement ces listes. Elles prouvent que la distinction entre les minerais (confondus dans l'énumération avec les métaux extraits) est volontairement nette ; il est vrai que cette distinction entraîne des fiscalités différentes et que l'acte a pour objectif principal d'aboutir à une perception précise et différenciée, mais la donnée archéologique ouvre une autre hypothèse.

Aujourd'hui encore, les mines anciennes de métaux non ferreux restent caractérisées par la matière principale qui en est extraite. Or cette vision spécifiée aussi bien par les historiens que par les archéologues se heurte à deux faits. Tout d'abord, les minéralisations extraites sont rarement uniformes. Il suffit d'ouvrir un précis de minéralogie pour s'en convaincre. On y voit se dérouler toute une kyrielle de minerais pouvant donner accès aux métaux connus à la période médiévale. Surtout, les grands sites métallurgiques fouillés jusqu'à maintenant s'apparentent à des unités de production drainant, dans un espace donné et souvent très large, l'ensemble des productions minières qui s'y trouvent²⁷. L'exemple de Castel-Minier est emblématique de ce

²⁶ M. L'Héritier, A. Disser, S. Leroy, P. Dillmann, « Récupérer et recycler les matériaux ferreux au Moyen Âge et au début de la période moderne : des textes à la matière », in Y. Henigfield, Ph. Husi, F. Ravoire (dir.), *L'objet au Moyen Âge et à l'époque moderne : fabriquer, échanger, consommer et recycler*, Caen, Presses universitaires de Caen, 2020, p. 197-210.

²⁷ Nous pensons aux exemples des sites de Brandes-en-Oisans, Pampailly et Sainte-Marie-aux-Mines. Un exemple *a contrario* est la mine de Melle, polymétallique également, mais limitée à deux métaux : le plomb et l'argent.

phénomène puisque les minéralisations traitées sur place proviennent de l'ensemble de la vallée, soit un espace d'une soixantaine de kilomètres²⁸. Elles donnent accès à de l'argent, du cuivre, du plomb, du fer, sous des formes minérales très variées (dix-huit espèces sont répertoriées par les minéralogistes, dont onze ont été identifiées au sein de la fonderie). En regard de cette série métallique il faut mettre les différents alliages qui sont produits à Castel-Minier : acier, caldarium, plomb stannifère.

Ainsi, l'énumération des types de métaux caractéristiques des ordonnances royales organisant prospections et extractions ne serait pas une simple figure de style propre au droit minier. L'enquête en est à ses débuts. L'attention portée au potentiel géologique apte à être exploité par une entreprise pourrait être un indice supplémentaire – à confirmer dans

ce cas – illustrant la pratique de l'économie circulaire. On aura compris que son examen dans le cadre de l'entreprise est délicat pour les médiévistes du fait de la rareté des sources fiables. Cependant nous pensons avoir démontré que l'entreprise médiévale évite le gaspillage des ressources naturelles en allant jusqu'à élaborer des alliages nécessitant l'importation de matières. Les exemples réunis, peu nombreux mais qui mettent bien en évidence la pratique du recyclage, du réemploi, de la réparation ou l'attention portée à la conservation des matières premières, relèvent de recherches interdisciplinaires de longue haleine qui ont permis de rassembler des sources inédites et de replacer les témoignages dans un contexte rarement exploré par les médiévistes : celui de la « petite entreprise », où se lisent la pratique et le choix des entrepreneurs qui, contrairement aux investisseurs, sont présents dans l'atelier.

²⁸ J. Flament, F. Mercier, Cl. Dubois, F. Téreygeol, « Mining archaeology and micro-Raman analysis associated to ESEM-EDX: toward chrono-spatial definition of ores consumption in a Pyrenean medieval workshop (14th-16th c.) », *Archaeometry*, vol. 66, n° 1, 2019, p. 99-116.
