

LA

H400P

# MÉTALLURGIE DU FER

PAR

PAUL DOUMER.

P. IWEINS, FRITZ THYSSEN, J. O. ARNOLD,  
L. BACLÉ, P. NICOU, E. DE LOISY, WILHELM KESTRANEK,  
BARON DE LAVELEYE, FERNAND MEYER

ECOLE CENTRALE DE LILLE



D0000004901

PARIS  
LIBRAIRIE VUIBERT

63, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 63

1912



n° 4400 P





*vs. Cowalroid*

NI=4400

n°4400P

Dewey = 672 # D.



21 JUL 1982

LA MÉTALLURGIE DU FER



LA  
MÉTALLURGIE  
DU FER

PAR

PAUL DOUMER,

P. IWEINS, FRITZ THYSSEN, J. O. ARNOLD,

L. BACLÉ, P. NICOU, E. DE LOISY, WILHELM KESTRANEK,

BARON DE LAVELEYE, FERNAND MEYER

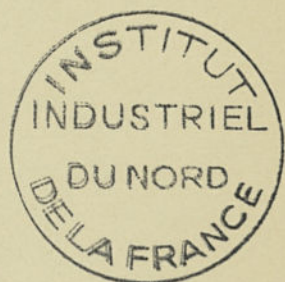
---

PARIS  
LIBRAIRIE VUIBERT

63, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 63

---

1912







## NOTE DE L'ÉDITEUR

---

*La Revue Économique internationale, de Bruxelles, a demandé à M. Paul Doumer de faire, en s'entourant des collaborations utiles, une étude de la situation actuelle de la Métallurgie du fer dans le monde.*

*La publication de ce travail vient d'être achevée.*

*Ingénieurs, industriels, professeurs, parmi les mieux qualifiés et les plus compétents, ont parlé successivement de chacun des grands pays producteurs qu'ils connaissent, dans des articles qu'une idée et un plan communs relient. En présentant l'ensemble à ses lecteurs, la rédaction de la Revue Économique internationale s'exprimait ainsi :*

*« De pareils essais de synthèse technique ne sont pas sans offrir de considérables difficultés, et notre Conseil eût été, dans l'espèce, impuissant à les surmonter s'il n'avait obtenu le bienveillant concours d'une des intelligences les plus nettes et les plus étendues de ce temps, nous voulons parler de M. Paul Doumer. Son gouvernement de l'Indo-Chine, et la direction qu'il imprima aux travaux parlementaires de la France, notamment lors de sa présidence de la Chambre, reposaient sur un sens*

*précis des affaires, et sur une éducation d'ingénieur. Il a bien voulu s'en souvenir pour écrire la Préface qui met en lumière les principes généraux qui ressortent d'un aperçu international sur l'activité sidérurgique.*

« M. le baron de Laveleye nous donne un avant-propos de grand intérêt sur l'histoire de la métallurgie belge, qui a des lettres de noblesse particulièrement anciennes, et qui, malgré les prohibitions douanières, lutte sans faiblir sur le marché international.

« Nul mieux que le puissant capitaine d'industrie Fritz Thyssen ne pouvait nous tracer un tableau de l'état actuel de la question en Allemagne. Ce grand empire, hier encore novice en métallurgie, est véritablement, par sa discipline, et sa persévérance, un pays aux possibilités illimitées.

« Par contre l'Angleterre, en cette matière, comme en d'autres, défend des positions acquises. M. J. O. Arnold, professeur à l'Université de Sheffield, après un rapide historique, insiste sur le rôle de l'enseignement technique dont cet établissement scientifique est le centre.

« M. Kestranek, directeur général de la Prager Eisenindustrie-Gesellschaft, nous expose comment, dans la monarchie austro-hongroise, pays de tradition métallurgique, récemment rénovée, malgré un particularisme et des méthodes fiscales désavantageuses, la concentration industrielle a réussi à faire faire à cette industrie, dans les dernières années, de considérables progrès.

« L'industrie du fer, de la fonte et de l'acier aux États-Unis, encore contenue dans les frontières de son immense

*marché intérieur, s'est développée et concentrée dans des organismes aussi vastes que résistants dont M. Iweins, ingénieur civil des mines, donne un aperçu net et concis.*

« MM. Nicou et Baclé, ingénieurs des mines, le premier pour l'Est et le Nord, le second pour le Centre et la Loire, ont bien voulu se charger d'esquisser la situation présente de la France, où l'Est et le Nord, pleins d'énergie et de possibilités, sont attelés à l'industrie pondéreuse, tandis que le Centre et la Loire ont placé leur chance dans les produits finis.

« La Russie représente un des grands centres du monde, d'autant plus intéressant à étudier qu'il est d'apparition récente. Nous sommes redevables à M. E. de Loisy — dont la compétence toute spéciale en cette matière est bien connue — d'un exposé qu'on peut considérer comme exemplaire.

« L'étude des procédés actuels de fabrication est dominée par l'attention croissante qui s'attache à l'électrométallurgie. M. Fernand Meyer, professeur agrégé des sciences physiques à Paris, nous initie brièvement et avec une très grande clarté à l'ensemble des méthodes en vigueur. »

*Il nous a paru que ce tableau complet de la production du fer dans le monde et la vue spéciale de chacun des grands pays producteurs méritaient d'être conservés et d'aller, par le volume, jusqu'au grand public.*

*De là la publication qui est entreprise ici.*

---



## INTRODUCTION

---

La civilisation moderne est trop complexe, même limitée à sa puissance matérielle, pour être définie d'un mot, caractérisée par un seul des agents de sa prodigieuse activité. Pourtant, l'emploi du fer sous ses diverses formes est bien l'élément essentiel de la force et du progrès dans ce siècle de l'Industrie.

Sans la machine d'acier, que seraient la production et la circulation des richesses ? Quelle est la découverte ou l'invention récente qui eût été possible sans elle ?

La fabrication des produits utiles à la vie de l'homme, à son bien-être, à son luxe, est le fait du moteur, qui capte et asservit les forces de la nature, ainsi que du métier, de l'outil mécanique à la puissance irrésistible et à la féérique agilité.

De même, comment se transportent, là où l'on en a besoin, où l'on peut les employer, les richesses naturelles et les produits industriels ? A quoi est due cette extraordinaire puissance de circulation des personnes et des choses qui rend l'homme vraiment souverain du monde ? N'est-ce pas au rail de fer, au viaduc enjam-

bant fleuves, vallées et mers elles-mêmes, à la locomotive, à l'automotrice, à l'automobile, nouvelles bêtes de somme aux poumons de feu et aux muscles d'acier ?

Le progrès matériel de l'humanité, à notre époque, est en fonction du progrès accompli dans la métallurgie du fer.

Il est bien évident que sans le développement de la production du fer et spécialement de l'acier, sans le degré de perfection qu'elle a atteint, la civilisation contemporaine n'aurait ni le caractère, ni la force qu'elle possède. Elle serait autre et elle serait inférieure. Les inventions mécaniques, aussi bien que les dernières grandes conquêtes de l'homme n'auraient pu avoir lieu si l'on n'avait pas disposé des aciers de fabrication parfaite et de résistance exceptionnelle qui ont permis la construction de moteurs légers, d'organes résistants et de faible masse.

Notre civilisation scientifique et industrielle est donc, pour une bonne part, la civilisation du fer.

La métallurgie qui le produit dans ses immenses fourneaux, ses fours, ses cornues en feu, est le principal agent de la domination de l'homme sur la nature.

Le fer et le feu ! Ces deux mots ont sonné terriblement et orgueilleusement aux oreilles de l'homme de tous les âges. Moyens de destruction d'hier et d'aujourd'hui.

d'hui, de toujours, ils sont surtout maintenant des moyens de production.

Le fer ! le feu ! leur conquête et leur emploi, c'est tout le côté matière et force de la civilisation, depuis ses lointaines origines jusqu'à son actuel épanouissement.

L'homme n'a pu s'arracher à la sauvagerie primitive, il ne s'est élevé dans l'échelle des êtres et n'a commencé les premiers balbutiements d'une vie civilisée que lorsqu'il a été le maître du feu ; lorsque l'élément terrifiant, de ruine et de souffrance, qui le frappe du haut du ciel ou surgit tout à coup des entrailles de la terre comme le plus abominable des fléaux, s'est laissé dompter par lui, capter, domestiquer ; lorsque cet ennemi redoutable est devenu un serviteur précieux et docile, n'ayant plus que de rares accès de rage destructrice.

Le feu connu, conservé, bientôt reproduit à volonté ! Quelle découverte, quelle conquête humaine, la première et la plus grande de toutes, car toutes ont découlé d'elle ! Comme on comprend l'admiration superstitieuse, la déification de l'inventeur génial, du Prométhée de la Mythologie qui, le premier, sut dominer et employer le feu et l'apprit aux autres hommes !

Le feu conquis devient l'instrument du progrès humain. Utilisé pour la cuisson des aliments, la défense contre les animaux féroces, le défrichement des bois, il sert plus tard à fondre les métaux, en

commençant par les plus fusibles et arrivant aux plus réfractaires. Il fallait posséder une grande habileté dans l'emploi du feu pour réduire le minerai de fer, et l'homme, barbare encore mais non plus sauvage, parcourut de longues étapes avant d'y parvenir.

Le fer est né de la civilisation ; civilisation embryonnaire peut-être, mais existante déjà.

Il est venu en Europe, de ce berceau de l'humanité historique qu'est la haute Asie, peut-être un millier d'années avant le temps que chanta Homère, alors que l'Egypte était déjà policée. Il semble bien que ce soit aux rivages de la mer Noire, où se trouve encore un des meilleurs minerais du Continent, que la fabrication du fer s'implanta tout d'abord. Le pays était alors couvert de forêts qui fournirent le combustible. Peu à peu, cette primitive métallurgie gagna le centre et l'occident de l'Europe. Les régions qui constituent aujourd'hui l'Autriche, la France et la Belgique connurent de bonne heure l'industrie du fer. Des vestiges retrouvés d'anciens fourneaux creusés dans la terre en ont donné la preuve.

Avec quelle peine, quels soins, quels aléas s'opérait alors la fusion du minerai ! Que d'efforts et d'ingéniosité étaient dépensés pour obtenir un résultat médiocre ! Les progrès vinrent. L'observation des phénomènes fortuits, d'où procèdent presque toutes les découvertes, conduisit à la combinaison du fer avec une petite quantité de carbone, qui donne l'acier, puis au durcissement de celui-ci par la trempe. Rome



trouva ou importa un fourneau moins primitif que celui des rives du Don, du Danube et de la Meuse, ainsi que l'usage du soufflet.

Les siècles de barbarie qui suivirent la chute de l'empire romain arrêtaient, tout naturellement, les progrès de la métallurgie. Ils ne reprirent qu'avec la civilisation chrétienne commençante, aux huitième et neuvième siècles. Le fourneau s'élève et s'agrandit peu à peu, jusqu'à devenir le haut-fourneau après cinq ou six cents années de lents perfectionnements. En même temps, le fer, produit directement jusque-là, de façon générale, s'obtient par affinage de la fonte. La production n'est pas assez forte pour épuiser les gîtes de minerai, mais elle déboise les forêts qui alimentent la métallurgie. Les centres les plus anciens de fabrication du fer disparaissent avec les bois au milieu desquels ils sont nés et qui sont indispensables à leur vie. Les mines de fer les plus riches se trouvent désertées, parce que le combustible fait défaut.

Alors apparaît, il y a quelque deux siècles, et à l'état de tentative isolée, la substitution du charbon au bois. Progressivement, l'emploi du charbon, que l'on convertit en coke, s'étend dans les pays qui ont à la fois le fer et la houille. La Grande-Bretagne, à ce point de vue, est privilégiée, et c'est elle qui va être la grande nation métallurgique pendant tout le dix-neuvième siècle. Les principaux progrès dans la production du fer, puis de l'acier tiré directement de la fonte, ont vu le jour chez elle. C'est très récemment, dans la pé-

riode contemporaine tout au moins, que la France, l'Allemagne, la Belgique, les Etats-Unis ont apporté leur contingent de découvertes, et ont, en même temps, développé leur fabrication. Le convertisseur Bessemer, le four Martin, le four Siemens, le procédé de déphosphoration Thomas, puis la récupération des gaz des hauts-fourneaux, générateurs d'énergie, par des moyens chaque jour plus perfectionnés, enfin le four électrique, ont marqué les grandes étapes de la métallurgie du fer dans la seconde partie du siècle dernier.

Au fourneau qui produisait 200 à 300 kilos de métal par 24 heures, il y a trois cents ans, s'est substitué le haut-fourneau donnant 3 à 4.000 kilos au dix-huitième siècle, celui de 10.000 kilos au début du dix-neuvième, pour arriver au haut-fourneau d'aujourd'hui, de 200 à 300.000 kilos en Europe, de 400, 500 et même 800 et 900 mille kilos en Amérique. Jamais l'esprit imaginaire des Anciens, donnant au dieu Vulcain les forges les plus monstrueuses qu'ils pouvaient concevoir, n'avait approché de la puissance ni même de l'effrayante beauté des aciéries actuelles. C'est là, plus que nulle part ailleurs, qu'apparaît la civilisation moderne dans sa force créatrice, dans sa domination de la nature.

L'industrie du fer, ou plus exactement de l'acier, qui se substitue au fer presque dans tous les usages, si elle a progressé lentement à travers les âges, a pris un incomparable essor depuis un demi-siècle seulement.

Deux chiffres le diront mieux que toute description et tout dénombrement d'appareils ou d'usines.

En 1860, la production de la fonte de fer dans le monde était de 7 millions de tonnes environ. Elle a atteint, en 1910, 70 millions de tonnes. En cinquante années, la production a décuplé.

Les bonds qu'elle a faits ont été de plus en plus considérables. On peut les évaluer ainsi, en chiffres ronds et très approximatifs : En 1860, 7 millions ; en 1870, 12 millions ; en 1880, 20 millions ; en 1890, 30 millions ; en 1900, 40 millions ; en 1910, 70 millions.

Il y a un demi-siècle, les grands pays métallurgistes se classaient dans l'ordre suivant, d'après le montant de leur production de métal :

Grande-Bretagne . . . . .	3.500.000 tonnes
France . . . . .	1.000.000 »
Etats-Unis . . . . .	800.000 »
Allemagne . . . . .	700.000 »
Belgique . . . . .	300.000 »
Russie . . . . .	250.000 »
Autriche-Hongrie . . . . .	200.000 »

Dix ans plus tard, en 1870, l'ordre des nations productrices était un peu changé ; les Etats-Unis et l'Allemagne, pourvus de minerai et surtout de combustible, mettaient leurs richesses en valeur et gagnaient des rangs ; la production se chiffrait ainsi :

Grande-Bretagne . . . . .	6.050.000 tonnes
Etats-Unis . . . . .	1.700.000 »

Allemagne . . . . .	1.400.000 tonnes
France . . . . .	1.200.000 »
Belgique . . . . .	630.000 »
Autriche-Hongrie . . . . .	350.000 »
Russie . . . . .	300.000 »

A dix ans d'intervalle encore, en 1880, on retrouve ces mêmes nations dans l'ordre et avec les chiffres de production suivants :

Grande-Bretagne . . . . .	7.800.000 tonnes
Etats-Unis . . . . .	4.000.000 »
Allemagne . . . . .	2.800.000 »
France . . . . .	1.700.000 »
Belgique . . . . .	700.000 »
Autriche-Hongrie . . . . .	470.000 »
Russie . . . . .	450.000 »

En 1890, l'ordre est changé encore, et les Etats-Unis prennent la tête avec une production de plus de 9 millions de tonnes de fonte, alors que la Grande-Bretagne n'a pas progressé depuis 1880 ; elle est à 8 millions de tonnes en 1890. L'Allemagne est montée à 4 millions 1/2, la France à 2 millions, la Belgique à 800.000 tonnes.

En 1900, l'année qui termine le dix-neuvième siècle, l'ordre des producteurs est à peu près le même. Les Etats-Unis progressent rapidement. L'Allemagne n'a pas encore rattrapé l'Angleterre, qu'elle va bientôt dépasser ; mais elle est tout près d'elle. La Russie a

pris le pas sur l'Autriche-Hongrie, sur la Belgique et même sur la France.

Voici, d'ailleurs, le montant de la production, pour chacune des grandes nations métallurgistes, en 1900 :

Etats-Unis . . . . .	14.000.000 tonnes
Grande-Bretagne . . . . .	9.100.000 »
Allemagne . . . . .	8.500.000 »
Russie . . . . .	3.000.000 »
France . . . . .	2.700.000 »
Belgique . . . . .	1.000.000 »
Autriche-Hongrie . . . . .	800.000 »

Depuis lors, le même phénomène est constaté : l'essor de la production des Etats-Unis continue de façon vraiment extraordinaire ; la production de l'Allemagne s'est beaucoup accrue et elle a acquis le deuxième rang ; la Russie, paralysée pendant un temps, développe de nouveau sa métallurgie ; la France, la Belgique, l'Autriche-Hongrie, poursuivent leurs progrès des années antérieures.

Le montant de la production de ces nations, en 1910, a été le suivant :

Etats-Unis . . . . .	27.700.000 tonnes
Allemagne . . . . .	14.800.000 »
Grande-Bretagne . . . . .	10.200.000 »
France . . . . .	4.000.000 »
Russie . . . . .	3.000.000 »
Autriche-Hongrie . . . . .	2.100.000 »
Belgique . . . . .	1.800.000 »

Les causes de l'accroissement de production du fer chez les uns et les autres des pays envisagés, les seuls qui comptent vraiment jusqu'ici sur le marché mondial, méritent d'être examinées. Mais il serait superflu de le faire ici, puisque chacun d'eux est l'objet d'une étude spéciale dans les pages qui suivent le présent exposé. Ce qu'on peut dire, c'est que le classement d'aujourd'hui, qui n'est pas celui d'hier, ne sera pas non plus le classement de demain. L'exploitation de nouveaux gisements de minerai ou de combustible, les découvertes nouvelles modifiant les conditions de la production, peuvent faire regagner à un pays l'avance que ses concurrents possèdent à l'heure actuelle. Il ne serait pas surprenant, par exemple, que l'électrométallurgie, à ses débuts et encore à l'état embryonnaire, apportât quelque jour un élément important dans la production métallurgique du monde et troubât bien des situations acquises.

En tout cas, dans l'ensemble, le progrès si rapide des derniers temps ne semble pas devoir s'arrêter. La science et le génie inventif des hommes ont encore un vaste champ ouvert devant eux par la métallurgie. Elle pose de multiples problèmes dont les solutions ne sauraient longtemps se faire attendre. L'émulation entre les grands pays l'y aidera.

C'est par l'acier qu'on sauvegarde l'indépendance d'un peuple, autant qu'on travaille à sa richesse et à sa puissance.

Paul DOUMER.

## CHAPITRE PREMIER

# LA MÉTALLURGIE AUX ÉTATS-UNIS

---

Des matières premières d'excellente qualité encore à bas prix, une production dépassant celle de la Grande-Bretagne, un outillage mécanique perfectionné, une main-d'œuvre chère, mais efficace, une consommation intérieure doublant presque tous les dix ans, tels sont les principaux facteurs de l'industrie métallurgique aux États-Unis (1).

Nous examinerons successivement les approvisionnements en matières premières, la fabrication des produits métallurgiques et leurs débouchés.

### MATIÈRES PREMIÈRES.

*Le charbon.* — Les gisements de charbon des États-Unis peuvent être divisés en six groupes principaux :

---

(1) Les documents statistiques dont il a été fait usage dans cette étude sont extraits des bulletins du Service géologique des États-Unis ou de l'*Engineering and Mining Journal*.

1° La région de l'Est s'étendant suivant une bande dirigée du Nord-Est au Sud-Ouest et comprenant le district de l'antracite de Pensylvanie et les gisements bitumineux des Apalaches : c'est la région la plus industrielle des États-Unis, celle de Pittsburgh ;

2° L'Intérieur (gisements bitumineux de l'Illinois et de l'Indiana, au sud de Chicago) ;

3° Le golfe de Mexique (gisements de lignite) ;

4° Les grandes plaines du Nord-Ouest (gisements de lignite sub-bitumineux) ;

5° Les Montagnes Rocheuses (charbons bitumineux et sous-bitumineux du Colorado, de l'Utah et du Nouveau Mexique) ;

6° La côte du Pacifique.

Parmi les districts indiqués ci-dessus, les deux premiers et le cinquième fournissent la presque totalité du charbon nécessaire à la métallurgie.

La production houillère (houille et anthracite) a été de 484 millions de tonnes en 1910 et se montre toujours en progrès.

Pour la *houille*, la Pensylvanie vient en tête, avec une production de plus de 144 millions de tonnes ; la Virginie en second, avec 60 millions de tonnes, puis l'Illinois avec 50 millions ; l'Alabama et l'Indiana dépassent chacun 15 millions de tonnes et le Colorado 12 millions de tonnes.

D'une manière générale, l'extraction du charbon est faite dans des conditions peu économiques mais qui



s'expliquent assez naturellement par le bas prix même de la matière première.

Les méthodes d'exploitation employées ont consisté longtemps dans le foudroyage des parties les plus riches du gisement, de sorte que la reprise ultérieure des piliers abandonnés devenait impossible. On estime que 60 p. c. du tonnage a été perdu et ne pourra jamais être récupéré ; mais ces procédés sont de plus en plus abandonnés et l'extraction avec remblayage se développe d'année en année.

Le prix des charbons bitumineux de bonne qualité reste encore très bas ; dans ces dernières années, il a varié entre \$ 1 et \$ 1.25.

La production de l'*anthracite* est presque entièrement concentrée dans la Pensylvanie, où elle atteint environ 80 millions de tonnes. Une faible partie seulement est utilisée dans les hauts-fourneaux.

Le prix varie peu et se tient aux environs de 2 dollars.

En ce qui concerne le *coke*, le district de Connelsville fabrique plus de la moitié du tonnage des États-Unis. La production de ce district a été, pour 1910, de 18.700.000 tonnes environ.

On emploie encore couramment les fours de boulanger (bec-hive ovens), que l'on conserve surtout pour avoir un coke très dur nécessaire à cause de la hauteur des hauts-fourneaux. Les fours à récupération ne s'introduisent qu'assez lentement, et sous ce rapport les États-Unis sont très en retard sur le Continent. Aussi,

sont-ils réduits, malgré leur production considérable de coke, à importer d'Europe les goudrons nécessaires pour la fabrication des dérivés de l'aniline. Il y a encore de ce fait de grands progrès à réaliser tant sous le rapport de l'utilisation des sous-produits que pour l'emploi des gaz dans les moteurs à explosion.

Les prix du coke sont bas par rapport à ceux du Continent. Ils atteignaient § 3 dans le dernier trimestre de 1909 et ont baissé constamment depuis, pour s'établir aux environs de § 1 1/2 dans le dernier trimestre de 1910.

*Les minerais de fer.* — Les minerais de fer des États-Unis se composent principalement de magnétites, d'hématites rouges, d'hématites brunes et de carbonates. Ce sont surtout les hématites qui sont utilisées.

La production, pour l'année 1910, a été de 54.300.000 tonnes. Sur ce total la production du Lac Supérieur représente environ 80 p. c. L'Alabama fournit une grande partie du reste.

Les minerais des Lacs sont des hématites sédimentaires avec des intercalations de grès et de carbonate. Ils ont, en général, plus de 50 p. c. de fer et l'on n'exploite guère au-dessous de 40 p. c. Toutefois, la teneur va en s'abaissant, et il est probable que, dans un délai assez rapproché, il faudra se préoccuper d'utiliser et de concentrer les minerais de teneur plus faible; l'Oliver Iron Mining Company, filiale du Steel Trust, a déjà fait dans cet ordre d'idées des essais de lavage qui ont donné toute satisfaction.

L'exploitation a lieu généralement à ciel ouvert, en enlevant le stérile au moyen de gigantesques pelles à vapeur qui débitent des quantités énormes de minerais. Rien que sur les mines de Mesabi, 25 millions de pieds cubes de stérile et 20 millions de tonnes de minerais ont été enlevés par les excavateurs. L'Oliver Iron Mining Co peut, à elle seule, déblayer 1.000.000 à 1.200.000 pieds cubes par mois (1). L'exploitation occupe plus de 9.000 personnes. Neuf mines produisent plus d'un million de tonnes par an.

Les prix du minerai sont assez élevés. Le minerai Bessemer à 55 p. c. moins de 0,45 de P. vaut \$ 5 à \$ 4,50; le minerai non Bessemer à 51,5 p. c., \$ 4 à \$ 4,20.

Le transport du minerai des docks de Duluth sur le Lac Supérieur aux hauts-fourneaux de la région de Pittsburgh représente environ 1.500 kilomètres dont 250 par fer. Les installations de chargement et de déchargement du minerai sont extrêmement perfectionnées. Les bateaux d'un type spécial sont de fort tonnage. Le fret sur les Lacs varie entre \$ 0,60 et \$ 1 par tonne.

Malgré leur production considérable de minerais de

---

(1) L'Oliver Iron Mining emploie 84, les Compagnies indépendantes 42 excavateurs de 70 à 90 tonnes. L'un d'eux, de 90 tonnes, système Marion, a chargé 6.023 tonnes de minerai en un poste de 10 heures; un excavateur Bucyrus de 95 tonnes a enlevé 86.761 pieds cubes de stérile en un mois.

Cette exploitation de mines de fer est extrêmement pittoresque, et comme terrassements elle dépasse les travaux du canal de Panama; 36 millions 1/2 de pieds cubes ont été enlevés dans les tranchées du canal en 1910, et 58 millions de pieds cubes ont été enlevés sur la Mesabi Range.

fer, les États-Unis importent des quantités considérables de minerais. Les principaux pays importateurs sont l'île de Cuba, dans laquelle on a reconnu des quantités considérables de minerais contenant de 43 à 52 p. c. de fer, peu de phosphore et un peu de chrome, la Norvège, l'Espagne, Terre-Neuve, l'Algérie et même la Chine. L'importation se développe de plus en plus, grâce à la réduction du droit d'entrée, qui a été abaissé de 45 centimes à 15 centimes et même à 12 centimes pour les minerais cubains.

*Les ressources minérales.* — La question de la conservation des ressources minérales s'est posée aux États-Unis dans ces dernières années, à cause du gaspillage excessif des gisements.

Une enquête approfondie, menée par les soins du Service géologique des États-Unis, a conduit aux résultats suivants :

*Réserves de charbon.*

Districts.	Superficie. Milles carrés.	Tonnage original de charbon accessible (1).	Tonnage restant.
		Millions de tonnes.	Millions de tonnes.
Est. . . .	70.022	636 673	628.670
Intérieur .	144.664	406 667	404.726
Golfe du Mexique.	84.300	13 045	13.031
Nord-Ouest	103 564	521.793	521.764
Montagnes- Rocheuses	92.396	414.740	414.582
Pacifique .	1.830	11 100	11.027
<b>Totaux.</b>	<b>496.776</b>	<b>2 004.018</b>	<b>1.993.800</b>

(1) Jusqu'à une limite de 900 mètres pour le charbon et de 300

*Réserves de minerai de fer.*

Districts.	Magnétite.	Hématite.	Limonite.	Total.
Nord-Est (1)	250 000.000	37.000.000	11 000.000	298.000.000
Sud-Est (2).	12.500 000	471.540.000	54.400.000	538.440 000
Lac Supér <sup>r</sup>	»	3.510.000.000	»	3.510.000.000
Mississipi .	»	15.000.000	300.000.000	315.000.000
Montagnes-Rocheuses	51.485.000	4.275.000	2.000.000	57.760.000
Côte du Pacifique. .	68.950.000	»	»	68.950.000
Totaux.	382.935.000	4.037.815.000	367.400.000	4.788.150.000

Dans ces conditions, on estime que les gisements de charbon pourront durer encore environ un siècle ou deux. Quant aux minerais de fer à haute teneur, ils pourraient se trouver épuisés bien avant. Mais tous les points de l'immense territoire des États-Unis sont loin d'avoir été complètement fouillés, et il existe probablement des réserves importantes encore inconnues. De plus, des gisements considérables de minerais titanifères ne sont pas exploités à cause des difficultés que présente leur traitement, et il y a tout lieu de croire que si le besoin s'en fait réellement sentir les recherches de la métallurgie se porteront de ce côté et que ces minerais trouveront, eux aussi, une utilisation pratique, comme les minerais phosphoreux lorrains-luxem-

---

mètres pour le lignite : couches d'une épaisseur minimum de 50 centimètres pour la houille, de 90 centimètres pour le lignite.

(1) États de Vermont, Massachussets, Connecticut, New-York, New-Jersey, Pennsylvania, Maryland, Ohio.

(2) États de Virginia, West Virginia, Eastern Kentucky, North Carolina, South Carolina, Georgia, Alabama et East Tennessee.

bourgeois, dont on ne pouvait prévoir, il y a cinquante ans, le magnifique avenir.

Néanmoins, la question est posée nettement et le Gouvernement a pris position ; à la suite de l'enquête faite par le Service géologique des États-Unis, des mesures extrêmement sévères ont été prises, les concessions ont été retardées ou refusées et notamment les gisements de charbon de l'Oklahoma, récemment découverts, ont été déclarés réserve nationale.

*Transports.* — La question des transports est primordiale pour l'industrie métallurgique, à cause de la distance qui sépare les centres de production du minerai de fer et du charbon. Des gisements du Lac Supérieur à Pittsburgh on compte environ 1.700 kilomètres. Aussi les Compagnies métallurgiques ont-elles cherché de tout temps à acquérir en même temps que le contrôle des matières premières celui des voies ferrées, dans le but de s'approvisionner à meilleur compte que leurs concurrents.

#### FABRICATION DE LA FONTE ET DE L'ACIER.

*Fonte.* — La production de fonte a suivi une progression constante et remarquable, passant de 9 millions de tonnes en 1890 à 14 millions en 1900 et atteignant plus de 27 millions en 1910, doublant ainsi presque tous les dix ans.

L'État de Pensylvanie fournit 40 p. c. de la produc-

tion totale et le district de Pittsburgh 25 p. c. à lui seul ; viennent ensuite les États du Centre : l'Ohio avec 22 p. c. et l'Illinois 10 p. c. Enfin, dans le Sud, l'État d'Alabama, avec 8 p. c.

La presque totalité de la fonte est fabriquée dans des hauts-fourneaux à la houille ou au coke ; 650.000 tonnes seulement sont fabriquées à l'anhracite et 400.000 tonnes environ au charbon de bois (État de Michigan).

Le nombre des hauts-fourneaux à feu, au 31 décembre 1910, était de 267 dont 208 au coke, 32 à l'anhracite et 27 au charbon de bois.

On fabrique surtout de la fonte Bessemer (10 millions de tonnes) ; mais la production de la fonte basique va en augmentant rapidement et dépasse déjà 9 millions de tonnes ; la fonte de moulage représente plus de 6 millions de tonnes environ.

Les hauts-fourneaux américains, d'une hauteur qui s'élève parfois jusqu'à 30 mètres, sont généralement munis d'appareils à chargement mécanique élevant la charge au moyen de skips jusqu'à des trémies à pesée et à distribution automatique. Toute la manœuvre se fait d'en bas. Le vent est chauffé dans des Cowpers de très grandes dimensions et soufflé à une pression qui peut atteindre deux atmosphères. La production des hauts-fourneaux atteint, en moyenne, 500 tonnes par jour ; certains appareils vont jusqu'à 800 et 900.

Une particularité de la fabrication américaine consiste dans l'adjonction à la charge d'une quantité importante de riblons.

L'accroissement des dimensions des appareils semble avoir été limité dans ces dernières années, et l'on paraît avoir renoncé aux hauts-fourneaux trop élevés, qui exigent un coke d'une dureté exceptionnelle pour pouvoir supporter le poids de la charge. Un autre inconvénient dû à la hauteur des hauts-fourneaux tient à l'augmentation de puissance considérable qu'on est obligé de donner à la soufflante et à l'accroissement des poussières entraînées dans les gaz du gueulard.

L'utilisation des gaz des hauts-fourneaux n'atteint pas encore le même degré de perfectionnement que sur le continent, et les moteurs à explosion ne sont pas encore couramment employés ; toutefois, de sérieux progrès ont été réalisés dans ce sens durant les dernières années.

Le procédé Gayley est en application industrielle et semble donner de bons résultats, en améliorant la marche des hauts-fourneaux d'allure irrégulière.

On a fait, dans ces derniers temps, des expériences intéressantes pour insuffler de l'oxygène avec le vent. Ces essais ne sont pas encore entrés dans le domaine de la pratique.

Citons encore un haut-fourneau à parois minces, dont l'enveloppe est entièrement refroidie par circulation d'eau, mis en service depuis un an dans une usine du Steel Trust.

Les frais de production varient dans de fortes proportions, suivant l'importance de l'usine et surtout suivant l'importance des amortissements et des frais



généraux que l'on fait supporter à cette partie de la fabrication. Il semble pourtant qu'ils ne doivent pas descendre au-dessous de 9 dollars par tonne.

*Acier.* — La production d'acier (lingots et mou-  
lages) des États-Unis est passée de 24 millions de  
tonnes en 1909 à plus de 26 millions de tonnes en 1910.

Autrefois, on fabriquait presque uniquement de  
l'acier Bessemer, mais depuis que l'on est forcé d'utili-  
ser des minerais à moins haute teneur en fer et conte-  
nant plus de phosphore, on est obligé d'avoir recours  
au four Martin, dont la production augmente beaucoup  
plus rapidement et dépasse déjà celle du Bessemer.

En 1909, on a fait 9.330.000 tonnes d'acier Besse-  
mer et 14.500.000 d'acier Martin. En 1910, la produc-  
tion d'acier Bessemer est passée à 9.400.000 tonnes et  
celle d'acier Martin à 16.500.000 tonnes.

D'ailleurs, la plupart des nouvelles usines construi-  
tes par les compagnies métallurgiques aux États-Unis  
ne comportent plus que des fours Martin de grande  
capacité, en particulier celles du Steel Trust, sur les-  
quelles nous reviendrons plus tard.

La production d'acier Bessemer est surtout concen-  
trée dans l'Ohio (3 millions 310.000) et en Pensylvanie  
(2.975.000 tonnes); l'acier Martin, dans la Pensylvanie,  
l'Ohio et l'Indiana.

Les cornues Bessemer sont conduites avec une  
grande rapidité, grâce à l'emploi de fonte relative-  
ment froide; dans ces conditions, on obtient une pro-

duction beaucoup plus considérable ; d'autre part, la main-d'œuvre est réduite au strict minimum.

Presque tout l'acier Martin est fait au four basique ; les fours sont généralement de 50 tonnes. La fonte venant des mélangeurs est chargée liquide et la proportion de riblons atteint jusqu'à 50 p. c.

Le procédé Duplex, employé couramment, semble donner des résultats satisfaisants. On marche soit en combinant le Bessemer et le four Martin, soit le Bessemer et le four électrique, soit le four Martin et le four électrique.

*Demi-produits et produits finis.* — Les laminoirs sont spécialisés, autant que possible, dans la production de produits déterminés et l'on obtient ainsi des débits inconnus en Europe. Les changements de cylindres sont réduits au minimum et les opérations sont poussées avec la plus grande rapidité, de manière à réduire le réchauffage.

L'emploi de fours continus est général, ainsi que celui des machines à charger, importées d'ailleurs d'Amérique sur le continent. Le bloomage est énergique, et les lingots, au sortir des pits, toujours chauffés, sont réduits dans de fortes proportions.

Les trains à billettes arrivent à débiter 1.800 tonnes par vingt-quatre heures et les trains à rails 2.500 tonnes.

*Rails.* — La production totale des rails a atteint 3.600.000 tonnes en 1910. 1.900.000 tonnes étaient faites au Bessemer et 1.700.000 au Martin.

L'augmentation des rails Martin, par rapport à l'année précédente, est de 460.000 tonnes, celle des rails Bessemer de 150.000 tonnes seulement. D'ailleurs les nouveaux cahiers des charges des compagnies de chemins de fer exigent un abaissement de la teneur en phosphore acceptée pour l'acier Bessemer de 0,10 à 0,085. La réduction demandée paraît faible, mais il faut tenir compte de ce fait qu'une partie importante des rails livrés aux compagnies de chemins de fer avait une teneur supérieure à la limite prescrite de 0,10.

Si l'on veut appliquer strictement la nouvelle clause, l'écart sera plus considérable que ne l'indiquent les chiffres. Ceci conduira nécessairement à remplacer, dans bien des endroits, le Bessemer par des fours Siemens-Martin.

La fabrication des *aciers spéciaux* n'a peut-être pas, aux États-Unis, toute l'importance qu'elle a prise sur le Continent. Il y a pourtant lieu de remarquer la fabrication et l'emploi industriel de l'acier au nickel notamment pour les ponts. Les gisements de Sudbury, au Canada, qui sont contrôlés par des financiers américains, assurent aux États-Unis le métal nécessaire. Signalons également l'emploi de l'acier au titane pour rails (près de 200.000 tonnes en 1910).

La fabrication de l'acier au *four électrique* est encore peu développée. Le Steel Trust a en marche deux fours Héroult de 15 tonnes, marchant l'un en duplex avec le Bessemer, à South Chicago, l'autre avec le four Martin à Worcester. Une fonderie d'acier de Pensyl-

vanie a installé un four à induction Rochling-Rodenhauser.

La nouvelle usine de Gary, installée dernièrement par le Trust de l'acier, donne une idée de l'importance de la production américaine. Les travaux ont été commencés en août 1906. L'usine s'étend sur 1.000 acres le long du Lac Michigan. Elle comprendra huit hauts-fourneaux de 450 tonnes, cinquante-six fours Martin de 60 tonnes pouvant produire ensemble 225.000 tonnes de lingots par mois, des trains à rails d'une capacité de 100.000 tonnes par mois, des trains à billettes produisant 100.000 tonnes et des trains marchands de 50.000 tonnes par mois. La dépense totale est évaluée à 75 millions de dollars.

Il est intéressant de constater à ce propos que le centre de gravité de l'industrie métallurgique, qui était autrefois dans la région de Pittsburgh, se déplace vers Chicago. En se rapprochant du minerai, on réduit les frais de transport et le charbon sert de fret de retour aux produits agricoles de l'Ouest. De fait, les principales usines créées dans ces derniers temps l'ont été dans l'Indiana et dans l'Illinois, et la grande usine de Gary, du Steel Trust, est établie aux environs mêmes de Chicago.

Le Trust a même envisagé la création d'une usine aux environs de Duluth, au bord du Lac Supérieur, tout à proximité du minerai de fer. Le terrain a été acheté, mais la construction n'a pas encore été commencée.

## COMPAGNIES MÉTALLURGIQUES.

La production métallurgique des États-Unis est concentrée dans les mains d'un petit nombre de compagnies. Déjà, même avant l'organisation du Steel Trust, de puissantes entreprises s'étaient fondées pour englober les différentes parties de la fabrication, notamment : la *Federal Steel*, la *National Steel*, l'*American Steel and Wire*, la *Carnegie Steel*.

C'est le 23 février 1901 qu'a été constitué le Steel Trust (1), sous le régime de l'État de New-Jersey, au capital nominal de 1 milliard 100 millions de dollars ; 550 millions de dollars d'actions de préférence cumulatives 7 p. c., dont 150.000.000 ont été converties en obligations, et 550 millions de dollars d'actions ordinaires. Le trust a émis également 304.000.000 de dollars d'obligations.

Le but du Steel Trust était de racheter l'actif de la *Carnegie Steel* et des compagnies suivantes : *Federal Steel*, *National Tube*, *American Steel and Wire*, *National Steel*, *American Sheet*. Bientôt après l'*American Bridge* et la *Lake Superior Mining Co* venaient fusionner avec lui.

La capitalisation de ces dernières entreprises représentait 455 millions de dollars. Le prix d'achat en a

---

(1) Le titre de la Société est : *The United States Steel Corporation*, mais on la désigne habituellement sous le nom de *Steel Trust*.

été de 532 millions de dollars, soit 75 millions de dollars de plus. Quant à la *Carnegie Steel*, qui était la base de l'affaire, on peut estimer, d'après Berglund, que le prix d'achat s'est monté à 492 millions de dollars pour un capital-actions de 160 millions de dollars.

On a réuni ainsi sous la même direction 213 usines, 41 mines, plus de 1.600 kilomètres de chemins de fer et environ le tiers de la flotte des Grands Lacs.

Le trust disposait de 78 hauts-fourneaux, soit plus du tiers du nombre total aux États-Unis. Il possédait 57.000 acres dans la région de Connelsville et a acquis depuis des gisements de charbon dans la Virginie, d'autres à Danville dans l'Illinois, à Kilkton dans l'Indiana.

Mais la principale richesse du Steel Trust consiste dans les gisements de minerai de fer, qu'il détient dans la région du Lac Supérieur ; à sa constitution il disposait de 750 millions de tonnes ; le contrat passé entre la *Steel Corporation* et le *Great Northern* (contrat Hill) a mis entre ses mains 300 à 400 millions de tonnes. Enfin, l'acquisition de la *Tennessee Coal and Iron Company* lui a apporté des gisements estimés à 700 millions de tonnes.

Pourtant, malgré l'énormité de sa fabrication, le Steel Trust n'a jamais produit beaucoup plus de la moitié de la production totale des États-Unis. En 1901, il produisait 43,9 p. c. du minerai ; 42,9 p. c. de la fonte ; 66,2 p. c. des lingots ; 50,1 p. c. des produits finis. En 1908, les proportions étaient les suivantes :

Minerai. . . . .	46,3 p. c.
Fonte . . . . .	43,5 —
Lingots. . . . .	56,1 —
Produits finis. . . . .	47,1 —

La Société est dirigée par un conseil de vingt-quatre directeurs (Board of Directors). Le « président » est chargé de la direction technique ; le « Chairman » préside les assemblées. Le comité le plus important est le comité des finances composé de sept membres ; le président, qui dirige les opérations industrielles, est placé sous l'autorité du Chairman du comité des finances. D'ailleurs, la grande majorité du conseil est composée de financiers.

Le capital actuel du *Steel Trust* est de \$ 868.000.000, dont \$ 360.000.000 d'actions privilégiées et \$ 508.000.000 d'actions ordinaires. Les obligations représentent environ \$ 610.000.000.

La production du *Trust* a été la suivante en 1910 :

Minerai de fer . . . . .	25.240.000 tonnes.
Coke . . . . .	13.650.000 —
Fonte. . . . .	11.830.000 —
Produits finis (y compris les rails)	10.730.000 —
Rails . . . . .	2.120.000 —

Le bénéfice net par tonne a atteint son maximum en 1901 avec \$ 13,25 ; il est tombé à \$ 8,40 en 1904 pour remonter en 1907 à \$ 12,61 ; en 1910 il a été de \$ 10,97 contre \$ 10,93 en 1909.

Le *Steel Trust* est loin d'accaparer la production des États-Unis. En dehors de lui, il existe d'autres compagnies importantes, notamment : la *Republic Iron and*

*Steel*, la *Pennsylvania Steel*, la *Bethlehem Steel*, la *Lackawanna Steel*, la *Colorado Fuel and Iron*.

La *Republic Iron* a une capacité de production de fonte de 1.000.000 de tonnes ; elle fait 680.000 tonnes d'acier Bessemer et construit une usine Martin capable de produire 30.000 tonnes par mois. Les produits finis représentent 825.000 tonnes. La production de minerais dépasse 2 millions de tonnes, celle du coke 670.000 tonnes.

La *Bethlehem Steel* possède la plus grande partie de ses gisements de fer dans l'île de Cuba.

La *Lackawanna Steel* produit 700.000 tonnes de coke, 840.000 tonnes de fonte et 1 million de tonnes de lingots.

Malgré une capitalisation très élevée, les bénéfices nets du *Steel Trust* sont supérieurs à ceux des sociétés concurrentes ; ils atteignent 9 p. c. contre une moyenne de 5 p. c. seulement.

#### DÉBOUCHÉS.

*Le marché intérieur.* — Presque toute la production est absorbée par la consommation intérieure ; les exportations ne représentent que 5 à 10 p. c.

Toutefois le marché intérieur est soumis à des crises violentes. Pendant la période de prospérité, les programmes de construction des compagnies de chemins de fer atteignent une telle ampleur que lorsqu'il se produit un resserrement de la circulation monétaire, qui est très défectueuse, les commandes doivent



être arrêtées, et l'industrie est la première à subir les effets de la crise financière.

C'est ce qui s'était passé en 1893 et en 1903. En 1907, la crise a été particulièrement intense : la panique générale, commençant par les Banques, s'est bientôt répercutée sur la plupart des entreprises métallurgiques. L'or faisait prime. Le Trésor était obligé d'émettre des bons à courte échéance pour diminuer la demande de numéraire ; dans nombre de villes les Bourses durent être fermées ; enfin, dans certains cas même, les salaires ne purent être payés en argent.

Les commandes diminuèrent à un point tel que l'industrie métallurgique se trouva dans l'obligation de réduire sa production ou de baisser ses prix. La première solution fut d'abord essayée.

La production de fonte, qui était de 25.780.000 tonnes en 1907, fut ramenée à moins de 16.000.000 de tonnes en 1908, soit une diminution de près de 50 p. c. Cette politique était préconisée par les dirigeants du Steel Trust. Mais, malgré les mesures énergiques prises, il n'a pas été possible de se soustraire complètement à la loi de l'offre et de la demande, et, aussitôt la panique arrêtée, il a été indispensable de baisser les prix pour stimuler les commandes. Dès février 1909, le président du Steel Trust déclarait le marché libre. La production de fonte remontait en même temps à 25.000.000 de tonnes pour 1909 (1).

---

(1) La baisse a été très sensible sur la plupart des produits, ainsi que le montre le tableau suivant :

Ces crises si violentes profitent d'ailleurs, ainsi qu'il était facile de le prévoir, aux compagnies les plus puissantes. C'est ainsi que celle de 1907 a permis au Steel Trust d'acquérir avec le contrôle de la Tennessee Coal and Iron Company plus de 700.000 tonnes de minerai de fer et de 2 milliards de tonnes de charbon, et d'éliminer le seul concurrent sérieux qu'il eût à craindre pour la fabrication des rails en acier Martin (les Usines de la T. C. I. peuvent produire 400.000 tonnes de rails par an).

*Le commerce extérieur.* — Les États-Unis, protégés par un tarif douanier prohibitif, possédant un territoire immense et une population augmentant rapidement, n'ont pas jusqu'ici porté leurs efforts du côté des marchés extérieurs. Ils importent du minerai de fer et même de la fonte de Chine pour les besoins de la côte du Pacifique. Les exportations oscillent pour la fonte aux environs de 3 p. c. et atteignent exceptionnellement 5 1/2 p. c. en 1910, soit une proportion à peu près égale à celle de la France, alors que l'Angleterre exporte 54 p. c. et l'Allemagne 34 p. c. de sa production.

Pour les produits finis, les États-Unis arrivent à 12 p. c. : ils sont légèrement supérieurs à la Belgique,

---

	Fonte Bessemer.	Billetes.	Poutrelles.
Décembre 1906. . .	23,75	29,50	1,83
— 1907. . .	19,34	28, »	1,85
— 1908. . .	17,40	25, »	1,75
— 1909. . .	19,90	27,50	1,75
— 1910. . .	15,90	23, »	1,40

mais ne peuvent se comparer à l'Angleterre (38 p. c.) et à l'Allemagne (32 p. c.).

Des craintes se sont pourtant élevées en Europe au sujet de l'exportation des produits métallurgiques des États-Unis. A un moment, le pays de Galles a été inondé de billettes américaines vendues au-dessous du prix de revient. Il ne semble pas que les États-Unis aient persévéré dans cet ordre d'idées, et lors de la dernière crise ils ont préféré réduire leur production dans des proportions considérables plutôt que de déverser leur trop-plein sur les marchés extérieurs. Il semble toutefois que la politique du Steel Trust se porte de ce côté, mais, même pour cette Compagnie, la partie de la production vendue à l'exportation est encore faible ; elle représente 8,2 p. c. en 1907, 12,4 p. c. en 1908, seulement 10,3 p. c. en 1909. Ces ventes sont d'ailleurs réparties plutôt sur le continent américain (Canada et Mexique), où les intérêts des États-Unis deviennent prépondérants, que sur les marchés du continent.

#### CONCLUSION.

Ainsi que nous avons essayé de le faire ressortir, les richesses naturelles des États-Unis sont considérables. Jusqu'ici exploitées sans grande économie, elles paraissent devoir suffire à la consommation pendant longtemps encore, mais le problème de la conservation des ressources naturelles se pose déjà.

La fabrication métallurgique, établie sur de grandes lignes, dispose d'un outillage mécanique admirable.

La consommation intérieure absorbe presque toute la production et jusqu'ici les États-Unis ne semblent pas s'être préoccupés très directement des marchés extérieurs en dehors du continent américain. Il n'en sera peut-être pas de même dans l'avenir.

L'esprit d'initiative des industriels américains leur permet de développer énormément leur fabrication dans les périodes de prospérité tout en supportant allègrement les crises les plus violentes.

Enfin, l'éducation technique, complétée dans les laboratoires remarquablement installés, ne le cède en rien à celle des ingénieurs du Continent ; mais signalons, en terminant, que les Universités se plaignent d'une éducation trop exclusivement professionnelle, et qu'elles espèrent obtenir un relèvement du niveau intellectuel en développant la culture générale et en revenant à l'étude du latin.

P. IWEINS,

Ingénieur civil des Mines.

---

## CHAPITRE II

### LA MÉTALLURGIE ALLEMANDE

---

Après des débuts modestes, la métallurgie allemande s'est développée avec une rapidité croissante. En 1850, la production de la fonte en Allemagne ne représentait que 8 p. c. de la production mondiale, et en 1903 elle y figurait pour 21,5 p. c., plaçant ainsi l'Allemagne au deuxième rang parmi les pays producteurs de fonte.

#### DÉVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION.

Le tableau n° 1 montre le développement de cette production comparé avec celui de la production des principaux pays industriels.

La production de l'acier est passée de 2 millions de tonnes en 1890, à 12 millions en 1907. De même, il est fait dans le tableau n° 2 une comparaison de cette production avec celle des principaux pays producteurs d'acier.

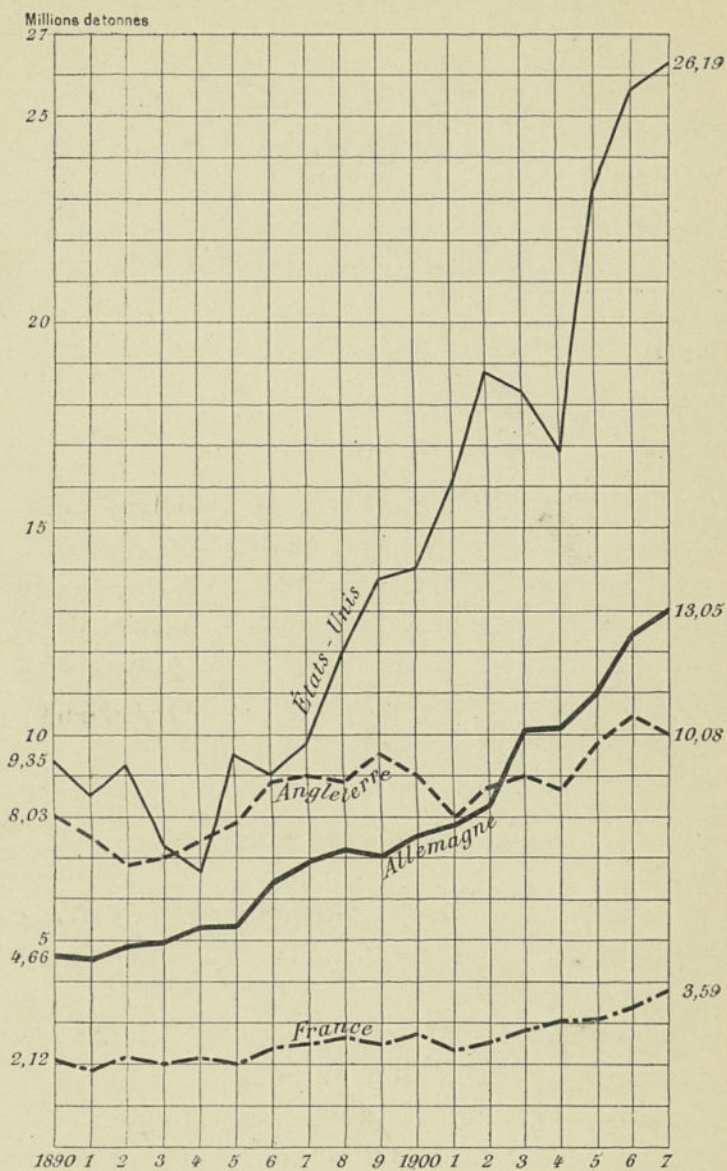


TABLEAU I. — Fonte : production comparée.

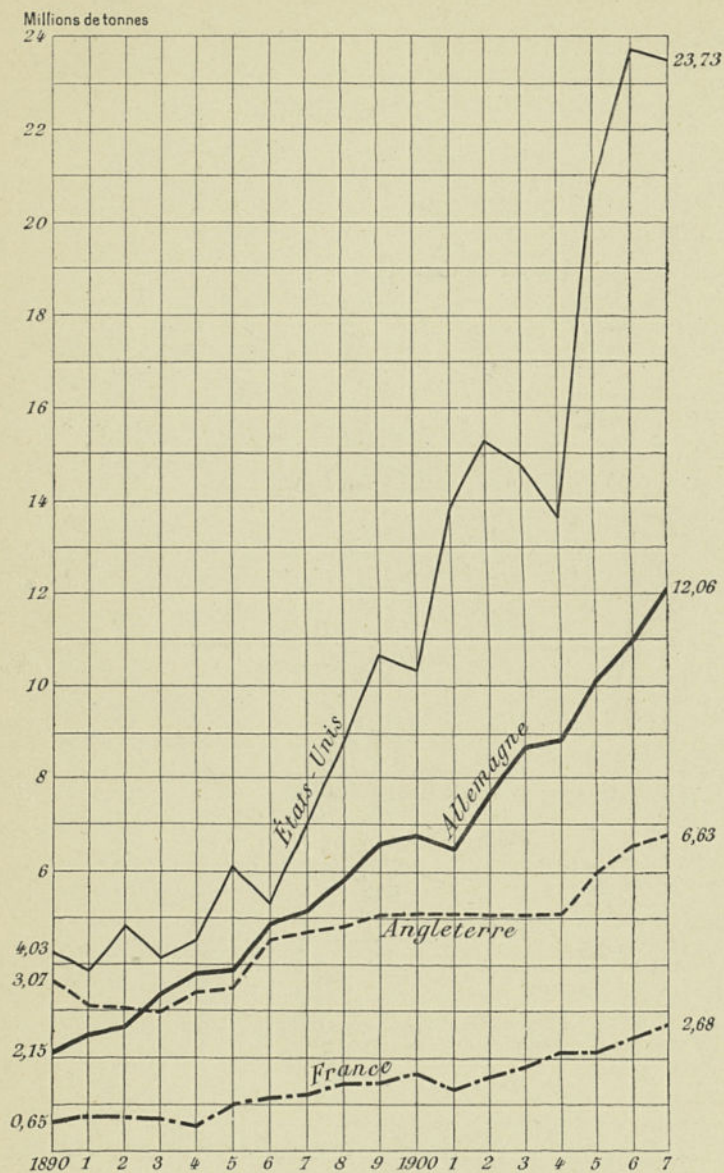


TABLEAU II. — Acier : production comparée.

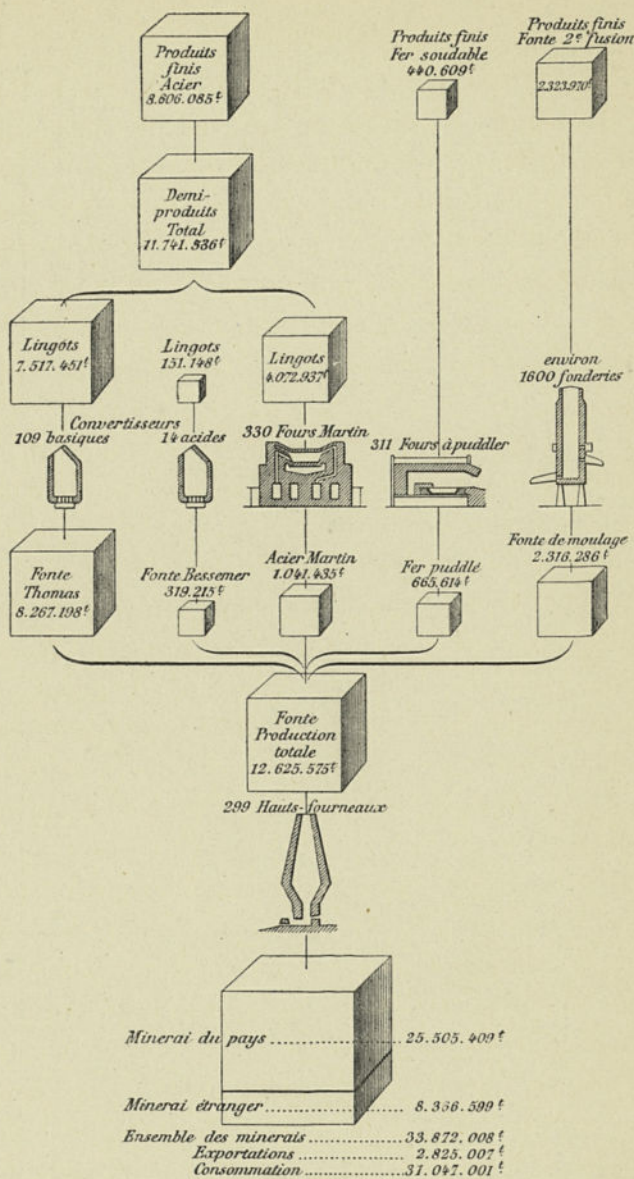


TABLEAU III. — Fonte : répartition entre les différents procédés de transformation.



Enfin, le tableau n° 3 montre la répartition de la fonte produite entre les différents procédés de transformation. Ce tableau, qui montre les productions de 1909, donne clairement les tonnages produits, tout en permettant de reconnaître à première vue dans quelles proportions la répartition de la fonte a été faite entre les divers procédés de transformation. Il n'a pas été tenu compte dans ce tableau des mitrilles employées en 1909.

Il n'est pas sans intérêt d'étudier l'historique de ce développement qui, comme nous venons de le voir par les trois tableaux précédents, s'est produit dans des conditions assez extraordinaires.

Tout d'abord, il faut reconnaître que la première impulsion en Allemagne<sup>e</sup> vient de l'étranger. Tandis que les premières inventions, le procédé de puddlage, par exemple, étaient faites en Angleterre, ce furent principalement des ingénieurs belges qui fondèrent en Allemagne les premiers grands établissements métallurgiques.

Les progrès importants qui suivirent furent amenés par la découverte d'Henry Bessemer, dont le procédé pour la fabrication de l'acier n'eut pas toutefois la même importance en Allemagne qu'en Angleterre, où les minerais non phosphoreux étaient plus abondants et d'un prix moins élevé. Ce n'est qu'après la découverte sensationnelle de l'Anglais Thomas, qui substitua le revêtement basique au revêtement acide du convertisseur Bessemer que le traitement des fontes

provenant de minerais phosphoreux put se faire au convertisseur dans des conditions avantageuses en Allemagne et que la métallurgie allemande prit son énorme accroissement.

Un autre facteur influent de cet essor fut la découverte du métallurgiste français Martin qui, en utilisant le chauffage au gaz inventé par Siemens, jeta les bases du procédé Siemens-Martin, employé pour la fabrication de plus d'un tiers de l'acier produit en Allemagne.

Il faut encore citer l'excellente impulsion donnée par les Américains du Nord qui, en perfectionnant les appareils de manutention et en spécialisant les fabrications, augmentèrent la capacité de production des usines en même temps qu'ils diminuèrent les prix de revient.

La part que l'Allemagne a prise dans le développement de sa métallurgie a aussi son importance. Citons par exemple le mélangeur de fonte, l'utilisation des gaz de haut-fourneau pour les machines à gaz, ainsi que les perfectionnements remarquables apportés dans la construction des fours à coke.

C'est de la métallurgie allemande née dans ces conditions que nous allons entretenir le lecteur en passant en revue les différents services d'une usine moderne.

#### HAUTS-FOURNEAUX.

Il y a seulement quelques années l'exploitation d'un haut-fourneau était encore limitée à la production de

la fonte ; actuellement l'utilisation des gaz pour la production de la force motrice en a augmenté l'importance de telle sorte qu'un haut-fourneau peut en outre être considéré aujourd'hui comme un producteur d'énergie pour l'usine métallurgique tout entière.

Il existe, en effet, déjà quelques usines qui ont perfectionné à un tel point l'utilisation des gaz à la production de force motrice que pour tous leurs services, fourneaux, aciéries et laminoirs, elles n'emploient pas d'autre énergie que celle provenant du gaz du gueulard.

Qu'il me soit permis, à cause de son importance pour une usine métallurgique moderne, d'examiner de plus près le développement de cette question.

L'utilisation des quantités d'énergie renfermées dans les gaz du haut-fourneau date de la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle ; c'est Faber du Faur, Conseiller des Mines à Wasseralfingen, qui les utilisa le premier. Les débuts furent très laborieux, et pendant plusieurs dizaines d'années encore on vit brûler les gaz au gueulard sans être utilisés.

Les gaz furent primitivement employés par l'intermédiaire d'appareils de récupération en briques au chauffage du vent, puis ensuite au chauffage des chaudières. Bien qu'imparfaite, cette utilisation des gaz représentait une diminution du prix de revient de la fonte de 8 à 10 pour cent environ. Le véritable développement de l'utilisation des gaz ne se produisit que lorsque la concurrence toujours plus grande poussant

de plus en plus à réduire le prix de revient, amena les industriels à employer des machines à gaz de grandes dimensions.

On crut d'abord pouvoir utiliser dans ces grands moteurs du gaz de haut-fourneau incomplètement débarrassé de ses poussières; mais l'expérience ne confirma pas cet espoir, et on fut obligé de pousser l'épuration du gaz jusqu'à ce qu'il ne contînt plus que 0,01 à 0,03 gramme de poussières par mètre cube et d'abaisser sa température à 25° C environ.

Comme les gaz de haut-fourneau renferment une quantité assez considérable de poussières et de vapeur d'eau, il est indispensable de les épurer et, par un refroidissement intensif, de les débarrasser par condensation de l'eau, qui s'évacue alors très facilement.

Dans la plupart des usines de quelque importance, l'épuration des gaz se fait en deux étapes. Dans le premier groupement d'épurateurs on les purifie jusqu'à ce qu'ils puissent servir comme gaz combustibles, en même temps qu'on les refroidit le plus possible; puis, dans un deuxième groupe d'appareils, une partie du gaz épuré est à nouveau traitée pour servir à l'alimentation des moteurs à gaz. Alors que la première épuration fournit des gaz ayant de 0,01 à 0,05 gramme de poussières par mètre cube, la deuxième épuration fournit des gaz ayant de 0,01 à 0,03 gramme de poussières par mètre cube.

L'épuration étant ainsi organisée, les appareils sont plus faciles à accoupler et à desservir que si les gaz

combustibles et ceux pour moteurs devaient être épurés séparément.

Plus spécialement pour les gaz alimentant les moteurs, les poussières qu'ils renferment après la deuxième épuration, 0,02 gramme environ par mètre cube, ne peuvent nuire à la marche des moteurs que si le gaz est humide ; elles sont sans action nuisible si le gaz est sec et bien refroidi.

On calcule aisément l'énergie contenue dans les gaz d'après la production correspondante de la fonte. Pour produire un HP dans un moteur de grandes dimensions, il faut en moyenne 2.000 à 2.500 calories. Le mètre cube de gaz de haut-fourneau fournissant en moyenne 800 à 900 calories, il faut

$$\frac{2.000 \text{ à } 2.500}{900 \text{ à } 800} = 2,2 \text{ à } 2,8 \text{ mètres cubes}$$

ou, en moyenne, 2,50 mètres cubes de gaz par HP. Les quantités de gaz obtenues sont les suivantes, déduction faite du gaz nécessaire pour le chauffage du vent :

Le haut-fourneau fournit 2.500 mètres cubes de gaz par tonne de fonte, desquels les machines soufflantes n'utilisent que la quantité nécessaire pour produire 6 HP. Chaque tonne de fonte journallement produite représente donc une production d'énergie de

$\frac{2.500}{24 \times 2,5}$ , soit 41,6 diminués de 6, soit 35 HP environ.

Pour un haut-fourneau de dimensions moyennes produisant 150 tonnes de fonte par jour, cela représente donc

une somme d'énergie donnant  $150 \times 35 = 5.250$  HP. Pour les 12 millions de tonnes que produit annuellement l'Allemagne (en 1906 et en 1907 on dépassa ce chiffre), cela fait  $\frac{12.000.000 \times 35}{360} = 1,2$  million

de chevaux constamment disponibles pour ainsi dire.

Si l'on tient compte de ce que, sans les machines à gaz, ces quantités énormes d'énergie seraient perdues, on s'explique les progrès que la métallurgie devait faire, aussitôt les moteurs à gaz mis au point.

Simultanément, à l'exemple des Américains, les perfectionnements les plus utiles étaient apportés aux appareils de manutention des matières premières.

Les installations pour la manutention du minerai diffèrent selon les circonstances. Pour les usines pouvant être desservies par des navires venant accoster leurs quais, on préfère les grues portiques « Hunt », dont les bennes, après avoir pris le minerai dans le bateau, vont le déverser à l'endroit convenable, ou bien versent ce minerai dans une trémie, d'où il est repris dans des cuves qu'un chariot amène automatiquement à l'endroit voulu pour y être déversées.

Quand le minerai arrive par chemin de fer, les wagons sont amenés au-dessus d'accumulateurs installés près des hauts-fourneaux et déchargés automatiquement ou à la main.

Les productions journalières des hauts-fourneaux ayant augmenté dans de telles proportions que les élévateurs verticaux ne pouvaient plus pourvoir à leur

alimentation, plusieurs usines ont adopté les élévateurs inclinés. Ces monte-charges, employés en premier lieu en Amérique, ont supprimé presque toute la main-d'œuvre autour du gueulard, ainsi qu'au remplissage des cuves de chargement. Ces cuves sont suspendues actuellement à un petit chariot et remplies en dessous des susdits accumulateurs pour être montées électriquement par une voie inclinée, et déversées automatiquement au gueulard, d'où un mécanisme spécial fait tomber la charge uniformément mélangée à l'intérieur du fourneau. Par l'emploi de ces élévateurs inclinés, dont les cuves de chargement contiennent jusqu'à 10 mètres cubes de matières et qui, en vingt-quatre heures, peuvent monter au gueulard d'un fourneau moderne jusqu'à 3.000 tonnes de minerai et de coke, la main-d'œuvre pour le chargement du fourneau est généralement réduite à un mécanicien pour la mise en marche du treuil principal. Tous les autres mouvements, l'accélération de la vitesse au départ du sol, sa diminution à l'approche du gueulard et l'arrêt du chariot au gueulard se font automatiquement. Les mouvements du mécanisme régulateur du gueulard ainsi que ceux des sondes servant à mesurer la hauteur des charges à l'intérieur du fourneau peuvent être commandés automatiquement également, par le mécanisme de l'élévateur. Des signaux et indicateurs tiennent le mécanicien au courant du fonctionnement des divers mécanismes ainsi que de la marche de l'alimentation du fourneau.

Les chiffres suivants montrent jusqu'à quel degré on

a pu remplacer la main-d'œuvre par des machines : en vingt années la production de l'Allemagne en fonte a monté de 3,6 millions de tonnes en 1884 à 10 millions de tonnes en 1904, soit une augmentation de 180 p. c., alors que dans cette même période le nombre des ouvriers occupés près des hauts-fourneaux n'a augmenté que de 52 p. c.

#### ACIÉRIES THOMAS.

Tandis que le procédé métallurgique, en lui-même, ne diffère guère du procédé inventé par les Anglais Thomas et Gilchrist, il faut noter dans son développement mécanique de grands progrès. Citons, par exemple, l'agrandissement de la capacité des convertisseurs, qui fut portée de 9 à 25 tonnes. Le résultat de cela fut non seulement une augmentation de la production, mais aussi une diminution des scories. De plus, avec l'emploi des grues électriques modernes, le chiffre de production des aciéries s'est encore énormément agrandi. Quelques aciéries avantageusement situées par rapport aux hauts-fourneaux arrivèrent à une diminution sensible du prix de revient par l'établissement de machines soufflantes à gaz pour le soufflage des convertisseurs. De même les mélangeurs placés à l'entrée de l'aciérie et destinés à recevoir la fonte furent sensiblement agrandis (jusqu'à 1.200 tonnes), de manière qu'il soit possible de conserver à l'état liquide toute la production de fonte d'un dimanche.



## ACIÉRIES SIEMENS-MARTIN.

Dans le but de rendre plus économique le procédé Siemens-Martin comparé au procédé Thomas et d'augmenter sa capacité de production, on s'est efforcé d'y apporter des améliorations. Tout d'abord, pour réduire les frais et épargner le temps de fusion, on introduisit la fonte dans le four Martin à l'état liquide. Afin de rendre le four Martin indépendant du haut-fourneau, on a souvent, comme dans l'aciérie Thomas, interposé entre l'aciérie et les hauts-fourneaux un mélangeur, le four Martin étant chargé au moyen de poches qui prennent la fonte au mélangeur.

On peut ajouter à la fonte liquide des mitrailles et déchets en quantité quelconque ou bien aussi n'employer que de la fonte. Pour accélérer l'élimination des diverses substances contenues dans la fonte, on ajouta pendant l'opération des minerais de fer purs dont l'oxyde est pour la plus grande partie réduit et le fer absorbé par le bain. C'est ainsi que s'est développé le procédé Siemens-Martin en fonte liquide, où la charge est seulement composée de fonte et de minerai, ce dernier étant ajouté à plusieurs reprises avec une certaine quantité de chaux. Les corps étrangers contenus dans la fonte sont alors assez rapidement éliminés, grâce à l'effet de la combustion des gaz et à l'oxygène du minerai de fer ajouté.

Ce procédé est déjà employé par un grand nombre

d'usines allemandes, et il est à prévoir qu'il se répandra encore davantage dans l'avenir. Il n'est même pas impossible que le four Martin réussisse à faire reculer le convertisseur au deuxième rang, surtout que le phosphore que l'on croyait ne pouvoir faire disparaître avantageusement que dans le convertisseur, se laisse facilement éliminer dans le four en procédant comme il est indiqué plus haut. Souvent on emploie une fonte ayant la même teneur en phosphore que celle destinée au convertisseur Thomas; on obtient alors une scorie renfermant beaucoup d'acide phosphorique et ayant, comme la scorie Thomas, une grande valeur comme engrais.

Le procédé Siemens-Martin à fonte et minerai, tel que nous venons de le décrire sommairement, ressemble beaucoup au procédé Talbot, très usité en Amérique et en Angleterre. Il diffère de ce dernier système surtout en ce que l'affinage définitif de la charge est fait non pas dans un mélangeur, mais dans un four spécial, ce qui est important pour la qualité du métal que l'on veut obtenir. Par suite du développement du procédé Siemens-Martin, la production d'acier Martin s'est accrue exceptionnellement dans les dernières années en Allemagne, comme l'indique le tableau suivant :

	Acier S. M. basique. tonnes.	Acier S. M. tonnes.	Total. tonnes.
1894. . .	899.111	161.000	1.060.211
1895. . .	1.018.807	168.000	1.186.807
1896. . .	1.292.832	184.100	1.476.932

	Acier S. M. basique. tonnes.	Acier S. M. tonnes.	Total. tonnes.
1897. . .	1.304.823	?	?
1898. . .	1.459.159	?	?
1899. . .	1.693.825	?	?
1900. . .	1 997.765	147.800	2 145.565
1901. . .	1.886.536	125.590	2.012.126
1902. . .	2.304.495	129.724	2.434.219
1903. . .	2.628.544	132.693	2.761.237
1904. . .	2 697.760	130 546	2.828.306
1905. . .	3.086.590	165.930	3.252.520
1906. . .	3.534.612	230.668	3.765.280
1907. . .	4.039.940	212.620	4 252.560
1908. . .	3.854.155	146.768	4.000.923
1909. . .	3.844.139	228.798	4.072.937

On voit qu'en Allemagne, le Luxembourg inclus, la production d'acier Siemens-Martin basique, qui n'était en 1894 que de 899.111 tonnes, a grandi rapidement jusqu'en 1907, où elle a atteint le chiffre de 4.039.940 tonnes, tandis qu'en 1908 elle était descendue à 3.854.155 tonnes par suite du ralentissement général des affaires. Il y a donc lieu de constater, par rapport à 1894, une augmentation de production de 349 p. c. en 1907, et une augmentation de 329 p. c. en 1908. Il y avait en novembre 1900, pour l'Allemagne et le Luxembourg, 218 fours Martin basiques, d'une capacité totale de 3.640 tonnes; en décembre 1909, il y avait 330 fours de 8.355 tonnes de contenance totale, ce qui représente une augmentation de 51 p. c. pour le nombre des fours et de 129 p. c. pour la capacité totale.

## ACIÉRIES ÉLECTRIQUES.

Depuis bien des années déjà on s'est efforcé, dans différents pays, d'utiliser la chaleur produite par le courant électrique, dans la fabrication du fer et des aciers. Dans ce nouveau domaine de la métallurgie, on a fait, dans les derniers temps, de tels progrès que, depuis, le four électrique est sorti de la période des essais et qu'il s'est fait déjà maintenant dans l'industrie sidérurgique une place remarquable. Pour arriver à l'utilisation du courant dans cette méthode de fabrication, il a été créé un grand nombre de systèmes de fours électriques dont certains types ont été reconnus d'une application aisée et avantageuse dans la pratique.

La façon dont l'énergie électrique est transformée en calories a servi à classer les fours électriques en deux groupes principaux : 1° fours à arc électrique et 2° fours à induction. Dans la première catégorie la chaleur est produite directement par l'arc électrique ; dans la seconde il se forme par induction, dans la masse de métal à fondre, des courants alternatifs qui amènent le métal au point de fusion.

Nous irions trop loin si nous voulions entrer ici dans le détail des différents systèmes, quant aux avantages ou aux inconvénients de chacun ; le domaine de l'emploi du four électrique est aujourd'hui déjà tellement étendu que, par exemple, un système

qui ne se prêterait guère au traitement de grandes quantités de fer à moitié raffiné, peut être pratique pour de petites fonderies ou d'autres usages.

D'après une statistique du *Verein Deutscher Eisen- und Stahlindustrieller*, il a été produit en 1908 19.536 tonnes d'acier électrique.

Le travail le plus important effectué au four électrique consiste dans la fabrication de l'acier de qualité. Dans cette fabrication le four électrique est devenu un concurrent sérieux du procédé au creuset, qui est lui-même assez coûteux ; et cela surtout grâce au fait que le four électrique fournit de plus grandes quantités de métal de qualité bien homogène, indépendamment de la pureté de la charge à affiner. Le four électrique travaille en outre à meilleur marché, et on peut y produire avec plus de sûreté un métal de composition chimique demandée, puisque l'on peut pendant tout le temps de fusion, faire des additions de toute nature. Cette fabrication d'acier de qualité, au moyen de mitrilles et de métal impur, restera dans l'avenir la spécialité du four électrique, ainsi que la fabrication de toutes sortes d'aciers spéciaux.

Depuis quelque temps cependant, on est déjà allé plus loin en utilisant le four électrique pour la production d'aciers de moindre qualité. Au four électrique on peut notamment, sans grands frais, affiner plus avant le matériel obtenu par les procédés ordinaires décrits précédemment. Dans ce but on ne travaille pas avec une charge froide, mais avec une

charge liquide provenant de fours Siemens-Martin ou bien de convertisseurs Thomas. De cette façon seulement, il est possible qu'une faible quantité d'énergie électrique soit consommée. Comme les deux procédés (S.-M. et Thomas) ne permettent pas l'élimination absolue du soufre (ceci en partant de minerais à bon marché), l'avantage d'un second affinage au four électrique est évident.

Il est donc toujours possible de produire, au moyen de ce four et avec des matières premières à bon marché, un métal de toute première qualité et de grande valeur. L'importance qui résulte de tout ceci, c'est que, probablement, l'Allemagne pourra éviter l'importation de fers de qualité étrangers, des fers suédois en particulier, ce qui, au point de vue national, semble très désirable. Le four électrique est encore souvent employé à la production d'acier coulé : il est à prévoir qu'il s'introduira dans les petites fonderies comme un appareil de fusion très commode, et notamment là où les commandes ne sont pas suffisantes pour alimenter continuellement un four Martin ou un convertisseur.

#### LAMINOIRS.

La science technique moderne des laminoirs peut s'enorgueillir des progrès réalisés dans l'accélération de plus en plus grande du travail de laminage. Il en est résulté une réduction du prix de revient non seu-

lement à cause de l'augmentation de la production, mais aussi par suite de la meilleure utilisation de la chaleur des lingots. De même est-on arrivé à de grands progrès en spécialisant les programmes de travail des différents trains de laminoirs. C'est principalement la maison américaine Morgan, de Worcester, qui s'est acquis le plus grand renom en créant ses trains de laminoirs continus pour demi-produits, fils de fer, etc. Ses installations sont considérées comme de véritables modèles du genre.

Nous irions trop loin si nous voulions entrer ici dans les détails. Que l'attention soit seulement attirée sur le grand rôle que l'électricité joue dans les laminoirs modernes comme force motrice. Tandis qu'autrefois on employait les moteurs électriques pour de petits trains, on tend aujourd'hui à électrifier même les plus grands laminoirs. Une nouvelle usine allemande, actuellement en construction, n'aura que des trains actionnés électriquement.

Quoiqu'une note aussi brève que celle que nous présentons au lecteur ne puisse prétendre épuiser, même dans ses grandes lignes, le vaste sujet des progrès de la sidérurgie de toute une nation, elle permet cependant de jeter un coup d'œil dans le domaine intéressant et formidable de la technique et de se rendre compte des résultats ayant pu parfois faire changer les conditions d'existence d'un pays tout entier.

Ainsi, le génie de l'ingénieur américain qui sut construire des machines remplaçant l'ouvrier, permit

de soutenir la concurrence européenne tout en ne disposant que d'une main-d'œuvre excessivement coûteuse. D'autre part, en Europe, et principalement en Allemagne, l'ingénieur sut encore, par la construction des machines à gaz, rétablir l'équilibre au détriment de la métallurgie américaine, qui travaillait à meilleur compte, grâce au prix de ses combustibles.

Comme, il y a quelques années encore, on qualifiait, à cause de ses techniciens, l'Amérique de « pays aux possibilités illimitées », il nous paraîtrait illogique de lui réserver actuellement cette appellation si flatteuse et de ne pas la généraliser en l'appliquant à tous les pays industriels où triomphe la technique moderne.

FRTZ THYSSEN.



### CHAPITRE III

## LA MÉTALLURGIE EN GRANDE-BRETAGNE

---

Les premiers débuts de l'histoire de la sidérurgie en Grande-Bretagne sont naturellement obscurs et incomplets ; toutefois, cette industrie remonte certainement à au moins deux mille ans.

Il n'y a guère de doute que les anciens Bretons aient fabriqué du fer en quantité considérable pour en faire des armes ; ils devaient utiliser à cet effet des minerais indigènes, surtout ceux provenant du Sussex, qu'ils réduisaient dans des fours au charbon de bois.

Si nous remontons au milieu du premier siècle de notre ère, nous voyons que les Bretons, sous leur reine guerrière Boadicea, vainquirent les légions romaines dans trois batailles rangées : à Colchester, à Saint-Albans et à Londres. L'historien romain Tacite estime à environ 70.000 hommes les pertes des Romains et de leurs alliés, tandis que dans les batailles postérieures, qui se terminèrent par la défaite et la mort de Boadicea, on assure que les Anglais virent tomber

80.000 des leurs. L'héroïque reine n'aurait pu faire face à ces opérations militaires importantes si elle n'avait eu sous ses ordres des dizaines de milliers de soldats bien armés, et on ne voit guère de raison de douter que leurs armes redoutables en fer et en acier, telles que les grandes faux attachées à l'essieu de leurs chariots de guerre, n'aient été toutes de fabrication indigène. Celui qui, pour étudier la question, compulse des relations historiques plus récentes et d'une authenticité absolue, en est réduit à l'examen minutieux de rapports concis ou de simples mentions, faits soit par des moines dans les monastères, soit par des auteurs laïcs, soit même par des poètes. On possède un document historique prouvant qu'en 1160 les moines de l'abbaye de Kirkstead, dans le Yorkshire méridional, possédaient (à cette époque) des usines métallurgiques importantes à Kimberworth, près de Sheffield, à la limite du Yorkshire méridional et du Derbyshire septentrional. Ces anciens religieux avaient deux usines pour fondre le minerai et deux pour obtenir le fer en barres. Il est certain que la fusion s'effectuait dans des fours au charbon de bois, tandis que le martelage se faisait à l'aide de machines hydrauliques analogues à celles encore en usage actuellement dans les environs de Sheffield. Ce fut ainsi que l'art de travailler le fer se répandit dans le Sud-Yorkshire ; il rayonna certainement aussi d'autres centres monastiques ; il devait se borner à la production de fer plus ou moins exempt de carbone, et en conséquence de

fer doux forgé, d'un emploi déjà considérable en temps de paix, mais peut-être plus important encore en temps de guerre, pour la fabrication des armes et des cottes de mailles ; ces dernières semblent avoir été considérées comme convenant simplement aux troupes de cavalerie ou hommes d'armes de cette époque. L'armure d'acier des chevaliers (les héros plus ou moins chevaleresques d'alors) était surtout fabriquée sur le continent, notamment à Milan et à Tolède.

Dans son immortel roman *Ivanhoe*, Walter Scott, décrivant le siège d'un château moyenâgeux situé dans le Yorkshire méridional, dépeint ainsi un incident probablement imaginaire du fameux archer proscrit Robin Hood, parfois appelé Locksley, essayant la puissance de ses flèches contre l'armure d'un chevalier normand : « Par trois fois Locksley ajusta De Bracy et par trois fois sa flèche rebondit sur l'armure impénétrable du chevalier. Maudite soit la cotte en acier espagnol ! dit Locksley ; si elle eût été de fabrication anglaise, ces flèches l'auraient transpercée comme de la soie ou du camelot. »

#### CONCENTRATION DE LA PRODUCTION.

Dans l'Angleterre d'aujourd'hui, la ville de Middlesborough, du Yorkshire septentrional, est parfois appelée la « Cité du fer », tandis que, dans l'extrême-sud de ce même comté, Sheffield a conquis le titre de « Cité de l'acier ». Middlesborough doit surtout sa pré-

pondérance dans l'industrie de la fonte, aux minerais de fer phosphoreux situés dans ses environs ; mais la situation de Sheffield est intéressante et même paradoxale, vu qu'il n'existe pas, dans son voisinage, de minerai produisant un bon acier par le procédé acide surtout employé dans ce district. La seule raison de ce phénomène est que la renommée de l'acier de Sheffield s'était étendue jusqu'à Londres il y a plus de cinq cents ans.

En 1386, le grand poète anglais Chaucer, décrivant dans son *Reve's Tale* un meunier de l'époque d'Édouard III, dit : « Il portait sur lui un couteau de poche de Sheffield. »

Cette concentration de l'industrie de l'acier à Sheffield est un fait unique dans l'histoire mondiale ; elle est surtout due à la situation topographique de cette ville, située dans une vallée entourée de collines qui donnent naissance à cinq petites rivières fournissant à bon compte la force hydraulique nécessaire au forgeage du fer ; mais le fer, travaillé, il y a des siècles, par les précurseurs de l'industrie métallurgique moderne et transformé par eux en acier dont on faisait finalement des couteaux, des ciseaux et des rasoirs, provenait du continent et était importé de Russie, Styrie, Danemark et Suède, par le port de Hull. On a découvert une pétition datant de 1442 et réclamant la construction, sur les bords du Don, de chemins de halage pour le transport du précieux métal. Nous possédons encore actuellement, dans les archives,

des documents mentionnant l'achat en 1557, à Sheffield, de fer danois et espagnol. Cent livres de fer espagnol valaient 14/, tandis que le prix du fer danois ou suédois était de 12/ les cent livres.

Jusqu'en 1740, l'acier fabriqué dans ce district et, dans une certaine mesure, à Newcastle, Birmingham et Londres, est forgé ; mais, à cette époque, Benjamin Huntsman découvrit et développa le procédé de l'acier au creuset dont la fabrication indigène est concentrée à Sheffield, à l'exception d'une usine à Manchester. Sheffield compte 135 firmes faisant l'acier au creuset et, malgré les difficultés d'une statistique absolument exacte de la production, celle-ci se chiffre probablement pour le Sud-Yorkshire entre 50.000 et 60.000 tonnes par an ; environ 10 p. c. se composent de ces alliages d'un prix élevé, connus sous le nom d'aciers à coupe rapide, dont la valeur varie de 1/3 à 4/6 la livre. On rapporte qu'en 1750 la quantité de fer travaillé à Sheffield était de 12.000 tonnes, dont 4.000 provenaient de Suède. En 1861, l'importation de fer en barres suédois avait atteint 35.500 tonnes.

Vers 1860, l'invention du procédé Bessemer créa à Sheffield cette industrie appelée aujourd'hui des lourdes pièces pour la distinguer des produits légers de coutellerie. Par la suite, la méthode Siemens-Martin s'imposa, et aujourd'hui Sheffield occupe une situation unique ; c'est la fabrique d'armes la plus colossale que le monde ait jamais connue. L'Angleterre possède cinq firmes qui fabriquent des armes et des navires de

guerre : trois sont établies à Sheffield, ayant sur la côte leurs chantiers navals.

Comme il fallait s'y attendre dans un pays maritime dont l'existence même repose sur la maîtrise de l'Océan, la métallurgie anglaise du fer et de l'acier s'est considérablement développée de manière à produire rapidement un grand nombre de vaisseaux de guerre avec leur blindage, leurs canons, leurs munitions et leurs énormes machines de propulsion. Ces cinq grandes raisons sociales, qui ne construisent pas seulement les navires, mais qui fabriquent aussi les produits métallurgiques nécessaires à leur armement et à leur équipement, sont : Beardmores de Glasgow, sur la Clyde, en Écosse ; John Brown et C<sup>ie</sup> de Sheffield et Clydebank ; Cammel, Laird et C<sup>ie</sup> de Sheffield et Birkenhead, sur la Mersey ; Vickers de Sheffield et Vickerstown Barrow et Whitworth Armstrong et C<sup>ie</sup> de Manchester et Elswyck, sur la Tyne.

La merveilleuse transformation de la société Parkgate et C<sup>ie</sup>, dans le Yorkshire méridional, nous offre un bel exemple de la transition de l'âge du fer à celui de l'acier ; c'est dans ses usines que fut laminée, vers 1860, la première plaque de blindage en fer. L'introduction de l'acier amena cette société à abandonner complètement, en 1888, la production du fer forgé ; aujourd'hui, elle a disposé le long d'un seul quai une magnifique batterie comprenant un mélangeur de 200 tonnes, 8 fours de 40 tonnes et un de 60, le tout pour fabriquer l'acier Siemens. Pour donner une idée de

l'importance et de la variété des opérations effectuées par diverses firmes britanniques s'occupant de la métallurgie du fer et de l'acier, nous avons inséré l'extrait suivant du guide-manuel remis à l'association britannique, au cours de sa visite à Sheffield, en 1910 ; il se rapporte à la société anonyme Cammell, Laird et C<sup>ie</sup>, Ltd.

« Feu la reine Victoria visita les Cyclops Works, à l'occasion de son voyage à Sheffield, pour inaugurer le nouvel Hôtel de Ville. La Société possède actuellement la haute direction centrale d'une entreprise considérable comprenant ce qui suit :

Cyclops Steel and Iron Works, à Sheffield, avec divisions fabriquant : blindages, protecteurs à l'épreuve des balles, plaques pour torpilleurs et destroyers, objets en acier forgé, essieux pour matériel de chemins de fer, aciers pour outils de tout genre, fils et autres produits en acier léger.

Grimesthorpe Works, Sheffield : forges et fonderies d'acier lourd pour la marine, travaux généraux et électriques, forges de canons, bandages de roues en acier, amarres, projectiles, etc.

Yorkshire Steel and Iron Works, à Penistone : rails en acier, bandages de roues, essieux, forges, billes et barres.

Derwent Iron and Steel Works, à Workington : trois hauts-fourneaux.

Solvay Iron Works, à Maryport : trois hauts-fourneaux.

Mowbray, Park House and Frizington Parks Hematite Iron Ore Mines, Cumberland.

New Oaks Collieries, Barnsley.

Shipbuilding and Engineering Works, Birkenhead. »

Les fabriques d'armes de Coventry étaient, jusqu'en ces derniers temps, une filiale de MM. Cammel Laird et C<sup>ie</sup> ; mais en 1905 la moitié des actions y était acquise par la Société anonyme John Brown et C<sup>ie</sup> et elle porte actuellement la dénomination de Coventry Ordnance Works, Ltd.

On se fera une idée de l'importance croissante de ces établissements quand on saura que ces usines couvrent plus de 250 acres, emploient un personnel supérieur à 15.000 personnes et que la production annuelle d'acier dépasse 600.000 tonnes. Constatons également, d'après ce qui précède, que la variété des produits d'acier de ces usines est très considérable et répond à toutes les exigences des ingénieurs civils et mécaniciens, navals et militaires, depuis le fil le plus fin jusqu'au navire de guerre le plus grand.

#### ACCROISSEMENT DE LA PRODUCTION.

Nous avons réuni dans le tableau suivant la production totale en fonte, acier Siemens-Martin et Bessemer du Royaume-Uni au cours de ces trente dernières années.



FONTE ET ACIER. — *Production du Royaume-Uni.*(Statistique de la *British Iron Trade Association.*)

Années.	Tonnes de fonte.	Tonnes d'acier Siemens-Martin.	Tonnes d'acier Bessemer.
1880. . .	7.749.233	251.000	1.044.382
1881. . .	8.144.449	338.000	1.441.719
1882. . .	8.586.680	436.000	1.673.649
1883. . .	8.529.300	455.000	1.553.380
1884. . .	7.811.727	475.250	1.299.676
1885. . .	7.415.469	583.918	1.304.127
1886. . .	7.009.754	694.150	1.570.520
1887. . .	7.559.518	981.104	2.064.403
1888. . .	7.998.969	1.292.742	2.012.794
1889. . .	8.322.824	1.429.169	2.140.791
1890. . .	7.904.214	1.564.200	2.014.843
1891. . .	7.406.064	1.514.538	1.642.005
1892. . .	6.709.255	1.418.830	1.500.810
1893. . .	6.976.990	1.456.325	1.493.454
1894. . .	7.427.342	1.575.318	1.535.384
1895. . .	7.703.459	1.724.737	1.535.225
1896. . .	8.659.681	2.317.555	1.815.842
1897. . .	8.796.465	2.601.806	1.884.155
1898. . .	8.609.719	2.806.600	1.759.386
1899. . .	9.421.435	3.030.251	1.825.074
1900. . .	8.959.691	3.156.050	1.745.004
1901. . .	7.928.647	3.290.791	1.606.253
1902. . .	8.679.535	3.083.288	1.825.779
1903. . .	8.935.063	3.124.083	1.910.018
1904. . .	8.693.650	3.245.346	1.781.533
1905. . .	9.608.086	3.838.072	1.974.210
1906. . .	10.183.860	4.554.936	1.907.338
1907. . .	10.114.281	4.663.489	1.859.259
1908. . .	9.289.840	3.817.103	1.478.539
1909. . .	9.664.287	4.148.408	1.733.220

Remarquons que la production la plus faible eut

lieu en 1892 quand on fabriqua moins de 7.000.000 de tonnes de fonte, et la plus forte en 1906 quand on produisit plus de 10.000.000 de tonnes de fonte. Constata-tions aussi que le procédé Bessemer atteignit son apogée en 1887. Cette année on fabriqua plus de 2.000.000 de tonnes de cet acier Bessemer, tandis que le total du Siemens-Martin n'atteignait pas 1.000.000 de tonnes ; en 1909, les proportions sont changées ; nous enregistrons 1 1/3 million de tonnes pour le Bessemer et 4 1/2 millions de tonnes pour le Siemens-Martin.

Il y a maintenant en Angleterre 109 usines fabriquant de l'acier Siemens-Martin ; ensemble elles disposent de 550 fours ; leur capacité de production dépasse cinq millions de tonnes par an.

Les vastes fours basés sur le système continu de Talbot sont en progrès marqué en Grande-Bretagne ; actuellement il y en a dix en activité : un dans le sud du pays de Galles, deux dans le Lincolnshire et sept sur la côte nord-ouest d'Angleterre. La production annuelle d'un four moyen Siemens-Martin anglais dépasse 20.000 tonnes ; soit quatre fois autant qu'il y a vingt ans.

Le tableau ci-joint mentionne les endroits où on fabrique la fonte anglaise ; notons que le district de Middlesborough, dans le Yorkshire septentrional, a de loin la plus forte production, voisine de 2 1/2 millions de tonnes en 1909.

FONTE. — *Production du Royaume-Uni en 1909.*(D'après *Mines and Quarries*, Home Office. Report, 1909. part. III.)

<i>Angleterre.</i>	Tonnes.
Cumberland . . . . .	722.869
Derby et Nottingham . . . . .	645.660
Durham . . . . .	1.112.640
Lancaster . . . . .	516.159
Leicester et Lincoln . . . . .	475.091
Northampton . . . . .	315.066
Salop et Staffordshire . . . . .	334.723
Worcester . . . . .	51.574
Yorkshire, North Riding . . . . .	2.437.464
Yorkshire, West Riding . . . . .	292.274
	<hr/>
	7 334.351
 <i>Écosse.</i>	
Ayr . . . . .	413.742
Lanark et Stirling . . . . .	963.505
	<hr/>
	1.377.247
 <i>Pays de Galles.</i>	
Denbigh et Flint . . . . .	77.478
Glamorgan (y compris Monmouth). . . . .	742.911
	<hr/>
	820.389
	<hr/>
Total général. . . . .	9.531.987

Feu le Dr Clifton Sorby, qui étudia en 1855 l'origine géologique des collines du Cleveland où on trouve des minerais de fer, a montré que ces dépôts étaient constitués primitivement par du carbonate de chaux qui a été peu à peu remplacé par du carbonate de fer provenant d'assises juxtaposées. On utilise principalement le minerai de Middlesborough pour produire la fonte destinée à être convertie en acier par le procédé basi-

que, tandis que c'est le minerai du Cumberland et du nord-ouest du Lancashire qui est utilisé pour produire l'acier par le procédé acide. Ce dernier minerai est composé d'hématite très riche, qu'on rencontre en poches considérables dans les roches calcaires du district ; toutefois n'oublions pas qu'en 1909 la production en fonte du district de Cumberland était inférieure à  $3/4$  de million de tonnes. Remarquons aussi que, quoique Sheffield soit le grand centre de production du Yorkshire occidental, tout ce canton de l'ouest ne fournit pas même en tout 300.000 tonnes de fonte. Le transport de la fonte d'ici à Sheffield et le retour de l'acier fini occasionnaient des frais si considérables, que vers 1880 on renonça à manufacturer des rails à Sheffield et on transporta cette fabrication à la côte. Actuellement on ne fabrique plus un seul rail à Sheffield, alors qu'en 1879 la société anonyme Brown, Bayley et Dixon a établi le record mondial de l'époque en laminant près de 2.000 tonnes de rails en une semaine.

La Grande-Bretagne n'occupe actuellement que la troisième place parmi les pays producteurs de fer et d'acier, et il est intéressant de constater que ce sont les progrès dus aux inventions britanniques qui ont amené ce résultat. Quand feu Sydney Gilchrist Thomas compléta le procédé basique, son invention profita plus à l'Allemagne et à l'Amérique qu'à sa propre patrie ; car il permit d'utiliser pour la fabrication de l'acier les minerais basiques allemands, ce qui mit

très rapidement l'empire germanique au second rang des nations métallurgiques. Mais par suite de sa mort prématurée, à l'âge de 34 ans, l'inventeur ne toucha de l'Allemagne aucune redevance financière.

Les procédés métallurgiques développèrent la fabrication d'acier très résistant, introduit dans le commerce à Sheffield en 1870 ; il en résulta une révolution dans cette industrie ; un exemple en fera bien saisir toute l'importance : le meilleur outil travaillant au tour en bon acier de 1870 était hors d'usage après avoir enlevé environ 15 pouces cubes de métal, tandis que l'acier moderne à coupe rapide n'enlève pas moins de 217 pouces cubes avant de s'arrêter.

#### ENSEIGNEMENT MÉTALLURGIQUE.

Le développement de l'enseignement scientifique est très intéressant à étudier au point de vue métallurgique. Le centre de cet enseignement est l'Université de Sheffield, qui possède les aciéries d'essai les plus complètes du monde ; elles se composent de fours à coke, de creusets au gaz et de fours Siemens, d'un matériel Bessemer avec machine soufflante de Tropena, un marteau pneumatique électrique de 7 cwt., une coupole de 36 pouces, un four pour manipulation à haute température, un atelier de trempe, un laboratoire d'essai de résistance au choc et à la traction et enfin un four électrique de 120 chevaux pouvant fondre environ 300 livres d'acier. L'ensemble de

ces opérations est exécuté dans ce laboratoire en employant les meilleurs instruments de précision existants, conformes aux derniers progrès scientifiques.

Rappelons que la métallographie a été inventée à Sheffield en 1863, par feu le D<sup>r</sup> Clifton Sorby, et que ses premières coupes, si parfaites, sont encore en usage dans le laboratoire micrographique de l'Université de cette ville. Depuis 1889, l'œuvre du D<sup>r</sup> Sorby n'a cessé d'être poursuivie dans l'établissement devenu l'Université de Sheffield, où furent découverts les neuf microconstituants de l'acier dont plus personne ne conteste l'existence.

Par ordre du Roi, l'Université de Sheffield est, concurremment avec l'École royale des mines du Collège impérial des sciences, chargée de l'enseignement approfondi de la métallurgie du fer et de l'acier ; voici les décisions prises à la fois par les directeurs du Collège impérial et par l'Université :

« Les étudiants du Collège qui se préparent à obtenir le grade d'associé en métallurgie de l'École royale des mines et qui désirent pendant leur 5<sup>me</sup> année se spécialiser dans cette branche peuvent dans ce but, et en se soumettant au règlement ci-dessous, suivre les cours de métallurgie de l'Université de Sheffield pendant ladite année,

« 1° La demande doit être faite et approuvée par les directeurs du Collège impérial.

« 2° Le candidat doit prouver aux autorités du Col-

lège impérial, par examen ou autrement, qu'il est à même de suivre avec fruit un tel cours.

« 3° Le cycle d'étude à suivre dans ces conditions doit être approuvé par les directeurs avant le commencement de la 5<sup>me</sup> année.

« 4° Le candidat doit payer le minerval aux autorités de l'Université de Sheffield.

« 5° Il doit suivre ce cours à la section métallurgique de l'Université de Sheffield, et se présenter lui-même, à la fin du cours, à l'examen que fait passer le professeur de métallurgie au Collège impérial des sciences et de technologie et le professeur de métallurgie à l'Université de Sheffield ; il doit obtenir un certificat constatant qu'il a subi cet examen à la place de celui de 5<sup>me</sup> année pour le diplôme de l'École royale des Mines tel qu'il est donné au Collège impérial. »

L'Université de Sheffield a créé, il y a quelques années, en plus du grade d'associé en métallurgie du fer et de l'acier, les nouveaux titres de Docteur, Maître et Bachelier en métallurgie ou, en abrégé : D. Met., M. Met. et B. Met. Actuellement, environ 30 gradés et 70 associés en métallurgie figurent sur les registres de l'Université.

#### CONCLUSION.

Concluons, en remarquant que l'homme moyen ne se rend que très imparfaitement compte de l'importance majeure pour l'humanité de la métallurgie du

fer et de l'acier. Si on émettait la proposition que le plus grand agent de civilisation que le monde ait connu est l'acier, ecclésiastiques et hommes d'État, artistes et jurisconsultes, écrivains et cordonniers se bousculeraient dans leur hâte de prouver l'absurdité d'une telle affirmation. Et pourtant, supprimez du monde cet alliage de fer qu'on appelle acier, et en moins d'un siècle l'humanité fera un formidable bond en arrière. Imaginez cette planète sans acier ni fer, et vous aurez un monde sans chemins de fer ni bateaux à vapeur, sans grands ponts et enfin sans machines, en un mot, incapable de fabriquer ces mille et une choses qui constituent les nécessités de la civilisation moderne.

J. O. ARNOLD,

Professeur à l'Université de Sheffield.

---



## CHAPITRE IV

# LA MÉTALLURGIE FRANÇAISE

### RÉGION DU CENTRE ET BASSIN DE LA LOIRE

---

#### LES ÉTABLISSEMENTS DU CENTRE AU SIÈCLE DERNIER.

Les établissements métallurgiques du Centre de la France formant la région du Creusot et du Bourbonnais, et spécialement ceux de la région de Saint-Étienne, ont pris dans le développement de la sidérurgie au siècle dernier une part importante, qui a été en quelque sorte prédominante dans cette période de cinquante années qui s'est écoulée de 1835 à 1885.

D'abord producteurs de fer puddlé, puis de métal fondu, ils ont été les facteurs principaux des transformations profondes qu'ont éprouvées, au cours de cette période, les procédés de production de métal, et grâce auxquels s'est opérée cette révolution qui a imprimé à l'industrie tout entière l'essor merveilleux qu'elle a pris à cette époque.

C'est que le métal est bien l'outil par excellence auquel l'industrie doit nécessairement recourir, et, lorsqu'il est possible de l'obtenir facilement à bas prix, elle y trouve aussitôt le point de départ d'applications nouvelles dont la répercussion s'étend à l'infini jusque sur les matières les plus indifférentes en apparence aux questions de métallurgie pure.

L'application du laminoir à la préparation des barres en fer puddlé est venue vers 1830 décupler la production de l'ancienne sidérurgie, qui ne connaissait que le fer au bois, péniblement façonné au martinet hydraulique; mais l'apparition de l'acier fondu, obtenu dans la cornue Bessemer, vers 1865, a eu pour effet de multiplier encore davantage la puissance de production de la sidérurgie, et de mettre à la disposition de l'industrie un métal homogène, doué de qualités entièrement nouvelles, que le fer puddlé ne connaissait pas.

On peut dire à bien des égards que cette fabrication, par voie de fusion, ouvrait dans l'histoire de l'humanité un âge nouveau avec le métal qu'elle avait ainsi créé; c'était, en effet, l'âge de l'acier qui venait se substituer à l'âge du fer.

Le métal fondu a permis aux chemins de fer de prendre leur prodigieux développement en mettant à leur disposition, et à bas prix, des rails qui allaient en quelque sorte durer indéfiniment, tandis que les rails en fer soudé ne savaient résister à l'usure, et se détruisaient au bout de quelques années seulement.

Autrement, en effet, la production des établissements alors existants aurait été absorbée par le simple travail de remplacement des lignes déjà construites.

Toutes les industries qui appliquent le métal, comme les constructions diverses et la mécanique proprement dite, pourraient donner lieu à une observation analogue, car toutes, en effet, ont pris leur expansion à la même époque, lorsque la sidérurgie a pu mettre à leur disposition des métaux doués de ces qualités diverses de dureté, de malléabilité, de résistance et d'homogénéité exigées par les applications multiples qu'elles avaient en vue.

L'histoire de la sidérurgie, au siècle dernier, vient ainsi éclaircir, comme on voit, celle des progrès de l'industrie en général, dont elle fournit souvent l'explication. Pour en revenir à ce qui concerne spécialement les établissements métallurgiques du centre de la France, nous pouvons dire qu'ils ont été les facteurs principaux des transformations multiples que la métallurgie a subies, et, à ce titre, leur histoire se confond avec la sienne.

La grande expansion qu'elle a reçue, au cours de cette période de 1830 à 1880, ce sont eux qui la lui ont assurée ; ils ont su, en effet, créer l'outillage nécessaire et appliquer les méthodes appropriées, pour satisfaire aux demandes d'une consommation toujours croissante. Ils étaient alors pour ainsi dire les seuls producteurs de tous les produits d'usage courant, des barres et profilés de tous les types, des tôles de construction,

des tôles de chaudières et spécialement des rails de chemins de fer dont l'usage se développait tous les jours davantage.

#### RÉDUCTION DE FABRICATION DES PRODUITS COMMERCIAUX.

Cette suprématie presque exclusive se maintint jusqu'au moment où se créèrent des établissements nouveaux, situés en dehors du centre du pays, plus rapprochés des côtes maritimes, ce qui leur permettait de recevoir par voie de mer les matières premières nécessaires, minerais d'Algérie et d'Espagne, et quelquefois aussi le charbon. C'est l'idée qui inspira la création des usines de Bessèges, de Beaucaire, dans le Sud-Est, du Boucau dans le Sud-Ouest, de Trignac à l'embouchure de la Loire, d'Isbergues dans le Pas-de-Calais, en même temps que certaines usines du Nord, comme Denain, prenaient de leur côté un développement considérable. Il en résulte que, vers 1885, pour la fabrication des rails par exemple, la puissance de production annuelle des forges françaises se trouve plus que doublée, et portée de 200.000 à 500.000 tonnes par la création de ces usines nouvelles, qui prenaient une place prédominante à côté des anciennes forges du Centre.

La suprématie que celles-ci avaient conservée jusqu'à se trouva en outre définitivement compromise par l'extension que prit vers cette époque le procédé de déphosphoration imaginé en 1875 par Thomas et Gilchrist. L'invention de ce procédé devait avoir, en effet,

les conséquences les plus graves pour les établissements du Centre, car, en permettant l'utilisation des minerais phosphoreux dédaignés jusque-là, elle allait provoquer une véritable émigration de la métallurgie vers la région de l'Est, qui renferme, comme on sait, des gisements particulièrement abondants de ces minerais. Cette région est même considérée aujourd'hui comme étant la plus riche de toutes, et elle est véritablement la réserve de l'avenir. Aussi voit-elle se créer tous les jours des exploitations minières et métallurgiques pour l'extraction de ce minerai, qu'elles traitent ensuite dans de grands hauts-fourneaux et dans des aciéries à grande production, pourvues de tous les perfectionnements modernes. Et c'est ainsi que les établissements du Centre ont vu s'échapper peu à peu cette fabrication des produits commerciaux qu'ils avaient créée cinquante ans auparavant et dont ils étaient impuissants à retenir le monopole.

Les rails et profilés divers, puis les tôles de construction et même aujourd'hui les tôles en acier à haute résistance, ont émigré vers les régions du Nord ou de l'Est, où ils sont fabriqués maintenant avec les fontes phosphoreuses, traitées d'après la méthode basique. Les hauts-fourneaux du Centre se sont éteints graduellement et, pour de nombreuses applications, les forges qu'ils alimentaient emploient aujourd'hui le métal de l'Est, qui vient s'y faire traiter à l'état de gueuses en fonte ou, plus fréquemment, de lingots d'aciers plus ou moins façonnés.

La plupart des Sociétés propriétaires d'établissements du Centre, comprenant qu'il y avait là une poussée irrésistible contre laquelle il serait vain de lutter, se sont décidées à s'y associer, en créant ou développant pour leur part dans l'Est ou dans le Nord des établissements nouveaux, dans lesquels elles ont apporté leurs capitaux et leur expérience technique, aggravant ainsi elles-mêmes la concurrence qui vient accabler leurs établissements du Centre.

#### SPÉCIALISATION DES FABRICATIONS.

Les forges de la région du Centre ont compris la nécessité de spécialiser leur fabrication dans la préparation des produits de qualité supérieure, pour se créer des débouchés nouveaux en remplacement de ceux qui leur échappaient. Elles n'ont pas hésité à recourir aux recherches du laboratoire, à faire l'étude scientifique des propriétés du métal pour en tirer des observations susceptibles de guider leur fabrication, et elles ont pu réussir ainsi à élaborer les produits nouveaux, particulièrement bien adaptés aux besoins de chaque industrie spéciale, car ils étaient doués de qualités que n'avaient pas les produits ordinaires.

Tout en se spécialisant ainsi dans des fabrications particulières, les établissements du Centre ont réussi néanmoins à augmenter encore leur production, non seulement au point de vue de la valeur en argent, mais en même temps à celui du tonnage fabriqué, et

il est très remarquable de voir, par l'examen des statistiques, que leur production annuelle va constamment en croissant, malgré la disparition graduelle des produits purement commerciaux.

C'est là un exemple de vitalité particulièrement merveilleux, et c'est en même temps pour ces établissements la juste récompense des efforts persévérants qu'ils n'ont cessé de poursuivre afin de provoquer des progrès techniques dont ils ne devaient pas être les seuls bénéficiaires. Les recherches savantes auxquelles ils se sont livrés ont servi, sans doute, à éclairer leurs fabrications spéciales, mais elles ont eu également leur répercussion sur le travail des aciers ordinaires dont elles ont permis de diminuer le prix de revient, et par suite le prix de vente, au grand bénéfice des consommateurs, et surtout des forges qui les fabriquent.

Quoi qu'il en soit, ces recherches savantes, pour lesquelles les établissements n'ont pas hésité à s'imposer de lourdes dépenses, leur ont permis de s'assurer en quelque sorte le monopole de fabrications spéciales, complètement différentes de celles des produits commerciaux ordinaires ; les produits qu'ils préparent aujourd'hui sont, par exemple, des pièces de forge qui se distinguent par la difficulté ou la perfection de leur exécution, par leurs dimensions exceptionnelles et surtout par les qualités particulières des métaux employés pour les obtenir. La perfection de l'exécution tient également, pour une part importante, à l'habi-

leté professionnelle des ingénieurs et des ouvriers. En ce qui concerne les pièces de forge, par exemple, nous rencontrons dans les établissements du Centre, et spécialement de la Loire, ces forgerons expérimentés, vieillis dans le métier, véritables artistes, qui savent façonner la pièce sous la frappe du marteau-pilon convenablement dirigé, réaliser par de véritables tours de force les formes les plus délicates, les plus irrégulières, les mieux approchées du produit fini.

Ce travail de forgeage n'est pas simplement l'effort brutal qui doit pétrir le lingot, comme on pourrait le supposer au premier abord, mais il exige au contraire une appréciation, souvent fort délicate, de l'énergie du choc à donner, de l'emplacement à choisir pour assurer l'étirage du métal dans les conditions les plus avantageuses, sans provoquer la formation d'aucune crique. Il y a là un ensemble de tours de main, qui ont fait la réputation méritée de certaines forges de la Loire, à qui les consommateurs demandent toujours les pièces d'exécution particulièrement difficile.

#### DÉVELOPPEMENT DE L'OUTILLAGE.

Ce travail de forgeage s'exécute aujourd'hui avec des engins de dimensions exceptionnelles qui se rencontrent seulement dans les établissements du Centre. Les grands pilons de 100 tonnes du Creusot, de Saint-Chamond, de MM. Marrel frères, sont seuls en mesure d'aborder les lingots énormes, de 120 tonnes et



au-dessus, qu'exige maintenant la fabrication de certaines pièces d'artillerie ou de cuirassement.

En dehors des pilons à vapeur, qui ont été considérés longtemps comme l'outil par excellence des grandes forges, dont ils entretiennent l'activité, nous trouvons maintenant dans les établissements du Centre de grandes presses à forger, qui prennent aujourd'hui, à côté des pilons, une place continuellement grandissante, et dont la puissance, elle-même toujours croissante, atteint aujourd'hui et dépasse même 6.000 tonnes.

A l'inverse du pilon, qui façonne le lingot par ses chocs violents et répétés, dont les vibrations bruyantes agitent le sol environnant avec l'atelier tout entier, la presse exerce une action silencieuse, mais plus profonde, qui pétrit le lingot jusqu'au cœur; chacun de ces deux engins possède en un mot sa sphère d'action bien déterminée, suivant qu'il s'agit d'obtenir avec le pilon des pièces débarrassées de leurs scories et forgées surtout à la surface, comme c'est le cas pour toutes les pièces creuses par exemple, ou, au contraire, si on veut avec la presse préparer des produits plus homogènes, doués des mêmes qualités de résistance dans toute l'étendue de leur masse. Entre ces deux engins vient se placer le laminoir, qui participe des propriétés de chacun d'eux, et qui est si bien approprié à la préparation des grandes pièces allongées, de forme sensiblement plate.

Les laminoirs à tôles et à blindages ont reçu égale-

ment, dans les établissements du Centre, des dimensions exceptionnelles répondant à tous les besoins de l'industrie, spécialement pour la construction des navires.

Les laminoirs actuels, destinés à la fabrication des blindages, possèdent en effet des tables dont la longueur atteint, et dépasse même, dans certaines forges, 3<sup>m</sup>,50 à 4 mètres, avec une levée de 1<sup>m</sup>,80 à 2 mètres, permettant ainsi d'aborder les lingots les plus volumineux.

Autour de ces appareils de forgeage, pilons, presses, laminoirs, qui sont les organes essentiels de la forge, dont ils concentrent l'activité, les engins qui les alimentent ont dû agrandir, eux aussi, leurs dimensions dans des proportions analogues, afin de se maintenir sur la même échelle.

On rencontre en effet, dans les usines du Centre, des fours à acier pouvant fondre des coulées de 35 tonnes, atteignant même 50 à 60 tonnes. Tous les organes accessoires, les poches de coulée, les lingotières qui reçoivent le métal fondu, les ponts roulants qui transportent des lingots dont le poids dépasse 120 tonnes, les grues qui les manœuvrent, les fours à réchauffer, les presses à gabarier, les fours de cémentation, les bûches à tremper, les fours à recuire, et plus tard les engins de finissage, les grands tours qui doivent façonner les tubes à canons de 20 mètres de longueur, pesant jusqu'à 20.000 kilogrammes, et, pour les blindages, les machines à découper, à raboter, à

cisailler, qui, tout en manœuvrant ces lourdes pièces, doivent leur donner en même temps ces formes savantes et précises qu'exige maintenant la construction des navires en fer, tous ces appareils en un mot, jusqu'aux voies de manœuvre, aux wagons qui les desservent, ont dû recevoir des dimensions proportionnées, pour pouvoir aborder utilement ces lourdes masses, et, en voyant celles-ci qui se déplacent et s'élaborent avec tant d'aisance, par des manœuvres si faciles en apparence, on perd en quelque sorte la notion de leurs dimensions extraordinaires.

#### ÉTUDES SCIENTIFIQUES.

En même temps que les établissements spécialisés dans la fabrication des produits militaires développaient ainsi la puissance de leur outillage, ils n'hésitaient pas à entreprendre, ainsi que nous le rappelions plus haut, une série d'études et de recherches savantes, d'expériences de toute nature, grâce auxquelles ils ont réussi à élucider un certain nombre de questions théoriques du plus haut intérêt. Ils sont parvenus, en effet, à dégager de véritables observations scientifiques, qui ont éclairé d'un jour nouveau les procédés empiriques employés jusque-là, les tours de main restés mystérieux qui faisaient le désespoir ou l'orgueil du forgeron. Ils sont arrivés ainsi à transformer graduellement leur fabrication, à faire de leurs usines de véritables laboratoires agrandis, dans lesquels ils ont

obtenu des produits de qualités spéciales, toujours croissant, telles que les réclament les applications militaires ou certaines industries nouvelles, comme l'automobilisme ou l'aviation, etc.

L'analyse chimique a fait son apparition dans les aciéries avec la cornue Bessemer, et, comme les aciers fondus ainsi obtenus n'avaient plus cette marque d'origine qui garantissait autrefois la qualité des fers forgés des diverses provenances, les consommateurs se sont trouvés rapidement amenés à recourir aux essais mécaniques, opérant par traction ou par flexion, brusque ou graduée, de façon à pouvoir ainsi apprécier les qualités du métal, qui ne ressortaient plus de l'examen superficiel. Ces essais ont pris dès lors une importance continuellement croissante, à mesure que les applications nouvelles du métal fondu allaient aussi en se développant : on a dû s'appliquer, en effet, à modifier ces essais de manière à les rapprocher davantage du travail en service, et on est arrivé ainsi à poser une série de problèmes nouveaux et fort ardues à la solution desquels se sont attachés les spécialistes les plus compétents.

Le laboratoire d'essais mécaniques est accompagné maintenant, dans la plupart des grands établissements, d'un laboratoire d'études physiques, qui a pris, lui aussi, une extension importante : il est devenu rapidement, en effet, l'auxiliaire et le guide de la fabrication, qu'il permet de suivre dans tous ses détails, car il sait retrouver sur le produit fini, dans l'examen microscopique, la trace du traitement thermique dont il a été

l'objet ; il apporte ainsi un renseignement particulièrement précieux, que l'analyse chimique est impuissante à donner.

Les laboratoires d'essais physiques des grands établissements du Centre ont contribué, pour la plus large part, aux études scientifiques dont nous venons de parler. Ils nous ont apporté, en effet, sur la constitution intime du métal, sur la nature de ses différents constituants, sur la formation des points critiques, sur les formations allotropiques du carbone et du fer, sur la constitution des divers alliages, la formation des solutions solides, des alliages eutectiques, etc., des notions précises, absolument inconnues auparavant, formant de véritables lois scientifiques, qui ont maintenant leur place marquée dans la chimie minérale.

C'est au laboratoire du Creusot qu'a été élaborée cette ingénieuse théorie cellulaire, qui est à la base de cette science nouvelle, qui a suscité depuis lors tant de belles et savantes recherches jusque dans les laboratoires purement scientifiques et qui a marqué tant de progrès dans la fabrication des aciers spéciaux.

Ces études théoriques, ainsi poursuivies à grands frais dans les établissements du Centre, leur ont donné des résultats certainement rémunérateurs, car elles ont été le point de départ des progrès réalisés par eux dans les fabrications courantes, non encore abordées par les forges de la région du Nord et de l'Est ; elles ont complètement transformé la métallurgie des produits militaires et des aciers spéciaux, et elles ont

permis enfin d'aborder des fabrications inconnues auparavant, répondant aux besoins d'industries nouvelles plus exigeantes.

Il est impossible d'énumérer ici toutes les fabrications qui sont restées encore l'apanage des établissements du Centre, les statistiques ne donnent d'ailleurs aucun détail précis à ce sujet : nous dirons seulement qu'on peut y comprendre en général tous les produits dont la fabrication exige des soins un peu particuliers. On pourrait citer, pour les chemins de fer, les bandages et les essieux de qualité supérieure, les tôles et profilés en acier à haute résistance pour les constructions maritimes, les tôles de chaudières, toutes les pièces de forge, les grands arbres de marine droits et coudés, les essieux de locomotives, et surtout, les moulages d'acier, dont la fabrication relativement récente a réalisé en quelques années des progrès si importants : elle permet en effet d'obtenir aujourd'hui des pièces de formes compliquées, absolument saines, pouvant supporter sans rupture les chocs les plus violents, comme les flasques d'affûts par exemple.

Mentionnons encore les aciers à ressorts, les produits tréfilés, qui sont préparés aujourd'hui avec des aciers de toutes nuances de dureté, et dont la résistance peut atteindre et même dépasser 200 kilogrammes par millimètre carré, comme c'est le cas pour les cordes à piano par exemple.

## ACIERS SPÉCIAUX.

Viennent enfin les aciers fins à outils, dont la fabrication a été transformée par la création des aciers spéciaux, tenant des proportions déterminées de corps étrangers, qui leur communiquent des propriétés nouvelles.

Parmi ces corps étrangers ainsi alliés au fer, nous pouvons citer, dans les aciers à outils, parallèlement avec le tungstène, le titane, etc., le vanadium qui agit comme un désoxydant énergique. De son côté, le manganèse, à haute teneur, communique aux aciers une résistance à l'usure tout à fait exceptionnelle et c'est ainsi que les rails en acier manganésé ont révélé à ce point de vue une supériorité marquée sur les rails en acier ordinaire au carbone : le Creusot a réussi en effet à mener à bonne fin cette fabrication délicate et dispendieuse.

Les aciers à 4 p. c. de nickel, dont la fabrication a été entreprise par le Creusot vers 1890, ont, pour la première fois, permis d'obtenir des blindages capables de supporter les tirs d'épreuve sans formation de fentes. Ces aciers ont pu être appliqués également avec succès à toutes les fabrications de produits ayant besoin d'une certaine malléabilité.

Lorsqu'il est en même temps chargé de chrome dans une proportion voisine de 1 p. c., l'acier à 4 p. c. de nickel constitue le métal à blindages, désigné sous le

nom d'acier spécial, qui a été créé par les usines de la Loire, et qui a présenté, lors de son apparition, une supériorité si marquée sur tous les métaux antérieurement employés.

Les aciers à haute teneur en nickel, voisine de 25 p. c. par exemple, possèdent aussi de leur côté des propriétés particulières, dont la découverte est due également aux recherches théoriques effectuées dans ces établissements, et ces métaux trouvent aujourd'hui dans l'industrie des applications particulièrement intéressantes. C'est le cas, par exemple, pour le métal amagnétique qui n'est pas affecté par la présence des aimants et courants électriques, et surtout le métal invar qui peut supporter toutes les températures courantes en conservant une longueur absolument invariable, sans retrait ni dilatation. On conçoit immédiatement qu'un pareil métal a son application tout indiquée dans la préparation des étalons de mesure, dans la détermination de la longueur des bases géodésiques, dont les opérations, si laborieuses autrefois, ont été grandement simplifiées par l'emploi des fils en métal invar. Ce métal est appelé également à rendre des services sérieux dans la préparation de tous les appareils dont le fonctionnement peut être affecté par la dilatation, comme les régulateurs d'horlogerie, etc.

Les aciers spéciaux trouvent aujourd'hui des applications particulièrement intéressantes dans l'industrie de l'automobile, à laquelle ils fournissent des pièces présentant des qualités déterminées de dureté, de résis-



tance, de malléabilité et d'homogénéité, toutes qualités adaptées au travail que ces métaux doivent fournir dans chaque cas particulier, et, à ce titre, ils sont entrés pour une large part dans le magnifique essor que cette industrie a pris au cours de ces dernières années, et qu'elle n'aurait pu réaliser autrement. L'industrie aujourd'hui naissante de l'aviation trouve également dans la fabrication de ces aciers spéciaux l'auxiliaire qui lui est absolument indispensable.

De son côté, l'industrie des constructions mécaniques et des machines-outils subit également une transformation profonde provoquée aussi par la fabrication des aciers spéciaux.

L'invention des aciers à coupe rapide, dont la teneur en tungstène atteint 12 p. c. et même davantage, est venue en effet décupler pour ainsi dire la production des machines-outils de toute nature. En leur fournissant, en effet, des outils capables de travailler à haute température sans se détremper, elle permettait d'augmenter dans une large mesure l'épaisseur des copeaux enlevés sur la pièce à façonner et elle réduisait d'autant la durée du travail de finissage. C'était en même temps le point de départ d'une transformation profonde dans la construction de ces machines, car les pièces qui les composent ne peuvent plus supporter sans rupture le surcroît d'effort ainsi imposé, et il devient nécessaire de les remplacer par d'autres pièces mieux appropriées à ce travail.

## PRODUITS MILITAIRES.

A côté de ces applications industrielles, si importantes déjà, les aciers spéciaux en ont une autre plus importante encore, et qui a été d'ailleurs la principale instigatrice des études théoriques ainsi faites et des fabrications savantes auxquelles elles ont donné naissance : c'est celle de la préparation des produits militaires, éléments de canons, obus, blindages, qui reste encore l'apanage des établissements du Centre et de la région stéphanoise.

Pour soutenir cette lutte continue de l'attaque et de la défense, qui s'est poursuivie avec des péripéties diverses depuis l'origine de l'industrie, c'est à la métallurgie que les deux adversaires ont demandé des armes. L'artilleur a voulu obtenir des canons à portée toujours croissante, pouvant supporter par conséquent des pressions plus élevées, tirant en outre des projectiles capables de perforer sans rupture les cuirassements qui lui sont opposés, tandis que l'officier du génie s'attache au contraire à augmenter continuellement la dureté, la résistance et la ténacité de ses cuirassements pour leur permettre de briser, si possible, et d'arrêter en tout cas, sans avoir été traversés, les projectiles qui viennent les attaquer.

Cette lutte incessante a rempli ces quarante dernières années de ses péripéties diverses, au cours desquelles nous avons vu les engins d'attaque et de défense se

transformer radicalement, à plusieurs reprises, à mesure qu'apparaissaient des métaux doués de propriétés nouvelles qu'il s'agissait d'utiliser pour l'attaque ou la défense.

Et c'est ainsi que l'histoire de la métallurgie se confond à ce point de vue avec l'histoire des engins militaires, dont elle explique les transformations successives. L'artilleur a pu augmenter la longueur de ses canons pour augmenter la précision du tir en réalisant des vitesses plus fortes, lorsque la métallurgie a pu lui fournir des éléments de dimensions et de poids plus élevés, obtenus avec des engins plus puissants, préparés avec des aciers plus sains, plus tenaces et moins fragiles. A mesure que la résistance des plaques à traverser allait elle-même en augmentant, il a pu employer des projectiles plus durs et plus tenaces, grâce auxquels il a pu réussir à les traverser. On sait du reste que l'application de la coiffe constitue là l'un des plus intéressants parmi ces progrès, car elle a fourni le moyen d'assurer la perforation des plaques cémentées avec des projectiles restant entiers.

En dehors de la difficulté tenant à la dureté croissante des plaques qu'ils doivent traverser, les obus de fabrication actuelle ont à lutter contre une cause non moins grave d'aggravation dans la rigueur des essais de recette ; c'est celle qui tient à l'augmentation de volume donnée maintenant à la chambre intérieure en vue d'augmenter le poids des matières explosives qu'elle peut contenir. Cette augmentation a pour con-

séquence de diminuer l'épaisseur des parois de l'obus et d'augmenter par suite les chances de rupture dans le tir. Il est intéressant de signaler à ce sujet que la marine française, soucieuse de se rapprocher le plus possible, dans les essais de recette, des conditions mêmes de la pratique, effectue toujours ses épreuves de recette en tir oblique, en imposant une incidence très forte allant même jusqu'à  $20^\circ$  sur la normale.

C'est là une condition qui n'est généralement pas adoptée par les marines étrangères, lesquelles se contentent le plus souvent d'une épreuve en tir normal, et on conçoit immédiatement tous les avantages qui en résultent pour le succès de l'épreuve.

L'obus qui arrive normalement contre la plaque attaquée pénètre directement dans l'impact sans être exposé à cette déviation inévitable qui se produit dans le tir oblique, au premier instant du choc, lorsque le culot du projectile vient heurter contre la plaque, pendant que l'ogive est déjà engagée dans l'impact, et il en résulte donc un effet de torsion qui provoque souvent la rupture.

Les projectiles étrangers sont généralement plus allongés que les nôtres, pour être en mesure de recevoir une charge intérieure plus importante; mais il n'est pas douteux que, dans une attaque en tir oblique, comme celles qui se produisent toujours nécessairement dans la pratique de la guerre navale, il y a de grandes chances pour qu'ils se brisent avant

de traverser le cuirassement attaqué, et sans que leur chargement intérieur produise son effet utile.

Nous pouvons même ajouter que des expériences effectuées à Gavre sur des obus de fabrication étrangère, préparés cependant d'après les tracés de la Marine française, ont montré qu'ils étaient incapables de supporter les épreuves en tir oblique prévues au cahier des charges, et on peut donc en conclure en toute vérité que l'industrie française possède dans cette fabrication une supériorité incontestable. Si cette supériorité n'apparaît pas toujours dans la comparaison des résultats, c'est que les épreuves sont effectuées le plus souvent dans des conditions fort différentes d'un pays à un autre, et il y a là un élément capital dont il faut nécessairement tenir compte dans l'appréciation de la qualité des produits français, car, chez nous, la Marine s'attache toujours à imposer les conditions de recette les plus rigoureuses qu'une bonne fabrication puisse supporter.

#### BLINDAGES.

C'est là une observation qui est vraie pour les obus, mais elle ne l'est pas moins pour les blindages que ces obus doivent attaquer, et, là encore, pour établir une comparaison un peu précise, il ne faut négliger aucun des éléments qui interviennent dans l'épreuve, car les conditions du choix de la plaque, son installation sur le massif d'appui, la détermination de la

vitesse de tir en fonction de l'épaisseur de la plaque, le calibre et surtout la nature des projectiles constituent autant d'éléments décisifs en la matière. Il n'est pas douteux en effet que la résistance des plaques éprouvées ne soit nécessairement déterminée d'après celle des projectiles qui les attaquent, car tout progrès dans la fabrication de l'un des deux éléments antagonistes entraîne toujours un progrès parallèle dans la fabrication de l'élément qui lui est opposé, pour l'attaque ou la défense.

Les blindages, dont la production représente un tonnage beaucoup plus important que celui des obus, constituent l'une des principales fabrications des cinq grandes forges qui se sont spécialisées dans ce travail : le Creusot, Saint-Chamond, MM. Marrel frères, à Rive-de-Gier, l'Usine de Montluçon, appartenant à la Compagnie de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, et les Aciéries de Saint-Étienne.

Au début de cette fabrication, ces blindages étaient exécutés en fer forgé, et ce métal est resté le seul employé jusque vers 1880. On se bornait alors, en effet, à augmenter l'épaisseur des cuirasses ainsi obtenues pour empêcher la pénétration des projectiles, et on est arrivé graduellement à porter cette épaisseur de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,50.

Les plaques en fer, qui présentaient une grande malléabilité avaient par contre une résistance faible, et tous les fabricants se préoccupaient alors de rechercher le moyen d'augmenter cette résistance et de

donner en même temps à ces plaques une dureté superficielle capable d'assurer la rupture des projectiles d'attaque.

C'est ainsi que les usines anglaises Cammel et John Brown, de Sheffield, créèrent, en 1880, un nouveau procédé de fabrication, comportant un revêtement superficiel en métal dur avec sommier en fer puddlé moins fragile et plus malléable, et ce type nouveau de plaques qui donna des résultats intéressants dans les essais comparatifs effectués au polygone de Gavre, en 1881, fut adopté alors par les trois usines françaises de Saint-Chamond, Châtillon et Rive-de-Gier.

De son côté, l'usine du Creusot abordait courageusement le problème de la fabrication des plaques en acier homogène, et, grâce aux nombreuses études et recherches qu'elle entreprit à cet effet, elle réussit à obtenir des blindages qui purent supporter avantageusement la comparaison avec les plaques mixtes, non seulement en France dans les essais de recette effectués à Gavre, mais dans les divers concours internationaux qui furent institués à cet effet : à Ochta en Russie, à Amager en Danemark.

L'emploi des plaques en acier augmenta immédiatement par là même la résistance à la perforation des blindages, et on peut admettre que la vitesse de perforation d'une plaque en acier dépasse d'au moins 20 à 25 p. c. la vitesse de perforation d'une plaque en fer de même épaisseur, attaquée dans les mêmes condi-

tions, ce qui entraîne pour l'énergie de choc une augmentation de 50 p. c.

C'est là, en effet, le résultat qui se dégage des diverses formules qui furent proposées à cette époque pour déterminer les vitesses de perforation des plaques en fer ou en acier, attaquées dans des conditions déterminées. Parmi ces formules, une mention particulière doit être accordée ici à celles qui furent proposées par le colonel français Jacob de Marre pour le fer et pour l'acier, car la formule correspondant à la perforation de l'acier est encore aujourd'hui la plus généralement employée en France et à l'étranger. C'est la comparaison résultant de ces formules qui nous donne ce coefficient de 25 p. c. déterminant l'excédent de vitesse de perforation de l'acier par rapport au fer, et c'est au moyen de la formule de perforation de l'acier que nous pouvons apprécier les augmentations que les progrès successifs de la fabrication ont permis de réaliser sur les vitesses de perforation.

Les plaques en acier homogène, préparées par le Creusot, présentaient bien, comme nous venons de le dire, une augmentation de résistance marquée par rapport au fer laminé ; mais, par contre, elles étaient inférieures au point de vue de la fragilité, et il y avait là par conséquent un défaut grave auquel l'usine du Creusot parvint à remédier par l'addition du nickel dans l'acier employé, et elle put présenter, aux essais comparatifs d'Annapolis en 1890, une plaque ainsi préparée dont l'essai produisit la plus vive impression,



car cette plaque supporta un tir de cinq coups sans présenter aucune fente traversante, tandis que les plaques en métal mixte, éprouvées dans les mêmes conditions, furent complètement brisées.

Il y avait là, comme on voit, un fait des plus intéressants, qui consacrait le triomphe de l'acier en montrant qu'il était possible de corriger la fragilité constitutionnelle de ce métal, et il décida toutes les usines productrices de blindages à aborder cette fabrication de l'acier en grandes masses, malgré toutes les difficultés qu'elle présente.

Ces usines s'attachèrent en même temps à augmenter la résistance du métal en employant des aciers spéciaux dont la fabrication commençait à se répandre. C'est ainsi que l'usine de Saint-Chamond réussit à créer l'acier au chrome-nickel, habituellement désigné sous le nom d'acier spécial, qui donna des résultats si remarquables dans les essais comparatifs effectués à Ocha, en 1892. Cet acier fut rapidement adopté par les diverses usines fabriquant les blindages, qui le préparèrent en observant du reste de légères variantes, spéciales à chacune d'elles, dans la composition du métal.

Grâce à l'intervention du chrome, l'acier spécial acquérait une dureté supérieure à celle de l'acier ordinaire, et prenait par là même une vitesse de perforation plus élevée, dépassant de 12 à 13 p. c. la vitesse de perforation de l'acier ordinaire, soit de 40 p. c. celle du fer. Ce métal était en outre tout à fait remar-

quable par son absence complète de fragilité, si bien que les plaques ainsi préparées pouvaient supporter des coups très rapprochés, et même presque tangents, sans présenter aucune fente.

L'acier spécial resta appliqué à la préparation des plaques de toute nature jusqu'à l'apparition du métal cémenté qui se substitua à lui pour la préparation des plaques de forme simple, mais il est encore employé aujourd'hui cependant pour les plaques de formes irrégulières et tourmentées qu'il serait difficile de cémenter.

D'autre part, pour la préparation des plaques de faible épaisseur qui ne pourraient pas non plus supporter la cémentation, comme c'est le cas pour les masques d'affûts par exemple, on continue à employer un acier spécial non cémenté, comportant toutefois une teneur plus élevée en chrome dans le but d'en augmenter la dureté, et on arrive effectivement à donner à ces plaques des vitesses de perforation dépassant de 20 p. c. celle de l'acier ordinaire, ou de 50 p. c. celle du fer.

Le progrès principal dans la préparation des plaques épaisses a été réalisé par l'application de la cémentation, grâce à laquelle on arrive sûrement à briser le projectile d'attaque, préparé même en acier fin de la meilleure qualité. C'est le procédé, imaginé en Amérique, en 1891, par M. Harvey, qui a été appliqué d'abord en Angleterre par l'usine Vickers, de Sheffield, et qui s'est trouvé ensuite, rapidement adopté par les

grandes usines du continent. Les plaques ainsi préparées présentaient une vitesse de perforation dépassant de 25 à 30 p. c. celle de l'acier ordinaire, soit de 60 p. c. celle du fer, mais, par contre, elles avaient une grande fragilité qu'on est arrivé du reste à réduire peu à peu par les progrès réalisés dans la fabrication des blindages cimentés.

Parmi ces perfectionnements, le procédé de cémentation avec trempes partielles effectuées à des températures bien déterminées, imaginé par l'usine Krupp, mérite une mention toute spéciale, car il a permis d'obtenir des plaques complètement exemptes de fentes dont la vitesse de perforation dépasse de près de 50 p. c. celle de l'acier ordinaire, ou de 85 p. c. celle du fer, ce qui représente pour l'énergie de choc un rapport de 2,25 pour l'acier ordinaire, ou de 3,45 pour le fer. Le procédé Krupp a été adopté par presque toutes les usines fabriquant le métal cimenté, et il sert aujourd'hui à préparer les plaques de cuirassement de presque toutes les marines.

En France, l'usine de Rive-de-Gier, appartenant à MM. Marrel frères, a réussi à fabriquer des blindages cimentés, d'après un procédé qui lui est spécial, sans appliquer le système Krupp, et son procédé a été adopté en Italie par la Société Ansaldo pour la fabrication de blindages qu'elle vient d'installer à côté de ses grands chantiers de Gênes.

Les autres usines françaises se sont attachées, de leur côté, à apporter au procédé Krupp certaines modifica-

tions particulières de manière à se constituer ainsi une sorte de procédé spécial.

Certaines usines étudient même actuellement l'application de procédés nouveaux permettant d'employer des aciers de grande dureté au moyen desquels elles obtiendraient des plaques ayant une vitesse de perforation plus élevée encore, sans avoir besoin de recourir à la cémentation. Ce sont là, du reste, des questions qui sont encore à l'état d'étude, mais il y a lieu de penser toutefois qu'elles pourront apporter une solution intéressante contre le tir des projectiles coiffés, dont l'usage est devenu général dans toutes les marines pour l'attaque des plaques cémentées que ces projectiles réussissent à traverser.

On sait, en effet, que l'application de la coiffe en métal doux rapportée sur l'ogive des obus de rupture, a fourni, ainsi que nous le rappelons plus haut, le moyen de prévenir la rupture de ces projectiles. Autrement, en effet, ceux-ci se brisent contre la surface durcie de la plaque à l'instant du choc, ce qui les met ainsi dans l'impossibilité de produire aucun effet utile, tandis que l'interposition de la coiffe prévient la rupture en protégeant la pointe de l'ogive pendant la traversée de la partie cémentée.

Ce fait tient sans doute à ce que le choc n'est plus complètement instantané, et prend, au contraire, une durée appréciable en diminuant d'autant la fatigue du projectile, et, dans cette situation, l'obus coiffé arrive à traverser la plaque cémentée avec une vitesse

sensiblement inférieure à la vitesse de perforation déterminée avec un projectile non coiffé. Il n'en est pas de même, au contraire, lorsque le tir a lieu sur une plaque en métal dur, présentant une résistance uniforme sur toute son épaisseur, car la coiffe devient alors une gêne et non plus un adjuvant pour la perforation.

Quoi qu'il en soit, sans nous attacher spécialement à ces questions encore à l'étude, qui trouveront leur solution dans l'avenir, nous pouvons résumer les progrès réalisés dans la fabrication des blindages pendant ces cinquante dernières années par les chiffres suivants :

Si nous considérons par exemple une plaque de 200 millimètres, avec le canon de 194, nous voyons qu'en fer puddlé elle aurait une vitesse de perforation de 385 mètres, laquelle s'élèverait à 471 mètres s'il s'agissait d'acier ordinaire. Pour obtenir une pareille vitesse, il faudrait donner à la plaque en fer une épaisseur de 280 millimètres, ce qui représenterait déjà une majoration de l'épaisseur d'environ 40 p. c.

Si cette plaque était préparée en acier spécial au chrome-nickel, sa vitesse de perforation se trouverait portée à 528 mètres et correspondrait par suite à celle d'une plaque en fer de 380 millimètres d'épaisseur, dépassant donc la sienne de 65 p. c. Si, en outre, ce métal était cémenté, sa vitesse de perforation s'élèverait à 612 mètres avec un coefficient de 1<sup>m</sup>,30 seulement; elle remplacerait alors une plaque en fer de

416 millimètres d'épaisseur, ayant par conséquent 2,08 fois son épaisseur propre.

Avec les plaques cémentées actuelles, dont la vitesse de perforation dépasse celle de l'acier ordinaire de 40 à 50 p. c., on atteindrait 680 à 700 mètres ; elle remplacerait alors une plaque de fer de 500 millimètres, ayant par conséquent deux fois et demie son épaisseur.

A un autre point de vue, si nous voulons comparer les énergies de choc en partant de ce fait que la vitesse de perforation des plaques cémentées, supposées définies par le coefficient de  $1^m,50$ , s'élève à 700 mètres et dépasse ainsi de 85 p. c. celle des plaques en fer, nous reconnaitrons que les plaques actuelles peuvent supporter un choc d'une énergie supérieure au triple et se rapprochant du quadruple de celle qui aurait été susceptible d'entraîner la perforation des anciennes plaques de fer, de même épaisseur.

Ce simple rapprochement donne immédiatement la mesure de l'intérêt que présentent pour les constructions navales les progrès ainsi réalisés par la métallurgie ; il y a donc là certainement un résultat de haute importance qui justifie dès lors les dépenses que chaque pays s'impose pour sa marine, en même temps que les nombreuses études scientifiques et techniques dont il est la conséquence.

Ces recherches, purement scientifiques en apparence, présentent ainsi un intérêt pratique des plus considérables, et, après avoir transformé la fabrication des produits militaires, elles sont appelées certainement à

exercer leur influence bienfaisante sur l'industrie entière, en améliorant en même temps la qualité des produits qu'elle destine aux applications les plus diverses.

Ce sera l'honneur des établissements du Centre de la France et du Bassin de la Loire d'avoir ainsi provoqué, par les progrès de toute nature qu'ils ont su réaliser dans leurs fabrications spécialisées, cette révolution profonde qui entraîne aujourd'hui la métallurgie du fer et, avec elle, par une répercussion nécessaire, l'industrie tout entière.

L. BACLÉ,

Ingénieur civil des Mines.

---

## CHAPITRE V

# LA MÉTALLURGIE FRANÇAISE

### L'EST ET LE NORD

---

La métallurgie du fer en France a pris, en ces dernières années, un développement très considérable, tenant, d'une part, à une augmentation très notable de la consommation intérieure de ce pays, et, d'autre part, à la mise en valeur de gisements de minerais de fer très étendus, dont le plus connu, et à la fois le plus puissant, est incontestablement le gisement de Lorraine.

Il existe dans notre pays de nombreuses régions productrices de fer et d'acier, mais les deux plus importantes, celle de Meurthe-et-Moselle et celle du Nord de la France, correspondent à elles seules, pour la seule production de fonte, à 83 p. c. de la production totale de notre pays. Les autres régions françaises tiennent, eu égard aux deux précédentes, une place très secondaire ; que ce soit la région du Centre avec ses producteurs de l'Allier, de l'Aveyron, de la Loire, du Rhône



et de l'Isère ; que ce soit celle du Sud avec les usines d'Alais, du Boucau et de Pauillac, que ce soit enfin le district de la Loire-Inférieure.

Des deux régions précitées : Lorraine et Nord, la Lorraine se distingue surtout jusqu'ici comme productrice de matières premières et de demi-produits (fontes, lingots, blooms, billettes et largets) ou de profilés ordinairement de grosses dimensions (poutrelles, rails, etc.) ; la région du Nord poursuit en général beaucoup plus loin la transformation, et bien qu'un progrès très sensible ait pu être constaté en ces dernières années dans l'obtention des produits finis en Meurthe-et-Moselle, il n'en reste pas moins acquis que longtemps encore le Nord de la France conservera une place prépondérante dans leur fabrication.

Nous nous proposons de caractériser, dans les quelques pages qui vont suivre, ces deux grandes régions productrices de la sidérurgie française, et tout d'abord nous commencerons par celle de la Lorraine.

#### LA LORRAINE.

L'industrie sidérurgique est très ancienne en Lorraine et, pour ne citer que des dates certaines, le premier haut-fourneau dont fassent mention les archives, celui d'Herseange, près de Longwy, remonte à l'année 1553. Cette industrie ancienne s'alimentait de minerais de remaniement provenant de la destruction par érosion

de parties de couches en place, minerais que l'on connaissait en maints endroits, en particulier aux environs de Saint-Pancré, et qui étaient désignés sous le nom de fers forts ; ils permettaient, étant assez purs en phosphore, d'obtenir avec les procédés rudimentaires de l'époque, des fontes et des fers de bonne qualité.

De tels minerais continuèrent à être employés pendant de longues années, mais l'épuisement de leurs gîtes vint pourtant assez rapidement pour qu'au commencement du siècle dernier on pensât à exploiter les couches originelles. On voit alors accorder, en 1845, les premières concessions sur les gîtes en place au Coulmy et au Châtelet, près de Longwy. Suit jusqu'en 1870 une série d'autres, tout le long des affleurements de la formation toarcienne, concessions dont la plus grande partie fut enlevée à la France par le traité de Francfort. Aussi la production du minerai subit-elle alors une forte baisse et tandis que la France, en 1869, pour ses deux départements de la Meurthe et de la Moselle, s'inscrivait pour 1.472.000 tonnes, elle ne donnait plus en 1872, dans son département de la Meurthe-et-Moselle, que 1.009.000 tonnes, et cela encore malgré l'ouverture de nouvelles mines. L'extraction du minerai s'accrut sans doute ensuite, mais néanmoins d'une façon assez lente, bien que de nouvelles parties de la formation minéralisée fussent concédées et bien que la découverte du procédé Thomas permît d'obtenir, à partir de fontes phosphoreuses de composition déterminée, facilement obtenables avec les

minerais lorrains, des aciers de très bonne qualité par traitement dans des convertisseurs basiques.

On eut alors successivement comme tonnages extraits dans les travaux à flanc de coteau ou à ciel ouvert des bassins de Longwy et de Nancy, et comme tonnages de fonte produite dans les fourneaux de la région :

Années.	Minerais extraits.	Fonte.
1873. . .	1.289.000 tonnes.	299.000 tonnes.
1878. . .	1.287.000 —	440.000 —
1883. . .	2.140.000 —	783.000 —
1888. . .	2.261.000 —	911.000 —
1893. . .	2.809.000 —	1.216.000 —

Si la production n'augmentait pas d'une façon plus rapide, cela tenait à plusieurs causes : d'abord à une consommation relativement peu importante de notre pays et ensuite à la dépendance de l'industrie sidérurgique lorraine des producteurs étrangers de minerais de fer et de coke. Les minerais extraits dans les bassins de Longwy et de Nancy sont en effet ordinairement siliceux, et ceux qui sont exceptionnellement calcaires sont le plus souvent à faible teneur de fer ; aussi les maîtres de forges lorrains français devaient-ils s'adresser en Lorraine annexée ou en Luxembourg pour obtenir, avec des minerais calcaires plus riches, un meilleur rendement de leur lit de fusion.

#### LE BASSIN DE BRIEY.

La situation va changer heureusement du tout au

tout à partir de 1893 ; c'est à cette époque que l'on commence, en effet, à exploiter les minerais calcaireux du bassin de Briey nouvellement découvert par sondages, et qu'après des difficultés très considérables dans le creusement de certains puits, ces minerais calcaires apparaissent sur le marché. Non seulement des usines françaises vont alors s'affranchir progressivement de la dépendance de l'étranger pour leurs minerais, mais, grâce à la richesse notablement plus élevée des nouveaux minerais, elles vont pouvoir abaisser, dans une proportion très notable, leur consommation de coke et, par suite, leurs prix de revient et pouvoir ainsi venir concurrencer, sur les domaines de l'exportation, les usines belges, anglaises ou allemandes, qui jusque-là avaient eu sur le marché mondial un monopole presque absolu. Les minerais calcaires du bassin de Briey vont aussi, de leur côté, devenir sur leurs propres marchés nationaux des concurrents très redoutables pour les minerais du Luxembourg et de la Lorraine annexée, et surtout supplanter presque complètement les minerais précédents sur leurs anciens marchés belges d'exportation. C'est ce que comprirent si bien de nombreux sidérurgistes belges, luxembourgeois ou allemands, quand, d'une façon ou d'une autre, ils réussirent à prendre des participations importantes dans les nouvelles concessions mises en œuvre,

Le procédé Thomas tombait aussi à ce moment dans le domaine public et de nouvelles aciéries pouvaient se créer en face de celles qui, jusqu'alors, avaient eu

le monopole du procédé. De nouvelles installations se créent, toutes ordinairement très puissantes et qui, de plus en plus, doivent faire appel à l'exportation pour écouler une grande partie de leurs produits.

#### DÉVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION LORRAINE.

Les chiffres suivants, relatifs à la production du minerai de fer, de la fonte et de l'acier Thomas en Meurthe-et-Moselle, dans les quinze dernières années, montrent très clairement le développement considérable pris par notre sidérurgie lorraine, pour ces diverses raisons.

Années.	Minerai de fer.	Fonte.	Acier.
1895. . .	3.084.000	1.255.000	248.000
1900. . .	4.446.000	1.670.000	587.000
1905. . .	6.400.000	2.109.000	1.100.000
1910. . .	13.196.000 (1)	2.756.000	1.647.000

Les hauts-fourneaux de la Lorraine française ont produit ainsi, en 1910, 2.756.000 tonnes de fonte sur un total de 4 millions obtenus en France; sur cette proportion de 69 p. c., la grande majorité du tonnage obtenu correspond à des fontes de conversion, c'est-à-dire à des fontes destinées ultérieurement à être transformées en acier; 2 millions 046.000 tonnes, soit 73,7 p. c. des chiffres lorrains, se rapportent en effet à elles, le reste se partageant en fontes de moulage et en fontes

(1) Soit plus de 90 p. c. de la production française totale.

d'affinage. Comment se répartissent, pour l'élaboration ultérieure, ces différentes quantités de fontes ?

Les fontes d'affinage sont presque exclusivement consommées en dehors de la Lorraine ; elles sont expédiées dans des usines des Ardennes ou du Nord de la France, où le procédé du puddlage est encore employé dans de nombreuses usines. Les fontes de moulage sont ou traitées directement sur place dans des usines de première ou de deuxième fusion, ou envoyées plus au loin chez les divers consommateurs français, grâce à l'organisation du puissant agent de vente qu'est le Comptoir métallurgique de Longwy.

Sans parler des quantités de fontes directement employées pour les besoins des usines productrices, il existe en Meurthe-et-Moselle, à proprement parler, peu d'usines de moulage, mais certaines parmi elles sont excessivement importantes : les noms de Pont-à-Mousson et d'Aubrives-Villerupt sont en particulier bien connus des consommateurs de fonte moulée ; ces usines ont dû d'ailleurs, par suite de la faible consommation française de tuyaux, principal produit, du moins comme tonnage, de leur fabrication, développer dans des proportions considérables leurs exportations, et c'est ainsi qu'à elle seule l'usine de Pont-à-Mousson exporte plus de tuyaux de fonte par année que toutes les aciéries françaises réunies n'exportent de rails.

Au contraire des fontes de moulage et des fontes d'affinage, les fontes de conversion sont presque exclusivement consommées en Meurthe-et-Moselle. Il y a en

effet tout intérêt, quand bien même les produits devraient être laminés plus loin, à ne pas avoir besoin d'une refusion de la fonte avant la transformation au convertisseur.

Les aciéries Thomas de Meurthe-et-Moselle sont, jusqu'ici, relativement en petit nombre, mais sont ordinairement, par contre, de forte production. Tout au nord du département, celles de Longwy et de Micheville, assez anciennes déjà l'une et l'autre, ont vu s'ajouter à elles en 1910 l'usine de Senelle et verront bientôt la mise en marche d'une quatrième unité, l'aciérie de la Providence à Rehon. Dans le centre du département, dans le bassin de l'Orne, seules existent les deux grandes aciéries de Jœuf et d'Homécourt : plus au sud, aux environs de Nancy, les aciéries Thomas de Pompey, de Frouard et de Neuves-Maisons complètent la série des neuf usines de Meurthe-et-Moselle.

Parmi ces usines, de nombreuses ne firent au début que transformer les lingots d'acier en demi-produits que l'on envoyait à d'autres usines à laminoirs finisseurs, mais elles construisirent bientôt des trains à rails ou à poutrelles, des trains à tôles, des trains à produits marchands, et les petits profilés, que longtemps on avait cru devoir rester l'apanage des usines placées sur les lieux de grande consommation, paraissent devoir être, dans un avenir de plus en plus rapproché, le résultat final d'une transformation sur place dans les usines de Meurthe-et-Moselle.

Bien placées au point de vue de l'approvisionnement des minerais de hauts-fourneaux, les usines de l'Est sont, au contraire, dans une situation défavorable au point de vue de leur approvisionnement en combustible. Il existe bien, sans doute, au sud du département, des couches de houille dont une remarquable campagne de sondages a permis de découvrir l'existence dans ces dernières années ; mais, non seulement les concessions ne sont pas encore données, mais quand bien même elles le seraient, il faudrait, à cause des grandes profondeurs et des difficultés de fonçage, qu'il s'écoule encore de nombreuses années avant qu'un tonnage important puisse en être extrait. Aussi les usines de l'Est de la France viennent-elles s'approvisionner au loin, soit dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, soit en Belgique, soit dans la Sarre, soit surtout en Westphalie, du coke nécessaire à leurs hauts-fourneaux.

Le bassin houiller du Nord de la France est loin de pouvoir, en effet, suffire à la consommation des usines de l'Est, et celles-ci doivent faire appel à des quantités très considérables de coke belge ou westphalien. Cette dépendance de l'étranger a conduit les maîtres de forges lorrains à chercher à s'affranchir d'eux, autant que possible. Quelques usines ont participé à la découverte du bassin houiller de Campine, en Belgique, d'autres ont poursuivi les recherches dans le sud du bassin français du Nord, et des concessions nouvelles ont été instituées en leur faveur ; d'autres enfin sont allées



chercher en Allemagne et dans les régions relativement les mieux placées par rapport aux conditions de transports, des gisements miniers, dans l'exploitation desquels elles ont pris des parts plus ou moins considérables et qui pourront leur permettre, dans un avenir plus ou moins proche, de devenir indépendants pour une partie au moins de leurs approvisionnements.

#### CARACTÈRE DE LA MÉTALLURGIE DU NORD.

Au contraire de la métallurgie de l'Est, qui s'est jusqu'ici à peu près uniquement spécialisée dans les gros produits métallurgiques, les usines du Nord et du Pas-de-Calais, situées dans une région de grande consommation où les ateliers de constructions métalliques et les industries diverses ont pris, depuis de longues années déjà, un très grand développement, se sont de plus en plus attachées à transformer aussi complètement que possible, en produits finis, la totalité de leur fabrication. Certaines usines de cette région produisent elles-mêmes la fonte et l'acier nécessaires à leurs besoins ; d'autres, très nombreuses et d'importance très variable, se contentent de laminier les demi-produits que leur expédient principalement les usines de l'Est, en produits d'élaboration plus avancée, de consommation courante et de marchés étendus.

Aussi, si les usines métallurgiques installées dans le Nord de la France ne viennent encore qu'au second rang parmi les producteurs de fonte et d'acier Thomas, et cela très loin en arrière de celles de Meurthe-et-Moselle, elles ont occupé pendant de longues années et occupent encore, au point de vue de la production de laminés, la première place de notre pays.

La possibilité pour cette région d'obtenir des chutes ou des ferrailles dans de très bonnes conditions économiques a aussi conduit à y développer, d'une façon très intense, la production de l'acier Martin en réservant une grande partie de cet acier de qualité supérieure à des fabrications spéciales comme celles des bandages. La région du Nord de la France tient aussi, dans cette fabrication d'acier Martin, la toute première place dans notre pays, de même d'ailleurs que dans cette même région une fabrication déjà ancienne et qui tend du reste de plus en plus à disparaître, celle du fer puddlé, continue à se faire dans de nombreuses usines qui sont parmi les plus importantes productrices de ce métal en France.

Moins bien placés sans doute au point de vue de la production de la fonte, par suite de l'éloignement des régions productrices de minerai, les hauts-fourneaux du Nord et du Pas-de-Calais rachètent en grande partie cette infériorité par la possibilité de s'alimenter sur place en combustible : la mise en service, sur les réseaux de chemins de fer, de wagons de grande capacité pour le transport des minerais lorrains et nor-

mands et la diminution considérable des frais de transport qui en résulte pour les consommateurs ont d'ailleurs corrigé récemment, dans une certaine mesure, la situation défavorable des hauts-fourneaux du Nord. Aussi voyons-nous actuellement les nouvelles usines qui se créent en France dans la région de l'Est et dans celle du Nord donner plus d'importance tantôt à la possibilité d'une fabrication plus économique, tantôt à celle d'une situation plus avantageuse au point de vue des débouchés.

Si les nouvelles aciéries de Senelle et de la Providence se sont créées en Meurthe-et-Moselle, celle du Nord et de l'Est s'est installée à Valenciennes, des hauts-fourneaux et une aciérie Thomas sont en construction à l'Espérance Louvroil, et récemment encore un grand projet vient de voir le jour : celui de la construction, à Pont-à-Vendin, d'une grande aciérie qui, par ses relations avec un charbonnage du Pas-de-Calais, peut être considérée comme le premier exemple bien net d'une mine-usine en France.

La production de la fonte dans le Nord est, au point de vue de la qualité, assez différente de celle de Meurthe-et-Moselle. La grande majorité, sans doute, est encore de la fonte phosphoreuse propre à la fabrication de la fonte Thomas et pour laquelle les minerais de Meurthe-et-Moselle, alliés à ceux de la Normandie, forment un lit de fusion excellent : des fontes d'affinage pour puddlage sont également produites dans le Nord ; mais on y obtient aussi des fontes hématites et

des fontes très pures à Isbergues et à Calais, fontes qui, par le traitement au convertisseur ou au four Martin acides, conduisent à des produits moulés ou à des produits spéciaux de qualité supérieure.

La distance assez grande des lieux de production du minerai se traduit, dans les hauts-fourneaux du Nord et du Pas-de-Calais, par un emploi aussi développé que possible de minerais à haute teneur, et c'est pour cela que les minerais plus riches et plus avantageux de la région de Briey y sont naturellement très estimés. Le coke se trouve, comme nous l'avons dit, sur place, et ce n'est qu'exceptionnellement que la sidérurgie du Nord fait appel au combustible belge et étranger. Notons aussi une autre différence : tandis qu'il n'existe pas encore des fours à coke dans les usines de l'Est, de nombreux producteurs de fonte du Nord et du Pas-de-Calais ont déjà ou vont avoir bientôt des appareils utilisant les fines à coke et permettant ainsi d'employer la force des gaz disponibles, pour le service propre de l'usine métallurgique.

Le fer puddlé est fabriqué, comme nous l'avons signalé déjà, en très grande quantité dans le département du Nord, et bien que, dans ce département, comme dans le reste de la France, on constate une tendance assez nette à la disparition progressive du fer devant l'acier fondu, le Nord produit encore plus de 250.000 tonnes annuelles de ce métal et l'usine de l'Espérance est en particulier la plus grosse productrice de la France.

En acier Martin, nous avons indiqué aussi que le Nord tenait la première place et l'une de ces usines, celle de Denain-Anzin, arrive à produire à peu près le huitième de ce que l'on obtient en France.

Comme produits laminés, tous se fabriquent en somme dans le Nord, sauf les blindages ; à côté des produits de la grosse métallurgie, rails et poutrelles, on trouve les produits les plus fins, que ce soient les produits en acier Thomas ou en acier Martin.

Plusieurs usines ont installé des fonderies d'acier très importantes et l'acier pour moulage, obtenu au convertisseur Bessemer à Jeumont, à Hautmont, à Lesquin-lez-Lille, forme encore ici la majeure partie de ce que l'on obtient dans notre pays.

Des forges puissantes existent dans cette même région où les arbres, les bielles, les pièces de machines, les bandages se travaillent sur une très grande échelle. Les ateliers de construction se sont développés de leur côté aussi d'une façon intense en ces dernières années, trouvant dans les besoins nouveaux des compagnies de chemins de fer ou dans la prospérité de l'industrie, en général, des débouchés très considérables.

#### MOYENS DE TRANSPORT.

Enfin, pour terminer ce très rapide aperçu de l'industrie sidérurgique du Nord de la France, nous pouvons encore signaler que la présence d'un réseau

de canaux très bien étudié permet aux produits de cette région d'arriver dans de bonnes conditions sur les grands marchés intérieurs ; la plupart de nos usines de l'Est sont privées, au contraire, de ce moyen de transport et si, depuis de nombreuses années, des projets de canalisation de la Chiers ont été présentés, aucun n'a reçu encore la consécration définitive d'une approbation gouvernementale, consécration qui serait pourtant d'une haute importance pour les usines du nord de Meurthe-et-Moselle qui recevraient ainsi dans de bonnes conditions un certain nombre de leurs matières premières jusque-là grevées de lourds frais de transport, et pourraient plus économiquement faire franchir à leurs produits de plus grandes distances.

La canalisation de la Moselle, ardemment réclamée depuis quelques années par les industriels lorrains annexés et luxembourgeois, semble être entrée, dans ces derniers mois, dans une phase nouvelle par suite de la création de succursales considérables des grandes usines westphaliennes en Lorraine annexée et en Luxembourg, ce qui a contribué à diminuer l'opposition que faisait le district de la Ruhr à cette canalisation. Si ce projet se réalise, les usines de l'Est de la France se verront placées dans des conditions nouvelles et défavorables de lutte sur le marché mondial de l'exportation ; il faudra alors, de toute nécessité, qu'on leur procure de nouveaux moyens de combat par des conditions plus pratiques d'acheminement de

leurs produits vers les grands ports exportateurs d'Anvers et de Dunkerque. La région du Nord est déjà bien desservie à ce point de vue, il est juste que la région de l'Est ne soit pas laissée à l'écart dans ce problème de si haute importance.

P. Nicou,  
Ingénieur au Corps des Mines.

---

## CHAPITRE VI

### LA MÉTALLURGIE RUSSE

---

L'industrie métallurgique exige, pour se développer fructueusement, la réunion dans une même région du minerai et du combustible, soit que la nature même les y produise, soit que des transports peu coûteux — la navigation maritime ou fluviale — puissent les y concentrer.

A ce point de vue, la Russie présente de grandes divisions naturelles, dont le développement se succéda d'ailleurs historiquement, et qu'il importe tout d'abord de caractériser.

C'est en premier lieu l'Oural, d'une richesse minérale considérable et où les minerais de fer sont aussi remarquables par leur pureté que par leur abondance. Le combustible y est principalement le bois.

La Pologne, prolongement du bassin de Silésie, réunit également le minerai et le combustible, mais ses gisements de fer sont pauvres et ses houilles ne donnent pas de coke, elle doit importer ce dernier.



Le Donetz, ou plus exactement le midi de la Russie, comprend le bassin houiller de ce nom, sur lequel sont situées la plupart des usines. Deux réserves considérables de minerai les alimentent : le bassin de Krivoï-Rog, situé à 500 kilomètres à l'ouest, minerais riches et purs, transportés uniquement par fer ; le bassin de Kertch aux portes de la Mer Noire, minerai pauvre et phosphoreux qu'utilisent surtout deux usines construites sur les rives de l'Azow, et où il est conduit par eau.

Ces trois régions constituent les réservoirs naturels de la métallurgie russe, et celles où s'est concentrée la presque totalité de la production sidérurgique du pays.

Les anciennes exploitations parsemées dans les forêts du Centre, et fondant au bois les minerais locaux, généralement des limonites, ont perdu toute importance.

Le rayon de la Baltique (principalement Pétersbourg), qui, avant le régime protectionniste, s'alimentait de fontes et de combustible étrangers, s'il peut encore importer ce dernier, est du moins tributaire des autres régions de Russie pour la fonte et les demi-produits qu'il transforme. Par une évolution naturelle, il s'est donc spécialisé soit sur les produits commerciaux très élaborés, soit sur les commandes de la Guerre et de la Marine, pour lesquelles beaucoup de ses usines avaient d'ailleurs été créées au début.

Enfin, réparties sur le parcours de la Volga ou de ses affluents, de très grosses entreprises s'approvisionnent

par elle du combustible liquide dont la terre russe est si généreuse, et que des flottes entières convoient de Bakou jusqu'à ses extrémités et à la capitale même de l'Empire, ce sont des aciéries et des laminoirs et d'importants ateliers de construction, à Tsaritsyne, à Sormovo près de Nijni-Novgorod, à Kolomna sur l'Oka, etc... à Moscou enfin.

Ces divisions naturelles tracent le cadre logique de cette étude : j'exposerai successivement les origines et le développement de ces grands districts sidérurgiques, et, dans une comparaison d'ensemble, j'essayerai de préciser le rôle et l'avenir de chacun d'eux.

#### L'OURAL.

*Historique.* — Les richesses minérales de l'Oural avaient été reconnues de bonne heure : les marchands moscovites qui parcouraient la région déblayée par les premières incursions de cosaques y avaient déjà établi des fabriques sous Ivan le Terrible (1530-1584) et la Couronne y avait elle-même aussitôt commencé la construction d'usines.

Mais c'est Pierre le Grand qui donna à cette vaste région l'essor définitif. Le grand empereur, jusqu'alors tributaire des Suédois pour le fer, allait porter la guerre chez eux : il fallait qu'il forgeât ses armes sur son propre sol. Mécontent des résultats qu'avaient donnés les entreprises de la Couronne, il eut recours à

l'initiative d'un forgeron de Toula qu'il avait su distinguer, Nikita Demidof, lui concéda des terres, le droit d'engager des serfs, une indépendance presque complète des autorités locales. Le succès fut immédiat. Bientôt d'autres familles essaïmaient, l'Oural se colonisait, et pendant 150 ans, il satisfit presque en totalité aux besoins du grand empire.

*Conditions de la Métallurgie de l'Oural.* — D'une façon générale on peut caractériser ainsi les deux versants de la chaîne : le versant occidental est pauvre en minerai, relativement riche en forêts et possède quelques gisements de charbon exploités. Il a pour écouler ses produits le magnifique réseau fluvial de la Kama et de la Volga dont le bassin constitue un marché considérable.

Le versant oriental est riche en minerai, pauvre en forêts, ses gisements de houille ne sont pas exploités faute de voies d'accès, son réseau de rivières, moins navigables et sans marché, ne fait guère que le relier aux voies ferrées.

*Minerais de fer.* — Lors des récentes évaluations présentées au Congrès de Stockholm, le délégué russe, professeur Bogdanowitch (1) estima les réserves de l'Oural, en y rattachant toute la région avoisinante, à plus de 280 millions de tonnes se subdivisant ainsi :

---

(1) *The Iron ore resources of the world.* Stockholm, 1910, pp. 364 et suivantes.

	Minerai.	Fer contenu.
Magnétite . . . . .	93.065.345	47.046.196 tonnes.
Hématite rouge et oligiste, .	5.340.000	2.496.000 —
— brune, fer carbonaté, etc. . . . .	183.525.000	85.812.500 —
	281.930.345	135.354.696 tonnes.

Les réserves possibles doivent dépasser de beaucoup ce chiffre. C'est déjà deux fois et demie le bassin de Krivoï-Rog, comme on le verra plus loin, et presque les gisements de Kertch, mais avec un minerai de combien supérieur à ce dernier.

On voit que les gîtes de remaniement constituent presque les deux tiers de la quantité de métal probable. Les gisements primitifs sont constitués par de la magnétite en amas dans des roches basiques ; les plus célèbres sont ceux de la montagne Blagodat et de la Vyssokaïa Gora, ce dernier donnant un minerai à 65 p. c. de fer, sans autre impureté que des traces de cuivre, peu nuisible à cause de l'absence totale de soufre dans le combustible employé.

*Combustibles.* — Le combustible principal de l'Oural est jusqu'ici le bois. Dans la métallurgie au bois deux conditions déterminent la production d'une usine : son rayon d'approvisionnement et la durée assignée par le climat à la repousse.

Le bois, coupé en été, est traîné à l'usine dès l'apparition de la neige (octobre), et l'on estime qu'une vingtaine de kilomètres est une limite raisonnable à ce parcours. Aussi la plupart des usines se sont-elles construites sur le bord de rivières et mieux encore au

confluent de celles-ci pour recevoir économiquement par flottage le produit de leur bassin forestier.

La coupe d'un hectare de pins donne environ 300 stères de bois, le stère pesant à l'abatage 450 kilogrammes et, après une année de séchage, 375 kilogrammes; le rendement en est d'à peu près 65 kilogrammes. Quant à la durée de renouvellement — qui s'opère par reprise naturelle — on la compte dans les évaluations prudentes à 100 ans, dans les autres, à 60 ans. On déduit de ces données que pour produire annuellement un mètre carré de tôle fine, un usinier doit posséder 5.000 mètres carrés de forêts.

Ce chiffre caractérise d'une façon frappante la loi naturelle qui domine toute la métallurgie de l'Oural et la condamne en quelque sorte à la dissémination si elle ne veut pas épuiser une des deux sources de son existence.

*Charbon.* — 100.000 tonnes de charbon équivalent à 200.000 hectares de forêts. On voit quelle profonde révolution amènerait dans l'Oural la mise en valeur des gisements houillers qu'on y a depuis longtemps signalés.

Ceux du versant occidental, les seuls encore exploités sérieusement, à Kizel et Lounievka, donnent un charbon médiocre : 18 à 20 p. c. de cendres, 4 à 5 de soufre, 25 à 30 de matières volatiles : il remplace le bois pour les chaudières, et le chemin de fer de Perm s'en sert exclusivement. La réserve reconnue est d'une centaine de millions de tonnes. Sur le versant oriental,

le charbon a été reconnu en plusieurs points d'une ligne parallèle à la crête, à 150 kilomètres de celle-ci, depuis Tchéliabinsk jusqu'à Irbit.

Près d'Égorchino ce combustible se présente sous la qualité d'anhracite à 5-8 p. c. de cendres, 8-10 de matières volatiles et  $1/2$  p. c. de soufre. On y a signalé également une couche à coke. On estime la réserve à Égorchino à 65 millions de tonnes. Mais jusqu'ici l'absence de toute voie de communication en retarde l'exploitation intensive.

*Débouchés et marchés de l'Oural.* — Les expéditions de l'Oural se répartissent comme suit : le bassin de la Volga avec Kazan, Samara, Saratoff, Oufa, Orenbourg et Astrakhan (Bakou) environ 26 p. c. ; les Gouvernements du centre 35 p. c., ceux du nord 35 p. c. et la Sibérie 4 p. c.

On voit que cette dernière région, qui pourra être à l'avenir un très gros client de l'Oural, ne lui offre guère que des espérances.

Enfin, la moitié à peu près des produits finis qu'il livre (250.000 tonnes) est constituée par la tôle à toiture ou tôle mince de 3 à 12 dixièmes de millimètre. L'Oural a poussé cette fabrication, qui y est deux fois centenaire, à un très haut degré de perfection technique.

*Voies de communication.* — Les chemins de fer sont encore très peu développés dans l'Oural. Les usines n'eurent longtemps pour leurs débouchés que la voie fluviale, ouverte après la débâcle des glaces et jusqu'à la baisse d'automne, soit pendant quatre mois. De là la

conservation de stocks énormes, grevant lourdement le fond de roulement des entreprises.

*Main-d'œuvre. — Servitudes sociales.* — Les usines fondées du temps de Pierre le Grand n'obtinrent de la couronne qu'une sorte de propriété mal définie et qui se limitait à peu près à l'usufruit des richesses du sol et des forêts, avec l'adjonction de servitudes étroites : défense de vendre, céder, arrêter ou même ralentir leur production, obligation d'y donner du travail à tous les ouvriers du domaine.

Enfin, l'affranchissement des serfs (dont la Russie vient de fêter le cinquantenaire) a compliqué encore la situation en obligeant les industriels à partager leurs terres entre les descendants de leurs anciens serfs.

*La crise de l'Oural.* — Telles sont les conditions où, après une ère de prospérité, cent cinquante ans, se trouvait l'Oural à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, lorsque la découverte de Krivoï-Rog donna au Donetz l'essor que l'on sait. D'abord indifférent, puis sceptique, l'Oural essaya de lutter avec son jeune rival en accroissant sa production à mesure que les prix tombaient.

Mais la métallurgie sporadique, avec des usines disséminées dans les forêts, ne peut viser à la grosse production. En triplant et presque quadruplant la sienne, l'Oural raréfiait son combustible et élevait son prix de revient à mesure que diminuait le prix de vente.

Alors que la loi de toute industrie est la division du travail et partant la spécialisation, chaque usine persistait à fabriquer en petit chaque article de la métal-

lurgie, depuis la fonte jusqu'au clou ! N'en voit-on pas encore qui, pour ne rien laisser perdre des richesses naturelles de leur domaine, fabriquent la bougie dont s'éclairent les ouvriers, leurs chaussures, jusqu'aux encriers, aux cendriers, au papier des bureaux !

La crise de l'Oural provient donc surtout de son retard à l'évolution industrielle moderne. Les problèmes que suscitent la liquidation du « droit de possession » issu des donations de Pierre le Grand, et le partage des terres aux serfs affranchis, ne sont, à mon avis, que secondaires.

Ce qu'il faut, pour relever l'Oural, c'est d'abord lui redonner le combustible qu'il a dilapidé en voulant imiter le Sud, et pour cela, au lieu du petit domaine entourant chaque petite usine, créer un large marché du bois, du charbon de bois et de la houille.

Les richesses forestières de l'Oural sont encore immenses ; il suffit de pouvoir les mobiliser par des moyens de transport moins primitifs que le traîneau à un cheval. Beaucoup d'ingénieurs ont fait une campagne pour la mise en valeur de l'immense forêt vierge comprise entre la Toura et la Tavda, préconisant la création d'un chemin de fer recoupant ces deux rivières. Aux points d'intersection, le bois amené par flottage au moment des eaux serait carbonisé d'une façon continue pendant l'année, et expédié par le chemin de fer aux usines.

Avec l'exploitation la plus prudente, ce seul territoire pourrait suffire annuellement à fabriquer 2.000.000 de



tonnes de fonte, soit la quantité que produit actuellement le Donetz.

Il faudrait également relier par une voie ferrée le gisement houiller d'Égorchino et provoquer, par une loi minière logique, la recherche et l'exploitation de la houille signalée en tant de points. Le code minier russe, qui ne dissocie pas surface et tréfonds, crée un empêchement souvent insurmontable à cette mise en valeur.

On voit donc que la part de l'État, financièrement parlant, serait peu de chose. Son action se réduirait à faciliter et organiser l'initiative privée: liquider tout d'abord les vieilles servitudes, se débarrasser de ses propres usines (sauf celles uniquement destinées au matériel de guerre) dont la gestion routinière et anti-commerciale fausse la concurrence normale, mettre à la disposition d'entreprises particulières les immenses forêts vierges qu'il possède en en réglementant l'exploitation et favoriser, s'il ne veut le créer lui-même, l'établissement d'un réseau ferré qui mobilise et les richesses du sol et les produits fabriqués.

L'évaluation économique des usines et leur orientation vers une spécialisation rationnelle se ferait alors, il me semble, naturellement et peu à peu, par contagion en quelque sorte, celles qui ont déjà fait des efforts dans cette voie — elles sont nombreuses — entraînant les autres.

*Avenir de l'Oural.* — L'Oural où sont accumulées tant de richesses naturelles et si variées, qui possède

l'or, le platine, les pierres précieuses, le cuivre, le chrome, le manganèse, l'asbeste, la magnésie, enfin le bois, la houille et le fer, l'Oural ne peut pas périr, et si la sidérurgie qui fut sa gloire et sa fortune y subit une éclipse due à son oubli de s'adapter aux conditions modernes — et, disons-le aussi, à l'insouciance de ses propriétaires qui l'avaient abandonné — on peut affirmer qu'à une transformation difficile et certes douloureuse, succédera une nouvelle ère de prospérité.

Cette transformation demande la collaboration de l'État, des industriels avec lui et entre eux. C'est dire, hélas ! qu'il faudra peut-être longtemps avant qu'une communauté de vues et d'action arrive à la réaliser.

#### LA POLOGNE.

La région sidérurgique de Pologne constitue la prolongation du bassin de Silésie.

L'industrie s'y est développée dès l'instauration du royaume de Pologne, au Congrès de Vienne, en 1815 d'abord, sous l'influence directe de l'Administration des Mines relevant de la Couronne, puis, à partir de 1830, sous l'impulsion très féconde de la Banque de Varsovie.

Lors de l'essor métallurgique de la Russie, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la Pologne profita naturellement de l'avance qu'elle avait, principalement dans la construction mécanique, et la barrière douanière dont s'enfermait l'empire lui ouvrit un champ considérable.

Les espérances que faisait naître la renaissance industrielle firent créer plusieurs grosses entreprises nouvelles : les usines Hantke, Houldschensky, etc.

Mais la crise que cette fièvre avait provoquée devait porter à la Pologne un coup plus dur qu'aux autres rayons métallurgiques.

Pour la production de la fonte, la Pologne ne pouvait lutter contre le Sud, obligée qu'elle était d'importer du coke étranger (frappé d'un droit de 3 fr. 70 par tonne) et d'enrichir son lit de fusion par du minerai tiré de Krivoï-Rog. Aussi, l'apogée de la production atteint en 1904 par 360.000 tonnes, la Pologne acheta peu à peu partie de sa fonte au Donetz : 20.000 tonnes en 1906, 46.000 en 1907, 53.000 en 1908, et elle dessine actuellement son évolution vers le produit de plus en plus travaillé, ce que lui facilite son gisement houiller et sa main-d'œuvre exercée et stable. C'est l'histoire des forges de la Loire cédant la grosse métallurgie à leurs rivales de l'Est. Malheureusement pour elle, sa situation de pays frontière n'a pas permis à la Pologne de développer comme elles la fabrication du matériel de guerre.

*Minerais.* — Ils sont généralement pauvres et se composent principalement d'hématites brunes, de sphérosidérites et de fer carbonaté correspondant soit à des gîtes de substitution soit à des formations sédimentaires, ces dernières ayant la plus grosse importance industrielle.

Le fer varie de 35 à 45 p. c., le phosphore, de 0,1 à

0,2 ne permettant guère que l'obtention de fontes destinées à la déphosphoration sur sole.

L'ensemble des réserves de Pologne est considérable, et si le minerai n'en est pas riche, du moins assurent-elles un avenir indéfini à l'industrie de ce pays.

On peut, avec Bogdanowitch, les évaluer sans optimisme à 33.700.000 tonnes à 32 p. c., correspondant à 10.784.000 tonnes de métal, les réserves « possibles » atteignent 266.300.000 tonnes à 41 p. c.

L'extraction, qui a atteint son apogée en 1900 avec 480.000 tonnes, a été depuis lors en décroissant :

<u>1900</u>	<u>1901</u>	<u>1902</u>	<u>1903</u>	<u>1904</u>	<u>1905</u>
480.000	325.000	230.000	164.000	300.000	265.000
	<u>1906</u>	<u>1907</u>	<u>1908</u>	<u>1909</u>	
	295.000	206.000	180.000	123.000	

*Bassin houiller.* — Il se présente, en territoire russe, sur une étendue de 20 kilomètres sur 10 environ. Dombrowa est au centre de la cuvette principale, au nord-est, et la couche la plus importante, appelée couche Reden, y affleure, atteignant une épaisseur allant de 10 à 20 mètres. C'est cette couche qui donne les 9/10 du charbon exploité. Elle est à 30-40 p. c. de matières volatiles. Aucun des charbons de Pologne n'est propre à la fabrication du coke.

On estime les réserves visibles à 650 millions de tonnes.

L'extraction, presque insignifiante avant 1870, s'accrut à partir de cette époque :

<i>Tonnes.</i>				
1870	1880	1890	1900	1910
330.000	1.300.000	2.500.000	4.400.000	5.590.000

Jusque vers 1888, elle était égale à celle du bassin du Donetz, mais celui-ci prit alors une avance considérable et sa production est actuellement trois fois plus importante. Aussi le charbon polonais a-t-il à peu près perdu ses débouchés dans l'intérieur de la Russie et se borne-t-il à satisfaire aux besoins de la Pologne. Au premier rang de ceux-ci il faut compter les industries textiles, qui prennent environ 20 p. c. de la production, puis les chemins de fer 18 et la métallurgie 16 p. c.

Protégé par une douane de 1 fr. 62 par tonne contre le charbon allemand, et maintenu à un prix raisonnable par une entente des gros producteurs, le charbon polonais se vend de 20 à 23 francs la tonne.

*État présent.* — La Pologne entre à peu près pour un dixième dans la production d'acier de l'empire.

Voici par ordre d'importance les principales usines ayant fourneaux et aciérie :

	Fonte (tonnes).	Acier (tonnes).
Hutta-Bankowa . . . . .	75.000	100.000
Czenstochow . . . . .	60.000	60.000
Zaverze . . . . .	50.000	50.000
Ostrowetz . . . . .	60.000	80.000
Ékatérina . . . . .	35.000	35.000
Sosnowice . . . . .	20.000	20.000
Milewice . . . . .	40.000	20.000

Toutes ne produisent que de l'acier Martin.

Hutta-Bankowa tient la tête, tant par le chiffre de sa production que par la variété de ses fabrications qu'elle s'efforce de développer en les poussant le plus possible. Ayant pu acquérir, en 1908, les terrains sur lesquels étaient placés ses établissements, cette puissante société reconstruit actuellement son aciérie et ses laminoirs sur le modèle des plus récentes installations de l'étranger.

On ne peut manquer de signaler le rôle de précurseur qu'a joué cette usine ; dès 1880, pour arriver à fabriquer les rails avec les produits de sa région, elle appliquait la première dans le monde entier d'une façon méthodique et réellement industrielle la déphosphoration sur sole et complétait bientôt ce procédé par la marche en fonte liquide, devançant ainsi l'Europe et l'Amérique.

La constitution du Syndicat de vente des usines russes, dont il sera question plus loin, a été fort heureuse pour la Pologne en la mettant à l'abri de la concurrence que la surproduction du Donetz lui créait jusque chez elle, toujours plus active et plus menaçante.

Sous cette égide, elle peut continuer à pousser, sans les restreindre, à peu près toutes ses fabrications ; mais les sociétés prévoyantes s'orientent nettement vers l'évolution que j'ai caractérisée plus haut : abandon progressif des produits bruts et développement des produits de plus en plus travaillés.

## LE DONETZ.

Il est difficile de préciser l'époque à laquelle fut découvert le charbon du Donetz. On raconte que des cosaques du Lisitchansk en auraient présenté des morceaux à Pierre le Grand se rendant à l'Azow, lequel, à la vue de cette pierre noire, aurait prononcé ces paroles prophétiques : « Ce minerai sera utile à nos petits-neveux ».

Il est probable que de petites industries locales y avaient également révélé le minerai, car on voit dès 1792 le Gouvernement s'y intéresser et appeler l'Écossais Gascoigne pour installer une fonderie à Lougansk.

Les efforts de l'État sur ce gisement mal connu et avec des minerais inférieurs ne furent qu'une longue suite de déboires, qui lui coûtèrent des millions, et dont le résultat fut d'aboutir, après plus de soixante-dix ans, le 19 janvier 1865, à couler pour la première fois, avec les minerais et charbons de la région, une fonte de moulage propre à la consommation. Comme épuisé par cette démonstration, le haut-fourneau qui l'avait donnée sombrait après vingt-trois jours de marche, ayant produit 70 tonnes. *Tantæ molis erat!*

Alors le Gouvernement changea de tactique et il essaya, par des primes et des avantages considérables, d'exciter l'initiative privée à réaliser ce que lui-même n'avait pu instaurer, mais du moins avait montré possible. C'est alors (1865) que fut créée, par un homme

audacieux et énergique, l'Anglais John Hughes, la « New-Russian Iron Society » dont les débuts, au milieu des difficultés de toute nature que présentait un pays presque inhabité, furent des plus durs, et n'auraient peut-être abouti qu'à un échec sans la découverte des fameux gisements de Krivoï-Rog qui redonna à l'affaire un essor nouveau.

*Bassin houiller.* — Le bassin houiller du Donetz comprend toute la gamme des charbons, depuis les anthracites purs à 2 p. c. de matières volatiles, jusqu'aux charbons à 47 p. c. Le charbon à coke forme à peu près le quart des réserves reconnues, lesquelles constituent de 30 à 40 milliards de tonnes.

Les conditions de l'exploitation sont d'une façon générale assez défavorables : du fait du gîte d'abord, les couches sont minces : on compte comme très favorables celles atteignant 1<sup>m</sup>,20 à 1<sup>m</sup>,40 ; deux à peine atteignent, par endroit, jusqu'à 2 mètres et l'on exploite communément jusqu'à 50 centimètres. Mais elles sont surtout séparées par de fortes épaisseurs de stérile : la densité verticale (qui atteint par exemple 5 p. c. dans le Nord de la France) ne dépasse guère 2 p. c. au Donetz. La main-d'œuvre locale faisant absolument défaut, il a fallu l'appeler du centre de la Russie, et malgré les sacrifices faits pour la fixer, elle est instable et les époques des travaux agricoles en ramènent périodiquement la pénurie.

Le prix de revient au carreau de la mine varie entre 11 et 17, soit en moyenne 13 francs, les exploi-



tations les plus favorisées pouvant descendre à 10 fr. 50.

Les conditions économiques ne sont pas plus avantageuses. La loi minière russe, qui lie la propriété du tréfonds à celle du sol, crée d'énormes difficultés à l'organisation originelle des exploitations, dont les terrains doivent se marchander à des communautés de paysans, avides et indéfiniment irrésolues. De plus, l'abondance d'affleurements faciles à exploiter par les moyens les plus primitifs et en dehors de tout contrôle crée aux grosses exploitations grevées d'immobilisations, de frais généraux, et soumises à des servitudes ouvrières onéreuses, une concurrence insaisissable qui s'efface à chaque crise pour renaître à la moindre hausse de prix.

Aussi le prix de vente est-il fort voisin du prix de revient et oscille entre 13 et 15 francs. Fixé chaque année par les adjudications aux chemins de fer, principaux clients (pour plus du tiers) mais clients tout-puissants, exigeants, et qu'une hausse un peu sérieuse fait passer au naphte, il est amélioré pour le coke, dont la production est relativement plus restreinte et qui, avec le charbon que consomme la métallurgie, constitue à peu près un quart de la production totale du bassin.

On voit donc qu'en ce qui concerne spécialement la métallurgie, celle-ci n'a pas à craindre une élévation importante de cette matière essentielle à son existence. Les facteurs que je viens d'énumérer entreraient aussitôt en jeu pour provoquer une baisse ; d'autre

part, les économies de combustible très considérables que peuvent encore réaliser la plupart des usines du Donetz, en utilisant mieux leurs gaz de fourneaux et en fabriquant elles-mêmes leur coke, leur laissent encore de ce côté-là une marge très importante.

*Les gisements de fer de Krivoï-Rog.* — Soupçonnés au XVIII<sup>e</sup> siècle, dédaignés par Le Play en 1837, les minerais de Krivoï-Rog ont été réellement découverts par Alexandre Pohl dans le dernier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle. Descendant d'une famille allemande fixée depuis deux générations en Russie, ce petit propriétaire, d'esprit curieux et cultivé, passionné d'archéologie, déploya une énergie et une persévérance incroyables pour communiquer à ses compatriotes l'enthousiasme et la foi en l'avenir qui l'animaient. Nul n'est prophète dans son pays. Au bout de quinze ans d'efforts surhumains, Pohl avait englouti sa fortune, hypothéqué ses biens, ruiné sa santé, et ses voisins ironiques le tenaient pour fou. Toute son œuvre menaçait de sombrer lorsqu'en 1881 il réussit à trouver à Paris des gens assez perspicaces pour risquer des capitaux dans l'exploitation des richesses minérales qu'il avait découvertes.

En 1881 se fonda, sous les auspices de la Société des minerais de Mokta-el-Hadid, la Société des minerais de Krivoï-Rog, et Pohl, enfin largement rémunéré de ses peines, put voir, avant de mourir (27 juillet 1890), se réaliser le rêve de sa vie.

*Développement consécutif du Donetz.* — De toutes les campagnes menées par Pohl, la moins ardue n'avait

pas été celle que, depuis 1870, il soutenait pour obtenir que le Gouvernement reliât par une voie ferrée Krivoï-Rog au bassin houiller du Donetz, distant de 500 kilomètres.

Empêchée par la guerre de Turquie, retardée parce qu'on le croyait onéreux et sans avenir, ce fut à la suite d'une famine qu'on finit par décider cette ligne, dont l'inauguration eut lieu le 18 mai 1884.

Dès lors l'essor est prodigieux.

Il n'y avait encore que trois fourneaux dans le Donetz : deux chez les Hughes, un chez Pastoukhoff. Immédiatement les Hughes essayaient le nouveau minerai et, dès 1886, ils acquéraient eux-mêmes des mines importantes.

Alors, attirées par les nouveaux gisements de toutes les régions de la Russie, les usines déjà existantes essaient vers le Sud (1).

La première en date fut la société Briansk. Fondée en 1873 à Biéjitzza dans le gouvernement d'Orel par deux Russes, Goubonine et Goloubief, pour travailler des fontes anglaises et relaminer de vieux rails, cette entreprise avait vite connu une prospérité étonnante. Elle distribuait jusqu'à 25 p. c. de dividende, augmentait ses installations, créait un Bessemer, une aciérie Martin, des laminoirs, tôleries, ateliers de chaudières, de locomotives et de wagons. Mais les droits dont la politique protectionniste frappait les fontes anglaises

---

(1) Voir l'étude très documentée de P. Bayard dans la *Revue de Liège*, 1895.

la poussaient vite à la fabriquer elle-même. Elle acquérait aux portes d'Ékatérinoslaw, sur le bord du Dnièpre, un vaste terrain où, en 1885, on élevait une puissante usine. En 1887, le premier fourneau coulait sa fonte ; en 88, on allumait le second ; en 89, l'aciérie Martin était mise en route ; en 91, c'était le Bessemer et le train à rails.

Sans répit, à quarante kilomètres en amont de la Dnièpre, issue de la Société Cockerill et de la Société métallurgique Varsoviennne, qui dès 1884 jetait déjà les yeux sur le sud, une nouvelle société : La Dniéproviennne, fondait à Kamenskoe, en 1889, une usine de la même importance. Dix-huit mois après le premier coup de pioche, on allumait le premier haut-fourneau ; l'aciérie, les laminoirs suivaient avec une rapidité fébrile.

Plus timide, en 1892, la Société des mines de Krivoï-Rog se bornait à construire deux hauts-fourneaux sur ses terrains.

Puis, en 1890, c'était le groupe français, issu des Aciéries Firminy qui, depuis 1876, exploitait les usines de Hutta-Bankowa et dont j'ai signalé plus haut le succès industriel en Pologne, qui se décidait à prendre pied dans le sud et créait la Société des Forges et aciéries du Donetz, à Droujkovka.

A partir de ce moment sévit ce que l'on a appelé la fièvre du Donetz. Excités par les bénéfices des premières entreprises (La Dniéproviennne distribuait jusqu'à 40 p. c. de dividende), les capitaux étrangers affluaient en Rus-

sie. La France, la Belgique, ces deux-là pour la grosse part, jusqu'à l'Amérique, installaient des charbonnages ou des usines métallurgiques. C'était successivement La Russo-Belge, Donetz-Iourievka, Nicopol-Marioupol, Almaznaia, Taganrog, Konstantinovka, La Providence, Makievka, Bièlaia, Kramatorskaia.

Des trois hauts-fourneaux en 1886, on passait à cinquante en 1900. La fabrication de la fonte montait avec une rapidité qu'aucun pays, même l'Amérique, n'avait atteinte en un si court espace de temps.

De 80.000 tonnes en 1888, elle passait à 1.500.000 tonnes en 1900.

Tel était, en moins de vingt-cinq ans, le résultat des découvertes de Pohl.

Le cadre restreint de cette étude ne permet pas d'inventorier les richesses qu'il a mises au jour. Qu'il suffise de dire que ce qui a fait l'extraordinaire développement de ces gisements est leur richesse, leur pureté et leur facilité d'exploitation : par endroit l'épaisseur des couches, qu'on travaille en carrière, atteint 40 mètres d'épaisseur. Le minerai courant est à 62 p. c. de fer, certaines mines peuvent livrer normalement des qualités contenant de 67 à 70 p. c. ; sauf de rares exceptions, le phosphore n'y dépasse pas 0,020 à 0,030.

La réserve reconnue est de 86.000.000 de tonnes.

Selon que les exploitations, en carrière au début, passent au travail souterrain, selon surtout les redevances consenties au possesseur du sol (propriétaire ou communauté de paysans) par celles qui n'ont pas leur

terrain en propre, le prix de revient du minerai varie de 5 fr. 50 à 10 francs la tonne.

Les prix de transport aux principaux points d'utilisation sont les suivants :

Usine du Dnièpre (Briansk et Dniéproviennne).	fr.	3,26 et 3,15
— du Centre du Donetz : Russo-Belge. . . . .	—	7,18
— de l'Azow : Taganrog. . . . .	—	9
— de Pologne. . . . .	—	16 à 19
Frontière de Pologne (1.450 kilomètres) . . . . .	—	18,60
Port de Nikolaïef (220 kilomètres) . . . . .	—	4,40

Or, tandis que sous l'influence de la découverte de Krivoï-Rog, la métallurgie russe faisait un pas gigantesque et que le convertisseur Bessemer semblait l'engin destiné à fournir avec ses fontes pures tous les rails dont avait besoin l'Empire, son rival puîné, le Thomas, apparaissait à son tour et semblait vouloir s'imposer comme un concurrent redoutable.

Un nouveau bassin métallifère, d'une réserve encore plus considérable que celui de Krivoï-Rog, venait en effet d'apparaître industriellement dans les dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle.

C'était le bassin de Kertch, redécouvert en 1895 par M. P. Bayard.

*Les gisements de Kertch.* — Ils s'étendent sur la presqu'île de ce nom, et vis-à-vis, sur l'autre bord du détroit d'Yénikalé et constituent dans le Pontien (le plus élevé des étages du miocène) une couche ferrifère de 5 à 6 mètres de puissance, atteignant parfois 9 mètres et surmontée de 5 à 6 mètres d'argile seulement.

On peut y distinguer pratiquement deux sortes de minerais, passant insensiblement de l'un à l'autre ; une couche jaunâtre épaisse située entre deux couches noires beaucoup plus manganésées. La couche jaune est toujours la plus importante ; les parties noires varient suivant les régions.

La différence de couleur correspond à une teneur différente en manganèse, comme le montrent les moyennes suivantes, relevées sur plusieurs années d'exploitation :

	Minerai jaune.	Minerai noir.
Humidité . . . . .	13,37	13,38
Silice . . . . .	14,50	13,32
Alumine. . . . .	4,58	3,99
Chaux. . . . .	1,38	1,67
Magnésie . . . . .	0,88	1,23
Fer . . . . .	41,75	36,49
Manganèse. . . . .	1,62	8,84
Soufre . . . . .	0,065	0,08
Phosphore. . . . .	1,06	0,764
Arsenic . . . . .	0,134	0,125

*Valeur industrielle.*— L'intérêt des minerais de Kertch tient à leur situation sur le bord de la mer, non loin du Donetz, et à leur très grande facilité d'exploitation. Celle-ci se pratique à l'aide d'excavateurs se déplaçant sur gradins horizontaux et qui enlèvent d'abord le stérile argileux de 5 à 6 mètres qui recouvre le minerai, puis le minerai lui-même.

On peut avoir de la sorte le minerai à moins de 1 franc la tonne à la minière.

Ils ont contre eux leur état menu qui oblige à les

briqueter — ce qui est d'ailleurs aisé attendu que leur nature argileuse n'exige ni agglomérant, ni cuisson, mais seulement une forte compression — leur pauvreté, qui entraîne une teneur élevée en silice, et enfin leur composition chimique, teneur en manganèse pour le noir, arsenic pour tous les deux.

En fait, si l'on devait employer le Kertch seul, on se heurterait à de grosses difficultés techniques, entraînant des frais élevés. On n'a résolu pratiquement le problème qu'en le mélangeant en partie au Krivoï-Rog.

Le minerai noir, beaucoup trop manganésé, est généralement laissé à la carrière, et on ne l'utilise que pour remplacer, dans un lit de fusion pour fonte Martin basique, le minerai de manganèse, dont l'addition est nécessaire avec le Krivoï-Rog ; mais il a l'inconvénient d'introduire davantage de phosphore — ce qui oblige à limiter le manganèse dans la fonte pour éviter un décrassage du bain — et de l'arsenic, qui peut aller jusqu'à 10 p. c.

Le minerai jaune employé seul pour fonte Thomas conduit à une mise au mille de coke atteignant 1.400, et à une marche fort difficile des hauts-fourneaux.

Enfin l'arsenic dépasse alors 35 p. c. dans les aciers, ce qui, quoiqu'on en ait dit, ne laisse pas d'être fort nuisible.

Aussi les usines reconnurent-elles bientôt que le Kertch devait être tempéré par du Krivoï-Rog, et adoptèrent-elles comme le plus économique un lit de fusion comportant de 75 à 80 du premier pour 25 à 20



du second, conduisant à une consommation de coke de 1.175 à 1.200 à la tonne.

Outre les deux usines qui en font la base de leur fabrication pour l'acier Thomas, le Kertch est utilisé à peu près par tous les hauts-fourneaux du Donetz comme addition phosphoreuse pour la fonte de moulage.

*Usines marchant au Kertch.* — Elles furent au nombre de trois :

Taganrog créée en 1895 sur le port de ce nom ;

La Providence Russe, en 1896 sur celui de Marioupol ;

Enfin l'usine de Kertch bâtie aux abords de cette ville de 1896 à 1898, arrêtée en 1902 et restée inachevée.

Ce sont celles qui ont reçu de la crise industrielle les plus profondes blessures. La Société de Kertch même en est morte. Cela tient à plusieurs causes : arrivées les dernières et au début de la crise, elles n'avaient pour la traverser ni les bénéfices qu'avaient les usines antérieures, ni surtout les commandes de rails de l'État qui permettaient à ces dernières de patienter. En butte, avec le Kertch, à des difficultés techniques beaucoup plus grandes que leurs devancières avec le facile Krivoï-Rog, elles trouvaient une clientèle déjà saturée et difficile et que leurs produits du début n'étaient pas faits pour contenter.

Pour deux du moins les blessures se sont cicatrisées et si leur situation géographique les désavantage légèrement par rapport à leurs rivales situées sur le charbon, du moins, pour le minerai, les place-t-elle à por-

tée d'un gisement dont le transport par eau compense la faible teneur. Surtout elle leur ouvre un marché maritime qui, sans parler de l'exportation, leur offre pour la Russie seule les riches places d'Odessa, de Riga et de Pétersbourg.

Leur fer peut atteindre la Baltique avec une différence de 20 à 25 francs par tonne sur les usines du Donetz. En somme le minerai de Kertch est appelé, pour toutes les usines du Donetz, à jouer le rôle de régulateur du prix du Krivoï-Rog. Si ce dernier minerai montait trop haut, aussitôt la fonte Martin pourrait le remplacer partiellement (jusqu'à 20 et 25 p. c.) par du Kertch. Une hausse plus accentuée provoquerait enfin la transformation des Bessemer acides en Thomas, comme cela est advenu en France, et le minerai de Krivoï-Rog ne servirait plus qu'aux produits de qualité, tôles, etc... Rien pour le moment ne fait prévoir cette évolution, mais la demande toujours croissante de l'étranger en minerais purs pourra quelque jour l'accélérer.

#### LA POLITIQUE PROTECTIONNISTE. — LA SURPRODUCTION.

Pour développer l'industrie naissante, le Gouvernement eut recours à une série de mesures qui la mettaient à l'abri de la concurrence étrangère : élévation successive des droits de douane, interdiction aux réseaux d'État d'acheter des rails étrangers, primes, etc. Ce fut surtout l'arrivée au pouvoir du Ministre Witte qui

accentua cette politique économique (1892). Il haussa encore les tarifs, invita les capitaux étrangers par la promesse de larges commandes de l'État et la rémunération qu'ils ne pouvaient manquer de trouver dans le développement économique du grand pays, développement auquel la réforme financière et l'instauration du monométallisme-or, qui stabilisait enfin définitivement le cours du rouble, promettait un essor magnifique.

Ces encouragements, ces appels quasi officiels aux capitaux étrangers, en provoquèrent rapidement un afflux considérable dans toutes les branches de l'industrie, mais qui se porta surtout sur les mines et la métallurgie. J'ai rappelé plus haut combien les bénéfices presque fabuleux des sociétés installées les premières avaient attiré les convoitises. On voit comment cet appât secondait les désirs du Gouvernement. Mais le développement économique des nations jeunes ne se provoque pas au gré des espérances que nourrissent les financiers ; la consommation ne suivit pas cet élan artificiel. Une surproduction formidable fut la suite immédiate de cette poussée d'entreprises.

Il serait vain de prétendre y discerner autre chose que le phénomène très commun qui accompagne la mise en exploitation de tout champ de richesses nouvelles. Les affaires les plus sérieuses et les mieux étudiées ont toujours à compter avec l'imprévu d'un pays neuf, où, en dehors de l'usine, tout était à créer : colonies ouvrières, logements d'employés, routes, hôpitaux, réserves

d'eaux industrielles, embranchements et gares. Quant à celles — et elles furent nombreuses — issues d'un mouvement de spéculation et mises hâtivement sur pied sans programme commercial défini, est-il besoin de dire qu'elles furent les premières frappées et le plus lourdement ?

Aussi bien la baisse de prix qui s'en suivit ne fut point pour déplaire au Gouvernement. Provoquée ou seulement escomptée, elle soulageait le consommateur russe — l'État principalement — du fardeau un peu lourd que lui avait imposé la politique protectionniste.

Celle-ci avait atteint son but : munir le pays d'un puissant outillage industriel, le rendant indépendant de l'étranger, mais, pendant un temps, il avait fallu payer la marchandise indigène aussi cher que la marchandise importée. Or, cette période de transition devait finir, et le Ministre des Finances (1) se plaisait à reconnaître que sa politique constante avait été de l'abrégéer autant que possible (2).

*Résultats financiers.* — Il suffit de jeter les yeux sur le tableau suivant, qui résume les opérations annuelles

(1) *Messager des Finances*, 9 décembre 1901.

(2) Voici, pour les principaux produits, les prix pratiqués :

	1894	1901	1910
Fonte. . . . .	112 francs.	67 francs.	68 francs.
Poutrelles. . . . .	350 —	138 —	150 —
Fers marchands. . . . .	300 —	200 —	187 —
Tôle . . . . .	350 —	230 —	240 —
Fil et machine. . . . .	320 —	180 —	165 —

des Sociétés métallurgiques pendant les deux périodes 1895 à 1900 et 1901 à 1909 — la crise se prolongea par les troubles révolutionnaires consécutifs à la guerre — pour voir toute la gravité de la chute: les résultats passent de 7,17 à 1,16 p. c. du capital actions engagé dans les affaires.

	Moyennes de 1895 à 1900.	Moyennes de 1901 à 1909.
	Nombre d'entreprises :	
	47.	51.
<i>Capitaux investis (en francs) :</i>		
Actions . . . . .	340.000.000	645.000.000
Obligations . . . . .	90.000.000	180.000.000
Réserve . . . . .	48.000.000	85.500.000
Amortissement . . . . .	48.500.000	110.000.000
<i>Dividendes distribués :</i>		
Sommes . . . . .	26.300.000	17.000.000
Pour cent . . . . .	7,72	2,68
<i>Pertes :</i>		
Sommes . . . . .	1.900.000	9.800.000
Pour cent . . . . .	0,55	1,52
<i>Résultats nets :</i>		
Sommes . . . . .	24.500.000	7.300.000
Pour cent . . . . .	7,17	1,16

*Remèdes tentés. — Comptoirs de vente.* — Il n'y avait qu'un moyen de réduire la baisse provoquée par la concurrence effrénée que se faisaient les usines: c'était de limiter la production par une entente commune, en confiant la vente à une organisation centrale ayant en mains le contrôle de la production.

C'est ce dont arrivèrent à se convaincre, après de longs pourparlers, la majorité des industriels du Sud et de la Pologne, et en octobre 1902 fut constituée la Société pour la vente des produits des usines russes.

Il ne fut pas possible de partir du produit primordial, fonte ou lingots, et l'on dut se borner, dans un premier effort, à syndiquer les produits sur lesquels la baisse s'était le plus fait sentir : les tôles et les poutrelles ; puis vinrent s'y adjoindre les bandages et les essieux ; un autre syndicat, le Clou, réunit la majeure partie des producteurs de fil, ainsi que les tréfileurs et les fabricants de clous.

Naturellement, les usines limitées sur les produits syndiqués, cherchaient à augmenter leurs débouchés dans les fabrications restées libres, et les rares produits où les prix avaient pu se maintenir — les usines n'ayant pas encore développé leur outillage — devenaient successivement matière à surproduction et à concurrence. Certaines personnes — peu familiarisées avec les conditions de la métallurgie russe — ont amèrement critiqué cette forme imparfaite de syndicat, impuissante à enrayer d'un coup la surproduction, et la laissant en quelque sorte se propager d'un produit sur un autre, les usines se rejetant toujours dans des immobilisations nouvelles pour écouler leur métal sous une forme nouvelle.

Mais ce reproche, qui serait juste dans un pays où l'industrie est de date ancienne, la consommation régulière et les entreprises arrivées à maturité, ne peut guère s'appliquer à une industrie naissante comme l'était la sidérurgie en Russie, principalement dans le Sud. Si les premières usines installées, et à peu près achevées, eussent peut-être consenti, pour consolider

leurs bénéfiques, à limiter l'ensemble de leur production, il est clair que les dernières venues, saisies par la crise avant même leur achèvement, ne pouvaient pas, à peine nées, renoncer à tout développement ultérieur et se contenter, pour rémunérer leurs capitaux, de la maigre quote-part que leur laissaient leurs aînées dans les seules fabrications qu'elles avaient réussi à mettre en route.

Un syndicat intégral, englobant tous les produits, n'était donc pas possible, et les usiniers durent se contenter de cette cote mal taillée.

En fait, tel qu'il a pu se constituer, le syndicat a rendu à la jeune industrie métallurgique les plus sérieux services. Géré avec une grande compétence et une prudente activité, il a su inspirer confiance à ses adhérents, puis aux dissidents qu'il a presque tous ramenés, et ne pas porter ombrage au Gouvernement que l'opinion publique mal renseignée et toujours méfiante cherchait à exciter contre lui.

En 1909, il réussit à grouper la totalité des fabricants de fers marchands et reprit en main de ce fait la vente de 7 à 800.000 tonnes de plus. Les ententes partielles qu'il comprend arrivent toutes à terme à fin 1911. Il y a lieu d'espérer que la sagesse des industriels permettra de les renouveler sans difficultés.

*L'exportation russe.* — Mais les usines du Sud, ainsi réduites à la moitié de leur capacité de production, cherchèrent à profiter de leur position non loin de la mer, et dès 1907, alléchées par les prix élevés qui se

pratiquaient au dehors, alors que le marché russe était stagnant, elles apparurent sur le marché mondial.

Ce furent d'abord les fontes qu'on dirigea sur l'Italie surtout, puis les rails, dont la Russie exporta dans toutes les parties du monde : Amérique du Sud, Afrique, Australie, Chine, Japon, Danemark, etc.

Voici le mouvement d'ensemble de ces exportations :

<i>Tonnes.</i>					
<u>1905</u>	<u>1906</u>	<u>1907</u>	<u>1908</u>	<u>1909</u>	<u>1910</u>
95	41.500	240.000	118.000	160.000	86.000

Il s'est ralenti avec la dépression de la métallurgie, et aussi avec sa reprise en Russie.

Les commandes de rails revenaient aux usines, suivant leur situation, de 120 à 130 francs nets, c'est-à-dire à un prix couvrant largement les frais généraux. Les deux ports d'exportation des usines du Sud sont Nikolaïef sur la Mer Noire pour celles du Dnièpre (Briansk et la Dniéprovienne) et Marioupol sur l'Azow pour celles du Donetz. Le second est malheureusement bloqué par les glaces, de décembre à mars.

On comprend donc qu'avec une exportation non plus improvisée, mais organisée, la situation géographique favorable des usines du Sud leur donne un débouché mondial assuré.

L'exportation russe, très ralentie maintenant à la suite de la reprise intérieure, jouera certainement plus tard un rôle non négligeable.



*État actuel.* — Le tableau suivant (1) résume d'une façon saisissante le développement extraordinairement rapide de l'industrie du Donetz :

	1860	1870	1880	1890	1900	1910
Charbon . . .	100.000	256.000	1.460.000	3.000.000	11.000.000	16.800.000
Minerai de fer. . . .	»	21.300	44.000	380.000	3.440.000	4.180.000
Minerai de manganèse	»	»	»	8.200	88.500	213.000
Fonte . . .	»	200	18.000	216.000	1.500.000	2.100.000
Fer et acier.	»	575	26.000	110.000	970.000	1.640.000

Nulle part, même en Amérique, la courbe de la fonte ne s'est élevée avec une vitesse relative aussi grande.

Aujourd'hui, le Donetz produit 70 p. c. de la fonte et près de 60 p. c. de l'acier fabriqués en Russie.

Il compte les usines les plus modernes et les plus puissamment outillées de l'Empire.

En se bornant à celles qui possèdent des hauts-fourneaux et dénaturent plus de 100.000 tonnes de leur propre fonte, on compose la liste suivante :

Produisant plus de 250.000 tonnes d'acier (Bessemer et Martin) : la Dniéprovienne, de toutes la plus puissante et la plus variée dans ses fabrications.

Produisant 200.000 tonnes : la Russo-Belge (Bessemer et Martin), Briansk (idem), Hughes (Martin), Donetz-Iourievka (Martin).

Produisant 125.000 tonnes : Taganrog (Thomas et Martin), Makievka (Martin).

---

(1) *Gornoe Dièlo*, février 1911.

On remarquera que trois d'entre elles travaillent uniquement au Martin en *ore Process* absolu avec fonte liquide, Hughes et Iourievka ayant abandonné le Bessemer, Makievka n'en ayant pas construit.

Suivant qu'elles ont minière et charbonnage ou qu'elles achètent leur matière première, on peut compter qu'elles fabriquent la fonte de 57 à 65 francs la tonne et le lingot d'acier de 83 à 93 francs. Beaucoup ont déjà modernisé leur premier outillage.

Les premiers hauts-fourneaux avaient été prévus pour 140 tonnes ; les suivants le furent pour 200. La plupart ont été remplacés déjà par des fourneaux de 250, parfois de 300 tonnes. Plusieurs usines les ont portés à 400 tonnes (1). Les soufflantes à vapeur se remplacent par des moteurs à gaz.

Les anciens fours à coke du système belge font place à des fours à sous-produits et régénération dont les gaz seront bientôt appliqués au chauffage des fours Martin (Russo-Belge, Makievka).

L'acier au convertisseur, jusque vers 1895, tenait le pas sur l'acier Martin. Mais dès cette époque, ce dernier l'atteignait et à mesure que se développaient les fabrications commerciales et que se restreignait la prépondérance initiale du rail, le Martin prenait une avance de plus en plus accentuée. J'ai dit que trois usines fabriquaient leurs rails en acier Martin. Aujourd'hui sur 1.700.000 tonnes de lingots coulés annuellement

---

(1) Toutefois, les usines marchant au minerai de Kertch ont dû se tenir à la première limite.

dans le Donetz, deux tiers proviennent de fours Martin.

La capacité de ceux-ci, dans les dernières aciéries transformées, est portée à 50 tonnes. Le chargement de la fonte à l'état liquide est généralisé partout.

Les laminoirs à rails sont généralement réversibles, la plupart précédés de bloomings, plusieurs munis de récupérateurs Rateau actionnant des turbo-dynamos (Droujkovka, Hughes).

Les premières installations de trains marchands, naturellement établies à vapeur, tendent à faire place à la commande électrique. De puissantes centrales sur moteurs à gaz se sont créées ces dernières années. Certaines usines ont même étendu l'application de ces derniers jusqu'à l'entraînement direct des trains : fil, fers marchands, tôle mince et tôle moyenne (Russo-Belge). La plupart cependant ont adopté la transformation électrique intermédiaire, et, dans les dernières installations, c'est le courant continu qui a la préférence (Dniéprovienne, Taganrog).

Il convient de noter cependant que les turbines, de conduite facile, légères et ne payant à égale puissance qu'un tiers des droits de douane formidables qui frappent les moteurs à gaz (60.000 tonnes au lieu de 180.000 pour 2.000 kilowatts) ont une faveur marquée dans plusieurs usines.

En somme, malgré leur jeunesse relative, les usines du Donetz se sont pour la plupart déjà transformées et modernisées, et leur outillage, d'une façon générale, est à la hauteur des derniers progrès.

Si, malgré cela, leurs prix de transformation sont en moyenne encore un peu plus élevés que dans les grandes installations de l'Europe occidentale, cela tient, pour une part, aux charges plus fortes qui grèvent l'industrie dans le pays, mais surtout à ce que leurs laminoirs sont alimentés d'une façon beaucoup moins abondante et régulière.

#### AUTRES CENTRES MÉTALLURGIQUES.

Les trois groupes dont je viens d'esquisser le développement, Oural, Pologne et Donetz, doivent leur existence et leur situation géographique au concours, sur leurs rayons respectifs, du combustible et du minerai.

Il existe, disséminées dans l'Empire, d'autres puissantes entreprises, à portée moins immédiate du combustible, et recevant leur matière première — fonte ou ébauchés — des rayons précédents.

Le cadre de cette brève étude ne permet guère que de les signaler : ce sont d'abord les usines des bords de la Baltique, marchant au charbon anglais, avec des métaux provenant principalement du Donetz, et les usines marchant au naphte, situées dans l'influence de la Volga, cette grande artère qui véhicule le combustible liquide au cœur des terres russes.

Ces dernières usines, par cette particularité, sont intéressantes. Les premiers essais de fusion de l'acier Martin avec les résidus de naphte ont été faits par M. Goujon, l'industriel français bien connu de Moscou,

et c'est en 1892 qu'après de longs efforts, il arriva, dans ses usines, à une marche industrielle pleinement satisfaisante. Le bas prix de ces résidus à cette époque (on les vendait à Bakou vers 8 francs la tonne), la facilité de leur transport en bateaux-citernes, provoquèrent, lors du grand essor des affaires russes, la création de deux énormes entreprises sur la Volga, l'une à Tsaritsyne, l'autre près de Kasan, qui, alimentées de combustible par le fleuve, devaient dénaturer des fontes, l'une du sud de l'Oural, l'autre de l'extrême nord amenées par la Vichéra.

Arrivées en pleine crise métallurgique, surprises à leur début par une hausse de leur combustible spécial qui quadruplait brusquement de valeur, l'une préféra s'arrêter et liquida plus tard ses installations inachevées (Volga-Vichéra); l'autre (Oural-Volga) dut abandonner la seconde partie de son programme et s'approvisionner de fontes achetées dans le Donetz. Après avoir traversé une crise encore plus douloureuse que ses sœurs du Donetz, cette société, grâce à l'énergique persévérance de ceux qui avaient foi en elle, en est victorieusement sortie, et sa fusion avec une des plus puissantes du Donetz la porte au premier rang des entreprises métallurgiques de l'Empire.

En remontant la Volga, on trouve encore dans des conditions analogues les puissantes usines de Sormovo, puis, sur l'Oka, celles de Kolomna, plus spécialisées l'une et l'autre dans la construction de machines et de bateaux, toutes deux tributaires du naphte. Enfin,

celle de Moscou, mère des usines au naphte, et dont les laminoirs alimentent la plus importante clouterie du monde entier.

Dans les fours à récupération, le naphte est injecté généralement à l'extrémité des brûleurs, parfois, en plus, aux naissances de la voûte, par des tuyères et un jet d'air comprimé. L'opération Martin, fonte et riblons, demande 150 kilogrammes par tonne d'acier.

#### IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS RAYONS.

Les chiffres suivants caractérisent succinctement l'importance des rayons que nous avons passés en revue :

	Production totale de l'Empire.	Oural.	Pologne.	Donetz.	Autres rayons.
Fonte . . . .	3 000.000 t.	20 p. c.	7,5	70	2,5
Acier . . . .	3.000.000 t.	20 p. c.	10	57	13
Profilés . . . .	1.350.000 t.	20 p. c.	15	50	15
Rails . . . .	500.000 t.	12 p. c.	»	88	»
Tôles . . . .	300.000 t.	17 p. c.	13	55	15
Tôles toiture.	350.000 t.	70 p. c.	2	23	5

La prépondérance, comme on le voit, appartient très nettement au Donetz.

Quoique situé à l'extrémité sud de l'Empire et dans une région où la main-d'œuvre a dû être totalement importée du centre, ce rayon, grâce à la proximité relative de son vaste bassin houiller et des gisements de Krivoï-Rog et de Kertch, peut envoyer ses produits à peu près sur toute l'étendue du territoire.

A l'est et à l'ouest, l'Oural, qui subit une éclipse, et la Pologne, vivace, conservent un champ d'influence à peu près exclusif et qui s'étend vers le nord où, avec le Donetz, tous trois arrivent à se contrebalancer : les accords des comptoirs de vente ont consolidé cette répartition économique naturelle.

Enfin, réparties sur quelques points de l'Empire où l'aménée facile du combustible coïncide avec un marché favorable, d'autres entreprises, tributaires d'eux pour la fonte, complètent l'activité de ces trois rayons métallurgiques.

L'ensemble comporte un outillage plus que suffisant pour les besoins actuels de la Russie. Les usines du sud, plus particulièrement, sont loin de la capacité de production de leurs laminoirs, et l'augmentation de la consommation individuelle n'est pas encore près de l'atteindre.

Il faut bien reconnaître qu'une des causes qui limitent l'emploi du fer réside dans les grands parcours qu'il doit payer pour arriver aux points de consommation :

La poutrelle du Donetz augmente d'un quart de sa valeur pour remonter à Moscou.

D'autre part, pour le bâtiment, le bois est encore un concurrent sérieux dans tous les gouvernements du nord.

Enfin, la construction mécanique est relativement fort peu développée : à part les locomotives et les wagons, pour lesquels les usines russes sont nom-

breuses et très largement outillées, le pays est encore tributaire de l'étranger pour toutes les machines légères ou un peu spécialisées, que les droits de douane frappent cependant lourdement (520 fr. la tonne).

Les deux belles récoltes de 1908 et 1909 ont toutefois considérablement développé la fabrication des machines agricoles et, d'une façon générale, vivifié le marché du fer; c'est à elles que la métallurgie russe est en grande partie redevable de l'ère prospère où elle est entrée depuis un an.

#### PLACE DE LA SIDÉRURGIE RUSSE EN EUROPE.

Pour le minerai, en n'évaluant que les richesses reconnues des pays d'Europe, la Russie arrive cinquième :

	Minerai (Millions de tonnes).	Fer correspondant (Millions de tonnes).
Allemagne. . . . .	3 608	1 270
France . . . . .	3 300	1 140
Grande-Bretagne . .	1 300	455
Suède . . . . .	1 158	740
Russie . . . . .	864	387
Espagne . . . . .	711	349
Norvège . . . . .	367	124
Luxembourg. . . . .	270	90
Autriche. . . . .	251	90
Grèce . . . . .	100	45

Mais la richesse et la pureté des minerais de Krivoï-Rog les ont fait rechercher sur le marché européen et ont développé un important mouvement d'exportation.



Tonnes.

<u>1905</u>	<u>1906</u>	<u>1907</u>	<u>1908</u>	<u>1909</u>	<u>1910</u>
222.000	470.000	885.000	575.000	510.000	850.000

Comme productrice de fonte, la Russie se classe quatrième puissance, très voisine de la France.

Par contre, si l'on se rapporte au nombre d'habitants, la Russie arrive toute dernière, avec 25 kg. par tête.

	Production annuelle (tonnes).	p. c. du total.	Production par habitant (kilogrammes).
Allemagne. . .	13.000.000	38,7	220
Angleterre. . .	10.000.000	29,8	244
France. . . . .	3.700 000	11,0	95
Russie. . . . .	3.000.000	8,9	25
Belgique. . . .	1.500.000	4,4	215
Autriche. . . .	1.400 000	4,2	30
Suède . . . . .	600.000	1,8	120
Espagne . . . .	400.000	1,2	28

Ce chiffre indique que le pays est encore loin de son degré de saturation.

E. DE LOISY.

## CHAPITRE VII

### LA MÉTALLURGIE AUSTRO-HONGROISE

---

L'industrie du fer dans la Monarchie austro-hongroise remonte à la plus haute antiquité. Son origine se perd dans la nuit des temps. Bien avant la naissance du Christ, le fer norique était célèbre par ses excellentes qualités, alors que la Norique, région des Alpes autrichiennes actuelles, n'était pas encore province romaine. De même, les Romains appréciaient particulièrement le fer que produisait la Dacie, qui s'étendait sur la partie orientale de la Hongrie de nos jours.

Mais le centre de cette industrie était à cette époque la Styrie et la Carinthie. La richesse en minerai de bonne qualité et d'extraction facile ainsi que l'abondance du seul combustible végétal (le bois) que connût la métallurgie d'alors furent la base naturelle de l'industrie du fer vivifiée par la culture romaine et favorisée par la proximité des grandes voies de communication tracées par les Romains.

Cette vieille industrie de la région alpine reçut une nouvelle impulsion au cours du xv<sup>e</sup> siècle par l'application de la force hydraulique à l'exploitation des usines de fer. L'avantage de la force hydraulique, dont les Alpes sont si prodigues, vint donc s'ajouter aux avantages résultant de l'abondance du minerai et du bois. Ainsi, grâce à leur richesse en minerai excellent, en combustible végétal et en force hydraulique à bon marché, grâce aussi à l'existence d'excellentes routes qui facilitaient le transport des produits, les Alpes autrichiennes acquirent et gardèrent jusqu'au milieu du xviii<sup>e</sup> siècle une situation prépondérante dans l'industrie du fer.

Il est bon de rappeler aussi qu'à cette époque l'industrie du fer en Angleterre subissait un ralentissement du fait du déboisement et que ce pays était forcé d'importer de grandes quantités de fer dont les Alpes autrichiennes fournissaient une part importante.

Mais au milieu du xviii<sup>e</sup> siècle, l'emploi de combustible minéral dans les hauts-fourneaux, expérimenté tout d'abord en Angleterre, détermina une révolution profonde. La Grande-Bretagne étant très riche en charbon, l'usage du coke, coïncidant avec l'invention de la machine à vapeur au cours du xviii<sup>e</sup> siècle, mit ce pays, en quelques dizaines d'années, à la tête des producteurs. Sa production de fonte qui, au milieu du xviii<sup>e</sup> siècle, était encore bien inférieure à celle de l'Autriche-Hongrie et ne s'élevait qu'à 22.000 tonnes, atteignit, en 1800, 156.000 tonnes en chiffres ronds, soit plu-

sieurs fois la production de la monarchie austro-hongroise à la même époque. Alors, que dès ce moment, toute la fonte anglaise était presque exclusivement fournie au coke, l'Autriche-Hongrie resta longtemps encore attachée à l'emploi du charbon de bois, et ce n'est qu'en 1821 que l'on commença des essais au coke. Il y a trente ans encore, plus de la moitié de sa production était en fonte au bois, et ce n'est que depuis lors que le coke ayant détrôné le bois dans notre pays, la presque totalité de notre fabrication est aujourd'hui obtenue par le coke tandis que la fonte au bois disparaît.

#### LE MINÉRAI ET LE CHARBON.

De ce que l'Autriche-Hongrie adopta si tardivement l'emploi du coke, il est facile de déduire que si la région des Alpes est riche en minerai de fer et en bois, elle est, par contre, excessivement pauvre en combustible minéral et qu'elle manque particulièrement de charbons à coke. Cela caractérise parfaitement la situation de l'industrie du fer en Autriche-Hongrie; le minerai de fer y abonde, mais le combustible minéral n'y est pas en quantité suffisante et le pays souffre du manque de charbon à coke.

Montrons maintenant quelle est l'importance croissante de ces considérations en Hongrie et, comparant avec l'Autriche, nous verrons à quel point le charbon fait défaut et combien est faible la production du coke.

Celle-ci, en Autriche-Hongrie, n'est actuellement que de 2.150.000 tonnes, dont, pour l'Autriche, 2.000.000 de tonnes et, pour la Hongrie, 150.000 tonnes en chiffres ronds.

La production croissante de la fonte entraînant un déficit croissant du coke, la Monarchie est présentement dans l'obligation d'importer chaque année 600.000 tonnes de coke environ.

Il faut ici remarquer que la production annuelle de la Monarchie austro-hongroise est maintenant de :

*Charbon* : 15.450.000 tonnes, dont 14.100.000 tonnes pour l'Autriche et 1.350.000 pour la Hongrie.

La production annuelle en *lignite*s atteint 32.800.000 tonnes, dont 25.300.000 pour l'Autriche et 7.500.000 pour la Hongrie.

Les besoins en charbon de l'Autriche-Hongrie ne sont cependant pas couverts par cette production intérieure et il faut demander à l'étranger des quantités sans cesse croissantes.

C'est ainsi que l'*importation* atteint actuellement. . . . . 10.500.000 tonnes en face d'une *exportation* de . . . 9.000.000 » dont 8.250.000 tonnes de lignites. Si l'on tient compte de la différence de pouvoir calorifique entre le charbon et les lignites, on voit que le déficit en combustible minéral est considérable pour l'Autriche-Hongrie.

Plus l'emploi du charbon se développa dans l'industrie et en particulier dans les forges, plus d'industrie du fer en Autriche-Hongrie s'éloigna de sa place autre-

fois prédominante. Elle réussit cependant, durant les dernières dizaines d'années, à garder le rang auquel elle était tombée. C'est ce que montre le tableau suivant des tonnages de fonte fabriqués par les pays producteurs en 1880, comparés à leur fabrication actuelle.

PAYS.	1880	1910
	(en tonnes de 1.000 kilogr.)	
États-Unis d'Amérique	3.896.000	28.000.000
Allemagne. . . . .	2 729.000	15.000.000
Angleterre. . . . .	7 802.000	10.000.000
France . . . . .	1.733.000	3.600.000
Russie. . . . .	446.000	3.000.000
Autriche-Hongrie . .	464.000	2.150.000
Belgique . . . . .	608.000	1.650.000

Ainsi, tandis que l'Angleterre, pendant ces trente dernières années de développement formidable, devait abandonner aux États-Unis la première place qu'elle avait occupée pendant près d'un siècle et se trouvait même largement dépassée par l'Allemagne, la Monarchie austro-hongroise, aujourd'hui comme il y a trente ans, se retrouve au sixième rang.

Sa production de 2.150.000 tonnes de fonte se décompose comme suit :

- 1.500.000 tonnes pour l'Autriche
- 600.000 » pour la Hongrie
- 50.000 » pour la Bosnie et l'Herzégovine.

L'Autriche-Hongrie occupe la même place comme producteur d'acier, avec le même tonnage annuel, que pour la fonte ; soit 2.150.000 tonnes.

Notre pays dispose de quelques gisements de minerai fort étendus que l'on peut grouper en cinq centres principaux.

Il faut mettre en première place : l'Erzberg de Styrie, célèbre dans le monde entier et dont le minerai spathique contient 37 p. c. de fer à l'état cru et 50 p. c. après grillage. Cette exploitation minière forme la base de l'industrie actuelle du fer en Styrie, dont le plus important représentant est la Montangesellschaft austro-alpine avec ses usines principales à Donavitz, Eisenerz et Zeltweg.

La seconde place revient au gisement de Nucitz (Bohême) qui fournit de la chamoisite phosphoreuse d'une teneur en fer moyenne de 35 p. c. à l'état cru. Il est la base de l'industrie du fer en Bohême qui ne s'est puissamment développée que depuis 1880, date de l'introduction du procédé qui rendit possible l'utilisation de la fonte phosphoreuse. Le plus notoire représentant de l'industrie du fer dans cette région est la *Prager Eisen-Industrie Gesellschaft*, avec ses usines principales à Klardno et Kœnigshof.

En Hongrie, ce sont les gisements de minerai de Szepes-Gömör au nord et celui du district d'Hunyad au sud du pays qui sont la base de l'industrie hongroise du fer dont les principaux représentants sont la Société Rimamurany-Salgo-Tarjan, avec ses grandes usines de Liker, Krompach, Salgo-Tarjan, Ozd et Zolyom et les usines de l'État hongrois à Vajdahunyad et Diösgyör. Les minerais du district de Szepes-Gö-

mör sont principalement des fers spathiques d'une teneur de 35 à 38 p. c. à l'état cru et, pour partie, des hématites brunes et des fers spathiques dont la teneur en fer s'élève jusqu'à 50 p.c. et au-dessus. Le minerai d'Hunyad est de l'hématite brune et du fer spathique d'une teneur en fer d'environ 44 p. c.

Le cinquième grand gisement de minerai de la Monarchie se trouve en Bosnie et se compose de sidérites et d'hématite brune d'une teneur en fer de 35 à 40 p. c.

Aucun de ces gisements de minerai de fer n'a l'avantage d'être voisin du combustible minéral approprié (le coke) si bien que les hauts-fourneaux appartenant aux entreprises ci-dessus indiquées, et qui se trouvent dans le voisinage de ces gisements, sont obligés de faire venir le coke en partie du bassin houiller d'Ostrau, qui est loin et qui seul compte dans la Monarchie pour la production du coke, et en partie des bassins houillers étrangers (Westphalie et Silésie prussienne) qui sont plus éloignés encore. Le bassin houiller d'Ostrau-en-Moravie et de Karvin, siège de la production de coke de la Monarchie, est lui-même un centre de la production du fer dans lequel l'usine de Witkowitz occupe la première place. Cette usine, ainsi que les hauts-fourneaux de ce district, sont cependant approvisionnés pour la totalité en minerais étrangers, savoir pour la majeure partie en minerais hongrois et pour le reste en minerais suédois. La Hongrie, dont la production en minerais de fer atteint 2.000.000 de tonnes, expédie plus du tiers de cette extraction



annuelle en Autriche (hauts-fourneaux ci-dessus indiqués de Moravie et de Silésie) et aussi en Prusse, tandis que les minerais d'Autriche, atteignant annuellement 2.700.000 tonnes, sont entièrement traités en Autriche.

Il faut ajouter que le gisement de minerai de fer de Nueitz sera épuisé dans dix à quinze ans et que plus d'un des gisements de minerais hongrois sera à son déclin dans quelques dizaines d'années, si bien que seuls les minerais de Styrie promettent une durée actuellement indéterminée.

#### PRODUCTION DU FER.

Si la production du fer de la Monarchie austro-hongroise, malgré cette richesse en minerais, n'a pas atteint quantitativement un niveau correspondant, cela tient en première ligne au manque de combustible minéral. Un fait actuellement indiscutable c'est que, pour le développement de l'industrie métallurgique d'un pays, sans avoir égard à la capacité de consommation de ce pays, ce n'est pas tant sa réserve de minerai de fer que sa richesse en combustible minéral qui a une influence décisive. Aussi voyons-nous que des pays comme la Suède, la Norvège et l'Espagne, qui possèdent les plus riches gisements de minerai de fer de l'Europe mais sont pauvres en combustible minéral, ont une production de fonte insignifiante et envoient plutôt leurs minerais à d'autres pays comme

la Grande-Bretagne et l'Allemagne, qui n'ont pas les quantités nécessaires de minerai mais, par contre, jouissent d'une grande abondance de charbon à coke. Le manque de combustible minéral n'empêche pas seulement l'expansion de l'industrie du fer, mais influe aussi sur le développement d'autres industries qui alimentent la métallurgie. Ce fait joint à ce que l'industrie autrichienne rencontre de multiples obstacles qui seront exposés plus loin, que des contrées étendues de l'Empire sont de pauvres pays de montagnes et que la population, en plusieurs parties de la Monarchie, s'est arrêtée dans son développement intellectuel, a pour conséquence la faible importance de la consommation du fer du pays. Si l'Autriche-Hongrie, pour une population actuelle de 51 millions et demi d'âmes, ne produit que 2.150.000 tonnes de fonte, elle se trouve aussi, au point de vue de la consommation annuelle du fer par tête d'habitant, au sixième rang des pays producteurs de fer. En effet, cette consommation par tête est en Autriche de 55 kilogrammes et en Hongrie de 38 kilogrammes en chiffres ronds. Par contre, cette même consommation annuelle peut s'exprimer pour les États-Unis d'Amérique du Nord, par 320 kilogrammes; pour la Grande-Bretagne par 220 kilogrammes; pour l'Allemagne par 140 kilogrammes.

La consommation de fer en Belgique et en France est également très supérieure à celle de la Monarchie.

## IMPORTATION ET EXPORTATION.

La production austro-hongroise de fer peut, en temps normal, couvrir intégralement les besoins du pays. On importe cependant chaque année un tonnage d'environ 200.000 tonnes de fonte et spécialement de fonte de moulage pour laquelle les minerais appropriés ne sont pas en suffisante quantité dans la Monarchie. Par contre, il y a des entreprises, comme, en première ligne, la *Montangesellschaft austro-alpine*, dont les installations modernes exigent des productions plus importantes, qui sont forcées de rechercher dans les affaires d'exportation de plus larges débouchés, surtout lorsque le marché intérieur ne présente pas une particulière activité. Pour l'exportation, ce sont d'abord tout naturellement les Balkans et l'Italie qui entrent en ligne, car vis-à-vis d'autres concurrents, les usines métallurgiques austro-hongroises ont pour elles leur situation géographiquement plus avantageuse. D'une manière générale, pourtant, les circonstances ne favorisent nullement une exportation plus étendue, embrassant des pays d'outre-mer, car ici entrent en ligne de compte la situation continentale désavantageuse des usines du pays, l'absence de voies navigables économiques aboutissant à la mer et le manque, au moins partiel, d'un mouvement maritime intense. En examinant la question de l'exportation du fer et de l'acier, il faut peut-être aussi prendre en con-

sidération que la Monarchie ne possède pas, dans la politique mondiale, une influence correspondante à son importance, et qu'elle ne compte aucun établissement financier dont l'activité embrasserait également les pays étrangers.

Si l'industrie sidérurgique de la Monarchie peut, d'après ce qui vient d'être dit, répondre complètement aux demandes que lui adresse le marché intérieur, elle se voit pourtant privée, entre autres, d'un intéressant débouché dans le pays, car on constate une importation toujours croissante de machines. La cause en est que l'industrie nationale des machines, à qui le pays n'offre que des débouchés limités et d'un développement encore restreint, se trouve, dans plusieurs branches, hors d'état de présenter une spécialisation suffisante des fabrications et ne peut souvent, par conséquent, résister à la concurrence des grandes usines spécialisées à l'étranger, et cela malgré une protection douanière prohibitive. On peut observer, en Autriche, dans la plupart des domaines, par suite des conditions nationales peu favorables, un éparpillement de l'activité industrielle très contraire aux conditions modernes d'exploitation et empêchant, dans bien des cas, l'existence même de grandes et puissantes installations. Toutes les nationalités si nombreuses qui habitent l'Empire : Allemands, Polonais, Tchèques, etc., tendent de plus en plus, dans leur antagonisme, vers la nationalisation des industries, s'isolent toujours de plus en plus les unes des autres et affaiblissent ainsi,

en le divisant en petits marchés nationaux, un marché déjà peu développé. Ce particularisme, transporté de la politique dans le domaine industriel, empêche la libre expansion des forces économiques et conduit à une décomposition anémiant, au lieu de la concentration qui seule, dans l'ordre de choses actuel, peut assurer l'existence.

Il ne faut entendre ici qu'une chose, c'est-à-dire que la différence de développement intellectuel des diverses parties de l'Empire, aussi bien que la diversité dans les mœurs et les usages des nombreuses nationalités qui le composent, portent en elles un obstacle à la production industrielle en général et à la production du fer en particulier.

#### ENTRAVES AU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL.

Il faut encore rappeler ici que la lenteur des progrès de l'activité industrielle conduit à ce fait que l'émigration hors des frontières de la Monarchie est en progression croissante et a pour conséquence que notre pays se trouve à la tête de ceux qui fournissent au globe une main-d'œuvre importante. Le chiffre des émigrants a atteint jusqu'à 337.000 unités par an (dont 193.000 pour la Hongrie et 144.000 pour l'Autriche).

Lorsque l'on étudie le développement de l'industrie autrichienne du fer, l'on ne peut passer sous silence que l'activité industrielle est soumise, surtout en Autriche, et en dehors des obstacles déjà mentionnés, à

d'autres difficultés encore. L'esprit public est ennemi des formes modernes de l'association de capitaux qui seule peut donner à une grande industrie le ressort nécessaire ; cette disposition conduit à diverses vexations et aussi à une taxation exagérée des sociétés par actions. Pour illustrer ce qui précède, on peut citer à titre d'exemple une société métallurgique qui paie 35 p. c. de son bénéfice net pour les charges publiques (impôts d'État et communaux, etc.) et ne peut distribuer à ses actionnaires que 65 p. c. de son gain. Nous laissons complètement de côté ici les dépenses résultant des institutions obligatoires de prévoyance (retraites aux ouvriers invalides, assurance en cas de maladie et d'accident, et assurance pour les pensions des employés). Le caractère particulier des lois d'impôt autrichiennes conduit même à ce fait que la plus importante compagnie privée autrichienne de chemins de fer, qui depuis longtemps déjà ne paie aucun dividende à ses actionnaires et même ne peut jamais remplir ses obligations envers ses créanciers privilégiés, a dû payer pour ses charges publiques une somme de plus de 7 millions de couronnes dans le dernier exercice, alors qu'elle avait enregistré une perte d'exploitation de près de 7 millions de couronnes ? C'est ainsi que l'État et les divisions administratives autonomes jouissent, à l'égard des sociétés par actions autrichiennes, d'une situation qui est pour ainsi dire celle d'actionnaires privilégiés sans aucun versement de capital et sans aucun risque. Malgré ces

conditions déjà si lourdes, on se dispose encore, à l'aide des projets de loi en préparation, à aggraver encore les charges imposées aux sociétés par actions.

Toutes les considérations brièvement exposées dans ce qui précède laissent comprendre facilement que la production métallurgique de la Monarchie soit faible par rapport au chiffre de la population.

L'Autriche seule, avec ses 28 millions  $1/2$  d'habitants, produit et consomme seulement 400.000 tonnes de fers marchands dont 32 usines se partagent la production, 150.000 tonnes de poutrelles en U qui sont laminées par 4 usines, 50.000 tonnes de grosses tôles que se partagent 5 usines, 100.000 tonnes de tôles fines à la production desquelles 16 usines participent, enfin 70.000 tonnes de rails de chemins de fer qu'ont à se partager 5 entreprises. Une spécialisation de l'exploitation, qui permettrait la pleine utilisation des plus modernes progrès de la technique des laminoirs, est naturellement impossible dans de telles conditions. A titre de comparaison, on peut relever par exemple qu'un seul des modernes laminoirs à rails des États-Unis peut fournir une production de rails plus que décuple de celle des 5 laminoirs à rails autrichiens pris ensemble. Si cependant, malgré tous ces obstacles, l'industrie métallurgique de la Monarchie en général et l'industrie métallurgique autrichienne en particulier ont pris l'essor signalé dans les dernières dizaines d'années, elles le doivent (indépendamment de ce fait qu'elles eurent constamment en vue d'adapter à leurs

installations les derniers perfectionnements techniques et en tout cas ceux qui convenaient le mieux aux conditions limitées de leur fonctionnement) à deux causes principales, savoir: la *protection douanière* et l'*organisation des cartels*.

#### PROTECTION DOUANIÈRE ET CARTELS.

Plaçons ici en regard, à titre de comparaison, les droits de douane de différents pays protectionnistes pour quelques produits métallurgiques.

Droits de douane par tonne métrique en couronnes pour :	États-Unis.	Allemagne.	France.	Autriche- Hongrie.
La fonte. . . . .	19,4	11,7	14,3	15 »
Les grosses tôles. . .	54,5 — 108,8	58,5	71,4	90 »
Les poutrelles. . . .	54,4	29,3	47,6	70 »
Les rails . . . . .	38,1	29,3	57,1	60 »
Les demi-produits.	65,3 — 87 »	29,3	47,6	60 »

En considérant cette protection douanière accordée à l'industrie sidérurgique autrichienne, on ne doit pas perdre de vue qu'une grande partie du bénéfice ainsi réalisé par les usines est prélevée sous forme d'impôt, ainsi qu'il a été dit, par l'État et les autres divisions administratives autonomes. Bien que ces droits de douane, existant depuis l'année 1872, soient plus modérés que ceux qui étaient auparavant en vigueur et quoique les prix des produits métallurgiques se soient établis en général depuis cette époque à un niveau inférieur, les usines de la Monarchie accusent cependant



des bénéfiques croissants. La protection douanière accordée à l'industrie austro-hongroise du fer eut pour résultat que la Monarchie put s'émanciper complètement de l'emploi du fer étranger, non seulement au point de vue du tonnage, mais encore au point de vue de la qualité des produits métallurgiques nécessaires au pays.

Tandis qu'il y a trente ans encore, le matériel de guerre, canons d'acier, projectiles et blindages, venait de l'étranger, que les vaisseaux de guerre étaient pour la majeure partie construits en acier étranger, que les chemins de fer nationaux, pour la plupart chemins de fer de l'État, tiraient de l'étranger une grande partie de leurs bandages et que dans les établissements du pays l'acier anglais à outils était le plus apprécié, l'industrie métallurgique de l'Empire est arrivée durant ce laps de temps à se passer de tous ces produits étrangers et même à concourir avec succès sur les marchés internationaux pour les produits chers.

Les organisations de cartels existent dans l'industrie métallurgique autrichienne depuis trente ans. La première entente-cartel eut lieu entre les usines à rails ; les laminoirs à bandages suivirent et, en 1886, fut conclue l'entente de toutes les usines de la Monarchie qui produisaient les fers marchands, les poutrelles, les tôles, le matériel de chemins de fer, les pièces de forge et les constructions métalliques. Bientôt suivirent les cartels des usines fabriquant la tôle mince, des usines fabriquant les tuyaux de fonte, etc. Tandis que

ces ententes-cartels subsistaient côte à côte avec une durée sans cesse accrue de trois à cinq ans jusqu'à l'année 1902, cette même année vit se conclure une organisation de cartels embrassant tous ces cartels particuliers pour une durée de quinze ans.

Cette entente commerciale austro-hongroise se signale par cette particularité que toutes les usines sidérurgiques de la Monarchie en font partie. Il n'y a donc aucun outsider et le cartel englobe la production totale du fer, depuis la fonte brute jusqu'aux produits les plus ouvragés des usines. Chacune des entreprises participantes est limitée à la production des articles qu'elle produisait lors de son entrée dans le cartel et ne peut entreprendre la fabrication d'un nouveau produit métallurgique jusqu'alors non produit par elle mais fabriqué par un autre membre du cartel. La consommation intérieure de chaque article est partagée au prorata de quotes-parts déterminées entre les usines qui le fabriquent. Dans ces conditions les expansions industrielles sont rendues impossibles et les surfaces de frottement entre les membres du cartel sont totalement supprimées. Ce cartel repose bien sur une convention écrite, mais celle-ci, d'après la législation en vigueur, n'a pas force de contrat obligatoire, si bien que son observation stricte n'est, en somme, garantie que par la bonne volonté des contractants. Si malgré cela, cette convention-cartel est respectée par tous les membres de la façon la plus absolue, comme c'est ici le cas, cela ne tient pas seulement à la correction de

ceux-ci, mais aussi à l'intérêt profond de chaque adhérent à l'existence du cartel.

Favorisée par cette organisation du cartel, une concentration de plus en plus grande des moyens de production pour l'utilisation des méthodes de travail les plus rationnelles s'est opérée en Autriche dans la dernière période de vingt à trente années, aussi bien que dans les pays qui sont à la tête de l'industrie du fer. Il va de soi que les usines métallurgiques austro-hongroises, eu égard aux conditions étroites dans lesquelles elles se trouvent, ne peuvent copier servilement les installations de ces usines étrangères modernes qui font une énorme production, mais qu'elles doivent se borner, dans la poursuite de leur but, qui est l'obtention des prix de revient les plus réduits, à adapter le mieux possible les meilleurs modèles aux circonstances données. Rappelons ici, pour illustrer d'un exemple la concentration dont nous venons de parler, que la Montangesellschaft austro-alpine, la plus grande entreprise minière de l'Empire, ne produisait encore, il y a trente ans, avec ses 31 hauts-fourneaux, que 165.000 tonnes de fonte par an, tandis qu'actuellement avec 5 hauts-fourneaux elle produit annuellement 520.000 tonnes. Tandis qu'il y a trente ans, cette société produisait dans 4 usines Bessemer possédant 8 convertisseurs et 3 usines Martin avec 6 fours, 74.000 tonnes d'acier, elle produit actuellement dans un seul atelier de fours Martin 400.000 tonnes d'acier par an.

Tandis que, pendant ces trente années, elle ne multipliait pas seulement l'exploitation des minerais, mais encore celle du charbon, la main-d'œuvre reculait de 17.500 à 14.000 ouvriers.

Tout ceci montre pour l'Autriche-Hongrie que dans l'économie mondiale telle qu'elle existe à notre époque, la grande industrie, et particulièrement l'industrie du fer, ne pouvait prospérer sans organisation.

Des droits protecteurs élevés ne peuvent eux-mêmes en assurer la prospérité quand manque l'organisation convenable. Nous en avons un exemple en Russie dans l'industrie du fer qui, malgré des droits exorbitants, n'a pu, jusqu'ici, réussir à se développer favorablement. D'un autre côté l'industrie du fer en Angleterre, autrefois prépondérante, est depuis longtemps stationnaire dans ce pays où n'existe aucun droit protecteur et qui se montre réfractaire aux cartels, alors que cette industrie a pris un essor puissant aux États-Unis et en Allemagne, où elle est organisée et protégée par des droits d'entrée.

WILHELM KESTRANEK,  
Directeur général de la  
*Prager Eisen-Industrie Gesellschaft.*

---

## CHAPITRE VIII

### LA MÉTALLURGIE BELGE

---

La Belgique, au point de vue sidérurgique, comprend deux centres principaux, Liège et Charleroi.

Certainement, il existe des usines sidérurgiques importantes dans d'autres régions. Dans le Luxembourg, des hauts-fourneaux. Dans le Centre, un haut-fourneau, une importante aciérie, des laminoirs, des ateliers de construction et des chaudronneries ; des laminoirs à Mons et dans le Brabant ; des ateliers de construction de machines et des chaudronneries à Anvers, à Bruxelles, à Gand, à Tirlemont et ailleurs ; des ateliers de construction de matériel roulant pour chemin de fer en Flandre et dans le Brabant et des fonderies un peu partout. En un mot, nous pouvons dire sans exagération que notre pays est industriel foncièrement et dans toutes ses parties, mais les régions de Liège et Charleroi réunies possèdent 39 hauts-fourneaux sur 48 ; 8 aciéries Bessemer sur 10 et 26 laminoirs sur 37. On

voit donc que ces deux régions sont les centres principaux de la sidérurgie en Belgique.

De plus, les autres districts où l'industrie sidérurgique s'est développée sont tous de naissance relativement récente, et c'est l'ancien pays de Liège qui fut en Belgique le berceau de l'industrie du fer.

Il faut bien se représenter toutefois que cette région avait des limites bien autrement étendues que la province de Liège du temps présent et qu'elle comprenait, du temps des Princes-Évêques, une grande partie de la province de Namur actuelle et, par l'Entre-Sambre-et-Meuse, s'avancéait loin dans le Hainaut jusqu'à Charleroi.

Dans les temps anciens, ce que nous disons du pays de Liège se rapporte donc aussi au district actuel de Charleroi, et si plus tard on peut différencier ces deux régions, malgré cette séparation plus politique que véritable, elles ont marché parallèlement de tout temps, leurs populations sont de race identique et présentent nécessairement, par suite, de grandes analogies comme ardeur au travail, énergie et intelligence.

Il faut reconnaître que les Carolorégiens sont des ouvriers sidérurgistes supérieurs aux Liégeois. Leur endurance, leur aptitude sont plus grandes et il est généralement reconnu qu'ils ne cèdent en rien à aucun des autres travailleurs du fer ou de l'acier. Il semble qu'ils ont perpétué en eux les traditions de leurs ancêtres, traditions peut-être plus anciennes que celles des ouvriers liégeois qui se sont adonnés plus particuliè-

rement aux travaux spéciaux des ferronneries, des fabricants d'armes et en général de métiers moins durs que ceux de leurs frères du Midi.

#### HISTORIQUE.

Il est très difficile de savoir à quelle époque est apparu en Belgique l'art de dégager le fer de son minerai, mais M. l'Ingénieur Tahon nous donne cependant, à ce sujet, des remarques très intéressantes.

Il fait ressortir que la grande famille des Celtes, venue de l'Asie centrale, environ seize siècles avant notre ère, essaima dans toute l'Europe occidentale. Une de ses branches, les Galls, prit possession de la vaste région qui, d'eux, reçut le nom de Gaule. Ces Galls furent les précurseurs des Kimris, autre branche de la race celtique, dont l'arrivée dans le Nord de la Gaule est fixée au <sup>vi</sup> siècle avant Jésus-Christ, et dont un rameau forma le peuple des Bolgs ou Belges, souvent dénommés Celto-Belges, c'est-à-dire Belges de la race celtique.

Environ trois siècles avant notre ère, des peuplades germaniques, obéissant à la grande poussée Est-Ouest, franchirent le Rhin et se rendirent maîtresses du territoire des Kimris-Belges. Ces nouvelles peuplades, appelées Germano-Belges, c'est-à-dire les Belges de la race germanique, formèrent, par leur mélange avec les conquis, les tribus des Éburons et des Trévires, des Aduatiques et des Nerviens, etc., qui, à l'arrivée de

César, occupaient la partie haute de notre pays, notre actuelle Wallonie.

La plupart des auteurs s'accordent à dire que le point de départ du fer est l'Asie centrale et que ce métal était connu dans l'Inde, il y a 5.000 ans. Dans le Rig-Véda, le livre sacré des Hindous, le plus vieux livre du monde, le fer est souvent cité. Mais les Hindous des Védas étaient les frères d'origine de ces Aryas, qui, passant les monts Oural, seize siècles avant Jésus-Christ, envahirent l'Europe de l'âge de la pierre, soumirent ses sauvages habitants et y semèrent les premiers germes de la civilisation.

Dans toute la vallée du Danube (Roumanie, Serbie, Hongrie, Autriche, Styrie, Bavière, etc.), suivie par le grand courant indo-germanique vers l'Occident, l'on constate la présence du fer dès le VIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère.

On peut supposer que c'est de là qu'il passa en Belgique, avec les invasions successives que nous venons de voir, d'abord modeste fruit d'importation résultant de relations commerciales avec les voisins de l'Est, puis, produit remarquable de la fabrication sur place, quand furent connus les riches gisements belges.

Chose certaine et indiscutée, lorsque les tribus éburonnes et nerviennes, aduatiques et trévires (Germano-Belges) firent leur apparition dans nos contrées, il y a 2.200 ans, elles apportaient avec elles le précieux secret de la sidérurgie asiatique, legs d'aïeux



communs, endormis depuis de longues années dans les steppes du Pont-Euxin.

On sait que la Scythie des anciens n'était autre que le Donetz d'aujourd'hui, le riche bassin houiller et ferrifère de la Russie méridionale, où nos compatriotes sont allés, à 2.000 ans de distance, reporter, bien perfectionnés, l'art de travailler le fer et celui d'exploiter les mines.

Quoi qu'il en soit, l'histoire nous apprend que lorsque César fit la conquête des Gaules, il trouva chez les tribus qu'il soumit à ses armes l'art de retirer des minerais de fer le métal qu'ils employaient à différents usages et surtout à la fabrication des armes, ce qui permet d'admettre que dès les premiers siècles de notre ère le bas foyer était connu en Belgique.

La découverte en 1870 à Lustin, près de Namur, d'une de ces primitives installations contenant encore les matières premières de ce qu'on peut appeler le lit de fusion nous permet de comprendre les méthodes primitivement employées pour la fabrication du fer.

Le bas foyer consistait en une simple excavation creusée dans le sol, de forme ovale et à fond arrondi d'environ 4 mètres de long, de 3 mètres de large et de 1 mètre de profondeur, formée d'un lit d'argile.

Un canal creusé à travers l'argile permettait à l'air de pénétrer au fond du fourneau.

Dans cette excavation fut trouvé un métal contenant 93,48 p. c. de fer, 0,37 p. c. de carbone, 4,94 p. c. de

matières vitrifiables et 1,21 p. c. de soufre et de phosphore avec des traces de manganèse.

Voilà donc sous quelle forme nos ancêtres retiraient le fer de ses minerais.

Il est probable que les Romains communiquèrent aux anciens Belges l'usage du soufflet qui leur était connu depuis longtemps et que d'autres perfectionnements furent apportés sous leur domination à l'art de traiter les minerais de fer. Sous le règne des Antonins notamment, au 11<sup>e</sup> siècle de notre ère, toute la région qui devait devenir le pays de Liège, et surtout l'Entre-Sambre-et-Meuse, vit s'épanouir l'industrie sidérurgique dans une splendide efflorescence.

Les communes de ce pays où l'on a découvert depuis une cinquantaine d'années l'existence de substructions belgo-romaines sont tellement nombreuses, que l'on est presque en droit de se demander si pour ainsi dire tous les villages actuels n'existaient pas au moins à l'état de villas sous la domination romaine.

Quant aux usines, aussi bien dans les environs de Liège que de Charleroi à Chimay et de Namur à Vireux, c'est par centaines que l'on a retrouvé sous des monceaux de scories de ces vieilles forges de nos aïeux, leurs fourneaux en ruines, leurs outils, des masses de fer déjà forgées et d'autres à peine réduites qui s'y rencontrent sous les cendres, au fond des creusets.

Quant aux amas de scories antiques, ils sont si nombreux et si considérables, que, pendant des

années, dans les temps modernes, il en a été fait une véritable exploitation par les hauts-fourneaux de la région.

La Société de Couillet, notamment, a fait l'achat à Géronsart, près de Cerfontaine, d'un de ces amas qui ne contenait pas loin de 14.000 tonnes de ces scories, dont la teneur était encore de 40 à 60 p. c. de fer métallique, et l'on peut calculer que les hauts-fourneaux du district de Charleroi ont consommé pendant une période de vingt-cinq ans allant de 1860 à 1885 plus d'un million de tonnes de ces scories recueillies dans l'Entre-Sambre-et-Meuse seulement, appelées dans le pays crayats de Sarrasins sans que l'on ait pu, à notre connaissance, se rendre compte de l'origine de cette singulière qualification, les Sarrasins n'ayant jamais pénétré dans les régions où se trouvent ces scories.

Il n'y a donc pas l'ombre d'un doute qu'aux premiers siècles de notre ère tout le futur pays de Liège, et surtout l'Entre-Sambre-et-Meuse, était sans conteste le pays le plus industriel, au point de vue sidérurgique, du Nord des Gaules et peut-être du monde romain tout entier.

L'art de fondre les minerais de fer, de ployer et d'assouplir ce métal ductile à d'importants usages y était arrivé à un notable degré de perfection, et les Belgo-Romains de cette contrée y avaient acquis une habileté qu'ils ont léguée comme un précieux héritage aux ouvriers liégeois, carolorégiens et, on peut le dire

même, à presque tous les ouvriers wallons de nos jours.

L'invasion des tribus germaniques arrêta certainement l'impulsion donnée à la manufacture du fer, mais sous Charlemagne, au VIII<sup>e</sup> siècle, le progrès reprend et après le fourneau catalan apparaît le fourneau à masse qu'il n'est pas besoin de décrire, mais qui, plus élevé que les anciens foyers, permet une concentration plus forte de la chaleur. Il est établi aussi que sous les Carlovingiens une fabrique royale de cuirasses et d'armures de guerre existait à Liège ou dans les environs.

Dans une région où d'immenses forêts fournissaient abondamment et à bas prix le seul combustible alors employé, sillonnée de nombreux cours d'eau donnant à peu de frais une force motrice importante pour l'époque et permettant des relations faciles et économiques avec nos voisins, où se rencontraient en abondance des amas de minerais de fer de réduction facile, il est tout naturel que la fabrication du fer, qui, nous l'avons vu, y avait joui d'une prospérité extraordinaire, se soit rapidement développée à nouveau.

Aussi dès le XI<sup>e</sup> siècle s'élèvent partout des ateliers pour l'élaboration et le travail du fer, et les ferronniers réunis en une association puissante formaient la plus importante corporation des trente-deux métiers de la ville de Liège, sous le nom de bon métier des Fébures ou des Febyres et le métallurgiste Karsten, dans son traité de métallurgie, publié en 1845, dit que « dans

« les pays qui forment aujourd'hui la Belgique, la fabrication du fer a une origine des plus anciennes et il n'est pas improbable que c'est d'ici que datent les progrès les plus importants apportés par l'introduction des hauts-fourneaux dans la sidérurgie ».

Il ajoute que « c'est d'ici que les hauts-fourneaux se sont répandus au nord vers l'Angleterre et la Suède, à l'est vers la Russie et l'Allemagne, et plus tard au sud vers l'Italie et l'Allemagne méridionale ».

Jusqu'à-là, le fer malléable était le seul produit, mais à mesure que s'élevait le foyer de réduction, le fer fabriqué se carburait davantage par suite du contact plus prolongé avec le charbon de bois, et il arriva fréquemment que fut produit en même temps que le fer ordinaire spongieux, le fer carburé liquide, c'est-à-dire la fonte.

Par un instinct d'intuition qui a toujours caractérisé l'ouvrier liégeois, celui-ci ne chercha pas à éviter la production accidentelle de la fonte, mais s'attacha à en tirer parti, et c'est dans le pays de Liège que fut créé pour la première fois le procédé indirect, c'est-à-dire l'affinage de la fonte, par opposition au procédé direct qui fabrique le fer dès la première opération.

Ce procédé fut du reste dénommé, d'après son pays d'origine, la méthode wallonne, d'où il fut adopté par d'autres pays, et notamment par la Suède, l'Allemagne et l'Angleterre, mais ce fut après qu'un véritable monopole eût été longtemps le privilège du pays

de Liège dont les hauts-fourneaux alimentaient le commerce du monde entier.

Dès le <sup>xiii</sup><sup>e</sup> siècle, la fonte était produite couramment dans le pays de Liège et les hauts-fourneaux nettement caractérisés au <sup>xiv</sup><sup>e</sup> siècle.

Le premier haut-fourneau pour la production de la fonte au sujet duquel nous ayons des données précises fut construit à Lustin, près de Namur, en 1340, et il est hors de doute qu'avant l'an 1400 les hauts-fourneaux des Venues et de Grivegnée étaient bien connus.

En 1468, un coup terrible frappa cette région déjà si industrielle et presque toutes les forges du pays de Liège furent détruites par les troupes du duc de Bourgogne, lorsqu'il fit le siège de Liège et mit la ville à sac.

Malgré cette destruction impitoyable dont bien des usines ne se relevèrent jamais, nos populations opiniâtres au travail surent bientôt faire renaître de ses ruines l'industrie du fer si éprouvée à ce moment, et à la fin du <sup>xv</sup><sup>e</sup> siècle ce furent des Wallons qui introduisirent en Scandinavie le travail des métaux et eurent ainsi la gloire de devenir des auxiliaires fort appréciés de Gustave-Adolphe et d'Oxenstiern.

Attiré par le roi Charles IX, un Liégeois, Guillaume Velam de Besche avec ses quatre fils, quitta la principauté épiscopale et installa en Suède de nombreuses forges ; avec l'aide de son frère Gérard notamment, il jeta les bases, pour le compte de la couronne suédoise, de la fonderie de Forsmarck.

A côté de ces colonies industrielles établies dans l'intérieur du pays, au milieu des forêts et des mines, il se constitua également dans la ville de Gottembourg toute une colonie commerciale composée principalement de calvinistes wallons et hollandais.

Tels furent les débuts des établissements wallons en Scandinavie.

En 1600, en 1607, en 1608 se produisit une véritable émigration de Wallons qui furent répartis dans les forges du Wermland.

La liste des métiers qu'ils exerçaient existe encore et l'on y retrouve surtout les branches diverses de la fonderie, du laminage et de la tréfilerie, telles qu'elles étaient mises en œuvre à cette époque.

En 1616, sous Gustave-Adolphe, un négociant d'origine liégeoise, établi à Amsterdam, Louis de Geer, conduisit en Suède 200 à 300 métallurgistes, Wallons pour la plupart, qui mirent en œuvre la force motrice des cours d'eau du pays et le combustible de ses forêts.

En 1633, notamment, on possède encore la liste de 171 Wallons arrivés à Norrköping et dont les noms font reconnaître la ville de Theux comme patrie d'origine.

L'émigration des forgerons namurois prit, à un moment donné, des proportions telles, que le 4 mai 1624, sur l'ordre de Philippe IV, le conseil provincial de Namur rendit une ordonnance interdisant aux habitants de se laisser embaucher pour introduire l'art forgeron en Suède « au détriment du Souverain et de

l'État et au grand danger de l'âme des dits forgerons ». Cette interdiction fut renouvelée par l'ordonnance du 11 novembre 1627.

Enfin, dans un ouvrage récent, M. Pehr Pehrsson, député au Riksdag de Suède, publie dans l'appendice de son livre sur l'immigration wallonne en Suède au XVII<sup>e</sup> siècle, une liste de huit cents Wallons établis en Suède à cette époque.

Les Wallons firent de même pour la Grande-Bretagne et il paraîtrait que ce fut un nommé Godefroid Box, de Liège, qui construisit à Dartford, en 1590, la première fonderie de l'Angleterre, contrairement à l'idée généralement admise qui fait de l'établissement des fonderies en Belgique une importation anglaise, et l'invention du laminoir due à l'Anglais Henri Cort dérive sans aucun doute de cette fonderie.

La fabrication des couteaux dont la lame se replie sur le manche fut aussi introduite à Sheffield, en 1650, par des ouvriers belges, également du pays wallon, ces couteaux portant déjà du reste, le nom de « joctelegs » d'après Jacques de Liège. Le poète Robert Burns parle aussi d'un « faulding jocteleg », « faulding » étant devenu actuellement « folding », se replier. Encore maintenant du reste, dans le Yorkshire, les couteaux de grande dimension dont la lame revient sur le manche sont appelés parfois « jack a legs knife », couteau jocteleg ou Jacques de Liège.

Enfin, lorsque la fabrication des canons de fusil fut introduite dans le comté de Sussex, en 1543, aux usines



d'un maître de forges nommé Ralph Hogge, il employait un ouvrier armurier belge, Pierre van Collet, pour fabriquer les munitions.

Durant les deux siècles qui suivirent l'invasion bourguignonne, l'industrie du fer se releva de ses ruines et le nombre des hauts-fourneaux augmenta si rapidement qu'en 1700 un édit du prince-évêque de Liège interdit la construction de nouveaux hauts-fourneaux pendant un espace de vingt-cinq ans.

D'autre part, il paraît avéré que c'est du district de Liège que le procédé de fabrication de l'acier par la cémentation tire son origine.

En tout cas, dès le commencement du xvii<sup>e</sup> siècle, en 1613, la permission de transformer le fer en acier fut accordée officiellement à deux armuriers de Maestricht, ville qui appartenait à cette époque au pays de Liège.

Aussi, Karsten dit-il avec raison que l'Angleterre, qui est devenue depuis l'école où s'étudie la métallurgie du fer, doit au continent — et nous venons de voir que c'est du pays de Liège qu'il s'agit — deux grandes découvertes : les hauts-fourneaux pour la production de la fonte, et la fabrication de l'acier par la cémentation.

Notons enfin que de 1738 à 1743, Liège fournit des armes à l'Europe tout entière et que, de nouveau en 1802, une fonderie de canons y fut fondée, qui coula pour Napoléon une quantité considérable de bouches à feu, notamment pour la célèbre expédition de Boulogne.

L'un des principaux progrès de la sidérurgie, l'emploi du coke dans les hauts-fourneaux, connu en Angleterre dès 1619, ne fut introduit dans notre pays qu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et, en 1769, un essai fut tenté à Juslenville, près de Spa, mais sans succès. Ce n'est qu'en 1821 que fut construit à Seraing, par le célèbre John Cockerill, un Anglais qui s'était établi à Liège en 1802, le premier haut-fourneau marchant régulièrement avec le coke comme combustible, haut-fourneau qui resta unique jusque vers 1830 et qui fut l'origine des majestueuses installations de la Société Cockerill, qui comptent, on le sait, parmi les plus importantes du continent européen, et l'on peut dire même du monde entier.

A peu près en même temps, un autre Liégeois, célèbre aussi dans nos annales sidérurgiques, Michel Orban, construisait à Grivegnée les premiers fours à puddler et les laminoirs à canelures tous deux employés en Angleterre depuis une quarantaine d'années.

Entre temps, en 1803, l'emploi des souffleries à vapeur à piston métallique avait été introduit.

Il est inutile d'ajouter qu'en parlant de hauts-fourneaux, il ne s'agit pas des véritables monuments que ce terme représente actuellement à nos yeux. Il peut suffire de rappeler à ce sujet que c'est vers 1800 que la hauteur de ces fourneaux fut portée graduellement de trois à cinq mètres, et voici quelles étaient les dimensions du premier haut-fourneau construit à Seraing, par l'ingénieur Mushet, pour la Société Cockerill :

	Hauteur.	Diamètre.
Cheminée au gueulard.	4,86 m.	1,70 m.
Cuve . . . . .	9,70 m.	3,68 m.
Ventre . . . . .	—	3,60 m.
Étalages. . . . .	2,75 m.	0,97 m. au bas.
Creuset ou ouvrage. . .	8,05 m.	0,76 m. au fond.

Le vent était fourni par une machine à vapeur.

En 1837, un autre progrès important fut introduit dans la fabrication de la fonte par l'emploi de l'air chauffé, qui fut employé pour la première fois par la Société Cockerill.

Jetons un coup d'œil en arrière pour voir ce que nous retrouvons au sujet de l'histoire sidérurgique dans la partie du Hainaut et de la province de Namur que nous pouvons appeler plus spécialement le pays de Charleroi.

Dans le Hainaut, le berceau de la sidérurgie n'est pas Charleroi même, mais elle a commencé à surgir, comme partout ailleurs du reste, dans les régions forestières où se rencontraient les minerais purs et aisément réductibles aussi. Les premières traces qui nous sont parvenues de la fabrication du fer en fixent le centre autour de Chimay.

On retrouve mention, dans les anciens documents, d'une usine en fer dite du Haut-Marteau, qui existait en 1200 à Renlies, dans le Hainaut.

Puis vient l'octroi de chartes de franchise par le comte de Namur, en 1345 et 1384, aux férans ou ouvriers mineurs de Morialmé, de Fraire, de Florennes, etc., leur accordant également l'institution

d'une cour de jurés, ce qui prouve l'importance prise, à cette époque déjà, par l'extraction du minerai de fer.

Les premières données statistiques remontent également à une époque déjà éloignée puisqu'en 1693 mention est faite, dans un rapport rédigé cette année-là sur l'ordre de Louis XIV, par Bernières, l'intendant du Hainaut, de ce qui suit : « La partie du Hainaut qui joint à l'Entre-Sambre-et-Meuse tire toute sa richesse des mines de fer et du travail des forges. On y emploie 14 fourneaux, dont 9 sur la terre de Chimay, 3 dans une dépendance de Maubeuge et 2 sur la terre d'Avesnes.

« Il y a 22 forges, dont 19 sur la terre de Chimay et de Beaumont, et 3 dans la dépendance de Maubeuge. Tous ces établissements occupent environ 2.200 ouvriers, y compris ceux chargés de préparer le bois. »

Près d'un siècle plus tard, nous voyons apparaître un épisode de la lutte entre les deux grandes idées économiques qui divisent, actuellement encore, les nations et les personnalités, entre la protection et le libre-échange.

Les forgeries du Hainaut, qui traversaient une crise en 1766, alors que celles de Liège étaient en pleine prospérité, réclamèrent des mesures douanières pour être protégées contre leurs voisines de l'est.

D'autre part, les gouvernements du pays de Liège et même des Pays-Bas autrichiens prirent maintes fois, souvent par représailles, des ordonnances pour restreindre la liberté du commerce avec les pays voisins,

et l'on peut noter des guerres de tarifs nombreuses, notamment en 1756 et en 1765.

La statistique nous fournit la preuve du développement pris par le Hainaut dans le domaine de l'industrie du fer, et dans un mémoire sur les mines des provinces de Hainaut, Namur, Liège et Luxembourg, publié à Mons en 1816, nous lisons que « 118 forges ont continuellement tiré de nos 50 hauts-fourneaux la fonte qui leur était nécessaire ; 98 sont situées dans les provinces de Hainaut et de Namur ; les 20 autres appartiennent à la France. La consommation annuelle de chaque forge est de 450.000 livres de fonte. Les hauts-fourneaux produisent actuellement 65 millions de livres de fonte ».

La substitution du coke au charbon de bois devait nécessairement amener le transfert des régions boisées à celles où se rencontrait la houille, et c'est à Marcinelle, en 1827, que fut érigé le premier haut-fourneau au coke du Hainaut.

Le bassin du Centre ne suivit que près de trente ans plus tard et le premier haut-fourneau au coke date de 1854 dans cette région.

Karsten dit encore qu'en 1837 il y avait en Belgique 23 hauts-fourneaux au coke et 66 au bois, produisant 74.000 tonnes de fonte. En 1839, le nombre des hauts-fourneaux au coke a presque doublé et bon nombre de hauts-fourneaux au bois étaient éteints ; la production annuelle s'éleva à 80.000 tonnes.

Nous voici arrivés dans une période plus récente

qui nous touche pour ainsi dire, et, certainement à partir de 1830, les deux régions de Liège et de Charleroi eurent une même destinée.

Résumons donc en quelques mots ce que nous avons dit, et comme points de repère principaux, rappelons qu'après le bas foyer de nos ancêtres éburons, nerviens, est venu le foyer catalan, à des époques qu'il est impossible de déterminer, que le fourneau dit à masse date environ de Charlemagne, le fourneau à fonte ou haut-fourneau primitif du <sup>xiv</sup><sup>e</sup> siècle et le haut-fourneau à coke de 1820 à 1830.

Telles sont les dates principales auxquelles nous pouvons nous reporter dans le passé et qui marquent les étapes les plus remarquables franchies en Belgique par l'industrie du fer.

#### LES TEMPS MODERNES.

Il nous reste encore à noter quelques dates marquantes dans l'histoire de la sidérurgie dans notre pays. Et d'abord, c'est vers 1860 que la Société d'Ougrée trouva le moyen d'employer sur une grande échelle des oligistes violets qui se trouvaient en quantités importantes près de Couthuin, dans la province de Namur, où elles sont du reste encore exploitées maintenant et qui furent pendant de longues années l'une des principales sources d'approvisionnement de nos hauts-fourneaux.

A cette même époque, la Société Cockerill établit

une fabrication d'acier au creuset dans ses usines de Seraing.

En 1855, un nouveau perfectionnement important fut apporté dans notre pays à la fabrication de la fonte, je veux parler de la captation des gaz des hauts-fourneaux ; puis en 1863, la Société Cockerill, toujours à la tête du progrès, construisit, en Belgique, les premiers convertisseurs et lamina cette même année les premiers rails en acier que l'État belge paya jusque 439 francs la tonne, en 1874, alors que vers 1895, à un moment de crise intense, le prix en est descendu jusque vers 90 francs par tonne franco bord Anvers.

C'est à Liège aussi que fut introduit dans notre pays le four à récupération de chaleur du système Siemens-Martin, en 1872, par la Société de Sclessin.

Une véritable révolution vint transformer encore notre industrie sidérurgique, de 1870 à 1880, par l'épuisement, d'une part, des minerais du pays, et d'autre part, par la mise à fruit des riches gisements miniers de la Lorraine et du Luxembourg connus partout sous le nom de district des minettes, minerais pauvres, relativement, mais dont la gangue contient généralement les fondants nécessaires, et dont le traitement devenait par suite plus économique que celui des minerais de nos régions.

C'est à partir de 1875 que l'introduction de ces minerais étrangers prit surtout de l'importance pour la production de la fonte ordinaire, tandis que l'Es-

pagne nous fournissait presque exclusivement des minerais à acier, et l'on peut dire qu'en ce moment les neuf dixièmes des minerais traités dans nos hauts-fourneaux sont importés.

Une autre date importante dans notre histoire sidérurgique fut l'application du procédé de déphosphoration, permettant de fabriquer l'acier de minerais phosphoreux et que la Société d'Angleur importa dans notre pays, dès 1879, aussitôt que MM. Thomas et Gilchrist eurent, en 1878, résolu le problème de l'élimination du phosphore.

Ce procédé ne fut toutefois employé dans notre pays, de façon courante, qu'après que le brevet fût tombé dans le domaine public, soit vers 1885, et la fabrication de l'acier remplaça presque complètement celle du fer à partir de ce moment.

Enfin, l'un des derniers perfectionnements apportés à la pratique de la fabrication de la fonte, l'emploi direct des gaz épurés de hauts-fourneaux dans des machines à gaz, revient encore à la Société Cockerill, toujours elle, on le voit, qui, dès 1897, installa à Seraing deux machines à gaz de 200 chevaux-vapeur, les premières qui aient fonctionné dans le monde et qui sont encore en marche actuellement.

Enfin, tous nos industriels se lancent maintenant résolument dans la voie de l'actionnement des laminoirs par l'électricité.

Des moteurs électriques de plus de 1.000 chevaux de force actionnent des trains de laminoirs de grandes



dimensions, et l'on peut prévoir le moment où, grâce à l'utilisation complète des gaz de hauts-fourneaux et au transport de la force par l'électricité, une usine pourra se passer complètement de combustible autre que le coke employé à la fabrication de la fonte et où plus un kilogramme de charbon ne devra être brûlé sous les chaudières pour transformer le minerai de fer en produits finis.

Il nous faut encore remonter dans le passé pour nous rendre compte des progrès réalisés depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours dans la capacité de production des appareils de fabrication du fer ou plutôt de la fonte, et nous voyons que le chemin parcouru mérite d'être suivi, au moins dans ses grandes étapes.

Nous ne sommes pas arrivés dans notre pays aux colossales productions atteintes aux États-Unis, que ne comportent pas les matières premières, minerais et cokes, que la nature a mises à notre disposition, mais la place que nous avons occupée a été à certains moments la première de toutes et est encore très honorable actuellement.

Nous tenterons donc de retracer en quelques mots le point d'où nous sommes partis et celui auquel nous sommes arrivés.

Les données les plus anciennes auxquelles on peut se rapporter avec certitude datent de 1546, et on sait que les fours en usage à cette époque produisaient environ 300 kilogrammes de fer par vingt-quatre heures.

Vers la fin du xvi<sup>e</sup> siècle, la production avait considérablement augmenté sans dépasser toutefois 3 tonnes par jour au grand maximum.

C'est ainsi que nous voyons les hauts-fourneaux de Chanxhe, sur les bords de l'Ourthe, et ceux de Férot produire 876.000 livres par an, soit 438 tonnes de fonte.

En 1750, nous sommes un peu plus avancés et le haut-fourneau de Chimay arrivait à produire de 600 à 720 gueuses de fonte représentant une production annuelle de 700 tonnes environ.

Pour trouver un progrès marquant dans la capacité de production du haut-fourneau, nous devons arriver au haut-fourneau de la Société Cockerill, à Seraing, dont nous avons parlé ci-dessus et qui produit environ 10 tonnes par jour, soit 3.000 tonnes par an.

En 1848, une production de 25 tonnes par jour était considérée comme très satisfaisante encore et nous voyons qu'en 1860 les hauts-fourneaux de la Société l'Espérance et ceux de la Société Cockerill produisaient 5.400 tonnes par an, ceux de Sclessin 6.000 tonnes, ceux d'Ougrée 7.000 et le record était détenu par ceux de Grivegnée avec 9.000 tonnes par an ou environ 30 tonnes par jour.

Vers 1870, la Belgique était arrivée à la tête des nations productrices de fonte du monde entier : la production moyenne annuelle y était par haut-fourneau de 12.000 tonnes, alors que la Grande-Bretagne n'arri-

vait qu'à 9.150 tonnes, l'Allemagne qu'à 7.000 tonnes, les États-Unis qu'à 6.500 tonnes et la France qu'à 4.430 tonnes.

En 1880, c'est encore notre petit pays qui tient la tête comme capacité de production avec une moyenne annuelle de près de 20.000 tonnes, suivi dans l'ordre par l'Angleterre, 14.000 tonnes, l'Allemagne, 11.000 tonnes, les États-Unis, 8.750 tonnes et la France, 8.000 tonnes.

Dix ans plus tard toutefois, en 1890, les États-Unis avec leurs minerais riches du Lac Supérieur et leur coke dur et résistant de Connelsville ont dépassé les pays du vieux continent et arrivent à une moyenne annuelle de 30.000 tonnes, tandis que la Belgique est encore en tête, en Europe, avec 22.000 tonnes, suivie de l'Allemagne, 21.000 tonnes ; de l'Angleterre, 19.500 tonnes et de la France, 16.500 tonnes.

En 1900, pour la première fois, l'Allemagne, grâce à l'énorme développement du district des minettes, prend la tête, au moins sur le continent européen, et sans marcher à pas de géant comme les États-Unis, où la production a doublé pour dépasser 60.000 tonnes, arrive à 31.000 tonnes de moyenne annuelle contre 27.000 tonnes pour la Belgique, 22.500 tonnes pour l'Angleterre et 22.000 tonnes pour la France.

Enfin, on peut actuellement évaluer la production annuelle par haut-fourneau en Belgique à 45.000 tonnes qui est la moyenne de 1910 ; elle nous donne la troisième place derrière les États-Unis, qui ont atteint,

d'après les journaux spéciaux, la moyenne énorme de plus de 120.000 tonnes, et derrière l'Allemagne qui dépasse 50.000 tonnes, mais encore devant les 32.000 tonnes de l'Angleterre et les 35.000 tonnes de la France.

Les derniers hauts-fourneaux construits dans notre pays, notamment à la Société Cockerill et à Couillet, arrivent à 200 tonnes par jour, ce qui donnerait près de 75.000 tonnes par an, tandis que ceux de la Société de Sambre-et-Moselle produisent par vingt-quatre heures 300 tonnes de fonte, soit près de 100.000 tonnes par an.

A mesure que la production par haut-fourneau augmentait, leur nombre diminuait : aux États-Unis, de 410 en 1873 à 182 en 1902 ; en Allemagne, de 297 en 1875 à 264 ; en Angleterre, de 661 à 349 ; en France, de 266 à 114 et en Belgique, de 46 à 30 en 1870, à 27 en 1892 pour en revenir à 42 en 1905 et à 48 en 1910.

Revenons en arrière une dernière fois pour nous rendre compte, par quelques données statistiques, de ce que fut l'industrie sidérurgique dans notre pays avant d'être arrivée à son état actuel et ce coup d'œil rétrospectif nous permettra, en nous inspirant des leçons du passé, de regarder l'avenir avec confiance.

Nous avons cité quelques chiffres déjà relatifs au district de Charleroi ou plutôt au Hainaut.

D'après le tableau politique du département de l'Ourthe, dressé l'an IX de la République, nous voyons que le minerai de fer extrait dans ce département attei-

gnait 100.000 myriagrammes, soit 1.000 tonnes et représentait environ un dixième de la consommation des quinze forges de ce même département.

En 1829, à la veille de la révolution qui fit de la Belgique un État indépendant, la province de Liège possédait : 6 hauts-fourneaux à bois ; 1 haut-fourneau à coke ; 5 cubilots ; 78 foyers ou fours d'affinerie ; 59 fours à réverbère ; 31 martinets ; 4 fonderies ; 16 laminoirs et 43 soufflets.

La production des hauts-fourneaux était de 7.078 tonnes de fonte, celle des fonderies de 660 tonnes d'objets moulés, celle des fabriques de fer de 5.011 tonnes de produits laminés et celle des usines à ouvrir le fer de 4.778 tonnes de produits divers, le nombre des ouvriers employés étant de 711 unités.

La révolution de 1830, qui assura l'indépendance de la Belgique de façon définitive, fut suivie d'une crise terrible, heureusement de courte durée, à laquelle succéda une reprise des affaires telle que l'on en chercherait vainement un autre exemple dans les annales de la sidérurgie. Les années 1835 et 1836 sont des dates à retenir parce qu'elles marquent la fondation de plusieurs de nos principaux établissements industriels par les grandes banques de crédit qui venaient, elles aussi, de prendre naissance.

Une sorte de fièvre industrielle atteignit les capitalistes qui créent successivement :

En 1835, la Société des Vennes, fonderie au capital de 650.000 francs, et la Société des charbonnages et

des hauts-fourneaux d'Ougrée, au capital de 2.400.000 francs.

En 1836, la Société Saint-Léonard, pour la construction des machines, au capital de 1.600.000 francs, et la Société des charbonnages et hauts-fourneaux de l'Espérance, au capital de 4.000.000 de francs.

En 1837, la Société et la Fabrique de fer d'Ougrée, au capital de 3.500.000 francs, toutes les cinq sous le patronage de la Banque de Belgique.

En 1836 aussi, la Société de Sclessin, au capital de 800.000 francs, sous les auspices de la Société Générale.

De la même date, ou à peu près, date encore dans le Hainaut la création de la Société de Couillet, 1835, et de la Société de la Providence, 1838, pour ne citer que celles-là, tandis qu'un Anglais, M. Thomas Bonehill, suivant l'exemple de Cockerill, s'installait dans le district de Charleroi pour y créer les usines qui portent encore son nom et sont restées dans la possession de ses descendants.

La Société de Thy-le-Château et celle d'Acoz, devenues la Société de Montcheret, sont encore parmi celles qui furent créées vers cette époque d'épanouissement industriel, et nos sidérurgistes renouvelant l'exode de leurs ancêtres du xvii<sup>e</sup> siècle, nous voyons les Belges s'établir vers le milieu du siècle dernier dans les pays limitrophes du nôtre et notamment au sein des provinces rhénanes pour y porter les perfectionnements qu'ils avaient trouvés aux différents procédés alors en usage.

Actuellement encore, du reste, si en Belgique on retrouve les descendants des Anglais : Cockerill, Pastor, Alexandre et Bonehill, par contre les noms bien wallons et même liégeois peut-on dire, de Marcotty, de Fossoul, de Gobiet, de Dereux, de Piedbœuf, de Micheroux et de Charlier sont reconnus comme nationaux dans les districts de Dortmund et de Bonn.

Nombre de charbonnages de la Ruhr furent également créés par des Belges au nombre desquels il suffit de citer ceux de Dalbusch et d'Alstaden.

A différentes époques, séparées par des centaines d'années, nous voyons ainsi notre histoire renouveler le cycle de ces événements.

La construction des premiers chemins de fer, en 1835, contribue pour beaucoup à ce développement extraordinaire de l'industrie ; l'un des premiers chemins de fer du continent fut construit en Belgique, de Bruxelles à Malines d'abord, d'Ans à Anvers ensuite, et encore une fois c'est la Société Cockerill, que nous rencontrons chaque fois qu'une date marquante se présente dans notre histoire sidérurgique, qui fournit en 1835 la première locomotive ainsi que les premiers rails fabriqués sur le continent.

Des périodes de crise et de prospérité se succédèrent, plongeant l'industrie dans le marasme, notamment en 1839, puis après la révolution de 1848, de 1873 à 1876, en 1885 et en 1895, et lui faisant par contre traverser des ères de grande prospérité, surtout en 1853, de 1872 à

1873, de 1899 à 1901 et dernièrement enfin de 1905 à 1906.

La production, tout en continuant sans cesse à se développer, avait les mêmes soubresauts.

#### DÉVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION.

Dans un rapport présenté au Roi sur la situation des mines et des usines minéralurgiques en Belgique pour l'année 1838, nous voyons que le nombre d'usines sidérurgiques existant dans le pays était de 221, et ce rapport des plus intéressants indique comme production de fontes et de fers du Hainaut respectivement 45.000 et 25.000 tonnes.

En examinant successivement ce qu'est devenue cette production, pour la fonte, le fer et l'acier, nous voyons qu'en 1845 il a été produit 135.000 tonnes de fonte, qui sont passées à 250.000 tonnes en 1847, pour retomber à 145.000 tonnes en 1850.

De nouveau en 1852 cependant, le niveau de 200.000 tonnes est dépassé, puis très rapidement et de façon définitive celui de 300.000 tonnes d'abord, puisqu'en 1855 notre production s'élève à 322.000 tonnes et en 1864 celui de 400.000 tonnes avec près de 460.000 tonnes. L'expansion de 1870 nous fait dépasser 600.000 tonnes et, en 1871, notre pays produisait 610.000 tonnes de fonte, puis au moment de la crise qui suivit le boom de 1870, nous tombons à 550.000 tonnes en 1877 et à 527.000 tonnes en 1879.



Nous remontons à 690.000 tonnes en 1880 et, en 1889, nous dépassons 800.000 tonnes pour la première fois et arrivons à 832.000 tonnes.

Puis, en 1896, les 900.000 tonnes sont laissées en arrière avec 959.000 tonnes pour franchir enfin, en 1897, le cap du million de tonnes, où nous restons à peu près jusqu'en 1900.

Une année mauvaise, en 1901, nous ramène à 765 mille tonnes, mais c'est pour remonter bien vite à 1.000.000 de tonnes en 1902, puis à 1.300.000 tonnes en 1905 et à 1.800.000 tonnes en 1910.

Le fer est seul produit jusqu'en 1864, sauf 1.500 à 2.000 tonnes d'acier puddlé, fabriquées annuellement par nos usines, et en 1845 nous en voyons la production se monter à 51.000 tonnes, dépasser 80.000 tonnes en 1847, pour retomber à 58.000 tonnes en 1848 et passer successivement à 110.000 tonnes en 1852, à 218.000 tonnes en 1857 et à 344.000 tonnes en 1864, année où apparaît l'acier au convertisseur avec le total bien modeste de 410 tonnes qui sont devenues 1.000 tonnes en 1866.

A mesure que l'emploi de l'acier se généralise, les progrès du fer diminuent et la marche parallèle de ces deux produits est intéressante.

En 1870, la production atteint 520.000 tonnes de fer pour 4.000 tonnes d'acier et, malgré la concurrence du métal nouveau, le fer ne perd pas autant de terrain que l'on aurait pu le croire au premier abord. C'est ainsi que sa production descend en dessous de 500.000

tonnes en 1874, mais dépasse encore le demi-million en 1882, et de 1887 à 1890. Une chute de deux années, pendant la crise de la décade 70, abaisse la production de fer en dessous de 400.000 tonnes ; elle reprend toutefois avec une vigueur nouvelle, comme nous l'avons vu ci-dessus, et ne redescend en dessous de 400.000 tonnes qu'en 1900, pour y rester, semble-t-il, définitivement. Elle a été cependant de 392.000 tonnes en 1903, de 360.000 tonnes en 1904, de 380.000 tonnes en 1905 et de 300.000 tonnes en 1910. On voit donc que depuis les 577.000 tonnes de l'année de record, 1889, le déchet est de 280.000 tonnes ou de 50 p. c. environ.

Quant à l'acier, que nous avons vu partir de 4.000 tonnes en 1870, sa marche en avant est à peu près constante. Il dépasse 10.000 tonnes en 1872 et monte rapidement à 102.000 tonnes en 1878, soit en six ans. Il lui faut ensuite onze ans pour dépasser 200.000, soit en 1889. C'est la période d'attente précédant le moment où le brevet Thomas tombe dans le domaine public. Aussi jusqu'en 1893 ne sommes-nous encore qu'à 225.000 tonnes, mais ensuite l'acier doux prend son essor. Pendant deux ans seulement, jusqu'en 1895, nous restons dans les 300.000 tonnes, pour sauter à 537.000 tonnes en 1898, puis à 635.000 tonnes en 1899, à 725.000 tonnes en 1902, à 914.000 tonnes en 1903, à 1.000.000 de tonnes en 1904 et 1.650.000 tonnes en 1910.

Il y a trente-cinq ans, la Belgique produisait 136

fois plus de fer que d'acier. Actuellement elle produit 5 fois plus d'acier que de fer.

La production décennale de la fonte a passé dans notre pays de 2.850.000 tonnes pour la période 1851-1860 à environ 15.000.000 de tonnes, pour les dix années en cours, c'est-à-dire qu'elle aura plus que quintuplé ; celle du fer, de 1.450.000 tonnes à 3.500.000 tonnes ; elle aura augmenté de près d'une fois et demie ; enfin celle de l'acier aura passé de 12.000 tonnes pour 1861-1870, à plus de 12.000.000 de tonnes ; elle aura donc plus que centuplé dans l'espace de cinquante années.

#### SITUATION DES USINES.

Quant au développement de nos usines, il est à peu près impossible de le suivre de près tant se sont fondés de toutes parts, à côté des grandes aciéries, des fabriques de fer et des laminoirs, un nombre considérable d'ateliers de construction, de fonderies, d'usines sidérurgiques de tout genre, dont l'énumération serait aussi longue que fastidieuse. Bornons-nous donc à dire que sont officiellement représentés aux réunions hebdomadaires d'industriels qui ont lieu à Bruxelles tous les mercredis, 18 usines produisant de la fonte avec 48 hauts-fourneaux, dont 40 en activité ; 10 aciéries avec 39 convertisseurs dont 37 en activité ; 37 usines de transformation ; 28 fonderies d'acier ; 14 fabriques de bandages pour ma-

tériel roulant de chemins de fer ; 20 producteurs d'essieux de toutes dimensions ; 80 constructeurs de charpentes ; 80 fonderies diverses ; 16 constructeurs de locomotives ; une trentaine d'ateliers de construction de voitures et de wagons ; en tout près de 300 firmes pour la sidérurgie seule, sans compter une infinité de petites usines accessoires de tout genre.

A la base de cet édifice se trouvent certainement les principaux producteurs de matières premières, les grandes aciéries et quelques mots ne seront peut-être pas inutiles pour en rappeler brièvement l'histoire.

Nous avons déjà dit que l'acier datait en Belgique, comme métal industriel, de 1863, année où la Société Cockerill construisit ses premiers convertisseurs. Les aciéries d'Angleur furent fondées huit ans plus tard, en 1871, et en 1879, seize années après le laminage du premier rail, trois aciéries nouvelles, celles d'Ougrée, de Thy-le-Château et d'Athus, étaient construites, puis M. G. Boël, à La Louvière, monta son aciérie en 1883, et, en 1893, encore une fois, trois nouvelles aciéries furent montées par la Société d'Angleur, à Sclessin, par la Société La Providence et par la Société de Couillet près de Charleroi ; ensuite l'année 1905 vit la mise en train de l'usine de Sambre-et-Moselle à Montigny-sur-Sambre ; en 1909, celle de la Société de l'Espérance-Longdoz commença à produire et enfin la mise en marche de l'aciérie de Clabecq date du premier mois de l'année courante.

A part l'installation de la Société d'Athus, toutes ces aciéries sont actuellement en activité.

C'est surtout dans le domaine de l'industrie que doit s'appliquer la devise du fameux Marnix de Sainte-Aldegonde : « Repos ailleurs ».

Il n'y a jamais de repos en industrie.

Qui s'arrête recule et se trouve distancé.

Aussi toutes nos grandes usines sont-elles, on peut le dire, dans un état constant de transformation.

Nous avons, en effet, à lutter principalement contre des concurrents puissamment outillés, fortement protégés par des barrières douanières que l'un d'eux (la France) vient encore de surélever, et admirablement situés soit sur les gisements superbes de minerais du district des minettes, comme les colosses de l'industrie allemande et française de Rombach, d'Aumetz, de Longwy, de Micheville et de Homécourt, soit sur le district houiller de premier ordre de la Ruhr, comme les géants qui portent les noms célèbres de Fr. Krupp, Deutscher Kaiser et tutti quanti.

Notre petit pays a fort à faire pour tenir sa place au soleil et c'est en ne laissant jamais paraître un perfectionnement sans l'adopter ou l'essayer, en s'appuyant sur une main-d'œuvre active, travailleuse, que le libre-échange permet, par le bon marché de la vie, de conserver économiquement et en augmentant constamment la puissance productive de leurs installations, que nos maîtres de forges ont réussi à soutenir la lutte à armes égales et sans se laisser devancer.

Il y a quinze ans, en 1896, notre capacité de production d'acier était de 962.000 tonnes avec 25 convertisseurs, tandis qu'actuellement nous pourrions produire 2.200.000 tonnes environ avec 39 convertisseurs.

Ajoutons, pour terminer, que notre production totale d'aciers finis est d'environ 1.400.000 tonnes dont 1.150.000 tonnes produites par les aciéries proprement dites et 250.000 tonnes par les usines de transformation.

La comparaison avec nos voisins du Zollverein et de la France qui consomment les mêmes minerais nous montre que la Lorraine allemande et le district de Sarrebruck avec une dizaine d'aciéries produisent environ 2.500.000 tonnes ; la Lorraine française avec huit aciéries, environ deux millions de tonnes, et enfin le Grand-Duché de Luxembourg et le district de la Wurm avec quatre aciéries, environ un million 300.000 tonnes, soit en tout plus de vingt aciéries et une production possible de 5.500.000 tonnes, qui sera sous peu augmentée sensiblement encore.

Notre petite Belgique serre donc d'assez près chacun de ces trois puissants districts pris isolément et représente par conséquent à peu près le tiers de leur total comme capacité de production.

#### LIBRE CONCURRENCE.

Une certaine satisfaction nous vient aussi du fait

que nous avons obtenu ce résultat par nos seules forces, sans — pour ainsi dire — être protégés et quoique les prix moyens auxquels se vendent nos produits soient très sensiblement moins élevés que ceux des concurrents que nous venons de citer, et même que ceux des grands pays producteurs anglo-saxons, l'Angleterre et surtout les États-Unis.

Sans vouloir insister du reste, il y a peut-être lieu de signaler cependant que, nombre des grandes usines que l'on cite toujours comme exemple de prospérité sidérurgique et auxquelles les nôtres ne se sauraient comparer comme puissance productrice, se trouveraient dans une situation très différente de celle qu'elles occupent, si elles devaient vendre leur production aux prix moyens dont nous devons nous contenter et que nous supportons sans faiblir.

Car il ne faut pas oublier que la Belgique doit accepter comme prix moyens de vente à peu près ceux qui s'établissent sur le marché international de l'exportation, puisque c'est ce marché qui prend de très loin la plus forte partie de notre production.

Aucun autre pays n'exporte, en effet, une proportion aussi considérable de sa production que le nôtre.

Les États-Unis exportent environ 7 p. c. de leur production, la France 10 p. c., l'Allemagne 33 p. c., tandis que la Belgique ne garde chez elle que 20 p. c., et exporte par suite à peu près 80 p. c., produits manufacturés compris, de ce qu'elle produit, comme nous l'avons démontré, avec preuves à l'appui, dans

le journal anglais le *Times*, il y a quelques années déjà.

Actuellement, ces proportions sont d'environ 4 3/4 p. c. pour les États-Unis, 13 p. c. pour la France, 30 p. c. pour l'Allemagne et 43 3/4 p. c. pour l'Angleterre, produits manufacturés non compris, ce qui confirme les chiffres cités ci-dessus.

Malgré les conditions d'infériorité dans lesquelles nous nous trouvons pour affronter la lutte, nous avons donc la satisfaction de nous dire que nous n'avons pas trop dégénéré depuis l'époque gallo-romaine, et nos ancêtres de l'Entre-Sambre-et-Meuse et du pays de Liège, s'ils revenaient parmi nous, veraient comme autrefois les produits de l'industrie belge se répandre jusqu'aux confins des limites de la civilisation.

BARON DE LAVELEYE.

---

#### BIBLIOGRAPHIE

« Mémoire sur l'historique des progrès de la fabrication du fer dans le pays de Liège », par J. FRANQUOY, publié dans les *Mémoires de la Société libre d'Émulation de Liège*. — Liège, 1860.

« Exposé historique de l'Industrie du fer dans la province de Liège », par André WARZÉE, publié dans les *Mémoires de la Société libre d'Émulation*. — Liège, 1861.

« On the History of the Iron and Coal industries in the Liège district », by Édouard DE LAVELEYE, *Proceedings of the Institution of mechanical Engineers*, 10, Victoria Chambers, London, 1883.

*Les Origines de la Métallurgie au pays d'Entre-Sambre-et-Meuse*, par Victor TAHON. — H. Manceau, 4, rue des Fripiers, Mons, 1886.

« La Bourse de Bruxelles », par Joseph LIÉTARD, publié dans le



*Bulletin de la Chambre française de commerce et d'industrie de Bruxelles*, 5, impasse du Parc, Bruxelles, septembre 1902.

*La Sidérurgie*, par Hubert DETAILLE, publications du bureau commercial de l'Exposition universelle de Liège. — Chez H. Poncelet, 52, rue des Clarisses, Liège.

« Dix ans de l'histoire de l'acier en Belgique », par le baron DE LAVELEYE, *Moniteur des Intérêts matériels*, 5, place de Louvain, Bruxelles, novembre-décembre, 1903.

« Belgian Ironmasters and the English Iron Trade », par le baron DE LAVELEYE, *Times*, 24 novembre 1904.

« Documents statistiques », *Bulletin du Comité des Forges de France*. — Imprimerie Chaix, 20, rue Bergère, Paris, mai 1905.

*Vergleichende Ausführstatistik für die Eisenindustrie, Stahl und Eisen*, 15 mai 1906.

*La Métallurgie du fer au Pays de Liège, au Luxembourg et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse*, par Victor TAHON. — Chez Poncelet, 52, rue des Clarisses, Liège, 1909.

---

## CHAPITRE IX

# L'ÉLECTROMÉTALLURGIE

---

L'énergie électrique, si souple dans son emploi, se prête de deux façons à l'isolement des métaux : par électrolyse ou par une méthode thermique.

### ÉLECTROLYSE.

Rappelons brièvement le principe de l'électrolyse. Dans un sel métallique dissous ou fondu plongent deux conducteurs ou *électrodes*, reliés aux pôles d'une source d'énergie électrique. Lorsque le courant passe, le métal apparaît au conducteur de sortie ou *cathode*, le reste se dégage au conducteur par lequel le courant pénètre dans le bain ou *anode*.

Ainsi, en électrolysant du sulfate de cuivre, le métal se dépose sur les objets conducteurs servant de cathode. C'est le principe du cuivrage, de la galvanoplastie, industries vieilles d'un siècle, contemporaines de l'invention même de la pile.

1° *Cuivre*. — La méthode électrolytique est universellement employée dans le *raffinage* du cuivre. Il est fort important d'avoir du cuivre pur, la conductibilité électrique du métal diminue beaucoup lorsqu'un corps étranger le souille. Pour la confection des câbles destinés au transport de l'électricité, on exige du cuivre raffiné et débarrassé de ses impuretés. La métallurgie délicate du cuivre, le traitement au *sélecteur*, aujourd'hui pratiqué dans les grosses entreprises, fournit une *matte* impure. C'est ici que l'électrolyse intervient : la matte sert d'anode, une lame de cuivre pur est la cathode, le bain est du sulfate de cuivre. Ce sel reste inaltéré ; tout se passe comme si le cuivre, et ce métal seulement, était transporté de l'anode à la cathode. La matte anode s'use, la cathode de cuivre se recouvre de cuivre fin. Les impuretés tombent au fond du bain.

Cette méthode électrolytique est ancienne, les résultats en sont connus et les chiffres suivant nous donneront une idée de la faible consommation d'énergie électrique que ce procédé exige.

Une usine qui produirait une tonne par jour n'emploierait qu'un moteur de 20 kilowatts représentant une dépense maximum de 0 fr. 70 par heure. Cette dépense est absolument insignifiante et négligeable vis-à-vis des frais de manutention, de main-d'œuvre, surtout si l'on songe que le produit obtenu vaut au moins un millier de francs et varie, suivant les cours, de quantités bien plus grandes que cette dépense.

Cette industrie est extrêmement développée aux États-Unis. Non seulement cette nation raffine le cuivre extrait en quantités énormes de son sol, mais encore du métal importé. L'opération est pratiquée par une dizaine d'usines dont quelques-unes produisent par jour 100 à 150 tonnes de métal.

En 1903, les États-Unis ont raffiné par électrolyse 280.000 tonnes de cuivre.

2° *Autres métaux.* — Le traitement électrolytique des autres métaux est moins développé et les résultats difficiles à connaître.

Le *zinc* pur est obtenu par cette voie. Le minerai, après quelques opérations préalables, est transformé en sulfate par action de l'acide sulfurique. Le sulfate de zinc est électrolysé, le métal pur se dépose à la cathode. L'usine de Weston-Point (Angleterre) accuse une production de 30 tonnes de zinc électrolytique par semaine. On s'accorde en général pour prédire le développement de la méthode électrolytique pour ce métal.

Le *plomb* se prépare de même. Le procédé électrolytique Betts est employé avec succès à Trail (Colombie britannique), à Newcastle, à Chicago où 2.500 tonnes de minerai sont traitées chaque mois. On prépare aussi le plomb par électrolyse du chlorure fondu obtenu en traitant par l'acide chlorhydrique le minerai grillé. Ce procédé, dû à Lorenz, récupère le chlore.

On commence à préparer le *chrome* par électrolyse d'un acide chromique impur.

La partie délicate du traitement électrolytique des minerais en général est leur transformation en sels solubles.

Lorsque cette transformation est obtenue, l'électrolyse est facile ; elle n'exige que de faibles voltages et des courants peu intenses, et par conséquent des dépenses faibles.

L'énergie électrique est donc, dans les procédés d'électrolyse, celle qui isole le métal ; mais, par un cas singulier, les difficultés sont vaincues lorsqu'on peut enfin l'utiliser et son emploi simple, méthodique et peu coûteux n'implique ni longues descriptions ni calculs intéressants de prix de revient.

Il en sera tout autrement dans l'étude de l'énergie électrique sous forme *calorifique* qui intervient sur le minerais ou sur un corps brut.

#### ÉLECTROTHERMIE.

Il existe deux modes de chauffage électrique : par l'*arc* et par *résistance*.

La température de l'arc électrique est la plus élevée que l'on sache produire, on l'évalue à 3.500 degrés centigrades. Bien des réactions chimiques, impossibles sans elle, ont pu être réalisées au contact de cette puissante source de chaleur. L'industrie et le laboratoire l'utilisèrent simultanément presque un siècle après sa découverte par Davy et on sait le parti que Moissan en tira dans ses recherches hardies.

L'intérêt de cet appareil est qu'une énergie énorme est mise en liberté dans un espace fort petit et avec des pertes insignifiantes à cause de la mauvaise conductibilité des fours. Le four de laboratoire de 1.000 ampères sous 70 volts utilise dans un espace d'un décimètre cube l'énergie de 95 chevaux-vapeur.

Mais on peut chauffer aussi un conducteur, une masse métallique par exemple, en y faisant passer un courant. C'est ce qu'on appelle le chauffage par *résistance*, analogue à celui qui porte à l'incandescence les filaments de charbon ou de métal de nos lampes.

Chacun de ces modes de chauffage électrique donne naissance à des types de fours : fours à arcs et fours à résistance. Souvent un appareil use à la fois des deux procédés, combinés quelquefois même à une électrolyse des produits fondus.

#### INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM.

La préparation du « métal de l'argile » est la plus ancienne des métallurgies électriques.

Découvert par Wœhler en 1827, l'aluminium fut préparé industriellement par voie chimique par Henri Sainte-Claire-Deville (1856).

La difficulté et le prix élevé de la méthode chimique, l'utilisation raisonnée des chutes d'eau devaient faire naître l'électrométallurgie de l'aluminium.

En 1885, *Cowles*, en Amérique, obtient du bronze d'aluminium par électrolyse de l'alumine fondue en

présence du cuivre. En 1886, *Hall*, en Amérique, et *Héroult*, en France, emploient des procédés aujourd'hui encore en usage.

1° *Procédé Héroult*. — La bauxite, fort abondante en France, est transformée en alumine pure ; mélangée à de la cryolithe, qui rend le bain plus fusible et plus conducteur, elle est placée dans un creuset en charbon. L'arc électrique éclate entre le fond du creuset et une électrode de charbon plongée dans l'alumine. Lorsque le bain est fondu, il est maintenu à l'état liquide par la chaleur qu'y dégage le courant en le traversant ; en même temps il y a électrolyse. L'aluminium fondu se dépose au fond du creuset et l'oxygène se dégageant à l'électrode de charbon qui sert d'anode se combine au charbon en l'usant. On charge d'alumine sans arrêter le four.

1° *Procédé Hall*. — Il y a dix anodes placées sur quatre rangs ; chacune est un prisme de 44 centimètres carrés de section et conduit en marche normale 250 ampères sous une tension de 5 à 6 volts. La température du bain est de 900 à 1.000 degrés. Un tel four peut donner un kilogramme d'aluminium pour 25 kilowatts-heure.

Dans les régions où cette industrie existe, le kilowatt-heure ne coûte guère plus de 0 fr. 011, d'où une dépense de 0 fr. 275 par kilogramme d'aluminium.

Les autres frais sont : l'achat du minerai, la préparation de l'alumine pure, l'amortissement et la répa-

ration des fours, l'usure de l'électrode et la main-d'œuvre.

Le développement de l'industrie de l'aluminium est un exemple frappant de la liaison entre les progrès de la science et le prix de revient d'un produit de l'industrie.

Le kilogramme d'aluminium de Wœhler coûtait 3.000 fr. La méthode de Deville abaisse ce prix à 75 francs (1888). Mais le métal reste rare et d'usage limité.

L'électrométallurgie de l'aluminium fait faire des pas de géant à la production du métal. En 1885, elle en livre trois tonnes.

En 1897. . . .	3.327 tonnes coûtant fr.	3,90 le kilogramme.	
— 1900. . . .	7.192 — —	3,70 —	
— 1905. . . .	9.000 — —	3,70 —	
— 1906. . . .	12.000 — —	5,00 —	
— 1907. . . .	19.000 — —	4,15 —	
— 1908. . . .	25.000 — —	2,40 —	

Dix usines fabriquent l'aluminium : trois aux États-Unis, deux en France ; le Canada, l'Écosse, l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse en possèdent chacune une.

La vallée de la Maurienne a pu être appelée vallée de l'aluminium. Une puissance totale de 100.000 chevaux y est employée aujourd'hui à la production du métal, et son prix est voisin de 2 francs le kilogramme.

Le métal est d'autant moins altérable qu'il est plus pur, et son emploi dans la fabrication d'objets usuels et d'alliages peut encore se développer. Mais c'est sur-



tout le transport du courant électrique qui semble assurer à cette industrie des débouchés nouveaux.

La conductibilité électrique de l'aluminium est grande : elle atteint 60 p. c. de celle du cuivre. En d'autres termes, la perte d'énergie par échauffement dans un câble d'aluminium de 5 centimètres carrés de section est la même que dans un câble de cuivre de 3 centimètres carrés. Mais l'aluminium est 3,42 fois plus léger que le cuivre. Des câbles de même longueur auront la même valeur au point de vue électrique si le rapport du poids du cuivre à celui de l'aluminium est 2,05.

Il sera donc avantageux de remplacer le cuivre par l'aluminium chaque fois que le prix d'une tonne de ce dernier métal sera inférieur au double du prix d'une tonne de cuivre. De l'aluminium à deux mille francs la tonne vaut le cuivre à mille francs. C'est là une considération de grande importance, étant donnée la variabilité des cours du cuivre.

Il existe aux États-Unis de nombreux transports d'électricité par câbles d'aluminium.

#### FOURS ÉLECTRIQUES.

Dans la métallurgie du *cuivre*, on fabrique une matre par grillage et refonte du minerai. On s'est proposé d'utiliser dans cette fabrication le four électrique. Le problème est intéressant pour les pays qui, comme le Chili, possèdent des mines de cuivre voisines de

chutes d'eau. Des expériences ont été faites dès 1903 par M. Keller en présence de M. Vattier, délégué chilien ; les résultats ont été satisfaisants, et M. Vattier considère le four électrique comme ayant un grand avenir au Chili ; mais nous ne connaissons jusqu'ici aucune installation électrique en fonctionnement régulier.

M. Héroult s'est occupé du *nickel* ; le four de la Praz peut traiter 12 tonnes de minerai calédonien par vingt-quatre heures et fournit une matte renfermant 95 p. c. du nickel total. Peut-être sera-t-il intéressant de faire ce traitement sur place pour importer, en Europe, les mattes enrichies.

Enfin, des essais ont été faits en France et en Suède pour préparer le zinc par voie électrothermique. A Sparborg, un four Laval a produit, en 1904, quinze cents tonnes de zinc par raffinage d'un métal impur.

#### ÉTAT ACTUEL DE LA SIDÉRURGIE.

La sidérurgie ou fabrication des fontes, fers et aciers, est une des industries les plus considérables, tant par le poids des produits traités que par le prix qu'ils représentent. L'industrie métallurgique livre, en effet, chaque année 40.000.000 de tonnes de fonte, soit le chargement de 80.000 trains de marchandises, et le prix des produits *non raffinés* approche de 3 milliards.

Les progrès de la métallurgie du fer sont intime-

ment liés aux perfectionnements des procédés de chauffage. Nécessairement, la souplesse de l'énergie électrique, les hautes températures dont elle permet la réalisation devaient inciter les ingénieurs à l'utiliser dans cette industrie.

Avant d'aborder l'examen de l'électrosidérurgie, il est utile de jeter un coup d'œil sur la métallurgie habituelle. L'examen des prix de revient et les dimensions des appareils seront une base solide pour l'appréciation de l'état actuel de la méthode électrique.

*Haut-fourneau.* — L'appareil fondamental de la sidérurgie est le haut-fourneau. Le minerai oxydé s'y transforme en *fonte* au contact du coke. En vingt-quatre heures, on produit 60 tonnes de fonte dont le prix de revient oscille autour de soixante-dix francs la tonne.

Chaque jour on apporte à cet appareil un nouveau perfectionnement; il utilise de mieux en mieux les calories fournies par la combustion du charbon, et nous verrons qu'il ne semble pas près d'être remplacé dans les régions où le combustible est assez abondant.

*Procédés Martin et Bessemer.* — La fonte est transformée en acier dans les appareils Martin ou Bessemer. Leur introduction a marqué dans la sidérurgie une véritable révolution. Elle date des années 1860 à 1868. Au lieu du massiau de 50 kilogrammes fourni auparavant par le four à puddler; le Martin donne en une seule coulée 50, 60 et même 85 tonnes de métal fondu.

L'association de plusieurs de ces fours permet de réaliser les exigences des projets industriels les plus audacieux.

Dans le four Martin, la fonte est fondue et oxydée au contact de vieilles ferrailles ou de minerai, grâce à la température élevée que produit la combustion de l'oxyde de carbone.

Dans le Bessemer, la fonte en fusion est traversée par un courant d'air qui brûle ses impuretés en même temps que la chaleur de la combustion maintient la masse liquide.

Mais ces deux procédés ne fournissent pas d'aciers fins, ils donnent les produits homogènes puisqu'ils ont été fondus, mais assez impurs. Ils forment les rails, les poutres pour constructions, les plaques de blindage.

*Creuset.* — Les aciers fins (aciers à outils, aciers spéciaux) doivent être faits au creuset. Leur prix est élevé et ces aciers sont menacés par les aciers électriques dont les qualités sont égales et qui peuvent être préparés à partir de fontes moins pures.

Les manipulations que doivent subir les fontes pures de Suède pour être transformées en aciers fins, sont longues et coûteuses. La fonte est d'abord puddlée, c'est-à-dire brassée dans un four en présence d'oxyde de fer; la masse obtenue est forgée pour exprimer les impuretés. On obtient ainsi un bloc de fer. Ce bloc est cémenté, c'est-à-dire aciéré superficiellement au contact du charbon à température élevée.

Enfin, les fers cimentés sont fondus au creuset pour obtenir un produit homogène. Le creuset, à cause de l'épaisseur de ses parois et de leur mauvaise conductibilité, utilise fort mal la chaleur qu'on lui fournit.

Les usines Krupp, à Essen, sont très attachées à cette méthode qu'elles appliquent concurremment avec le Martin. Dans plusieurs fours on chauffe à la fois une véritable armée de creusets. Certains arbres de navires en ont exigé 1.800. Tous ces creusets sont coulés en très peu de temps dans une fosse commune. On comprend qu'une telle opération exige un personnel nombreux et dressé militairement.

#### ACIERS ÉLECTRIQUES.

L'industrie de l'aluminium et celle du carbure de calcium jouèrent indirectement un rôle considérable dans le développement de l'électrosidérurgie. Ces industries provoquèrent l'utilisation de nombreuses chutes d'eau et l'étude de fours électriques divers. Elles familiarisèrent les industriels avec le maniement de courants puissants (12.000 à 15.000 ampères).

Les effets d'induction créés par les courants alternatifs d'une telle intensité sont extraordinaires. Les poutrelles de fer trop voisines des câbles conducteurs sont le siège de courants induits; elles peuvent être portées au rouge et la solidité des bâtiments peut être compromise si on n'évite de tels voisinages.

Enfin, la crise de l'industrie du carbure de calcium,

en 1901, rendit urgent l'emploi de chutes aménagées et non utilisées.

L'Allemagne seule a produit, en 1909, 17.773 tonnes d'acier électrique.

Il existe des brevets datant de 1853, mais l'électrosidérurgie n'est vieille que de dix ans. Cependant il existe aujourd'hui environ 80 fours en marche pour la fabrication de l'acier. Ces appareils se prêtent à diverses utilisations :

1° On se sert du four électrique comme d'un creuset pour la *fusion simple* de l'acier. Ce procédé est plus économique qu'avec le creuset ;

2° On utilise le four électrique comme un four Martin, c'est-à-dire qu'on y fond un mélange de fonte, de riblons et de minerai, puis on y ajoute un peu de spiegel (ferro-manganèse). L'*affinage* est meilleur qu'au four Martin ; l'acier obtenu est de qualité supérieure, mais plus coûteux en général ;

3° Il est plus simple et plus économique de charger le four électrique d'acier liquide sortant du Martin, ou exceptionnellement d'un Bessemer. On évite ainsi au four électrique la plus grosse partie du travail (fusion et affinage) pour lequel il est d'ordinaire trop cher et on lui laisse seulement la tâche d'achever l'épuration. Il montre dans ce *raffinage* des qualités presque extraordinaires et dont la théorie est à peine esquissée, les résultats pratiques ayant devancé les recherches du laboratoire, comme il arrive souvent dans l'industrie. Les aciers raffinés au four électrique

semblent devoir remplacer sous peu les aciers mi-fins dont on se contentait pour la fabrication des plaques de blindage, canons, et même pour les rails.

Les brevets de fours électriques pour acier sont nombreux ; nous donnerons seulement une description succincte des appareils qui ont fait leurs preuves et qui sont en marche dans les divers centres métallurgiques.

1° *Procédé Héroult.* — Le four Héroult est constitué par une caisse métallique revêtue à l'intérieur de briques réfractaires. Le couvercle est traversé par deux électrodes de charbon de cornue aggloméré par du goudron. Ce sont des blocs prismatiques à base carrée, ayant environ deux mètres de haut et 0<sup>m</sup>,40 de large. Chaque électrode pèse 500 kilogrammes. On se rend compte par ces dimensions de l'intensité de courant que ces charbons peuvent débiter. Les extrémités inférieures des électrodes sont assez rapprochées de la scorie qui surnage le bain, sans la toucher cependant.

Le courant sort de l'une des électrodes, traverse l'air en faisant arc, puis la scorie ; pénètre dans la masse métallique en fusion et retourne à la seconde électrode en traversant à nouveau la scorie puis l'air.

Ce four est donc à la fois à arc et à résistance. Le métal fondu séparé de l'air par la scorie est non seulement chauffé par la surface comme dans un four Martin, mais encore dans la masse par le courant qui le traverse.

## 1° Fours Héroult en marche.

N <sup>os</sup>	USINES	Capacité en kil.	Nature de la charge.	Usages.
1	Stahlwerke Richard Lindenberg A. G., Remscheid - Hasten (Allemagne) . . . . .	3.000	Acier Martin liquide.	Acier à outils.
2	Id.	1.800	Id.	Id.
3	Bismarckhütte (Allemagne). . . . .	3.000	Solide ou liquide.	Acier à outils ou de qualité.
4	Id.	1.000		
5	Danner & C <sup>o</sup> , Judenburg (Autriche) . . . . .	2.000	Acier Martin liquide.	Acier à outils.
6 et 7	Gebr. Böhrler & C <sup>o</sup> A. G., Kapfenberg (Autriche). . . . .	2.500	Id.	Id.
8	Georg Fischer, Schaffhausen (Suisse) . . . . .	1.000	Froide.	Moulages.
9	Soc. électromét. française, LaPraz (France)	3.000	Id.	
10	Acéries du Saut-du-Tarn, Saint-Juéry (France) . . . . .	5.000	Id.	
11	Aktiebolaget Heroult, Electriska Stal, Korfors (Suède) . . . . .	4.500		
12	Halcomb and C <sup>o</sup> , Syracuse (U. S. A.) . . . . .	5.000	Fonte liquide	
13	The Nolde Electric C <sup>o</sup> , Baird (U. S. A.) . . . . .	5.000		

## 2° Fours en construction.

14	Mannesmann röhren, Burbach (Allemagne)	3.000	Acier Martin liquide.	Moulages. Tubes sanssoudure.
15-16	Georg Fischer, Schaffhausen (Suisse) . . . . .	5.000	Charge froide	Moulages. Tubes sanssoudure.
17	First Sterling Steel C <sup>o</sup> Mc Keesport (U.S.A.)	10.000		
18-19	TubiMannesmann-Dalmine (Italie) . . . . .	5.000		



Pour couler l'acier on fait basculer le four autour d'un axe horizontal.

Le premier four Héroult fut construit à la Praz, près de Modane ; il est alimenté par une machine de 600 chevaux fournissant un courant alternatif de 4.000 ampères et 110 volts. Il effectue des coulées de 2.500 kilogrammes. La première fut faite le 9 octobre 1900.

En 1906, il existait un nouveau four Héroult à Kortfors (Suède).

Nous empruntons à la revue *Stahl und Eisen* le relevé des fours Héroult en marche et en construction.

Faisons remarquer qu'un four de 5.000 kilogrammes comme celui de Halcomb fournit par jour 60 tonnes d'acier fin. La puissance électrique nécessaire à un four varie de 250 kilowatts pour un four de 1.000 kilogrammes à 736 kilowatts pour un four de 5.000 kilogrammes.

2° *Procédé Keller*. — Le four Keller ne diffère du four Héroult que par des détails. En 1902, M. Keller installa dans l'usine Jacob Holtzer, à Livet (Isère), un four pouvant couler 2.500 kilogrammes en huit heures.

En 1909, existe, à Unieux, un four de 8.000 kilogrammes recevant sa charge d'un four Martin de même capacité et destiné surtout à fabriquer du matériel de guerre.

3° *Procédé Kjellin*. — Le four Kjellin, dont le principe est très original, est un *four à induction, sans électrodes*. L'enroulement primaire est parcouru par

un courant alternatif de haut voltage et d'intensité assez faible. L'induit est le métal à chauffer, contenu dans un canal annulaire qui entoure la bobine inductrice.

C'est donc un véritable transformateur. Lorsque la bobine primaire est parcourue par un courant alternatif il en résulte dans le métal un courant induit dont le voltage est faible mais dont l'intensité est multipliée. On peut donc amener économiquement l'énergie au four (haut-voltage) ; elle chauffe fortement le métal puisqu'elle est utilisée à une grande intensité. On ne risque pas d'altérer le bain par des électrodes plus ou moins pures.

Remarquons qu'il est nécessaire de refroidir énergiquement la bobine primaire.

Le four Kjellin a résolu le premier le problème de la fabrication électrique de l'acier (18 mars 1900). En 1902, on installa à Gysinge un four de 1.500 kilogrammes, mis en marche par un moteur de 225 chevaux. Le courant induit dans l'anneau d'acier fondu serait, d'après M. Kjellin, de 27.000 ampères !

Le four Kjellin s'est répandu, puisqu'il en existe aujourd'hui 9 en marche, 1 arrêté et 2 en construction. Il est surtout employé pour la fusion des aciers et tend à remplacer le creuset. Les aciers obtenus sont supérieurs aux meilleurs aciers au creuset.

*Fours Kjellin en marche.*

N <sup>os</sup>	USINES	Capacité.
1	Krupp, Essen (Allemagne) . . . . .	8.500
2	Gleiwitz (Allemagne) . . . . .	1.500
3	Poldihütte, Kladno (Bohême) . . . . .	4.000
4	Braun, Vöcklabruck (Autriche) . . . . .	400
5	Araya (Espagne) . . . . .	1.500
6	Gysinge (Suède) . . . . .	1.500
7	Vickers et Maxim, Sheffield (Angleterre) . . . . .	550
8	{ American electric Furnace C <sup>o</sup> . . . . .	800
	{ Niagara-Falls (U. S. A.) . . . . .	
9	Id. . . . .	100

*Fours Kjellin arrêtés ou en construction.*

10	Röchling, Völklingen (Allemagne) . . . . .	8 500
11	Alti Forni, Lovere (Italie) . . . . .	1.500
12	Metallurgiska aktiebolaget, Trolhattan (Suède).	2.000

4° *Procédé Röchling-Rodenhauser.* — Le four Kjellin ne convient pas très bien pour le raffinage, c'est-à-dire la transformation d'aciers Bessemer ou Martin en aciers fins. On transforma cet appareil dans les usines Röchling, à Völklingen. La masse d'acier est chauffée par induction directe comme dans le four Kjellin et, de plus, par des plaques immergées dans le bain qui sont reliées à un second circuit induit. En 1908, on construisit un four susceptible de se brancher directement sur les réseaux triphasés sans nécessiter des transformateurs spéciaux comme les anciens fours. On sait que les trois bobines d'un courant triphasé créent un champ magnétique tournant. Il en résulte que le métal fondu dans la rigole annulaire de ce four

est animé d'un mouvement de rotation qui le brasse et le rend homogène.

Ce nouvel appareil a une application un peu imprévue : le finissage de l'acier pour rails. On aurait pu croire que longtemps encore le four électrique ne fournirait que des aciers de qualité : acier à outils, métal à canon, tôle de chaudière, pièces de machines. Cependant les usines de Völklingen passent au four électrique pendant un temps assez court l'acier Thomas (Bessemer basique). L'amélioration de qualité est suffisante pour payer les frais supplémentaires de fabrication. 1.000 tonnes ont déjà été livrées aux chemins de fer de l'État allemand.

*Fours Röchling-Rodenhauser en marche.*

N <sup>os</sup>	USINES	Capacité.	Charge.
1	Röchling, Völklingen (Allemagne)	3.500	Acier Thomas.
2	Id.	2.000	Id.
3	Le Gallais, Metz et C <sup>ie</sup> , Dommeldingen (Luxembourg) . . . .	700	Fonte liquide.

*Fours Röchling-Rodenhauser en construction.*

4	Röchling, Völklingen (Allemagne)	8.500	Acier Thomas.
5	Bergische Stahlindustrie, Remscheid (Allemagne) . . . . .	5.000	Id.
6 et 7	Le Gallais, Dommeldingen . . .	3.500	Fonte liquide.
8	Id.	1.500	Acier liquide.
9	Aciéries liégeoises, Bressoux-lez-Liége (Belgique) . . . . .	1.000	Charge froide, moulages.
10	Knöpfel, Walzenhausen (Suisse).	1.000	Id.

5° *Procédé Girod.* — C'est un four à arc. La sole est

conductrice, l'arc éclate entre une ou plusieurs électrodes de charbon et la sole en traversant l'air, le laitier et le métal en fusion. Ce four peut servir à la fabrication d'aciers spéciaux à partir d'une charge froide ou à la confection de ferro-tungstènes (fontes, riblons et oxyde). C'est dire qu'on y travaille comme au four Martin.

M. Girod a construit aussi un four à résistances analogue aux fours de laboratoires en enfermant un creuset dans un mélange de silice et de charbon parcouru par un courant qui l'échauffe. Cet appareil permet de réaliser toutes les températures de  $50^{\circ}$  à  $2.000^{\circ}$  et de produire avec précision et sécurité les réactions chimiques les plus délicates.

Deux fours Girod fonctionnent : l'un de 1.800 kilogrammes à Ugine (Savoie) ; l'autre de 2.000 kilogrammes à Aarau (Suisse). Cinq fours de 2.500 à 12.000 kilogrammes sont en construction à Ugine ; un autre de 4.000 kilogrammes aux usines Cockerill à Seraing (Belgique). Le four n° 8, à Stuttgart-Kornwestheim, est de 2.000 kilogrammes. Plusieurs autres appareils en construction sont signalés.

6° *Procédé Stassano*. — Le four Stassano est un four à arcs chauffant le métal par rayonnement sans avoir aucun contact avec lui.

Il existe deux types principaux : l'un est fixe, l'autre tourne autour d'un axe incliné, ce qui brasse le métal.

Ce mode de chauffage diminue le rendement calo-

rique, mais supprime tout contact entre les électrodes et les matières à traiter.

M. Stassano préconise son four, tant pour le traitement direct du minerai que pour la transformation de la fonte en acier ou pour le raffinage des aciers. Le premier four fonctionna en 1906.

Huit appareils de ce genre fonctionnent, trois sont en construction. Ils servent tous à la fabrication d'aciers spéciaux et de moulages par fusion du métal comme on le ferait au creuset.

*Fours Stassano en marche.*

Nos	USINES	Capacité.	Usages.
1	Bonner Fräserfabrik, Bonn (Allemagne). . . . .	1.000	Moulages, aciers à outils.
2 et 3	Forni Termoelettrici Stassano, Turin (Italie) . . . . .	5.000	Moulages, aciers spéciaux.
4 et 5	Id.	900	
6 et 7	Id.	400	
8	Arsenal royal, Turin (Italie). . .	700	Projectiles.

Chacune des trois usines précitées possède en outre un four en construction.

7° *Autres procédés.* — Les autres fours électriques brevetés peuvent se rattacher aux modèles décrits. Quelques-uns sont de grande capacité.

Citons : le four Frick à induction, dont un modèle de 10 tonnes fonctionne aux usines Krupp, à Essen. Il consomme 1.325 kilowatts.

Le four Schneider à induction. La capacité du four du Creusot est de 1.000 kilogrammes.

Les fours du Giffre, dont deux modèles de 3.200 kilogrammes fonctionnent à Allevard, sont analogues, en principe, au four Girod. La construction est différente.

Enfin, les fours de l'Electrometall (3 fours en marche ou en construction) sont à induction.

En résumé, *Stahl und Eisen* donne le tableau suivant (1908) :

	Induction.	Arc.
En marche . . . . .	21	24
En construction . . . . .	12	18
Douteux . . . . .	2	1
	35	43

## Répartition.

Hérault . . . . . 19	Du Giffre . . . . . 2
Kjellin . . . . . 14	Colby . . . . . 1
Stassano . . . . . 11	Hiorth . . . . . 1
Röchling . . . . . 10	Keller . . . . . 1
Girod . . . . . 10	Schneider . . . . . 1
Frick . . . . . 3	Wallin . . . . . 1
Electrometall . . . 3	

Il faudrait chaque mois reviser ce tableau. Tout récemment l'United Steel Corporation a décidé l'installation de trois fours de 15 tonnes (Chicago, Worcester Homestead) produisant 500 tonnes chacun en un jour. Dans les travaux présentés au Congrès de Métallurgie de Dusseldorf (juin 1910), nous trouvons la trace de la marche des nouveaux fours suivants :

Un four Hérault de 15 tonnes (Chicago) ;

Un four Nathusius de 5 tonnes (Friedenshütte) ;

Un four Hiorth de 6 tonnes (Helleren).

L'usine d'Ugine avec les cinq fours Girod, signalés plus haut, a produit près de 9.000 tonnes en moins d'un an.

Un four Chaplet fonctionne à Allevard (Isère).

Quatre sont installés.

On étudie un four de 30 tonnes (la moitié d'un Martin) et on transforme de plus en plus les aciers Bessemer et Martin en rails, bandages, essieux, ressorts.

De nombreux techniciens ont fait l'étude chimique des aciers préparés au four électrique. Ils ont éprouvé leurs propriétés mécaniques. Enfin, en étudiant leur section au microscope on a comparé leur structure intime à celle des meilleurs aciers connus. Nous ne donnerons pas le détail des expériences faites sur les aciers des divers procédés. Les qualités obtenues ne semblent pas les résultats de tel ou tel dispositif, mais elles sont dues certainement au chauffage électrique en général, à l'absence complète d'oxygène dans les fours.

Nous pourrions résumer les résultats publiés par la Commission canadienne (juillet 1906), par M. Guillet, ou enfin rassemblés par M. Charles Le Chatelier dans la *Revue de Métallurgie* (1908):

1° Par simple fusion le four électrique donne des produits supérieurs à ceux que donne le creuset avec les mêmes matières premières ;

2° En raffinant au four électrique des aciers impurs, on arrive à des qualités égales ou à peine inférieures aux meilleures espèces d'aciers au creuset ;



3° A charge de rupture égale, les aciers électriques ont plus d'allongement et une plus grande résistance au choc que les aciers au creuset ;

4° Même lorsque la composition chimique donnée par l'analyse est la même, les aciers électriques possèdent des propriétés mécaniques supérieures ; sans doute ils contiennent moins de soufflures, moins de gaz occlus ;

5° Ils se déforment moins à la trempe, se travaillent mieux à chaud, s'usent moins et donnent un meilleur rendement comme outil.

*Prix de revient.* — La principale dépense est celle du courant électrique et il est évident que l'abondance des chutes d'eau et la pénurie relative de combustibles fossiles doivent être les principaux facteurs de développement de l'électrosidérurgie. C'est pourquoi certaines nations comme le Canada ont envoyé, il y a plusieurs années déjà, des commissions pour étudier cette industrie nouvelle. M. Borchers, professeur à Aix-la-Chapelle, signale l'heureuse situation de la France à ce point de vue (Göttingen, 1899).

Il ne faudrait pas croire cependant que le four électrique ne descendra pas des montagnes où il est né. Les grandes stations à gaz pauvres des usines métallurgiques ont permis de l'installer dans ces centres industriels.

On peut tout d'abord, comme le fait remarquer M. Matignon dans un opuscule rédigé à l'occasion de l'exposition de Liège (1906), évaluer le prix de revient

de 1.000 calories *utilisées* dans les divers appareils de la sidérurgie.

On suppose le four électrique alimenté par une chute d'eau fournissant le kilowatt-heure à 0 fr. 008 et on évalue le coke à 25 fr. 50, la houille à 15 francs la tonne ; on a les résultats suivants :

	Prix de 1.000 calories.		Prix de 1.000 calories.
Haut-fourneau.	0,0095	Creuset. . . . .	0,017
Martin. . . . .	0,0085	Four électrique .	0,019

*A priori* le four électrique doit être supérieur au creuset puisque l'usure et la main-d'œuvre sont moindres. Il est loin de fournir le calorique aussi économiquement que le four Martin ou le haut-fourneau.

Il est utile d'entrer plus avant dans le détail des dépenses et d'ajouter à la dépense de courant les frais d'amortissement du four, la main-d'œuvre, etc. Nous distinguerons les deux cas déjà examinés : en premier lieu celui où on veut préparer entièrement l'acier au four électrique à partir d'une charge froide, comme dans un four Martin ; en second lieu celui où on exige seulement du four électrique le finissage d'un acier préparé au four Martin.

Eichhoff calcule que dans une région où le kilowatt coûte 0 fr. 021 (c'est le prix par les gaz des hauts-fourneaux), les frais de fabrication d'un acier électrique dans un four de cinq tonnes sont 46 francs pour la charge froide et 22 francs pour une charge liquide. En comptant 59 francs pour prix d'une tonne de

charge froide et 75 francs pour prix d'une tonne de charge liquide, l'acier revient en tout à 105 francs dans le premier cas et 97 francs dans le second.

La dépense est à peu près la même pour les divers modèles de fours. Elle décroît rapidement lorsque la capacité des fours augmente.

Enfin, nous possédons des chiffres très détaillés dus à Neumann pour le four Röchling-Rodenhauser de cinq tonnes raffinant l'acier Thomas liquide.

Les frais comportent : 1° l'amortissement du four de 125.000 francs ; 2° la force motrice ; 3° l'entretien ; 4° la main-d'œuvre ; 5° le vent pour refroidir les bobines ; 6° les substances ajoutées. Le total pour le raffinage seul est de 23 fr. 75 par tonne, chiffre très voisin de celui d'Eichhoff. La force motrice est comptée 0 fr. 02 le kilowatt-heure.

Dans le cas d'une charge froide dans un four de 1.500 kg. on trouve 160 francs en tout, dont 95 fr. pour la charge et 65 fr. pour le traitement.

#### AVENIR DES ACIÉRIES ÉLECTRIQUES.

Les résultats acquis à ce jour sont très nets : le four électrique est plus économique que le creuset pour la fabrication des aciers fins et donne des qualités supérieures. La méthode au creuset et la cémentation sont appelées à diminuer et même à disparaître.

Grâce à l'auxiliaire du four électrique raffinant ses

produits, la cornue Thomas pourra lutter contre le four Martin qui tendait à la remplacer de plus en plus.

L'augmentation du prix de revient d'un acier commun raffiné au four électrique est inférieure à l'augmentation de sa valeur.

Dans nos pays, le four électrique ne peut remplacer entièrement le four Martin que dans des cas spéciaux ; par exemple, lorsque la production est faible, le combustible et la main-d'œuvre rares. *Le four électrique sera l'outil des petites installations.*

Les aciers fins ne pouvaient se préparer qu'à partir des fontes extra-pures de Suède et de Styrie. On peut les préparer à partir des produits communs, grâce aux procédés de purification propres au four électrique. On doit s'attendre à voir diminuer l'exportation de ces fontes.

Le paraffinage des aciers Martin et Thomas permettant d'améliorer économiquement les aciers vulgaires mettra l'acier fin à la portée des industries qui avaient dû se contenter d'aciers ordinaires. Les conséquences de ce fait seront sans doute considérables dans la construction des plaques de blindages, canons, rails, etc.

Les considérations précédentes nous permettent de dire avec M. Clausel de Coussergues : « Les installations d'aciéries électriques doivent se multiplier dans d'importantes proportions ».

Il est difficile d'attribuer à un modèle de four une supériorité marquée. Le four Kjellin, il est vrai, ne

peut servir que de creuset, mais les autres conviennent également au raffinage des aciers.

Les fours à arc sont d'aspect plus grossier.

Les fours d'induction patronnés par des firmes puissantes ont le fini qui plaît aux ingénieurs et qui est dû au passage des projets par des bureaux de dessin exercés. Mais c'est là un détail de peu d'importance et les résultats des appareils se valent.

#### FORGE ÉLECTRIQUE.

Le rôle du four électrique restera-t-il borné à la fabrication des aciers fins ? Pourra-t-il lutter avec le haut-fourneau ? Certes, c'est une grande hardiesse de vouloir préparer ainsi un produit dont le prix n'atteint jamais 0 fr. 15 le kilogramme. Déjà, cependant, quatre fours électriques fabriquent de la fonte ; examinons dans quelles conditions.

A Baird (É.-U.) et à Welland (Canada) fonctionnent deux fours Héroult de 3.000 chevaux ; à Sault-Sainte-Maire (Canada) un four Héroult de 200 chevaux ; à Livet (France) un four Keller de 2.000 chevaux.

En principe, l'arc éclate entre un creuset de charbon et une électrode de la même substance en traversant une charge analogue à celle du haut-fourneau : minerai, charbon, fondant ; mais on peut remplacer le coke du haut-fourneau par le charbon de bois.

Le four de Baird consomme le formidable courant de 30.000 ampères sous 50 volts. Avec un minerai à

7 fr. 50 la tonne et le cheval-an à 60 francs, une tonne de fonte revient à 85 francs environ au lieu de 150 francs, prix d'importation.

Le four produit 20 tonnes par jour.

Les conclusions sur l'avenir de la production de la fonte au four électrique se trouvent surtout dans les rapports de la Commission canadienne.

On peut obtenir au four électrique de la fonte grise pour fonderie et de la fonte pour acier acide ou basique. Lorsque l'électricité coûte 50 francs par cheval-an et le coke 38 fr. 50 la tonne, le coût de la fonte électrique est à peu près le même que dans le haut-fourneau le plus perfectionné.

Lorsque les hauts-fourneaux existent, le procédé électrique ne peut soutenir la concurrence ; mais les résultats commerciaux sont encourageants lorsque l'on dispose d'abondantes forces hydrauliques et lorsque le coke est cher.

Il est plus avantageux de transporter l'électricité et les fours à la mine que de véhiculer le minerai.

Le four électrique peut servir dans tous les pays pour produire des fontes très pures, des fontes nickelifères : le ferro-silicium, le ferro-tungstène, le ferro-chrome.

Les minerais titanifères abondants en Suède, au Canada, en Nouvelle-Zélande, inutilisés jusqu'ici, pourront être traités au four électrique.

En résumé, certaines régions : le Canada, la Nouvelle-Zélande, le Brésil, la Rhodesie qui possèdent des minerais et des sources d'énergie naturelles, remplis-

sent les conditions favorables au développement rationnel d'une électrométallurgie de la fonte.

En Norvège, au Mexique, le cheval-an coûte parfois 23 francs ! soit à peu près un tiers de centime le kilowatt-heure. C'est six fois moins que le prix compté dans les centres industriels européens, cent fois moins que l'énergie électrique pour usages industriels à Paris. Chaque année voit paraître de nouvelles usines. On installe en Norvège trois hauts-fourneaux électriques de 2.500 chevaux-vapeur chacun. L'État leur livre le cheval à 37 fr. 50 et on espère y obtenir la fonte à 68 fr. 25 la tonne.

#### CONCLUSION.

L'électrolyse appliquée surtout au raffinage du cuivre fournit aussi un peu de zinc et de plomb.

La méthode électro-thermique fournit seule l'aluminium.

Enfin, l'électrosidérurgie est sortie de la période d'essais. Des pays de montagne où elle naquit, la fabrication électrique des aciers se répand dans les centres industriels. On ne discute plus la supériorité de la méthode électrique sur le creuset pour la fabrication des aciers fins. Déjà par raffinage d'un acier Martin cette méthode livre des produits mi-fins encore économiques et dont les qualités dépassent largement ce qu'on osait leur demander par les anciens procédés de fabrication.

La fonte elle-même, malgré son bon marché, est fabriquée électriquement dans des usines naissantes dans les régions où les chutes d'eau fournissent abondamment la précieuse force motrice génératrice de l'énergie électrique.

Fernand MEYER,

Professeur agrégé des sciences physiques, à Paris.

---



## TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages.
<i>Note de l'Éditeur</i> . . . . .	v
INTRODUCTION . . . . .	I
CHAPITRE PREMIER. — LA MÉTALLURGIE AUX ÉTATS-UNIS.	11
Matières premières . . . . .	11
Fabrication de la fonte et de l'acier . . . . .	18
Compagnies métallurgiques . . . . .	25
Débouchés . . . . .	28
Conclusion. . . . .	31
CHAPITRE II. — LA MÉTALLURGIE ALLEMANDE . . . . .	33
Développement de la production . . . . .	33
Hauts-fourneaux . . . . .	38
Aciéries Thomas . . . . .	44
Aciéries Siemens-Martin . . . . .	45
Aciéries électriques . . . . .	48
Laminoirs . . . . .	50
CHAPITRE III. — LA MÉTALLURGIE EN GRANDE-BRETAGNE. . . . .	53
Concentration de la production . . . . .	55
Accroissement de la production . . . . .	60
Enseignement métallurgique . . . . .	65
Conclusion. . . . .	67
CHAPITRE IV. — LA MÉTALLURGIE FRANÇAISE. — <i>Région du Centre et Bassin de la Loire.</i> . . . . .	69
Les établissements du Centre au siècle dernier . . . . .	69
Réduction de fabrication des produits commerciaux. . . . .	72
Spécialisation des fabrications . . . . .	74

	Pages.
Développement de l'outillage . . . . .	76
Études scientifiques . . . . .	79
Aciers spéciaux. . . . .	83
Produits militaires. . . . .	86
Blindages . . . . .	89
<b>CHAPITRE V. — LA MÉTALLURGIE FRANÇAISE. — <i>L'Est et le Nord</i></b> . . . . .	<b>100</b>
La Lorraine . . . . .	101
Le bassin de Briey . . . . .	103
Développement de la production lorraine. . . . .	105
Caractère de la métallurgie du Nord . . . . .	109
Moyens de transport . . . . .	113
<b>CHAPITRE VI. — LA MÉTALLURGIE RUSSE</b> . . . . .	<b>116</b>
L'Oural . . . . .	118
La Pologne . . . . .	126
Le Donetz . . . . .	131
La politique protectionniste. — La surproduction. . . . .	142
Autres centres métallurgiques. . . . .	152
Importance relative des différents rayons. . . . .	154
Place de la sidérurgie russe en Europe . . . . .	156
<b>CHAPITRE VII. — LA MÉTALLURGIE AUSTRO-HONGROISE</b> . . . . .	<b>158</b>
Le minerai et le charbon . . . . .	160
Production du fer . . . . .	165
Importation et exportation . . . . .	167
Entraves au développement industriel . . . . .	169
Protection douanière et cartels . . . . .	172
<b>CHAPITRE VIII. — LA MÉTALLURGIE BELGE.</b> . . . . .	<b>177</b>
Historique . . . . .	179
Les temps modernes . . . . .	194
Développement de la production. . . . .	204
Situation des usines. . . . .	207
Libre concurrence . . . . .	210
<i>Bibliographie.</i> . . . . .	212
<b>CHAPITRE IX. — L'ÉLECTROMÉTALLURGIE.</b> . . . . .	<b>214</b>
Électrolyse. . . . .	214

## TABLE DES MATIÈRES

247

	Pages.
Électrothermie . . . . .	217
Industrie de l'aluminium . . . . .	218
Fours électriques. . . . .	221
État actuel de la sidérurgie. . . . .	222
Aciers électriques. . . . .	225
Avenir des aciéries électriques . . . . .	239
Fonte électrique . . . . .	241
Conclusion. . . . .	243

---

Bar-le-Duc. — Imprimerie Comte-Jacquet. — Facdouel, Dir.



EXTRAIT DU CATALOGUE  
DE LA  
**LIBRAIRIE VUIBERT**  
63, Boulevard Saint-Germain, Paris, 5<sup>e</sup>.

---

Paul DOUMER

**L'Indo-Chine française**  
(SOUVENIRS)

(Ouvrage couronné par l'Académie française  
et la Société de Géographie.)

Un superbe volume de 31/21<sup>cm</sup>, 2<sup>e</sup> édition, orné de 173 illustrations (dont 12 hors texte) par G. FRAIPONT, d'après ses croquis pris sur place, complété par des cartes et des plans, dont une carte en couleurs de l'Indo-Chine, et enrichi d'un portrait de l'auteur en héliogravure Dujardin.

---

Broché . . . . .	10 fr. »
Relié toile, jers spéciaux, tranches dorées . . . . .	14 fr. »
Relié amateur, dos et coins maroquin, tête dorée . . . . .	18 fr. »

---

Le bel ouvrage que M. Paul Doumer a consacré à l'Indo-Chine française s'adresse à deux catégories de lecteurs : aux coloniaux d'abord, qui y trouveront un utile complément du célèbre rapport publié naguère par l'ancien gouverneur général sur les cinq années de sa fructueuse administration, et ensuite au grand public, à l'intention duquel il a été particulièrement rédigé. Aussi n'est-ce nullement un travail didactique ; ce sont, — et le sous-titre du volume le donne nettement à entendre, — des « souvenirs » de voyage et de séjour, des impressions ressenties, soit durant la traversée de France en Indo-Chine, soit au cours de pérégrinations à travers les cinq provinces de notre empire d'Extrême-Orient : Cochinchine, Tonkin, Annam, Cambodge et Laos ; ce sont aussi des anecdotes pittoresques, de rapides aperçus sur l'administration et la colonisation de ces pays, leur avenir économique, les hommes et les choses. En Indo-Chine, M. Doumer a tout voulu voir par lui-même ; il a parcouru les différentes parties de son gouvernement, en tout sens, faisant parfois presque seul, sans escorte, de longues expéditions à cheval, qui effrayaient son entourage. Le livre s'en ressent ; il se ressent aussi du tempérament de celui qui l'a écrit ; de là une vraie profusion de traits caractéristiques, une rigoureuse précision, une vision toujours très nette des choses et des faits, un exposé d'une remarquable lucidité ; de là aussi l'allure personnelle très marquée de ce volume de souvenirs, j'allais dire de *Mémoires*. De belles planches hors texte et une intéressante série de cartes et de gravures illustrent l'ouvrage.

Librairie VUIBERT, 63, boulevard Saint-Germain, PARIS, 5<sup>e</sup>.

Dans la même collection que  
*L'INDO-CHINE FRANÇAISE.*

mêmes formes,  
mêmes prix :

## LA MARINE DE GUERRE

par A. SAUVAIRE JOURDAN, capitaine de frégate de réserve, avec une préface de l'AMIRAL FOURNIER. — Illustrations d'A. SEBILLE, peintre du département de la marine. — Beau volume de 376 pages, orné de 275 illustrations, 5 cartes et 11 planches hors texte dont 2 en couleurs.

(Ouvrage couronné par la Ligue maritime française.)

C'est le livre de l'heure.

Notre marine mérite aujourd'hui toute notre attention et toute notre sollicitude. Il n'est pas une conscience française qui n'ait salué avec joie, dans les belles journées de Toulon, la résurrection de notre force navale. Il n'est pas une conscience française qui n'ait été, quelques jours après, atteinte profondément par l'épouvantable catastrophe de la *Liberté*.

L'ouvrage de M. Sauvaire Jourdan nous fournit, dans un style simple et facile, les renseignements les plus complets sur le navire de guerre, sa construction, son armement, son personnel. On lira, en particulier, avec le plus vif intérêt, les pages fortement documentées et d'une émouvante actualité où est exposée la question de la déflagration spontanée des poudres B. A côté des données techniques présentées avec un tel art qu'elles deviennent intéressantes-même pour les profanes, abondent les anecdotes, les descriptions qui ajoutent au charme du livre.

Le crayon de M. Albert Sebille a prêté à l'illustration toutes ses ressources d'exactitude, de pittoresque et de séduction.

**LA NAVIGATION SOUS-MARINE**, par G.-L. PESCE, Ingénieur. 356 grav. 2<sup>e</sup> édit. Préface de M. LAUBEUF.

**LA NAVIGATION AÉRIENNE**, par J. LECORNU, Ingénieur. 393 gravures. 4<sup>e</sup> édition. (Ouvrage couronné par l'Académie française.)

**A TRAVERS L'ÉLECTRICITÉ**, par G. DARY, 377 gravures. 4<sup>e</sup> édition.

**LES ENTRAILLES DE LA TERRE**, par E. CAUSTIER, Professeur au lycée Saint-Louis. 354 grav. 4<sup>e</sup> édition. (Ouvrage couronné par l'Académie française.)

**L'OR**, par H. HAUSER, Professeur à l'Université de Dijon. 309 gravures. 2<sup>e</sup> édition. (Ouvrage couronné par l'Académie française.)

**LES MICROBES**, par le D<sup>r</sup> P.-G. CHARPENTIER, Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur. 275 gravures et une planche en couleurs. (Ouvrage couronné par l'Académie française.)

**L'OCÉANOGRAPHIE**, par le D<sup>r</sup> RICHARD, Directeur du Musée océanographique de Monaco. 339 gravures. (Ouvrage couronné par l'Académie des sciences.)

Paul DOUMER

## LIVRE DE MES FILS

(L'Homme — La Famille — Le Citoyen — La Patrie)

Volume 20/13<sup>cm</sup>, de 344 pages, magnifiquement imprimé en caractère Garamond.

Broché . . . . .	3 fr. »
Relié à l'anglaise, titre or . . . . .	4 fr. »
Relié dos maroquin, tête dorée . . . . .	6 fr. »
Edition sur papier d'Arches, à la forme : Broché . . . . .	10 fr. »
Relié amateur, dos et coins en maroquin du Levant, tête dorée . . . . .	15 fr. »
Edition sur Japon impérial : Broché . . . . .	20 fr. »
Relié en maroquin plein du Levant . . . . .	36 fr. »

Le titre de ce livre n'est pas un titre menteur : c'est une des lectures les plus sainement morales qu'on puisse recommander aux jeunes gens de quinze à vingt ans. Sorti de la plume d'un père, vécu avant d'avoir été écrit, ce livre est d'une sobriété d'expression qui ne manque pas de noblesse : son dogmatisme qui n'a rien d'étroit respire le calme et la tolérance et il s'en dégage de fortes leçons de patriotisme et d'énergie disciplinée.

Les exhortations que l'auteur adresse aux jeunes gens sont groupées sous les titres suivants : L'homme. — La famille. — Le citoyen. — La patrie.

Comme on le voit, ce n'est pas un simple cours de morale individuelle que le *Livre de mes fils*, c'est encore un code de morale familiale et sociale et un manuel de civisme dans le plus beau sens du mot.

Au simple point de vue littéraire, cet ouvrage est excellent : il est un modèle de composition alerte et simple et il représente un genre malheureusement trop rare de nos jours. Il est de nature à former le goût de nos enfants et à leur inspirer l'amour des grands sentiments qui ennoblissent le caractère et fortifient la volonté.

H. VUIBERT

(22<sup>e</sup> année)

## Annuaire de la Jeunesse

(Moyens de s'instruire. — Choix d'une carrière.)

Un beau volume 18/12<sup>cm</sup> de 1175 pages, broché, 3 fr. 50 ; cart. toile rouge, titre doré, 4 fr. 50 ; relié demi-maroquin bleu . . . . . 6 fr. »

Cet ouvrage est appelé à être entre les mains de tous les jeunes gens de dix à vingt-cinq ans désireux de s'instruire et de tous les pères de famille soucieux de l'éducation et de l'avenir de leurs enfants.

La première partie : INSTRUCTION, servira aux pères de famille à diriger ou à surveiller les études de leurs enfants. En même temps elle sera consultée par les personnes qui ont besoin d'avoir sous les yeux un tableau rapide, mais complet, de notre outillage scolaire.

La seconde partie : ECOLES SPÉCIALES, passe en revue les petites écoles aussi bien que les grandes. Le point de vue historique est laissé de côté ; au contraire, on insiste sur les moyens de préparation à chaque école et sur la nature des débouchés qui s'offrent à la sortie.

Librairie VUIBERT, 63, Boulevard Saint-Germain, PARIS, 5<sup>e</sup>.

---

## LEÇONS

SUR LES

# ALLIAGES MÉTALLIQUES

par J. CAVALIER, recteur de l'Académie de Poitiers. — Volume 25/16<sup>cm</sup> de XIX-466 pages avec 184 figures et 24 planches photomicrographiques hors texte, broché, 12 fr. ; relié. . 14 fr. 50

Les alliages ont été depuis vingt ans l'objet de travaux innombrables, et l'on possède maintenant une bonne vue d'ensemble de leur constitution, de leur structure et de leurs propriétés. A côté de publications très étendues il y avait place pour un livre présentant l'ensemble des connaissances acquises et les reliant aux lois physico-chimiques. C'est ce livre qu'a écrit M. Cavalier, avec une clarté et une documentation parfaites.

---

## L'Œuvre de l'Ingénieur Social

par W.-H. TOLMAN, directeur de l'*American Museum of Safety devices*, avec une préface de M. CARNEGIE, traduit et adapté de l'anglais par Pierre JANELLE, avec une préface de M. LEVASSEUR, membre de l'Institut. — Un vol. 25/16<sup>cm</sup>, illustré de 50 photographies, broché, 6 fr. ; relié. . . . . 8 fr. 50

A notre époque où les conditions économiques semblent rendre inévitable la « lutte des classes » entre employeurs et salariés, ne peut-on pas concilier, pour le plus grand bien de la production, des intérêts qui ne sont peut-être contradictoires qu'en apparence ? Les chefs d'industrie ne pourraient-ils pas y travailler très utilement en plaçant l'ouvrier dans des conditions plus favorables à sa santé, à son développement intellectuel et moral, et en l'intéressant à son travail ? Tel est le problème que M. Tolman pose dans son étude très documentée, où il examine les remarquables institutions patronales des Etats-Unis.

### SOMMAIRE :

L'augmentation du rendement. L'hygiène et le confort à l'usine. La protection contre les accidents du travail. Le logement. La sécurité en cas de chômage forcé. Institutions mutualistes et patronales. Les formes modernes du salaire. La participation aux bénéfices. L'épargne. L'instruction. La récréation. L'amélioration industrielle et le développement des agglomérations ouvrières. Les organes de direction Une nouvelle profession : le secrétaire social. Les conseils d'ouvriers. Le « Suggestion System ». Qu'en pensent les intéressés ? Une enquête.

---

## Éléments de Mathématiques Supérieures

A l'usage des ingénieurs, des physiciens, des chimistes, des jeunes gens qui se destinent à ces carrières et des élèves des Facultés des Sciences, par H. VOGT, professeur à l'Université de Nancy. — Volume 25/16<sup>cm</sup>, avec figures, 6<sup>e</sup> édit., br., 12 fr. ; relié, 14 fr. 50.



Librairie VUIBERT, 63, boulevard Saint-Germain, PARIS, 5<sup>e</sup>.

## L'ÉLECTRICITÉ CHEZ SOI

Par O. BOURBEAU, ingénieur. — Vol. 19/13<sup>cm</sup> de 114 pages, illustré de 52 figures, broché, 4 fr. 25 ; relié . . . . . 4 fr. 75

« En signalant ce petit volume aux ingénieurs électriciens, ce n'est pas que nous pensions qu'ils y trouveront matière susceptible d'augmenter leurs connaissances techniques. Il nous semble toutefois devoir intéresser les ingénieurs et tout particulièrement ceux qui s'occupent de la distribution de l'électricité. C'est que, en effet, édité avec luxe, écrit avec simplicité, faisant ressortir les avantages que présente l'emploi de l'électricité pour l'éclairage, le chauffage, la force motrice, il constitue un excellent ouvrage de vulgarisation que les compagnies de distribution d'électricité ont tout intérêt à voir se répandre dans le public. A ce point de vue, l'opuscule de M. Bourbeau ne peut manquer de contribuer au développement de l'industrie électrique. »

(Revue électrique.)

## LA FORCE ET LA LUMIÈRE

à la ferme et dans la petite industrie, par L. PREUX, directeur d'école professionnelle. — Volume 22/14<sup>cm</sup> de VIII-184 pages, avec 51 figures et 5 planches hors texte. . . . . 2 fr. 50

« On peut dire de cet ouvrage qu'il contient beaucoup de renseignements pratiques susceptibles d'être utiles en bien des circonstances. Il est divisé en trois parties :

La première est consacrée aux moteurs à explosion, aux moteurs hydrauliques et aux moteurs à vent.

La recherche des causes de mauvais fonctionnement d'un moteur à explosion, complétée, dans la deuxième partie, par un exposé méthodique des causes d'une panne d'allumage, fournit des renseignements précieux pour les personnes qui s'occupent d'automobiles.

La seconde partie est une étude sommaire des phénomènes électriques, des dynamos et des moteurs à courant continu, de l'éclairage électrique, de l'installation et de l'entretien des lignes. L'utilisation des accumulateurs est traitée d'une manière simple et très suffisamment complète. Toute cette étude constitue une vulgarisation d'une partie de la science électrique qui peut être fort utile à tous ceux qui se servent de l'électricité pour leurs besoins domestiques.

Comme l'indique le titre de l'ouvrage, l'auteur a eu spécialement en vue l'application de ces résultats dans une ferme ou un petit atelier ; la troisième partie comprend un certain nombre de projets d'installations de ce genre accompagnés de devis et de planches. »

(La Lumière électrique.)

## LES RICHESSES HYDRAULIQUES DES ALPES FRANÇAISES, par P. BOUGAULT. — Broch. 22/14<sup>cm</sup>. 0 fr. 50

L'emploi de l'énergie hydro-électrique, la « houille blanche », ouvre une ère industrielle nouvelle. Le siècle passé a été le règne de la vapeur, c'est-à-dire de la houille noire, et la suprématie a appartenu à l'Angleterre. Il semble que dans la lutte nouvelle engagée, l'avantage doive nous revenir. La jeunesse scientifique doit s'intéresser à ce problème vital que M. Bougault précise et résume avec talent dans cette remarquable étude.

Librairie VUIBERT, 63, boulevard Saint-Germain, PARIS, 5<sup>e</sup>.

LA

## LOCOMOTIVE MODERNE

par J. TRIBOT-LASPIÈRE, ingénieur civil des Mines. — Volume 20/13<sup>cm</sup>, de 193 pages, illustré de nombreuses gravures et de 16 planches hors texte, 2<sup>e</sup> édit., br., 3 fr. 50; cartonné, 4 fr. 50.

« M. Tribot-Laspière possède à fond les deux qualités indispensables pour écrire un livre de vulgarisation : connaître dans le moindre détail le sujet traité et l'exposer d'une façon compréhensible pour le grand public. Il a utilisé ces qualités pour écrire un livre qui est un véritable chef-d'œuvre du genre : *La Locomotive moderne*. L'augmentation de vitesse des trains, le confortable des wagons de voyageurs, l'accroissement du transit des marchandises ont nécessité l'augmentation colossale de la puissance des machines. Après nous avoir fait connaître ces causes, l'auteur nous montre quels en ont été les effets dans la construction des machines. Tous les détails de la production de la vapeur dans la chaudière, tous ceux de son utilisation dans les cylindres sont expliqués nettement. En lisant ce livre, il est impossible de ne pas comprendre, par exemple, les avantages de la surchauffe et le rôle (un peu discuté) du système compound. La distribution des roues porteuses et motrices; leur action sur les rails, les mouvements pouvant compromettre la stabilité de la machine sont minutieusement décrits. Il en est de même pour les différents types de machines et les appareils accessoires. Mais la machine n'est vivante qu'avec son mécanicien et son chauffeur; l'auteur nous dit leurs pénibles et minutieuses fonctions. »

(Polybiblion.)

---

## GÉOLOGIE

par STANISLAS MEUNIER, professeur au Muséum d'Histoire naturelle et à l'école nationale d'agriculture de Grignon. — Volume 25/16<sup>cm</sup> de xxix-988 pages, avec fig. broché, 15 fr.; relié, 17 fr. 50.

Mûrement composé, cet ouvrage se signale avant tout par la méthodique précision de sa distribution. Trois parties d'égale importance présentent au lecteur notre globe successivement étudié dans sa substance, dans son activité et dans son évolution. Une conclusion résume les traits généraux de la merveilleuse Histoire de la Terre et ouvre à l'esprit les horizons les plus grandioses sur l'Economie de l'Univers.

Un soin particulier a été apporté à la description des étages géologiques. Chacun de ceux-ci est étudié d'abord en France, puis en Europe, puis sur le reste de la terre, et son fossile le plus caractéristique est représenté. Deux paragraphes éminemment pratiques traitent, l'un des substances industrielles utiles, l'autre des types de sols arables du terrain considéré.

L'ouvrage se termine par un Index alphabétique qui constitue véritablement un *Dictionnaire des sciences géologiques*. Non seulement il procure immédiatement la définition de tous les termes techniques, mais il contient des renseignements les plus complets sur l'histoire géologique des minéraux et des fossiles ainsi que sur la constitution du sol dans toutes les régions de la Terre.

Librairie VUIBERT, 63, Boulevard Saint-Germain, Paris, 5<sup>e</sup>.

L A

## GRAMMAIRE DES ÉLECTRICIENS

par E. GOSSART, professeur de physique expérimentale à la Faculté des Sciences de Bordeaux. — Deux volumes 22/14<sup>cm</sup> :

I. — *Le Courant continu*. — Vol. de x-444 pages, illustré de 154 figures avec 2 planches photomicrographiques hors texte. Broché 6 fr. »

II. — *Le Courant alternatif*. — Vol. de 419 pages, illustré de 201 figures. Broché 6 fr. »

(Ce dernier volume contient le résumé d'un Cours de Télégraphie sans fil.)

PAUL VUIBERT

## Les « Boy Scouts »

Brochure 25/16<sup>cm</sup>, avec 7 magnifiques photographies hors texte. 0 fr. 75

Quand on a lu cette jolie brochure, au texte précis et substantiel, aux pittoresques illustrations, on connaît exactement ces *Boy Scouts* qui ont eu à travers le monde une fortune si extraordinaire et dont la *Ligue d'éducation nationale* cherche aujourd'hui à adapter les méthodes à l'esprit français.

## Guide pratique d'Éducation physique

par Georges HÉBERT, lieutenant de vaisseau, directeur technique de l'enseignement des exercices physiques dans la Marine. —

Vol. 22/14<sup>cm</sup>, illustré de 411 gravures dont 364 photographies, et 2 planches hors texte, imprimé sur papier couché, broché, 8 fr. ; cart. toile, fers spéciaux, 10 fr. ; relié amateur, dos et coins maroquin, tête dorée, 12 fr.

M. le Lieutenant de vaisseau HÉBERT est l'auteur d'une méthode d'éducation physique qui se recommande, non seulement par son extrême simplicité et la généralité de son application, mais aussi et surtout par une expérience prolongée. Mise en pratique pendant plusieurs années à l'École des marins fusiliers à Lorient et à l'École des mousses, elle a formé des sujets si remarquables et en tel nombre qu'une décision ministérielle l'a rendue réglementaire dans toute la Marine.

Ce livre de M. HÉBERT contient l'exposé de sa méthode. Il est consacré à tous les exercices physiques capables de concourir au développement physique, de faire des hommes forts et bien portants. Celui qui aura suivi cet enseignement pourra non seulement exécuter certaines performances, mais il saura marcher, sauter, nager, grimper et escalader, lever et transporter des fardeaux, se défendre et maîtriser un homme dangereux.

*Du même auteur :*

L'ÉDUCATION PHYSIQUE RAISONNÉE. — Beau vol. 24/16<sup>cm</sup>, illustré de 111 gravures ou photographies . . . . . 3 fr. »

# L'Éducation

*Revue d'éducation familiale et scolaire*, paraissant trimestriellement (mars, juin, septembre, décembre) dans le format 25/16<sup>cm</sup>. — Directeur : Georges BERTIER. — Prix de l'abonnement d'un an : France et Colonies : 6 fr. ; Etranger, 7 fr. Le numéro : 2 fr.

Cette Revue apporte aux éducateurs — parents éclairés et maîtres — des faits et des idées : *des faits*, en signalant ce qui est digne d'attention dans le mouvement de l'éducation contemporaine, en étudiant avec conscience toute initiative importante, française et étrangère, en confiant aux hommes compétents le soin de faire connaître l'état actuel de la science pédagogique ; *des idées*, en discutant ce qui fait question, en publiant les vues suggestives des meilleurs esprits de notre temps, en montrant sous chaque problème les éléments vivants de sa solution.

L'œuvre de l'éducation est, de nos jours encore, étrangement méconnue. Peu de parents, peu de maîtres sont vraiment à la hauteur de leur mission ; on manque chez nous de lumières, sinon de bonne volonté ; nous élevons mal nos enfants parce que nous ne savons pas, parce que nous suivons les errements coutumiers, parce que telle notion fondamentale n'est pas venue jusqu'à nous, parce que nous n'avons jamais été amenés à peser les conséquences de telle méthode, de telle attitude, de tel silence. Notre premier devoir est de nous instruire, de connaître les résultats acquis, pour éviter les expériences qui se payent parfois si cher.

Il n'y a pas que les enfants gâtés ou les écoliers médiocres qui soient mal élevés ; et de parvenir aux grandes écoles et de se couvrir de diplômes ne signifie rien si l'on ne joint à la science le caractère, aux connaissances professionnelles l'outil qui les mettra en œuvre. Or ces qualités d'où vient le succès s'élaborent dès le plus jeune âge. L'hygiène et les habitudes du bébé, les jeux et les travaux de l'enfant, la façon dont l'adolescent organise sa vie, l'usage qu'on l'invite à faire de sa liberté, les méthodes d'enseignement qu'on adopte pour lui, l'équilibre du travail cérébral et des sports, voilà les causes qui donneront une personnalité passive ou entreprenante, encombrante ou utile, destinée à échouer ou à laisser une trace.

Placée en face d'un problème infinement complexe, *L'Education* s'efforce de n'en négliger aucun aspect ; elle traduit par la variété de ses rubriques et de ses articles la variété même des questions qui préoccupent un éducateur.

**Programmes** des conditions d'admission et de l'enseignement :

- A l'École pratique d'Electricité industrielle . . . . . 0 fr. 30
- A l'École spéciale des Travaux publics . . . . . 0 fr. 30

