

NOTES SUR LA PRODUCTION DU FER ET LA FABRICATION DES ARMES EN FRANCE AU MOYEN-AGE

par
J. F. Finó

«L'armement ayant, à toutes les époques et sous tous les cieux, fait l'objet de soins particulier, l'on est certain, en étudiant les armes, d'avoir affaire aux meilleures des connaissances du temps en matière de métallurgie du fer.»

(Ed. SALIN, *La civilisation mérovingienne*.)

LA fabrication des armes, comme toute autre activité de l'homme, est le fruit de son intelligence placée face à des circonstances données. Ses résultats sont conditionnés par les ressources et par les moyens que lui fournissent le milieu environnant. Autrement dit, l'évolution de l'armement ne doit pas être uniquement considérée en fonction des facteurs militaires mais aussi de ceux d'ordre économique et technologique (1).

Au cours de ces cinquante ou soixante dernières années, des travaux fort importants ont été réalisés en ce qui concerne l'histoire économique médiévale. Bien des dépouillements d'archives restent encore à faire mais, dans l'ensemble, les résultats acquis sont assez satisfaisants.

Par contre, l'histoire de la technologie est une entreprise aussi récente que complexe. Les artisans du moyen-âge ont parfois remis en usage des procédés déjà connus des Romains ou d'autres peuples et qui avaient été oubliés dans le chaos des invasions. Parfois on semble être en présence soit d'une importation venue d'Orient ou d'Asie, soit d'une véritable invention locale, soit enfin d'une combinaison de ces deux sources. En outre, il ne faut pas négliger la possibilité que les mêmes inventions, décalées ou non dans le temps, se produisent dans différentes régions, indépendamment les unes des autres.

Il est très délicat, peut être même impossible dans l'état actuel des

(1) Nous désirons exprimer toute notre reconnaissance à Mme. A. Bruhn Hoffmeyer, co-Directeur de Gladius, qui nous a encouragés à publier ces notes, ainsi qu'à MM. G. Duboscq, Inspecteur-général des archives de France, Bertrand Gille, Professeur à la Faculté des Lettres de Clermont-Ferrand, M. Gobillot, Conservateur du Musée de Chartres, J. Hubert, Professeur à l'Ecole nationale des Chartes, Carlo Panseri, Président du Centro por la Storia della Metallurgia, et J. Vaquet, Archiviste départemental d'Eure-et-Loir. Tous nous ont fait parvenir de précieux renseignements, et, au besoin, ont orienté utilement nos recherches.

recherches de déterminer la part exacte de chacune de ces circonstances. Bien des travaux préliminaires restent à faire, par exemple, un recueil des représentations figurées des outils, des machines et des différents engins utilisés pendant le moyen-âge. Un catalogue des rares objets de ce genre conservés dans les musées, commenté en faisant appel aux moyens d'analyse modernes qui permettent d'en comprendre la structure ou la fabrication. Une connaissance plus ample des formulaires de praticiens, car s'il est vrai que la formation professionnelle médiévale est surtout de caractère pratique, procédés et tours de main étant transmis oralement de maître à élève, il n'en reste pas moins vrai qu'il a existé toute une littérature technique de caractère privé, carnets de notes, recueils de recettes, etc., que certains artisans possédaient, utilisaient et au besoin complétaient de leur expérience personnelle. Certains de ces formulaires—les *Compositiones ad ligenda* (VIIIème siècle), la *Mappae clavicula* (Xème), la *Diversarum artium schedula*, du moine Théophile (XIIème), le *Liber ignium* de Marchus Graechus (fin XIIème, début XIIIème), etc.—ont été publiés, parfois à plusieurs reprises. Mais beaucoup d'autres demeurent inédits ou bien, imprimés au début du XVIème siècle, ils sont devenus pratiquement introuvables et des éditions modernes, commentées au point de vue de notre technologie, seraient indispensables. Il faut également réaliser des recherches plus complètes sur le rôle joué par certains établissements religieux, ceux de l'ordre de Cîteaux en particulier, créateurs de vastes exploitations et de véritables «établissements industriels», tels ceux de Fontenay (Bourgogne), de Royaumont (Ile-de-France), ou de Clairvaux (Champagne). Divers procédés ayant pu être transmis par des artisans ou par des ouvriers déplacés au cours des guerres et d'évènements semblables, il faudrait être mieux informé sur ces voyages et sur ces migrations. Des vocabulaires techniques bien dressés peuvent aussi apporter des renseignements précieux, sans oublier toutefois que «l'histoire du vocabulaire technique, fort importante en soi, ne doit cependant pas nous faire illusion et il est douteux qu'elle puisse résoudre tous les problèmes, même ceux des voyages de certaines techniques. Un emprunt sémantique ne cache pas nécessairement un emprunt technique et les déformations sont nombreuses et fréquentes» (2). Enfin, le développement technologique n'ayant pas eu lieu partout au même rythme, il est nécessaire de pousser plus à fond les études et les recherches locales.

Les quelques notes qui suivent n'ont d'autre but que d'attirer l'attention des amateurs d'armes sur certains aspects pouvant particulièrement les intéresser.

(2) GILLE, B.: *Le moyen âge en occident, Vème siècle-1350*, p. 428.

Le fer et la métallurgie

Bien que les métaux non ferreux aient été parfois utilisés au moyen-âge pour la confection des armes—au Musée de l'Armée de Paris l'on peut voir un casque de chevalier, trouvé près d'Abbeville, qui paraît dater de la fin du XI^{ème} siècle, début du XII^{ème} et qui est fait de cuivre rouge battu—le fer a été le matériau par excellence des armes et il ne sera question que de celui-ci dans notre exposé.

Le fer se trouve parfois à l'état natif—fer météorique en particulier—mais plus généralement il est extrait de minerais, surtout des carbonates et des oxydes de fer qui abondent en Gaule et en Europe Centrale

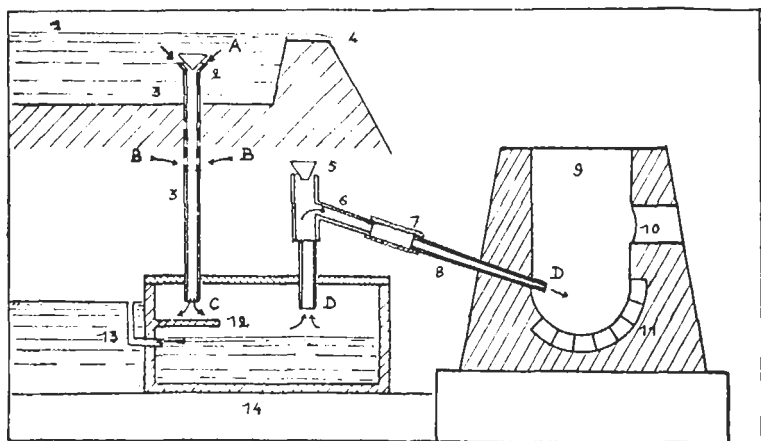


Fig. 1. Schéma de four catalan gallo romain, avec soufflerie par trompe à eau. (D'après Salin, Ed. et France-Lanord, A.: «Le fer à l'époque mérovingienne», p. 60.) 1: Paichère. 2: Etranguillon. 3: Arbre. 4: Déversoir. 5: Sentinelle. 6: Bourrée. 7: Canon. 8: Canon de bourrée. 10: Trou à chiot. 11: Creuset garni de barres de fer. 12: Brise colonne dit «tablier». 13: Trop plein. 14: Réservoir. A: Entrée de l'eau. B: Entrée de l'air. C: Mélange d'air et d'eau. D: Air.

ou Occidentale. L'exploitation des *minières*, gisements à ciel ouvert, n'offre pas de difficultés particulières. Par contre celle de mines en profondeur peut poser de sérieux problèmes: percement et étayage des puits et des galeries, ventilation, évacuation des eaux, etc. Le travail lui-même y est fort pénible et pendant toute l'antiquité, il a constitué un véritable châtiment.

Après l'extraction, le minerai est traité au charbon de bois, par le procédé dit *catalan*. Les fourneaux primitifs sont de simples trous creusés dans le sol, que l'on emplit de couches superposées de minerai et de charbon. Pour activer la combustion, on insuffle de l'air. Lorsque le fourneau est à flanc de coteau, des conduits peuvent être ouverts face à la direction du vent dominant afin de procurer un soufflage naturel. Toutefois, la température obtenue reste insuffisante pour produire la fusion du fer et celui-ci se présente alors sous la forme d'une masse spongieuse que l'on doit longtemps cingler à chaud sur l'enclume afin d'en chasser les scories. Le fer proprement dit, ou *fer doux*, est très tenace et se soude facilement par juxtaposition et martèlement à chaud, mais il est dépourvu de la roideur requise pour fabriquer des armes et des outils. Il doit donc être transformé en *acier*, en lui incorporant du carbone. Selon la teneur de ce dernier, les aciers sont plus ou moins durs, leur fragilité et les difficultés de forgeage augmentant d'autant. D'une façon générale, les aciers sont actuellement classés en :

Acier extra-doux	de 0,05 à 0,15 %	de carbone	
» doux	de 0,15 à 0,25 %	»	
» demi-doux	de 0,25 à 0,40 %	»	
» demi-dur	de 0,40 à 0,60 %	»	
» dur	de 0,70 à 0,80 %	»	
» extra-dur	de 0,80 à 1 %	»	(3)

Les difficultés de soudure, etc., déjà signalées sont la cause que les aciers anciens ne dépassent jamais 0,50 % en carbone.

Aujourd'hui l'acier est produit directement à partir du minerai mais jusqu'aux temps modernes (et sauf dans le cas de l'acier wootz), il le fut à partir du fer auquel du carbone était incorporé lors du forgeage. En effet, lorsque le fer est chauffé dans un feu au charbon de bois, une carburation ou cémentation superficielle se produit. L'intensité de celle-ci dépend de la température, de la durée et du nombre de chauffes, etc. L'aspect chimique de la question étant demeuré inconnu des anciens artisans, ces derniers ne peuvent que se guider par des tours de main et des procédés empiriques jalousement transmis de maître à élève. D'où le caractère mystérieux de ces métiers et les différences parfois très sensibles pouvant exister entre divers objets, exécutés par les mêmes mains, en partant des mêmes minerais, traités de façons identiques.

(3) SALIN, Ed. et FRANCE-LANORD, A.: *Le fer à l'époque mérovingienne*, p. 69-70.

En ce qui concerne la fabrication des armes proprement dites, deux techniques fondamentalement différentes peuvent être employées: celle du métal feuilleté et celle du damas oriental ou acier wootz.

La première, déjà connue des Étrusques (4), se fonde sur la juxtaposition et la soudure à chaud de lamelles de fer doux à d'autres lamelles d'acier peu carburé. La pièce est longuement corroyée et lorsqu'il s'agit de fabriquer des épées, on la replie longitudinalement plusieurs fois sur elle-même, afin d'augmenter le nombre de strates. Le produit final réunit les qualités des deux éléments constitutifs: la ténacité du fer et la dureté de l'acier.

La seconde méthode, fabrication du *damas oriental* ou *acier wootz*, paraît être une invention hindoue, remontant aux débuts de notre Ère. Répandue ensuite chez les peuples voisins, les Perses en particulier, elle tire peut-être son nom de la ville syrienne de Damas où se faisait un grand commerce de ces lames. Le procédé est le suivant: le minerai ou le fer, mêlé à du charbon de bois, est introduit dans un creuset que l'on ferme hermétiquement. Après de longues chauffes, suivies de lents refroidissements, on obtient un petit lingot en forme de miche, d'acier très carburé où sont noyées des particules de cémentite, carbure de fer extrêmement dur. Dans ce lingot on découpe à chaud une sorte de spirale qui, forgée à petits coups, par des chauffes successives, devient une lame sillonnée de globules de cémentite (5). Ces lames sont d'une très haute qualité. Nerveuses et solides, leur tranchant est finement dentelé par les grains de cémentite, ce qui les rend capables de trancher même le fer. L'action est d'autant plus efficace qu'elle a lieu par glissement, à la façon d'une scie et ceci explique la forme courbe, caractéristique des armes orientales.

La métallurgie romaine

Les Romains ne semblent pas avoir été de grands inventeurs dans le domaine technologique mais ils s'avèrent être de remarquables utilisateurs. Au cours de leur expansion, ils soumettent la presque totalité des peuples de l'antiquité classique: Étrusques, Grecs, Celtes, Égyptiens, Ibères, Mésopotamiens. Assimilant les techniques acquises par chacun d'eux, disposant de vastes ressources naturelles et de la main d'oeuvre

(4) PANSERI, C., et al.: *Ricerche metallografiche sopra alcune lame etrusche di acciaio*.

Id. Id.: *La tecnologia del ferro presso gli Etruschi*.

(5) Les principaux textes concernant cette fabrication ont été signalés par C. PANSERI: *L'acciaio di Damasco nella leggenda e nella realtà*.

des captifs, ils bâtissent et fabriquent à une échelle vraiment «industrielle».

Pour subvenir aux besoins de l'Empire, des ateliers métallurgiques sont installés dans diverses régions, en particulier dans le Norique, entre le Danube et les Alpes de Carinthie, où des gisements de fer riches en manganèse, fournissent un minerai de choix. Des fourneaux



Fig. 2. Forgeron romain. Musée di Ostia Antica (Rome).

de capacité assez considérable, dont le soufflage est assuré par une trompe à eau, sont ainsi installés. Le métal peut être *nitruré*, par son traitement en présence de matières organiques azotées. On connaît la *trempe* (chauffe au rouge cerise et refroidissement rapide) pour durcir l'acier, le *revenu* (chauffe au rouge violet et lent refroidissement) pour

en faire disparaître la fragilité, le durcissement du fer par *l'écroissage* (martelage à froid), le développement de la fibre par le travail de forge, etc. Les Celtes, qui utilisent le fer dès l'époque protohistorique, font de rapides progrès au contact des Romains et deviennent bientôt

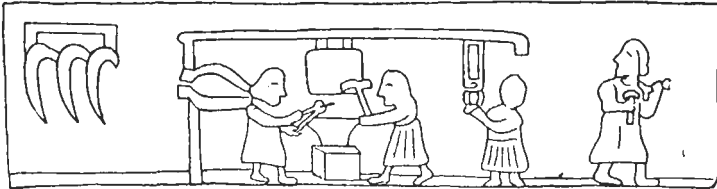


Fig. 3. Une forge au IVème siècle. Sarcophage de Saint-Aignan (Aveyron). (D'après Duval, P. M.: «L'apport technique des Romains», p. 245.)

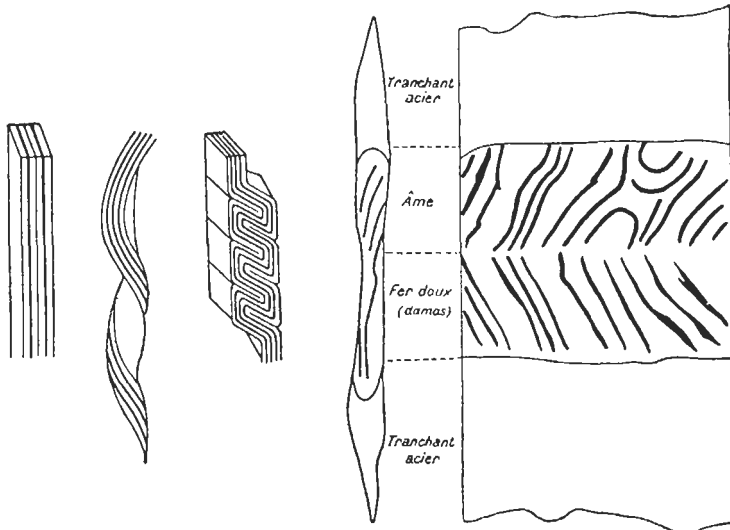


Fig. 4. Fabrication du damas. Aspect et section schématique de l'épée longue. (D'après Salin, Ed.: «La civilisation mérovingienne», vol. III, p. 61 et 65.)

des métallurgistes remarquables, dont un certain nombre paraissent avoir travaillé dans les ateliers du Norique. La juxtaposition de lamelles de fer doux à d'autres d'acier peu carburé, est le procédé utilisé habituellement pour fabriquer les armes, mais dans les derniers siècles

de l'Empire, on met au point un nouveau procédé qui aboutit à la fabrication de la longue *épée damassée* (6). Ici la partie centrale, ou *âme*, est formée de lamelles de différentes nuances qui, une fois soudées entre elles, sont repliées en torsade ou en boudin, avant d'être corroyées. Deux tranchants d'acier sont rapportés de part et d'autre, puis la lame est finie à la pierre, laissant voir tout le long de sa partie médiane une série de marbrures similaires au damas, d'où le nom de *damas de corroyage* qui lui a été donné par Salin. Cette arme, élastique, tenace, résistante et précieuse pour la cavalerie, est adoptée par les Barbares au moment des invasions. On la retrouve en Europe Centrale, en Gaule et en Scandinavie. Les tourbières danoises ont livré quantité d'armes dont quelques unes paraissent être de fabrication locale tandis que d'autres seraient importées; parmi ces dernières il y a des épées du modèle romain usuel mais aussi des lames damassées. Parfois elles portent le nom du fabricant, Riccim ou Riccius (?), Cocillus, Marcius, noms celtiques romanisés, accompagnés des mots «fecit» ou «de manu».

Quant à l'outillage proprement dit—marteaux, pinces, enclumes—il connaîtra peu de variantes de l'antiquité jusqu'à nos jours. Le sarcophage de Saint Aignan (Aveyron) datant du IV^{ème} siècle, et la stèle funéraire d'Ostie, présentent déjà à peu près complet.

Le haut moyen-âge

La période qui s'étend de la fin de l'Empire romain jusqu'au début du XI^{ème} siècle, marque un recul technologique et surtout une forte diminution du volume de la production.

Ceci est particulièrement sensible en ce qui concerne la métallurgie. De nombreuses mines de fer sont abandonnées et on n'exploite que quelques poches alluviales ou quelques gisements à fleur de terre, qui n'exigent pas de travaux spéciaux. Les installations sont fort réduites. Près de Merishaufen (canton de Schaffouse, Suisse) on a retrouvé un fourneau mérovingien paraissant dater de la seconde moitié du VII^{ème} siècle (7). C'est une sorte de dôme, de 0,40 m. de diamètre par 0,45 m. de profondeur, chapé de morceaux de calcaire et revêtu extérieurement de déblais. A l'époque carolingienne on s'efforce d'augmenter la capacité de telles installations. Le diamètre ne peut être accru, l'air ne parviendrait que difficilement au centre; on augmente donc la hauteur

(6) SALIN, Ed. et FRANCE-LANORD: *Le fer à l'époque mérovingienne*; SALIN Ed.: *La civilisation mérovingienne d'après les sépultures, les textes et le laboratoire*, vol. III.

(7) GUYAN, W. U.: *Das alemanische Grüberfeld von Merishaufen*.

et l'on élève de petits édicules d'environ 2 m., le creuset étant toujours enfoncé dans le sol. Ces fourneaux sont généralement bâtis en entourant d'argile un noyau de bois qui, après enlèvement, formera le vide intérieur. Des pierres et un amoncellement de terre entourent l'édicule et des orifices sont ménagés pour la soufflerie, l'évacuation du laitier, etc. Le cinglage continue à être réalisé avec des marteaux à main et le rendement de ces installations est très faible: 14 tonnes de charbon de bois sont nécessaires pour traiter une tonne de métal, dont il reste beaucoup dans les scories, un minerai à 72 % ne laisse que 15 % de fer

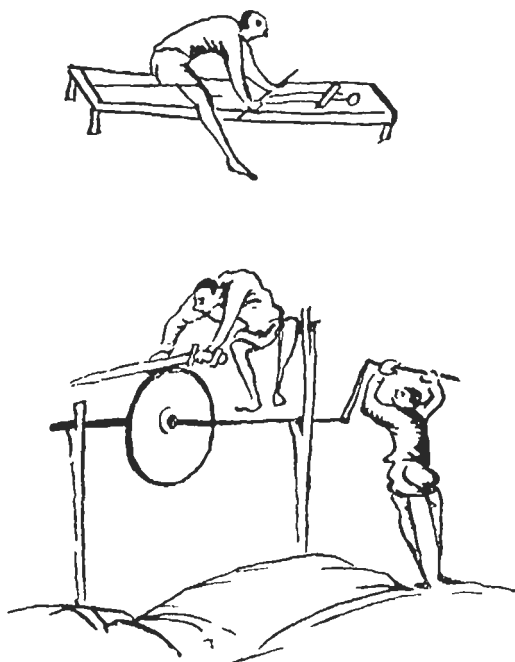


Fig. 5. Polissage et meulage de l'épée longue. Psautier d'Utrecht (IX^{ème} siècle).

utilisable. D'où la rareté et la valeur de ce matériau. D'autre part, des installations aussi sommaires sont faciles à déplacer, au fur et à mesure que s'épuisent les gisements ou que les ressources forestières nécessaires à la fabrication du charbon diminuent. Les forges «itinérantes» seront donc caractéristiques de cette époque.

L'épée mérovingienne et carolingienne est une arme de taille: longue et large lame aux tranchants parallèles, à pointe arrondie et au

pois allégé par une canelure sur chaque plat. En appliquant la technique des épées damassées, peut-être diffusée par les forgerons fuyant devant les invasions barbares, on arrive à fabriquer des armes excellentes, dont certaines sont des modèles de luxe vraiment hors pair et d'autres, des modèles «de série». Toutefois le minerai de fer approprié est plutôt rare. En dehors du Norique il est fourni surtout par la région de Siégen et de Solingen (8). La fabrication reste difficile, et les légendes des Edda ou des Nibelungen attribuent à des êtres quasi surnaturels—tels Wleland, le forgeron—la fabrication d'épées célèbres, douées de vertus magiques. Ceci explique la valeur de ces armes dont l'exportation est sévèrement défendue; Charlemagne et Charles le Chauve, comme jadis l'empereur Marcien, la prohibent sous peine de mort. Malgré cela il en existe toujours un certain trafic au profit des peuples

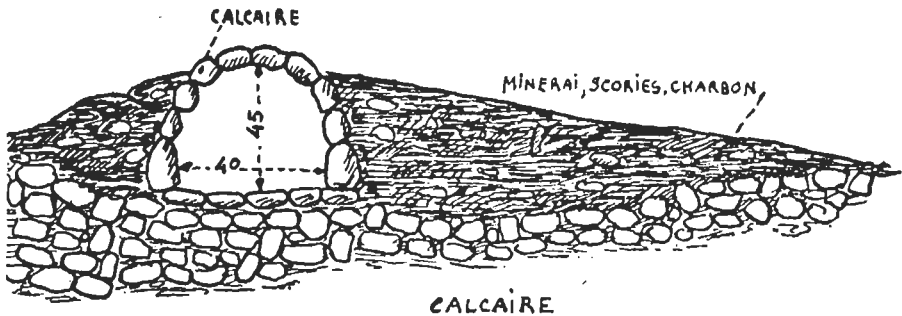


Fig. 6. Schéma du fourneau mérovingien de Merishausen (VIIème siècle). (D'après Guyan, W. U.: «Das alemanische Gräberfeld von Merishausen».)

du Moyen-Orient ou des Vikings qui prisent particulièrement la qualité de ces lames. Au Danemark on a retrouvé des épées marquées de noms tels que Ranvic et Romaric, dont la consonance nettement germanique trahit l'origine. Beaucoup d'épées trouvées en Norvège portent le nom Ulfbert placé entre deux croix; ces signes et la forme des lettres portent à supposer un armurier franc de l'an 800 environ.

La pénurie de fer qui sévira pendant tout le moyen-âge explique pourquoi si peu d'objets antérieurs au XVème siècle sont parvenus jusqu'à nous, en contraste avec l'abondance des trouvailles appartenant

(8) SALIN, Ed.: *La civilisation mérovingienne d'après les sépultures, les textes et le laboratoire*, vol. III, p. 111 et passim.

aux âges de la pierre. C'est qu'en effet, une arme ou un outil en silex, lorsqu'il est brisé ou mal venu, perd toute sa valeur et peut être abandonné. Par contre, lorsque l'objet est en fer, ce matériaux précieux est réutilisable et l'on s'efforce de le récupérer par refonte de la pièce primitive. On trouve ainsi parfois des dagues dont la lame est celle d'une ancienne épée, brisée et réajustée. Le manque de fer est également l'une des causes d'un large usage de cuir pour confectionner les casques, les boucliers et les défenses de corps, dont l'ensemble prend le nom de *cuirie*. Les cottes maclées, rustrées, etc., sont formées d'écaillles d'os, de corne ou de cuir, fixées sur un fort vêtement de cuir. Quant à la cotte treillisée, qui se répand à la fin du IX^{ème} siècle, elle consiste en de minces lanières de cuir entrecroisées et rivées par des clous à large caboche; un rivet similaire étant placé au centre de chacun des carrés ainsi délimités.

L'essor des XI^{ème}-XIII^{ème} siècles

A partir du XI^{ème} siècle, l'Europe semble se réveiller. Il y a une véritable expansion démographique et du XI^{ème} au XII^{ème} siècle la population de la France semble avoir doublé. Une preuve, entre autres, est fournie par la multiplication des Villeneuve, Neufville, Château-neuf, Neuchâtel, Castelnaud, fondés à cette époque. Un tel essor augmente les besoins de fer, nécessaire à une population accrue et fait renaitre la production métallurgique.

L'extraction du minerai s'intensifie. On reprend d'anciens gisements et d'autres, nouveaux, sont mis en exploitation. Cependant on se limite toujours aux filons à fleur de terre ou accessibles par des puits et des galeries médiocres, que l'on abandonne dès que l'eau les envahit. Ce n'est qu'à partir du XII^{ème} siècle que l'on commence à drainer les eaux par des tranchées ou à les évacuer en utilisant des treuils mûs par une roue hydraulique ou par un manège d'animaux.

Le procédé catalan continue à être le seul utilisé pour le traitement du minerai. Les fourneaux ont la forme d'une pyramide ou d'un cône tronqué. A Landerthal, dans la Sarre, on en a trouvé un qui daterait du XI^{ème} siècle. Haut de 1,50 m. foyer compris, large de 0,40 m. à la gueule et de 0,60 m. à la panse, il est «fait d'un limon siliceux dont on recouvre une sorte de corbeille faite de lattes de 2,5 × 0,8 cm. qui ont cuit par la suite, laissant l'empreinte des fibres de bois... Le foyer était revêtu de grès provenant d'édifices romains en ruines. Deux tuyères scorifiées du côté contraire prouvaient ainsi qu'il y avait des trous de soufflets, tantôt à droite, tantôt à gauche du trou à laitier,

ou que l'on actionnait les deux soufflets à la fois» (9). Dans une installation de ce genre, l'opération dure de deux à trois jours, selon les dimensions du fourneau et une coulée ne produit qu'environ 4 à 5 kg. de métal. D'autre part, ces exploitations de très faibles dimensions, n'occupent que 4 ou 5 personnes, plus les charbonniers et les mineurs. Parfois ce sont des paysans partageant leur travail entre les champs et la forge qui chôme au moment des moissons. On peut donc exploiter de très petits gisements, dispersés à travers le royaume, et absolument abandonnés aujourd'hui.

De leur côté, les forgerons semblent avoir éprouvé des difficultés à travailler des pièces aux formes compliquées, les casques en particulier. Ils façonnent alors séparément les diverses parties et les assemblent par des rivets.

L'arme noble par excellence est toujours l'épée qui apparaît entourée d'une certaine mystique et sa fabrication est une oeuvre d'art. Les Chansons de Geste transmettent les noms plus ou moins fabuleux de Galant (10), de Calans, de Munificans, d'Aurisas, etc., qui auraient forgé les armes des preux (11). Il est aussi question d'un forgeron Isaac de Barcelone (12) et cette mention est à relever car le Catalogne possède des gisements de fer dont la teneur en manganèse se rapproche de ceux du Norique, de Siègen et de Solingen.

Les Croisades mettent les Chrétiens en rapports suivis, parfois pacifiques, plus souvent belliqueux, avec les peuples de l'Orient et ce contact a une influence considérable sur l'évolution de l'armement. Celui des Sarrasins est fort efficace. Leurs épées, en acier de damas, tranchent les cuiries des Occidentaux. Leurs défenses de corps sont également excellentes, la cotte de mailles en particulier. Les Gallo-romains et certains Barbares avaient déjà connu la cotte de mailles mais son usage était tombé en désuétude, sans doute à cause de la décadence de la métallurgie. Par contre, non seulement elle subsiste chez les Byzantins et chez les Arabes, mais ces peuples en perfectionnent la fabrication, au point d'obtenir un véritable tissu, aussi souple qu'impénétrable.

Face à ces circonstances, l'armement occidental évolue. La protection du corps est assurée par un ensemble de petits anneaux de métal. Lorsqu'ils sont enfilés à un solide cordonnnet, posés de façon à s'imbriquer les uns les autres, et cousus sur un tissu de fond (cuir ou forte

(9) GILLES, J. W.: *Les fouilles aux emplacements des anciennes forges dans la région de la Sieg, de la Lahn et de la Dill*, p. 59-60.

(10) Galant, de même que Wieland, signifie «forgeron».

(11) *Huon de Bordeaux* (vers 1558 et suivants), *Fiérabras* (vers 638 et suivants), *Raoul de Cambrai*, etc.

(12) *Guillaume d'Orange; la prise d'Orange*, vers 969.

toile), c'est la *broigne*. Lorsqu'ils sont directement entrelacés, sans tissu de fond, c'est la *haubert*. Dans les deux cas, ces objets exigent une quantité considérable de fer. A en juger par quelques spécimens parvenus jusqu'à nous, chaque anneau a environ 0,01 m. de diamètre et 0,002 m. d'épaisseur. Il en faut environ 30.000 pour confectionner un haubert, sans les chausses et cela exige une dizaine de kilos de métal, le double de la coulée d'un fourneau similaire à celui de Landerthal...

Les lames damassées s'avèrent inefficaces contre de telles défenses. Trop fragiles, elles éclatent sans les entamer. On en revient donc à la technique étrusco-romaine: les lamelles qui forment l'âme ne sont plus torsadées mais restent orientées selon l'axe principal de l'épée et on les recouvre d'une lame d'acier qui, à la suite d'un long travail de forge, les entoure complètement, telle une gaine (13). Une épée de ce

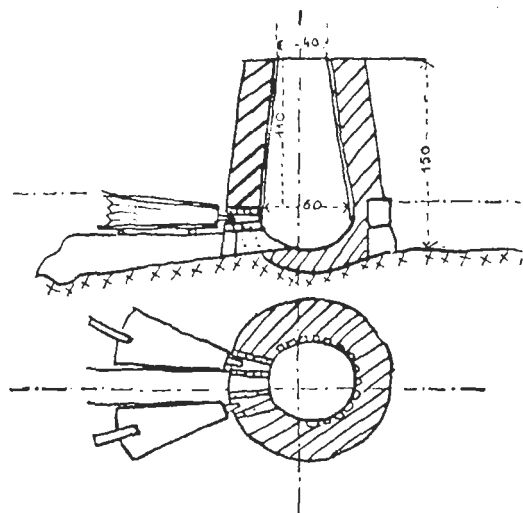


Fig. 7. Schéma du fourneau de Landerthal (XIème siècle). (D'après Gilles, J. W.: «Les fouilles... dans la région de la Sieg, de la Lahn et de la Dill», p. 59.)

genre, longue d'environ 0,80 m. pèse, à peu près, 2 kg. Les tranchants, très durs, sont inattaquables à la lime. Mais bientôt cette arme elle-même est considérée insuffisante et, nouveau retour aux modèles romains, l'épée de taille est remplacée par l'épée d'estoc, plus affilée, à pointe agüe, dont la lame est renforcée par une arête médiane.

(13) PANSERI, C.: *Ricerche metallografiche sopra una spada da guerra del XII° secolo.*

Au fur et à mesure que le nouvel armement se généralise, la métallurgie se développe, et les installations deviennent plus considérables. En particulier, les roues hydrauliques dont l'expansion a lieu à partir du XI^{ème} siècle, permettent de faire fonctionner les lourds marteaux de forge. L'apparition du «moulin à fer» est une question encore controversée. Les documents qui le signaleraient dans la France du XII^{ème} siècle sont fort sujets à caution et d'une interprétation douteuse. Dans l'état actuel des recherches, ce n'est qu'au XIII^{ème} qu'on trouve des références précises. Toutefois, il est possible que cela soit dû aux lacunes de notre documentation. En tout cas, une forge hydraulique paraît avoir fonctionné dans le bâtiment cistercien de Fontenay (fin du XII^{ème} siècle) et les moines de cet ordre paraissent également avoir pris une large part à la diffusion du nouveau mécanisme (14).

Parallèlement, l'importance croissante des installations est une cause que les forges soient moins faciles à déplacer qu'autrefois et cela entraîne une certaine fixation des exploitations.

Fabriquer des armes est devenu une tâche de plus en plus complexe. La clientèle, plus vaste et plus exigeante, habite principalement les villes qui sont en pleine croissance. Les métiers du fer tendent alors vers la spécialisation. D'une part, l'exploitation des minerais et la production du métal, qui se fait *in situ*. De l'autre, la fabrication des armes proprement dite, qui a lieu dans les centres urbains et qui est le fait des corps de métier, des arts ou des guildes, tels ceux des heaumiers, des haubergiers, des fourbisseurs d'épées, des éperonniers, etc. Bientôt, la demande accrue du fil de fer nécessaire pour les anneaux des broignes et des hauberts, fait surgir les tréfileurs.

La Guerre de Cent ans

Malgré les luttes incessantes, tant civiles qu'étrangères, qui désolent la France aux XIV^{ème} et XV^{ème} siècles. Malgré les disettes, les épidémies et les dépressions économiques parfois très sérieuses, les arts industriels et certaines techniques ne cessent de se perfectionner. En ce qui concerne les industries du fer, on a besoin d'une plus grande quantité d'armes pour équiper des troupes devenues relativement nombreuses et cet armement lui-même exige davantage de métal.

Les effectifs des armées médiévales ont toujours été exagérés par les chroniqueurs et une excellente mise au point a été faite par

(14) BAUTIER, A. M.: *Les plus anciennes mentions de moulins hydrauliques industriels et de moulins à vent*, p. 603-606.

GILLE, B.: *Cartulaire de la sidérurgie française*, p. 179.

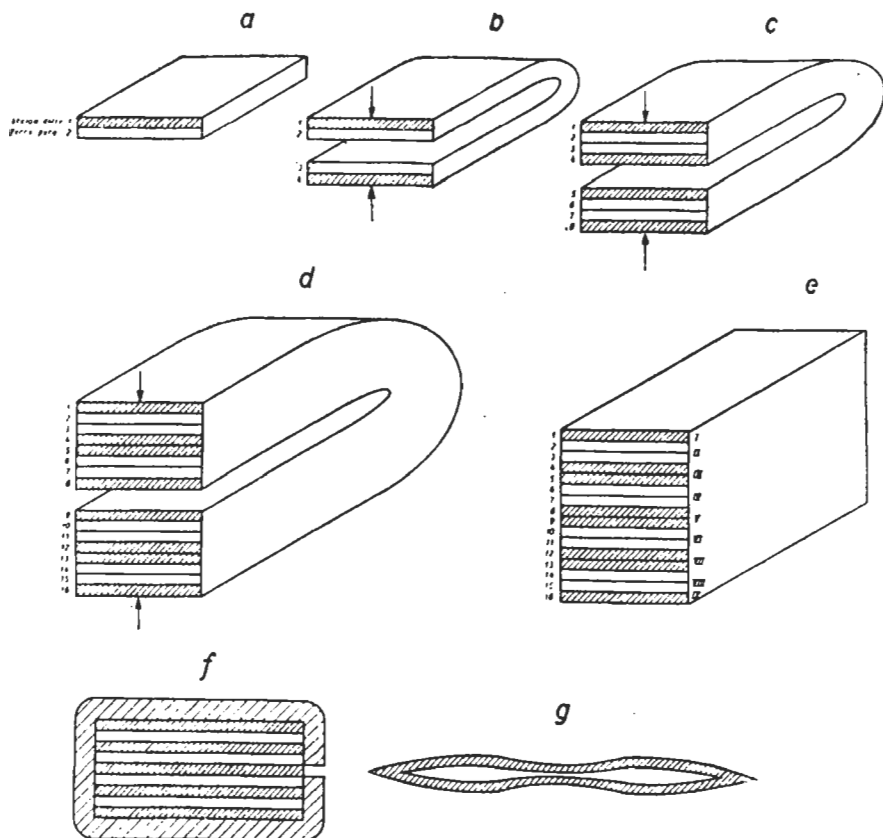


Fig. 8. Fabrication de la lame d'épée au XII^e siècle. (D'après Panseri, C.: «Ricerca metallografica...», p. 28.)

F. Lot (15). Toutefois, en comparant entre-eux les chiffres admis par cet auteur, il résulte qu'aux XIV^e et XV^e siècles, les armées ont été bien plus considérables qu'auparavant. Les Croisades ont représenté, sans doute, de grands efforts militaires. Pourtant, à la bataille d'Antioche les Croisés ne devaient avoir que de 500 à 600 chevaliers, à celle d'Ascalon, 1.300 chevaliers et à celle de Montgisard, 500 chevaliers et 80 Templiers. Par contre, pour la bataille d'Azincourt (1415), les chiffres retenus par F. Lot sont d'environ 8.600 hommes d'armes, tant anglais

(15) Lot, F.: *L'art militaire et les armées au moyen âge*.

que français. Trente ans plus tard, en 1445, Charles VII organise les Compagnies d'ordonnance. Chaque compagnie, et il y en a 15, compte 100 «lances fournies» comprenant: 1 gendarme avec l'armure complète, 2 archers, 1 coustilier, 1 page, montés eux aussi. A cela s'ajoutent 500 lances du Languedoc. Même en admettant 10 % d'approximation dans les chiffres (places non couvertes, désertions, etc.) cela fait un total d'environ 1.800 gendarmes, armés de pied en cap, et plus de 5.400 auxiliaires, assez bien équipés: salade, brigandine, genouillères, cubitières. Les effectifs sont donc augmentés d'une façon sensible par rapport à ceux des siècles précédents.

Quant à la quantité accrue de métal requise pour l'armement de chaque combattant, elle découle des nouvelles défenses de corps qui apparaissent au cours de cette période. En effet, la broigne ou le haubert, largement perfectionnés tout au long du XIIIème siècle, ne sauraient suffire maintenant. Ils ne protègent qu'imparfaitement contre le choc des armes contondantes—masses, marteaux, etc.—dont l'usage se répand de plus en plus. Malgré la maille et malgré le *gambison*, sorte de sous-vêtement matelassé qui la rembourre, un membre peut être rompu. Le choc de la lance que le cavalier serre contre son corps et à laquelle il transmet tout l'élan du cheval, est capable de percer un haubert. L'épée d'estoc, empoignée des deux mains, peut parfois en faire autant. Il faut donc renforcer la protection. Dès les premières années du XIVème siècle, des pièces métalliques ou *plates*, sont placées par-dessus la maille afin de couvrir les points sensibles: épaules, genoux, coudes, devant des jambes, arrière des bras. Ce nouvel équipement exige une quantité considérable de métal. Au Musée de Chartres, on peut voir quelques pièces de l'armure que Philippe-le-Bel portait à la bataille de Mons en Pevelé (1304). La défense de tête—bassinet à viare complété d'un camail qui, retombant sur la poitrine, double à cet endroit la protection de la cotte—pèse 4.520 kg. Au même Musée se trouve aussi une partie de l'armure portée par Charles de Valois (le futur Charles IV) qui assista tout jeune à la bataille. Malgré les dimensions réduites d'un harnois fait pour un enfant d'une douzaine d'années, chaque ensemble cuissard-genouillère-jambière, pèse plus d'un kilo.

Au XVème siècle, on adopte la panoplie complète ou *armure de plain*, formée de pièces métalliques s'emboitant et s'articulant telle la carapace de certains crustacés. Le poids d'une de ces armures oscille entre 25 et 30 kg. Le cheval étant cuirassé lui aussi, l'ensemble formé par l'armure de l'homme et celle de la bête, requiert de 70 à 80 kilos de fer.

Enfin, l'artillerie à feu fait bientôt son apparition et, elle aussi, est grande consommatrice de métal. Dans le deuxième quart du XVème

siècle, les boulets de pierre sont remplacés par ceux de métal et on en trouve couramment qui surpassent les 100 kg. chacun. Quant aux canons, ils peuvent être fort lourds. Les pièces géantes qui nous sont parvenues, telles celles de Gand, de Bâle et d'Edinburg, sont remarquables à ce point de vue. En outre, les comptes et les inventaires nous apprennent que les parcs d'artillerie du roi de France ou du duc de Bourgogne étaient abondamment pourvus de *bombardes* ou *grands canons* pesant jusqu'à 15.000 kg. chacun, de *veuglaires* de 160 à 5.000 kg. et de *crapodeaux* ou *coulevres* de 6 à 25 kg.

Tout ceci explique l'essor de l'industrie métallurgique. Le procédé catalan, ne saurait plus suffire à satisfaire de tels besoins. On voit alors apparaître un autre procédé, permettant d'obtenir de la *fonte* (fer hautement carburé, de 2,5 à 5 %), très dure mais peu malléable, directement en partant du minerai; lorsque, plus tard, on apprend à raffiner cette fonte et à la transformer en acier en la soumettant à la fusion et à l'action de lourds marteaux mûs par la force hydraulique, on a le procédé dit «en deux temps» utilisé jusqu'à nos jours. L'origine de l'invention paraît être l'Europe Centrale. A la fin du XIV^{ème} siècle, début du XV^{ème}, on aurait appliqué ce procédé dans le pays de Liège; plus tard en Normandie, en Champagne et en Nivernais. Pour obtenir la température élevée que requiert la transformation du minerai en



Fig. 9. Une forge vers 1270.

fonte, on élève de véritables hauts-fourneaux, bâtis en maçonnerie recouverte extérieurement de terre, qui atteignent 4 ou 5 m. de hauteur. Une pente douce permet aux hommes ou aux charrettes d'arriver jusqu'au gueuloir. Les couches minerai-charbon sont entremêlées de calcaire qui sert de fondant et facilite l'opération. Les souffleries devien-

nent très puissantes et dès 1311, au pays de Siegen, elles apparaissent mus par des roues à aubes. Des rigoles, préparées dans du sable et placées à la base de fourneau reçoivent la fonte qui sert à fabriquer canons et boulets. Le rendement est relativement considérable: au début du XVème siècle, il est de l'ordre de 1.200 kg. de fonte par jour et par fourneau; au XVIIIème siècle, il sera de 2.000 à 2.500 kg.

Mais cet essor de la métallurgie fait surgir de nouvelles impositions. Question d'énergie d'abord: les soufflets et les marteaux sont de gros et couteux engins, qui exigent une force considérable pour être mis en mouvement, d'où la nécessité de se situer près d'une rivière abondante, de mieux utiliser la force du courant, d'invertir des frais d'installation et de concentrer les établissements. Ensuite et surtout, question de combustible «la production de 50 kg. de fer absorbe, sous forme de charbon de bois, environ 35 stères de forêt. Un fourneau répétant cette opération tous les jours dans un pays forestier fournissant 100 stères à l'hectare, en 40 jours toutes les ressources de bois sont épuisées à un kilomètre à la ronde. Les plaintes de multiplient contre ces fourneaux "abîmes de forêts", "gouffres de bois". La métallurgie ne pourra se développer vraiment que par l'utilisation massive du charbon de terre» (16). Celle-ci pose, à son tour, d'autres problèmes. L'usage des combustibles minéraux est relativement ancien. En Angleterre, une charte de 852 porte que les moines de Medhamstead perçoivent une redevance en tourbe et en houille. Les grands défrichements des XIème et XIIème siècles, en réduisant les réserves forestières ont peut-être été cause de la généralisation de l'emploi de la houille. Aux XIVème, XVème siècle, cela devient urgent. Toutefois certains de ces combustibles minéraux étant riches en phosphore ou en soufre, ils rendent le fer cassant. En 1306, le viguier d'Arles interdit l'emploi du charbon de terre dans les feux de forge (17) et on pourrait retrouver ailleurs nombre d'interdictions semblables. Le choix du combustible minéral adéquat pose ainsi un ensemble de questions fort complexes, qui ne seront résolues que lentement et la lutte contre le charbon de terre persiste encore au milieu du XVIIIème siècle.

Les pages qui précèdent auraient lieu d'être complétées par l'étude d'un certain nombre d'ateliers d'armuriers qui parfois se concentrent dans des villes ou dans des régions «industrielles». Leur production, semi-élaborée ou totalement achevée, est parfois exportée fort loin

(16) WOLFF, PH. et MAURO, F.: *L'âge de l'artisanat, Vème-XVIIIème siècle*, p. 174.

(17) GILLE, B.: *Le moyen âge en Occident, Vème siècle-1350*, p. 506.

et peut suppléer certaines défaillances régionales. Il y aurait également lieu de s'occuper de tout ce qui concerne la décoration des armes, des casques, des armures et des boucliers: application d'or, d'argent ou d'émaux, ciselure, incrustations de pierreries ou de verres de couleurs. L'examen des procédés utilisés par les artisans pour travailler ou pour falsifier les matériaux précieux, pourrait fournir nombre de conclusions intéressantes. Le champ qui s'ouvre à l'activité des chercheurs est donc aussi vaste que fertile en promesses d'abondantes moissons.

ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE

- BRUHN HOFFMEYER, A.: *Le spade danesi dall'Eta del ferro fino al Medio Evo* (in *La tecnica di fabbricazione delle lame di acciaio presso gli antichi*, Symposium a cura di C. Panseri. Milano. Centro per la Storia della metallurgia, 1957, Quaderno II, pp. 67-80).
- BAUTIER, A. M.: *Les plus anciennes mentions de moulins hydrauliques industriels et de moulins à vent* (in *Bulletin philologique et historique*, 1960, p. 567-626).
- BAUTIER, R. H.: *Notes sur le commerce du fer en Europe occidentale du XII. au XVI, siècle* (in *Revue d'histoire de la sidérurgie*, vol. I, 1960, p. 7-35 et vol. IV, 1963, p. 35-61).
- COLLOQUE INTERNATIONAL: LE FER À TRAVERS LES ÂGES. Actes. Nancy, Soc. d'impressions typographiques, 1956, 592 p. (*Annales de l'Est*, publiés par la Faculté des Lettres de l'Université de Nancy, Mémoire N.º 16).
- COLLOQUE INTERNATIONAL: LE FER À TRAVERS LES ÂGES. *Catalogue de l'Exposition* Nancy, Palais Ducal, 1955, 38 p.
- DUVAL, P. M.: *L'apport technique des Romains* (in *Histoire générale des techniques*, Paris, Presses Universitaires de France, 1962, vol. I, pp. 218-254).
- FORBES, R. J.: *Metallurgy in antiquity*, Leiden, Brill, 1950.
- GILLE, B.: *Le moyen âge en Occident, Vème siècle -1350* (in *Histoire générale des techniques*. Paris, Presses Universitaires de France, 1962, vol. I, pp. 427-598).
- GILLE, B.: *Cartulaire de la sidérurgie française* (in *Revue d'histoire de la sidérurgie*, vol. III, 1962, p. 241-252 et vol. IV, 1963, p. 27-34, 119-125, et 179-182).
- GILLE, B.: *Les origines de la grande industrie métallurgique en France*. Paris, Domat Montchrétien, 1947, XXXI, 212 p.
- GILLE, B.: *Le moulin à eau, une révolution technique médiévale* (in *Techniques et civilisations*, vol. III, Paris, 1954, pp. 1-15).
- GILLES, J. W.: *Les fouilles aux emplacements des anciennes forges dans la région de la Sieg, de la Lahn et de la Dill* (in Colloque international: le Fer à travers les âges, Actes, Nancy, 1956, pp. 57-81).
- GUYAN, W. U.: *Das alemanische Grüberfeld von Merishaufen* (in *Badische Fundberichte*, 1938, p. 82-84).
- A History of technology*, p. Ch. Singer, E. J. Holmyard, A. R. Hall, T. I. Trevor, Oxford, Clarendon Press, 1954-1958, 5 vols.
- LOT, F.: *L'art militaire et les armées au moyen âge en Europe et dans le Proche Orient*, Paris, Payot, 1947, 2 vols. (Bibliothèque historique).

- PANSERI, C.: *L'acciaio di Damasco nella leggenda e nella realtà* (in *Armi Antiche*, bulletino dell'Accademia di S. Marignano, Torino, 1962, pp. 3-52).
- PANSERI, C.: *Ricerche metallografiche sopra una spada da guerra del XII° secolo, Milano*, Centro per la Storia della metallurgia, 1954, 33 p. (Quaderno I).
- PANSERI, C., CARINO, C., LEZNI, M.: *Ricerche metallografiche sopra alcune lame etrusche di acciaio* (in *La tecnica di fabbricazione delle lame di acciaio presso gli antichi*, symposium... Milano, Centro per la storia della metallurgia, 1957, Quaderno II, pp. 7-40).
- PANSERI, C., LEONI, M.: *Esame metallografico di alcune lame di spade galliche de II° secolo A. C.* (in VIII Convegno Nazionale Associazione italiana di metallurgia, Torino, 1958, 3 p.).
- PANSERI, C., LEONI, C.: *La tecnologia del ferro presso gli Etruschi* (in *Studi Etruschi*, serie II, vol. XXIX, 1961, pp. 235-243 et pl. XXXII-XXXVIII).
- Revue d'histoire de la sidérurgie*. Nancy, Centre de recherches d'histoire de la sidérurgie, 1960.
- SALIN, Ed.: *La civilisation mérovingienne d'après les sépultures, les textes et la laboratoire*. Paris, Picard, 1949-1959, 4 vols.
- SALIN, Ed.: *La métallurgie du fer au lendemain des grandes invasions* (in *Comptes Rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres*, Paris, 1956, pp. 24-29).
- SALIN, Ed. et FRANCE-LANORD, A.: *Le fer à l'époque mérovingienne: étude technique et archéologique*. Paris, P. Geuthner, 1943, XVI, 291 p. (Rhin et Orient, II).
- WOLFF, Ph., MAURO, F.: *L'âge de l'artisanat, Vème-XVIIIème siècles* (in *Histoire générale du travail*, Paris, Nouvelles Librairies de France, 1958, vol. II, 374 p.)