

# Le charbon de bois et la forge à la catalane (Pyrénées, XVII<sup>e</sup> - XIX<sup>e</sup> siècles)

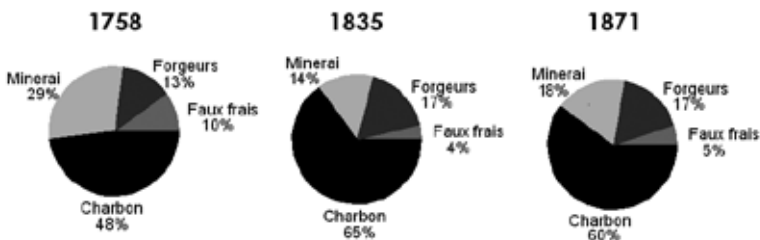
Jean Cantelaube\*

\*FRAMESPA, UMR 5136, Toulouse-Le Mirail  
Les Peyrots  
09300 Bélesta, France

Comment garder la distance par rapport à nos pratiques énergétiques actuelles ? Il est banal de répondre que l'histoire est l'un des moyens de prendre ce recul indispensable à toute réflexion. Mais de quelle histoire parlons-nous ?

Les Pyrénées offrent le cas d'une société ancienne qui, confrontée à la question des ressources énergétiques, a créé un système industriel considéré, un temps, comme un modèle possible de développement. La sidérurgie à la catalane présente un cycle technique, social et économique complet, de sa naissance à sa disparition. La forge à la catalane, héritière de la mouline médiévale, est une forge de réduction directe du minerai de fer qui a pour combustible et agent réducteur le charbon de bois. Elle utilise l'énergie hydraulique pour faire battre le marteau et pour la soufflerie (trompe des Pyrénées). Elle apparaît au XVII<sup>e</sup> siècle dans un contexte de fortes tensions sur le combustible végétal (Cantelaube, 1992). Le facteur limitant de cette industrie est l'énergie thermique sous un double aspect : d'abord quantitatif, un approvisionnement suffisant en combustible ; puis économique, le charbon fait le prix du métal. Or, la sidérurgie à la catalane travaille pour des marchés concurrentiels (Cantelaube, 2005).

Figure 1 : Structure du prix du fer.

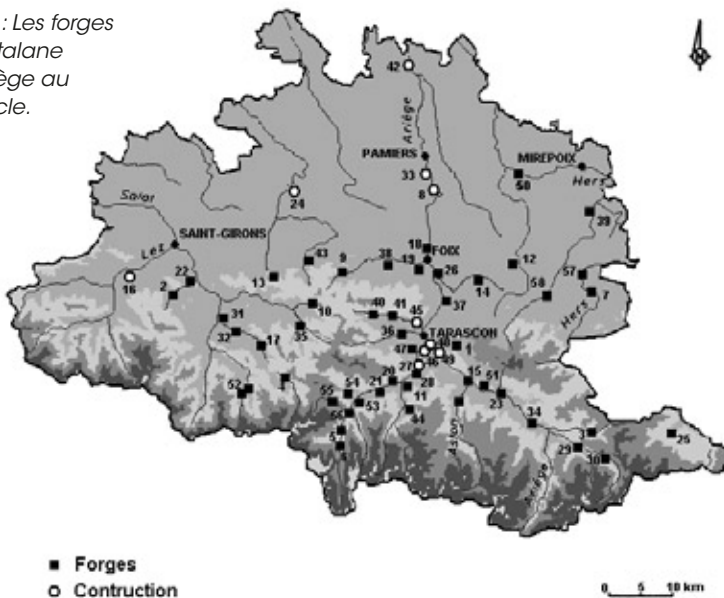


Le problème se pose ainsi : étant donné des ressources énergétiques brutes limitées (les forêts pyrénéennes) et qui s'amenuisent, comment les hommes de la forge sont-ils parvenus à développer une industrie pendant plus de deux siècles et demi dans un double mouvement structurel de hausse de la consommation de charbon de bois et d'augmentation de la production de fer ? Tous les procédés sidérurgiques connaissent un problème énergétique (Benoît, 1990).

### Augmenter l'offre énergétique locale

La forge est liée à la forêt par le charbon de bois (Bonhôte, 1987). Cette évidence nous situe à l'amont de la filière industrielle, dans la vallée où est érigée la forge, puis dans les Pyrénées ariégeoises et des régions plus éloignées. Il est nécessaire de quantifier les besoins énergétiques et le prélèvement forestier. Une forge requiert de 1500 à 1800 m<sup>3</sup> de charbon de bois par an. Un stère de bois, selon les essences, donne en moyenne 76 kg de charbon. Le rendement moyen de l'hectare de bois taillis de 18 ans atteint à peine 40 stères de bois de charbonnage qui fournissent environ 20 m<sup>3</sup> de charbon seulement. Un maître de forges doit disposer d'environ 100 ha d'espace forestier par an, soit l'immobilisation de 1800 à 2000 ha au minimum ! À un niveau global, la sidérurgie tend une toile d'araignée sur les Pyrénées ariégeoises, 57 forges en 1840. Cette concentration d'usines constitue un système productif. Dans les années 1820-1840, l'Ariège produit environ 4 % des fers français.

Carte 1 : Les forges à la catalane de l'Ariège au XIX<sup>e</sup> siècle.



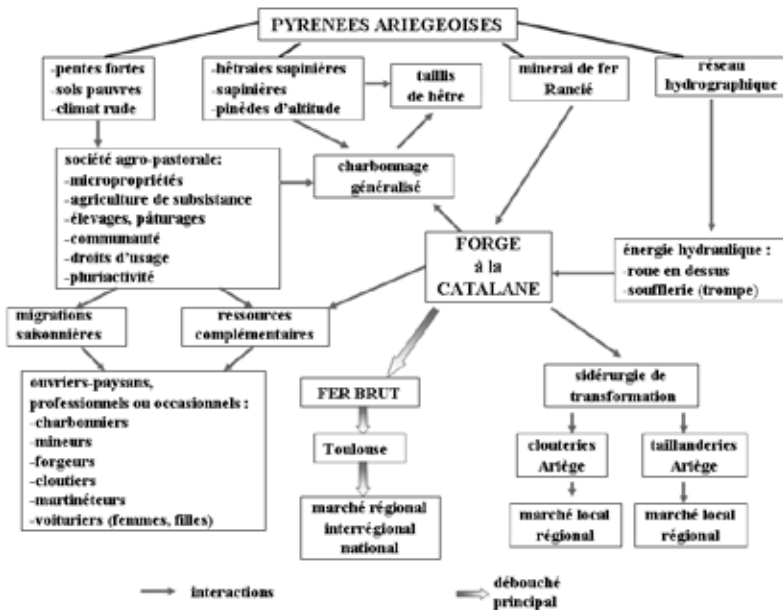


Figure 2: La forge à la catalane, une industrie à la montagne (Cantelaube, 2005).

Une forge occupe huit forgerons, un ou deux administrateurs, une soixantaine à une centaine d'hommes, de femmes et d'enfants, bûcherons, charbonniers, voituriers. Atout décisif pour des communautés où la pluriactivité est indispensable, alors que le déséquilibre entre la population et les ressources naturelles s'accroît (Cantelaube, 1995). La filière à la catalane entraîne le développement d'une industrie dans une société agro-pastorale, « industrie à la montagne » aux mains de paysans.

Ce système productif se diffuse dans les régions voisines, créant une vaste aire technique sur les deux versants des Pyrénées (Cantelaube, 2007). De cette constatation naît l'obligation de conduire l'analyse à différents niveaux. Celui de la forge, unité de production de base d'une industrie rurale dispersée, ceux du système productif et de l'aire technique. Cette histoire est toujours appréciée dans le cadre plus large de l'industrie française et de l'industrie espagnole (Mas, 2000 ; Codina, 2005).

• *Les maîtres de forges et l'accès au combustible*

L'accès au combustible végétal est rigoureusement encadré. Une législation forestière « protège la forêt », Réformation des forêts de 1669, ordonnance royale de 1723 sur « les bouches à feu », charte forestière de 1827, loi sur les mines d'avril 1810 (Woronoff, 1984 ; Cantelaube, 1995 bis). Leur point commun est que le maître de forges doit s'approvisionner en

charbon de bois dans ses propres forêts. L'accès au combustible dépend du statut juridique des forêts, de leur régime de propriété. Difficile de fixer des proportions avant le XIXe siècle. En 1841, en Ariège, les forêts domaniales occupent 40 828 hectares ; les forêts communales, 26 589 hectares et les forêts privées, 45 000 hectares, soit un total de 112 417 hectares de bois. Le mode d'accès au combustible est un véritable discriminant qui permet de dresser une typologie des maîtres de forges. Ceux qui, grâce à une concession du roi, moyennant une rente, ont la permission de prendre du bois dans les forêts royales. Ensuite des seigneurs qui, possédant des forêts, en consomment les bois dans les ateliers qu'ils ont érigés. Enfin, ceux qui ont établi une forge par concession de seigneurs qui leur ont donné l'usage de leurs forêts. Les archives du milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle mentionnent aussi des « forges bâtarde », c'est-à-dire des forges qui ne disposent pas de forêts, en contradiction flagrante avec la législation, et qui, par conséquent, doivent acheter leur combustible.

Désireux de se donner des marges de manœuvre, les industriels s'ingénient à « se libérer des contraintes » des ordonnances forestières, n'hésitant pas à recourir à des comportements délictuels de façon répétée. Cette attitude n'est pas vraiment décisive pour augmenter l'offre de charbon de bois.

- *Perfectionner les pratiques forestières*

Il s'agit de tirer parti au mieux d'une forêt aménagée. Action technique qui consiste à améliorer les pratiques culturales. Privilégier les essences qui fournissent des charbons de qualité et qui ont une forte régénération naturelle. Le choix se porte sur le hêtre, bois dur, qui rejette de souche, au détriment du sapin, alors que la formation d'origine est la hêtraie-sapinière et que ces deux essences ont des exigences écologiques très proches (Bonhôte, Fruhauf, 1990 ; Fruhauf, 1980).

La nécessité d'un approvisionnement régulier conduit à la généralisation du taillis au détriment de la futaie : taillis simple (coupe de tous les brins d'une souche à intervalles de huit à vingt-cinq ans), taillis fureté réglé (une souche porte une dizaine de brins d'âges différents, coupe des plus vieux, rotations le plus souvent de dix-huit ans). Le cycle de rotation des coupes est adapté aux conditions bioclimatiques. Le type de coupe est en rapport avec les essences, le taillis têtard ou arbres « hacots », les souches des hêtres sont coupées à une hauteur de un à deux mètres, ce qui permet au bétail de pâturer dans les forêts sans abîmer les arbres ; les coupes rases (à blanc-étoc) pour les sapinières et les pinèdes d'altitude. Les forestiers utilisent le cantonnement des forêts, la mise en défens de parcelles forestières

(portion de bois où s'exercent les droits d'usage) (Bonhôte, 1998). Ces traitements ont créé au XIXe siècle des peuplements qui présentent la physionomie d'une mosaïque de perchis (peuplement de jeunes arbres à l'état de « perches » environ 10 cm de diamètre), de taillis bas et de coupes rases, de souches tortueuses hérissées de brins, des bois vieillis et clairsemés. Cette description montre que la forêt des Pyrénées ariégeoises, abandonnée à la forge, est dégradée.

- *Perfectionner les pratiques de charbonnage*

Agir sur l'offre d'énergie brute n'est que le premier volet d'une politique que les maîtres de forges complètent en agissant au niveau de sa transformation, de la carbonisation du bois. Le savoir tacite des charbonniers est mal connu; à plus forte raison, nous sommes incapables de déceler une quelconque évolution dans la carbonisation. Il faut attendre le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle pour que les sidérurgistes français commencent à se préoccuper de perfectionner les méthodes traditionnelles dont les rendements en poids sont faibles, à peine 15 % à 18 %. La carbonisation se fait en meules dans les forêts pendant 5 à 8 jours. Son rendement dépend de l'habileté du charbonnier, de l'état de dessiccation, de l'essence et de l'âge du bois. Il varie également lorsque l'on opère sur du taillis, de la futaie, ou du gros bois. Autre handicap, la persistance des neiges dans les montagnes permet rarement de régler à la fois le temps de la coupe et celui du charbonnage (François, 1843). Les ingénieurs des mines dénoncent la « méthode des forêts ». Une abondante littérature scientifique est publiée, des brevets sont déposés (Emptoz, 2006). En réalité, toutes les essences sont charbonnées, résineux, bois blancs, arbustes (buis), parfois fruitiers, les souches. La sidérurgie se heurte à des concurrents sur des ressources naturelles limitées, les autres industries, les activités artisanales, mais encore les éleveurs, les communautés montagnardes et leurs droits d'usage. Les hommes sont de plus en plus nombreux dans un environnement qui se dégrade. La société pyrénéenne est parcourue de tensions qui atteignent leur paroxysme lors des périodes de crises. Les délits forestiers sont l'un des révélateurs les plus étudiés de ces situations conflictuelles.

En conclusion provisoire, nous pouvons dire que les efforts pour élargir l'offre énergétique, parfaitement rationnels, ne donnent cependant pas de résultats suffisants.

## Contenir la croissance de la demande énergétique

Le procédé à la catalane est l'un des procédés sidérurgiques les moins gourmands en combustible. Sa réussite industrielle est incontestable puisque le système technique a été capable de répondre, à des conditions économiques compatibles avec les exigences d'un marché concurrentiel, à l'essor de la demande de métal. La recherche de l'innovation ne trouve pas son origine dans la médiocrité du système. Elle répond à un besoin économique et social, résoudre les difficultés nées de la rareté grandissante du combustible, et, par conséquent, de son enchérissement.

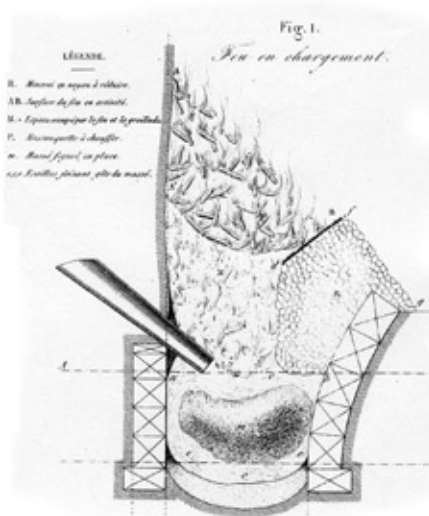


Figure 3: Feu en chargement (François, 1843).

- *Quelques artifices dérisoires*

Les maîtres de forges tentent de limiter les pertes de charbon lors des déplacements et lors du stockage. Ils exercent une surveillance vigilante dans l'emploi du combustible par les forgeurs (Marrot, 1835). Toutes ces actions sont à la marge, sans commune mesure avec les enjeux. La véritable réponse est de chercher des gisements d'économie à l'intérieur de la chaîne opératoire elle-même.

- *Se tourner vers des énergies de remplacement*

Ce choix est dans l'air du temps à la fin du XVIII<sup>e</sup> et au début du XIX<sup>e</sup> siècle, tourné vers le modèle britannique. Les essais portent sur l'utilisation de la tourbe et surtout du charbon de terre. Cette piste est un échec, les lois physico-chimiques de la réduction directe du minerai de fer rendent

impossible l'utilisation du charbon fossile (Cantelaube, 1999). L'usage du charbon de bois n'est donc pas signe d'archaïsme.

- *Diminuer la consommation de charbon de bois lors de la réduction*

L'action la plus efficace a été d'améliorer la productivité de la méthode à la catalane (optimum technique). L'énergie a joué un rôle de premier plan dans l'évolution technique du système industriel. L'historiographie considère que l'abandon du recuit (calcination du minerai) est la principale cause des économies de combustible, recherche de gisement d'économies en amont de la chaîne opératoire (Bosch, Cantelaube, Codina, 2005). Les innovations, agrandissement du bas foyer (Cantelaube, 2002), changement de la position de la tuyère, modifications dans le système d'admission de l'eau et de l'air (Cantelaube, Verna, 2005) provoquent une élévation croissante de la pression et du débit du courant d'air forcé qui permet d'augmenter la charge minerai-charbon de bois et qui favorise la combustion et, par conséquent, diminue la consommation de combustible. L'augmentation de la taille du massé (loupe) rend compte de l'essor de la production de métal, unitaire par réduction et totale pour la forge (Codina, 2005).

Le tour de main des forgers varie avec la qualité du charbon. Non seulement l'ouvrier favorise ainsi la production de fer de qualité, mais encore il contrôle la consommation de combustible (Cantelaube, 2006). De plus, il adapte aussi son savoir-faire à la situation géographique de la forge, aux conditions locales de production. La baisse totale de l'emploi de charbon de bois, de 1667 à 1868, se monterait à 51 % dans le cas le plus favorable et à 28,2 % dans le cas le plus défavorable (Cantelaube, 2005), ordre de grandeur d'une tendance structurelle séculaire. Les forgers affirment que « le meilleur fer se fait dans le moins de temps avec le moins de mine et de charbon ». Les ingénieurs des mines rendent hommage à la « marche » suivie par les ouvriers. S'il n'est pas possible d'évaluer les effets sur la consommation de combustible de chaque innovation, l'ensemble doit être pris en compte. La notion de « grappe d'innovations » convient, combinaison de « micro-innovations », somme d'adaptations et d'ajustements dans le quotidien du travail (Woronoff, 1998 ; Garçon, 1997).

Il est nécessaire de rappeler les données du problème. L'emploi unitaire de combustible a diminué fortement, autour de 3 de charbon pour 1 de fer, parfois un peu moins. Cela ne signifie pas que la consommation totale a baissé. Bien au contraire, le nombre de forges a été multiplié, la production de métal a fortement augmenté, ce qui entraîne mécaniquement une hausse de la dépense de charbon de bois. La demande de combustible est telle que la société pyrénéenne adopte une troisième stratégie pour consolider les succès de sa politique énergétique.

## **Chercher des surcroûts énergétiques croissants de plus en plus loin**

- *Compléter et diversifier les sources d'approvisionnement*

Il s'agit de trouver des suppléments d'énergie. L'effort se soutient dans une double direction. D'abord étendre les possibilités de charbonner, augmenter la ressource en énergie brute, ne pas se contenter des forêts dont on dispose déjà. Or, peu de maîtres de forges possèdent en propre les bois nécessaires pour le roulement de leur usine. Pour augmenter leurs approvisionnements, ils adoptent différentes stratégies : acquisitions de forêts privées et de coupes lors des adjudications des forêts domaniales ou communales, achats de charbon de bois. Le recours au commerce de façon occasionnelle est une pratique ancienne, y compris pour les industriels les mieux dotés en bois. Ce mode d'approvisionnement complémentaire est toléré. Les entrepreneurs achètent le charbon à des « spéculateurs », adjudicataires de coupes. Certains propriétaires de forêts trouvent plus rentable de vendre directement du charbon. Cette double attitude joue sur l'offre énergétique globale. Les maîtres de forges acquièrent bois et charbons non seulement dans les Pyrénées ariégeoises, mais aussi dans les régions voisines sur les deux versants des Pyrénées. Un nouvel emboîtement d'espaces se met en place (Cantelaube, 2005 bis).

Demande énergétique en forte hausse, ressources forestières limitées, raréfaction de l'offre alors que la production de fer est en constante augmentation, cela favorise une hausse du prix du charbon de plus en plus rare donc de plus en plus cher. Or, malgré les gains de productivité du système technique, le charbon reste le poste de dépense principal, autour de 60 % du prix de revient du fer.

- *Recours systématique au commerce du charbon de bois d'origine lointaine*

La stratégie qui couronne les efforts consentis sur les autres plans, consiste à acheter des quantités croissantes de combustible, la « voie du commerce ». Cet apport extérieur de charbon permet de limiter l'augmentation de son prix. Le commerce d'appoint gonfle ses flux jusqu'à devenir le mode d'approvisionnement prédominant dans la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> et au XIX<sup>e</sup> siècle. L'essor des courants commerciaux s'accompagne d'un élargissement de l'espace d'approvisionnement. La zone d'achalandage s'étend aux départements de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, du Tarn, de la Haute-Garonne, des Hautes-Pyrénées, des Pyrénées-Atlantiques, des Landes, soit la Gascogne et le Languedoc, sans oublier l'ensemble des forêts de la

basse Ariège; à l'Espagne (Catalogne, Aragon) (Mas, 2000). Ce commerce est favorisé par l'amélioration des moyens de communication. Une autre géographie se met en place. Les retours consistent presque toujours en minerais de Rancié, dans l'Ariège. Une complémentarité entre les forges équilibre les conditions économiques de production. Ce commerce joue le rôle de volant de sécurité en offrant des marges de manœuvre d'origine extérieure importantes. La limite de cette politique est le coût du transport qui reste toujours élevé (14 % du prix de revient du fer de 1835 à 1842) alors que le prix du charbon déjà haut doit rester supportable économiquement.

## Conclusion

La triple stratégie : améliorer l'offre énergétique, contenir les besoins énergétiques toujours croissants, aller chercher des quantités de combustible de plus en plus grandes de plus en plus loin, constitue une politique réfléchie et cohérente qui répond efficacement aux problèmes posés par l'énergie. Sa réussite a permis au système à la catalane de conserver une place dans l'écosystème pyrénéen et de rester efficient jusque dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (Cantelaube, 2005).

Le cas à la catalane montre que l'énergie constitue une contrainte dont la société a dû et su jouer collectivement au prix de tensions sociales permanentes. Le développement industriel répond à des logiques techniques, économiques et sociales dans un écosystème spécifique. Ces options constituent une véritable culture du territoire. Or, l'énergie, malgré son importance, n'est qu'un élément parmi d'autres et doit être apprécié dans un ensemble (Woronoff, 1994). Les Pyrénées ariégeoises ont atteint un objectif remarquable : malgré leur pauvreté, elles ont supporté une pression démographique à la limite du surpeuplement. Les habitants, jouant des possibilités du milieu, ont construit au cours des siècles un système original. L'histoire des techniques montre que, à un moment donné, la modernité offre plusieurs possibilités et que le choix des contemporains ne se porte pas obligatoirement sur la voie qu'une histoire linéaire privilégie parce que, in fine, elle s'impose. Les laissés-pour-compte sont disqualifiés comme « archaïques » et tombent dans l'oubli.

L'analyse historique et sa démarche systémique permettent de décrire et d'explicitier ces choix à la fois individuels et collectifs et les articulent entre eux. Cependant, une des difficultés rencontrées est que chacun d'entre eux possède sa propre chronologie. Les travaux des historiens, dont les traits dominants sont le recul et la distance, ne sont pas suffisamment pris en compte pour analyser les situations actuelles. Le philosophe italien Benedetto Croce écrit qu'il n'est d'histoire que contemporaine, c'est-à-dire qu'elle concerne les problèmes qui se posent aujourd'hui, ce qui est à la fois différent « des leçons de l'Histoire », d'une histoire générale simplificatrice et d'une modélisation réductrice.

## Bibliographie

- BENOÎT S., 1990. La consommation de combustible végétal et l'évolution des systèmes techniques. In *Forges et Forêts. Recherches sur la consommation proto-industrielle de bois*, D.Woronoff (dir.), Paris, Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, pp. 87-150.
- BONHÔTE J., 1987. La consommation proto-industrielle de bois en Ariège au XIX<sup>e</sup> siècle. In *Actes du VII<sup>e</sup> Colloque national sur le patrimoine industriel, Toulouse, octobre 1985, L'Archéologie industrielle en France*, n° 15, pp. 9-20.
- BONHÔTE J., 1998. *Forges et Forêts dans les Pyrénées ariégeoises. Pour une histoire de l'environnement*, Aspet, Pyrègraph, 337 p.
- BONHÔTE J., FRUHAUF C., 1990. La métallurgie au bois et les espaces forestiers dans les Pyrénées de l'Aude et de l'Ariège. In *Forges et Forêts. Recherches sur la consommation proto-industrielle de bois*, D.Woronoff (dir.), Paris, Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, pp. 151-212.
- BOSCH J.-M., CANTELAUBE J., CODINA O., 2005. The « recuit: the technological evolution and the adaptation of the french and catalan iron markets in the XVII-XIX centuries. In *Paleosiderurgia y recuperacion de Patrimonio industrial. Hierro, Historia y Patrimonio*, San Sebastian, INASMET, pp. 223-234.
- CANTELAUBE J., 1992. Évolution technique et charbonnage des forêts. L'exemple des forges à la catalane dans les Pyrénées. In *Protoindustries et histoire des forêts, Toulouse, Les Cahiers de l'Isard*, n° 3, pp. 73-83.
- CANTELAUBE J., 1995. La société pyrénéenne, la forge à la catalane et le haut-fourneau (XVII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècle). In *The Importance of Ironmaking. Technical Innovation and Social Change, Norberg Conference on may 8-13, 1995*, edited by G. Magnusson, Stockholm, Jernkontorets, t. 1, pp. 194-202.
- CANTELAUBE J., 1995 bis. Politique d'autorisation d'usines et évolution de la métallurgie ariégeoise aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles. In *Pays pyrénéens et Pouvoirs centraux (XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> s.)*, Actes du colloque international, Foix, 1-2-3 octobre 1993, M. Brunet, M. Brunet, Cl. Pailhès (dir.), Foix, Association des Amis des Archives de l'Ariège, t. 1, pp. 87-106.
- CANTELAUBE J., 1999. « Le charbon de terre: un combustible de remplacement pour la forge à la catalane (XVIII<sup>e</sup>-début XIX<sup>e</sup> siècles)? In *Le charbon de terre en Europe occidentale avant l'usage industriel du coke*, P. Benoit et C. Verna (dir.), Liège, Turnhout, pp. 177-185.
- CANTELAUBE J., 2002. De la forge à bras à la forge à la catalane: évolution du bas fourneau de réduction directe du minerai de fer dans les Pyrénées ariégeoises. In *L'obtencio del ferro pel procediment directe entre els segles IV i XIX*, Actes del 6<sup>e</sup> curs d'Arqueologia d'Andorra 2000, Patrimoni Cultural d'Andorra, Àrea de Recerca Historica, pp. 9-34.
- CANTELAUBE J., 2005. *La forge à la catalane dans les Pyrénées ariégeoises, une industrie à la montagne (XVII<sup>e</sup> - XIX<sup>e</sup> siècle)*, Toulouse, Méridiennes Histoire & Techniques 1, 814 p.
- CANTELAUBE J., 2005 bis. Minerai de fer, charbon de bois et métal: diversité et complexité des échanges de la sidérurgie ariégeoise dans les Pyrénées (XVII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècle). In *Circulation des marchandises et réseaux commerciaux dans les Pyrénées (XIII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles)*, 7<sup>e</sup> Curs d'Historia d'Andorra, col-loqui d'Andorra, J.-M. Minovez & P. Poujade

(dir.), Toulouse, volume 2, pp. 567-580.

CANTELAUBE J., 2006. Les forgeurs à la catalane : un savoir-faire entre sensation et pratique. Tentative d'archéologie des gestes techniques. In *Savoirs et savoir-faire industriels en Méditerranée Occidentale XVI<sup>e</sup> - XX<sup>e</sup> siècle, Colloque International, 30 juin - 1<sup>er</sup> et 2 juillet 2000, Musée de la Corse, Corte, Museu di a Corsica, Corte*, pp. 212-221.

CANTELAUBE J., 2007. Des Ariégeois dans les forges à la catalane de France, d'Andorre et d'Espagne. Une culture technique au service de l'industrie rurale (XVII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles). In *L'industrie en Midi-Pyrénées de la préhistoire à nos jours*, Albi, Fédération historique de Midi-Pyrénées, pp. 131-149.

CANTELAUBE J., VERNA C., 2005. Le souffle de la forge. Soufflets et trompes dans les Pyrénées (XIII<sup>e</sup> - XIX<sup>e</sup> siècle). In *Du moulin à l'usine. Implantations industrielles, du X<sup>e</sup> au XX<sup>e</sup> siècle*, S. Caucanas, R. Cazals, Toulouse, Privat, pp. 61-75.

CODINA O., 2005. *De laine et de fer. Les vallées andorranes du XVI<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle*, Perpignan, Presses Universitaires de Perpignan, coll. Études, 540 p.

EMPTOZ G., 2006. Dynamique de l'innovation et brevets d'invention. Quelques exemples. In *Les archives de l'innovation Écrits, objets et images de l'activité inventive*, M.-S. Corcy, C. Douyère-Demeulenaere, L. Hilaire-Perez (dir.), Toulouse, Méridiennes, Histoire & Techniques 2, pp. 471-483.

FRANÇOIS J., 1843. *Recherches sur les gisements et le traitement direct des minerais de fer dans les Pyrénées et en particulier en Ariège suivies de considérations historiques, économiques et pratiques sur le travail du fer et de l'acier dans les Pyrénées*, Paris, Carilian-Goeury et V<sup>o</sup>e Dalmont, 404 p. et un atlas.

FRUHAUF C., 1980. *Forêt et Société. De la forêt paysanne à la forêt capitaliste en pays de Sault sous l'ancien régime (vers 1670-1791)*, Toulouse, Editions du C.N.R.S, 301 p.

GARÇON A.-F., 1997. L'innovation au regard du complexe technique minéro-métallurgique armoricain. In *Mines, Carrières et Sociétés dans l'Histoire de l'Ouest de la France*, J.-L. Marais (dir.), *Annales Bretagne et Pays de l'Ouest*, tome 104, n<sup>o</sup> 3, pp. 23-37.

MARROT, 1835. Mémoire sur le traitement des minerais de fer dans les forges catalanes du département de l'Ariège. *Annales des Mines*, tome VIII, pp. 461-502, planches.

MAS C., 2000. *Historia de la Farga catalana. El cas de la vall Ferrera, al Pallars Sobirà (1750-1850)*, Lleida, Pagès editors, 393 p.

WORONOFF D., 1984. *L'industrie sidérurgique en France pendant la Révolution et l'Empire*, Paris, Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, 592 p.

WORONOFF D., 1994. *Histoire de l'industrie en France. Du XVI<sup>e</sup> siècle à nos jours*, Paris, Seuil, L'Univers Historique, 664 p.

WORONOFF D., 1998. Le quotidien des techniques : de la répétition aux aménagements. In *Les Entreprises et leurs Réseaux : Hommes, Capitaux et Pouvoirs, XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles, Mélanges en l'honneur de François Caron*, M. Merger, D. Barjot (dir.), Paris, Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, pp 785-791.