Carboniser le bois

La méthode forestière aux forges de Chagey et Audincourt

Claude CANARD

Chercheur associé à l'IRAMAT-LMC UMR7065

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9978

Résumé : Le bois carbonisé a longtemps fourni son énergie aux arts du feu. Son pouvoir de chauffe élevé s'associe à l'avantage de sa régularité de combustion. Sa carbonisation est une pyrolyse, décomposition en l'absence d'apport d'oxygène, ce qui permet de décomposer les polymères végétaux. Les forges étaient une énorme consommatrice de charbon de bois. De la coupe en passant par la carbonisation puis au transport jusque sur les sites ; une importante gestion logistique était nécessaire. Il était porté une grande attention à l'organisation. Maîtres de forges et gestionnaires des forêts ont recherché un équilibre afin de préserver l'avenir de la ressource. La régie des princes de Montbéliard a laissé un grand nombre de documents conservés dans plusieurs dépôts d'archives, et quelques traces sur le terrain à reconnaitre. Des fragments d'archives privées restent à étudier.

Abstract: Charcoal long served as a primary source of energy for the pyrotechnic arts. Its high calorific value was coupled with the advantage of consistent combustion. Carbonization is a process of pyrolysis, a decomposition in the absence of oxygen, enabling the breakdown of vegetal polymers. Forges were major consumers of charcoal. From felling to carbonization and onward to transportation to production sites, substantial logistical management was required, and particular attention was devoted to organizational matters. Ironmasters and forest administrators sought to maintain a balance in order to safeguard the future availability of the resource. The administration of the princes of Montbéliard left behind a considerable corpus of documents, preserved across several archival repositories, along with some material traces identifiable in the field. In addition, fragments of private archives remain to be examined.

Introduction

Érigée à la fin du XVI[e] siècle (déclaration de fondation sur vélin en 1586 ADHS E 97) la forge de Chagey est la première de la région de Montbéliard. Elle est en roulement en 1588. Sa filiale installée en 1616 à Audincourt monte en puissance. En 1790 le site d'affinage primitif en fer marchand a été démantelé. Le haut fourneau de Chagey est abandonné en 1883. L'impact sur le milieu forestier laisse voir sur les relevés Lidar de l'IGN les milliers de fauldes de la cuisson du charbon de bois tant dans l'espace des anciennes forêts domaniales que dans celles des communautés villageoises. Sous régie directe des princes de Montbéliard durant certaines périodes, ces deux établissements sidérurgiques laissent un important corpus documentaire loin d'être entièrement exploré et analysé. Ouvrier métallurgiste en retraite, prospecteur pédestre et expérimentateur de la méthode forestière de carbonisation, je trouve que l'aspect « bilan matière » et la connaissance fine de la gestion de la ressource énergétique végétale sous les aspects pratiques nous laisse un champ d'étude pluridisciplinaire, tant dans le domaine documentaire que sur le terrain. Quelques calepins de gestion de la dernière période, archives privées, ont échappé à la déprise de l'ancienne forêt domaniale actuellement propriété de la Caisse des Dépôts. Je me limiterai ici à ma sphère restreinte de connaissances et de compétences.

Quelques publications régionales évoquent la problématique de cette ressource énergétique, tel Lemercier 1983, qui en fait un fil rouge au gré des chapitres. L'auteur y accentue les aspects de dénonciation des forges par la société civile, accusées de ruiner l'économie locale par l'impact sur le milieu et l'enchérissement du bois. Ce qui passe inversement aujourd'hui comme une chance pour avoir permis la monumentalité rurale (maisons communes, fontaines, églises) du fait du revenu procuré aux communautés.

1 Une ressource renouvelable à gérer

Les fers fins au bois de Franche-Comté étaient appréciés pour leur qualité par les artisans pour sa malléabilité. Les maîtres de forge ont résisté à l'innovation du charbon de terre s'appuyant sur les aspects de leurs possibilités techniques, et surtout sur la tradition empirique. L'impact sur le milieu forestier et l'économie a été âprement disputé. L'extraction de charbon de bois ne dépassait pas la régénération naturelle. Le rendement annuel moyen d'un hectare de forêt est de 4 mètres cubes (Mathey 1906) la rotation des coupes sur les assiettes annuelles abaissées à 18 ans au pire, ne pouvait à elle seule compromettre l'avenir. Le bois à carboniser ne concurrençait pas les autres usages (bois de marine, bois d'œuvre) étant prélevé sur petites sections et les rémanents de préférence au bois en quartier. Ce qui simplifiait le façonnage et convenait mieux à l'opération. D'autant plus que les princes wurtembergeois de Montbéliard avaient sévèrement ordonnancé les usages et ce dès la fin du XVI[e] siècle, soit avant la célèbre réformation française des forêts établie par Colbert en 1669. Des règlements sont renouvelés en 1779 (Charles duc de Wirtemberg et Teck 1779) pour la partie seule du Comté de Montbéliard et la seigneurie d'Étobon, les seigneuries adjacentes de la Principauté, très riches en bois, étant placées sous le régime français vers 1715.

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

2 Processus

La carbonisation du bois sous atmosphère réductrice permet d'obtenir du charbon composé de carbone pur et de matières volatiles. La méthode forestière traditionnelle locale de la carbonisation s'effectue à une température d'environ 600 à 900 °C après l'évaporation de l'eau. Il y a dégagement de CO, de CO_2, d'acides pyroligneux, de goudrons. C'est une pyrolyse, carbonisation en l'absence d'apport d'oxygène ce qui décompose les polymères végétaux. L'opération débute à 280 °C après la phase dessication et élève la température. Plus elle sera élevée, plus le taux de carbone sera proche de 90 %. Le charbon de bois est réduit à environ 18 % du poids initial du bois. Une partie du carbone est perdu lors de l'opération.



Fig. 1 : Une charbonnière de 35 stères en cours d'allumage à la Fontaine Ronde dans le Haut Doubs. Apprenti charbonnier, l'auteur surveille les fumées. Cliché Canard. Dimensions 4 cm X 6,43 cm.

3 Mode opératoire

Traditionnelle, la cuisson en meules tronconiques est la pratique la plus courante en forêt (Bouchey 1969). Le bois en rondins de petite section est empilé autour d'un axe central. La mise à feu et l'évacuation des fumées peuvent se faire par cet axe ou par un conduit au pied de meule. Elle est recouverte de feuilles, d'herbes, de mousses, de terre qui forment une couche isolante, tassée et humidifiée pour la rendre étanche à l'air. Des évents sont percés ou rebouchés à volonté pour régler le tirage. La surveillance de la fumée donne des indices sur le déroulement de l'opération qui peut durer, pour un grand volume allant jusqu'à 200 stères, jusqu'à plusieurs semaines en fonction des variations atmosphériques. La surveillance doit être constante de jour et de nuit. Le volume moyen usuel des meules traditionnelles est d'une quarantaine de stères, mais peut être poussé plus haut.

On a constamment recherché des améliorations de rendement, fait des expériences. On en est arrivé à concevoir des fours maçonnés en partie, puis une cuisson sous cloche de métal, plus rapide et efficace à l'époque du carburant des forêts (moteurs à gazogène).

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

Cette méthode permettait en outre la récupération des produits pyroligneux tels que des goudrons.

4 La consommation des grandes forges

Problème économique et environnemental, le prélèvement de combustible et de bois d'œuvre par les nombreux établissements sidérurgiques comtois du XV^{e} au XIX^{e} siècle reste à mesurer exactement. La rareté de données précises et fiables, les questions très ardues et aléatoires de conversion de métrologie ne contribuent pas à s'assurer d'un résultat scientifiquement certain. Tous les résultats chiffrés ci-dessous sont donc à manier avec prudence.

D'une période technique à l'autre, d'une usine à la suivante, des variations sensibles existent en fonction de la maîtrise opératoire, de la qualité du bois carbonisé, de la nature du sol où il a poussé, de ses conditions de transport, de stockage et d'emploi. Le coût du transport pouvait subir une hausse en cas d'épizootie des animaux de trait ou de coalition des voituriers. Les maîtres de forges se sont constamment efforcés d'obtenir le meilleur ratio combustible dépensé/produits obtenus. Y compris en faisant réaliser des épreuves pour sélectionner les meilleurs forgerons ! La plus grande part du prix de revient total était due au charbon de bois ; coupage, carbonisation, transport, stockage[1]. Une grande différence apparaît entre les diverses étapes de la chaîne opératoire du métal. Il faut plus de charbon de bois pour affiner le fer cru en fer marchand que pour couler les gueuses de fonte en réduisant les minerais au haut fourneau. Il faut tenir compte de la part de fonte coulée directement en marchandise, de celle destinée à l'affinerie et des ateliers annexes éventuels. Une inconnue est difficile à quantifier, la perte par gaspillage et même celle due au détournement illicite du combustible.

5 Tentative d'analyse sur la forge de Chagey

5.1 *1635*, un inventaire

La visite détaillée des coupes de huit forêts indique la présence de 207 fourneaux à charbon qui ont un volume total de 12 260 cordes. Leur taille varie de 50 à 100 cordes. Le bois en attente de carbonisation est de 14 720 cordes. Au total la somme prodigieuse de 26 980 cordes. Mais que vaut exactement la corde, quelles sont ses dimensions exactement ? Nous retenons 1,81 stère (Cusenier 1983). Ce qui nous donne la somme de 48 832 stères. L'inventaire ne donne aucun détail sur le lieu d'emploi à mettre en corrélation. Une part du charbon peut être employé à Belfort ou Audincourt. Dans ce cas on l'échange contre d'autres matières : minerai, fonte en gueuses.

[1]- On s'accorde généralement sur le taux de deux tiers du prix de revient du métal marchand.

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. 2 : Halle à charbon du haut Fourneau Chagey, construite vers 1740, 700 m^2. Cliché Canard. Dimensions 4 cm X 8,99 cm.

5.2 D'autres documents postérieurs permettent des recoupements

Chagey compte le haut fourneau et 5 feux de forge jusqu'en 1750. Puis trois jusqu'en 1790. À titre d'hypothèse, si Chagey sortait 250 tonnes de fonte du haut fourneau par an, moyenne pondérée pour la période du XVII^{e} siècle, et affinait 165 tonnes de fer, la consommation totale en charbon végétal équivalait en gros de 35 000 à 45 000 stères de charbonnette carbonisée. Le roulement du haut fourneau était habituellement poussé de huit à dix mois par an, sauf incident. La forge employait comme ouvriers saisonniers externes 129 voituriers recrutés sur 19 villages en 1736. Elle possédait pour sa logistique une cavalerie de 30 à 40 chevaux de trait et des bœufs. Des halles d'étapes abritaient le charbon en transit du Chérimont, à Frédéric-Fontaine, Belverne, Étobon, Couthenans. En 1733, les prévisions de mise en exploitation portaient sur 305 hectares. Les 23 forêts princières et celles des communautés étaient mises en rotation de plus en plus rapprochées. À Chagey au XVIII^{e} siècle, on préconisait d'employer le charbon frais au haut fourneau (considéré plus fort, étant sec) et celui qui avait reposé sous les halles (plus doux) pour l'affinage. On estimait alors le besoin à 1200 bennes contenant 12 cuveaux (3,6 m^3 environ, 800 kg de charbon la benne, issu d'environ 4 cordes en moyenne) pour produire 600 tonnes de fonte. Le produit moyen d'un stère de bon bois dur rend en moyenne 60 à 80 kg de charbon.

6 Audincourt, recherche d'économies

Alors que les forges de Chagey et d'Audincourt sont aux mains de Claude-François Rochet, l'ancien fermier qui a acheté les installations et une partie du domaine forestier comme bien national, un visiteur du service des mines dresse le constat de consommation à Audincourt (Brochin 1802-1803). Il faut alors 1820 kg de charbon pour 1000 kg de fonte. Pour épurer celle-ci et forger 1000 kg de fer en grosses barres, on dépense 4500 kg de charbon. Les autres fours à fer consomment aussi leur part, le fer fin de martinet demande 750 kg de combustible par tonne. Le platinage de tôle exige encore 808 kg de charbon aux 1000 kg. Le dernier produit est dispendieux à force de passages successifs au feu. Le combustible dépensé pour l'élaborer est cumulé dans son prix de revient comme matière première. De plus, chaque phase provoque une perte de matière.

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 : Forestiers au travail, bois de Nans, Chagey. Col. Canard. Dimensions 4 cm X 6,43 cm.

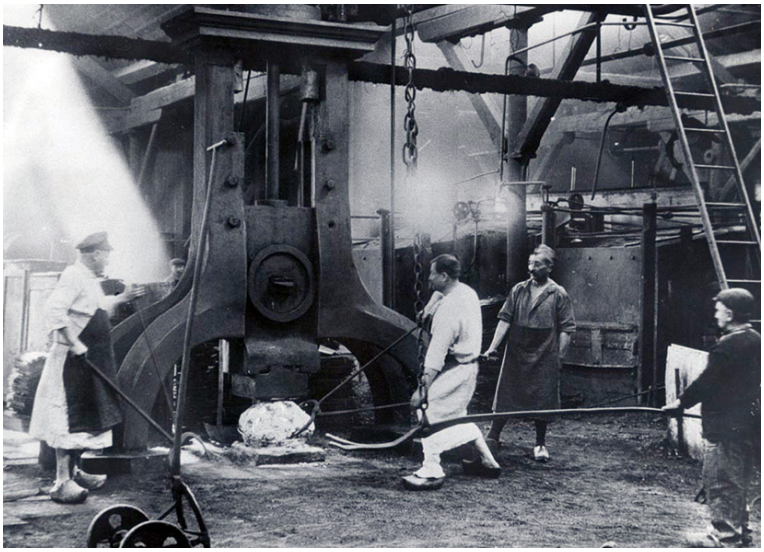


Fig. 4 : Audincourt 1905, la dernière loupe au bois passe au marteau pilon. Col. Canard. Dimensions 5 cm X 6,97 cm.

En 1812, Michel Gast directeur et l'un des trois fondateurs de la société en nom collectif des forges d'Audincourt réclament par une pétition de disposer de 15 000 mètres cubes par an de combustible pour le haut fourneau de Chagey, seul élément demeurant en activité sur ce site jusqu'à son extinction en 1883 ; l'affinerie ayant été supprimée en 1790 (ADHS 303 S 4). À la forge d'Audincourt en 1840 on se penche à nouveau sur la brûlante question du combustible. Un rapport (un brouillon manuscrit) expose les expériences qui ont été réalisées afin de définir la méthode la plus économique de carbonisation (Dubocq).

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

L'analyse porte aussi sur les installations sidérurgiques et métallurgiques, leur fonctionnement détaillé et leur rendement. On pratique des essais à l'usine d'Audincourt et à celle de Bourguignon. Le bois à carboniser est reçu et réexpédié par flottage de cet endroit où il y a un port spécial. À peine ressuyé, on l'empile en meules de 160 à 170 stères. On compte environ 200 heures pour achever l'opération. Quatre méthodes sont éprouvées en faisant varier le mode d'empilage et le cœur de la meule qui peut être en maçonnerie de briques ou encerclé de fagots. Les résultats sont soigneusement notés et les essais se poursuivent sur le haut fourneau, les feux comtois des affineries et ceux des laminoirs.

Il résulte des chiffres du rapport Dubocq que le haut fourneau aurait consommé dans les 1500 tonnes de charbon de novembre 1842 à juillet 1843, pour une production en 249 jours de 981 tonnes de fonte, 845 tonnes en gueuses pour l'affinage et 136 tonnes en moulages. En comparaison avec la consommation en 1803, on aurait alors épargné environ 300 kg de combustible consommation qui se situe dans la moyenne, d'après des chiffres indiqués par divers experts selon l'auteur du rapport. Une tonne de fonte nécessitait 1200 à 1600 kg charbon de bois ; pour une tonne de gros fer d'affinage il fallait ajouter 3200 à 5000 kg de combustible végétal. Mille kilos de charbon proviennent de 15 à 20 stères de bois dur, hêtre, chêne, charme (Dubocq ; Canard 1994 ; Serneels 2000).

Les autres feux de forge de la compagnie sont aussi l'objet de l'analyse de l'ingénieur Dubocq. Il résulte de son rapport que l'affinage en fer forgé de 194 tonnes de fontes et de fer en riblons a produit 145 tonnes en barreaux, largets, fer marchand sous les grands marteaux. Il a fallu pour cela consommer 8 236 hectolitres de charbon de bois, soit l'équivalent de plus de 16 stères de bois par tonne de fer forgé (en tout environ 2 325 stères). Donc, avec l'étape fonte, pour ce demi-produit, nous sommes à une consommation de charbon de bois cumulée de plus de 28 stères par tonne. Il faut encore ajouter la consommation pour les autres produits de la chaîne productive : tôles laminées, fer noir, etc. La compagnie des forges d'Audincourt exploite alors des hauts-fourneaux à Pont-de-Roide, Chagey, Audincourt, les forges de Bourguignon. À Valay près de Gray, d'où provient du minerai pour Audincourt, le dernier haut fourneau au bois devenu ensuite propriété de la Cie des forges, n'est éteint qu'en 1904. La dernière loupe au bois est forgée au marteau-pilon à Audincourt en 1905. En 1850, Audincourt disposait en propre d'un domaine forestier de 1440 hectares 72 ares, Bourguignon de 615 hectares 34 ares, Chagey de 1064 hectares 90 ares. Une futaie âgée de 25 ans peut produire en moyenne 185 à 245 stères à l'hectare de bois carbonisable. La transition au coke est achevée à la fin du XIX^{e} siècle, les forêts sont vendues en 1894 à la famille manufacturière Engel-Dollfus.

On emploie désormais de la fonte produite au coke provenant d'autres régions. Elle est traitée au cubilot chauffé à la houille pour une seconde fusion.

Les aciers sont produits avec de nouveaux procédés tels que les fours à puddler au coke qui permettent de l'avoir en phase liquide. Les forêts peuvent retrouver leur verdure, reconquérir des espaces grâce à la déprise agricole et aux dispositions de l'Office des forêts et jouer leur important rôle de puits de carbone.

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 : Baraque de charbonnier sédentarisée, Loulans-les-Forges. Cliché Canard. Dimensions 4 cm X 5,64 cm.



Fig. 6 : Une meule à charbon dont le contenu commence à s'effondrer. Le charbonnier donne un coup de perche pour contrôler à cœur. Cliché Cardot CRP Lure. Dimensions 4 cm X 6,28 cm.

7 Conclusion

Le maniement des mesures anciennes présente des risques d'erreurs. Le rendement des espaces forestiers doit être appréhendé au fil des trois siècles en prenant en compte la nature pédologique des sols, les aléas climatiques, la variation de la législation. La tenue des registres comptables sous l'ancien régime ne laisse pas d'étonner par leur méthode. Les études que j'ai eu l'occasion de consulter me paraissent attacher plus

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

d'importance à la production fonte et fers qu'à la phase amont si essentielle de la production de la ressource thermique. Personnel externe, le mode de vie et de travail des coupeurs, charbonniers et voituriers est peu mis en avant. Il concerne pourtant plusieurs corps de métiers et nécessite une organisation rationnelle contrôlable tout comme la chaîne opératoire de production des métaux.

Les moyens Lidar me paraissent offrir une perspective nouvelle pour quantifier les fauldes plus aisément que par prospection au sol. La systématique de l'étude plus exhaustive des archives me paraît une voie à suivre, afin d'obtenir et de croiser une masse plus importante de données.

Bibliographie

BOUCHEY, E., 1969. Le charbonnier dans les bois. Folklore comtois Besançon.

BROCHIN, 1802-1803. Journal des Mines N° 74 AN XI.

CANARD, Cl., 1994. *La première forge du Pays de Montbéliard*, *Mémoires Société d'Émulation de Montbéliard* : 47-94.

CANARD, Cl., SERNEELS, V., 2000. La Forge de Montagney. *Quelques chiffres concernant le haut fourneau de Montagney en 1833. Minaria Helvetica. Bulletin de la Société Suisse d'Histoire des Mines* 20, 66-72.

CHARLES DUC DE WIRTEMBERG ET TECK. 1779. Ordonnance des eaux et forêts du Comté de Montbéliard, par J. L. Becker imprimeur et relieur de S.A.S.

CUSENIER, R., 1983. *La forge d'Audincourt de 1616 à 1793*. Hors-série *Société d'Émulation de Montbéliard* : 215.

DUBOCQ, Ch., Manuscrit N° 336, École Royale des Mines.

GODARD, Ch. 1889. *Les ordonnances inédites du Comte Frédéric (1565-1584)*. Mémoire présenté au concours de la société d'émulation de Montbéliard, tiré-à-part Société d'Émulation de Montbéliard.

LEMERCIER, A., 1983. *La sidérurgie en Haute-Saône XVIII^e-XIX^e siècle*. Hors-série Salsa.

MATHEY, A., 1906. Traité d'exploitation commerciale des bois. Laveur éditeur Paris, 2 volumes.

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