

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

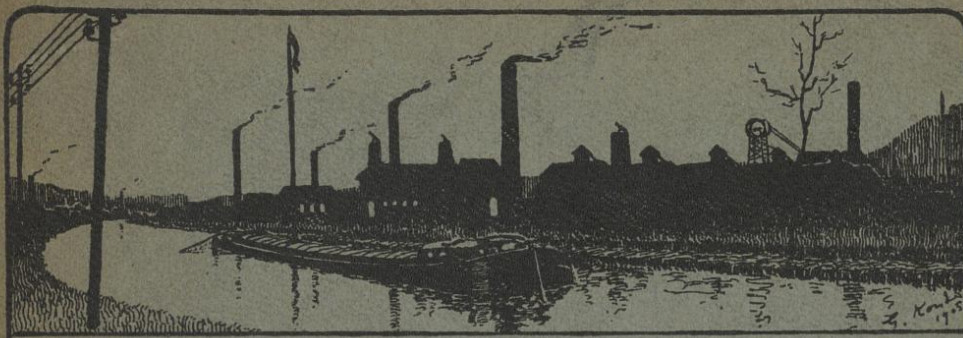
5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Detaille, Hubert (18..-19..)
Titre	Sidérurgie
Adresse	Liège : Imprimerie liégeoise, Henri Poncelet, 1905
Collection	Publications du Bureau commercial
Collation	1 vol. (120 p.-[2] f. de pl. dépl.) : ill. ; 24 cm
Nombre de vues	126
Cote	CNAM-BIB BR 1518
Sujet(s)	Exposition internationale (Liège ; 1905) Sidérurgie -- Liège (Belgique ; province) -- 1870-1914
Thématique(s)	Expositions universelles Machines & instrumentation scientifique Matériaux
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	27/04/2023
Date de génération du PDF	19/06/2023
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?BR1518

BL. 1518



Exposition Universelle et Internationale de Liège

PUBLICATIONS

DU

BUREAU COMMERCIAL



Monographies

des

INDUSTRIES DU BASSIN DE LIÈGE

SIDÉRURGIE

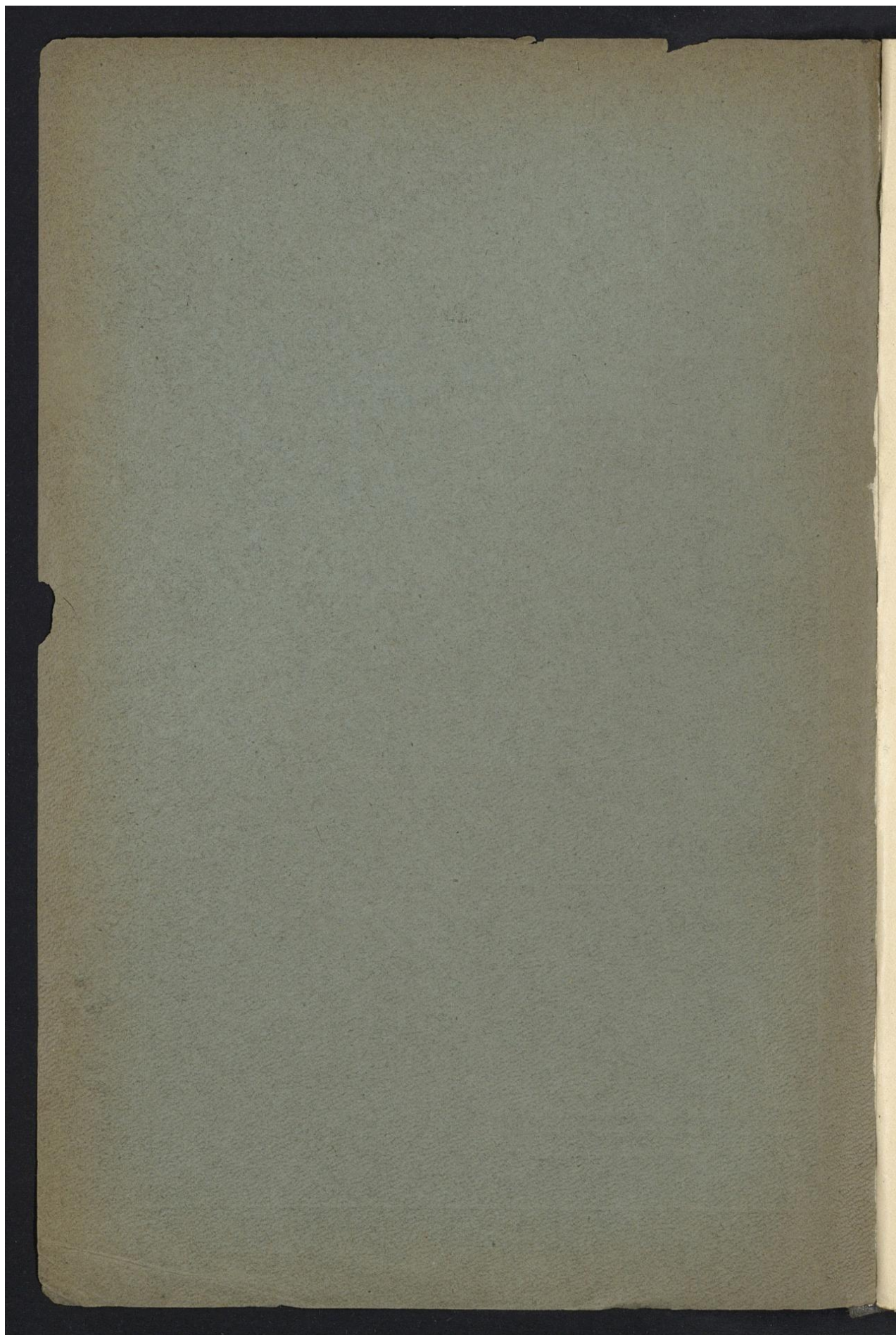
1905

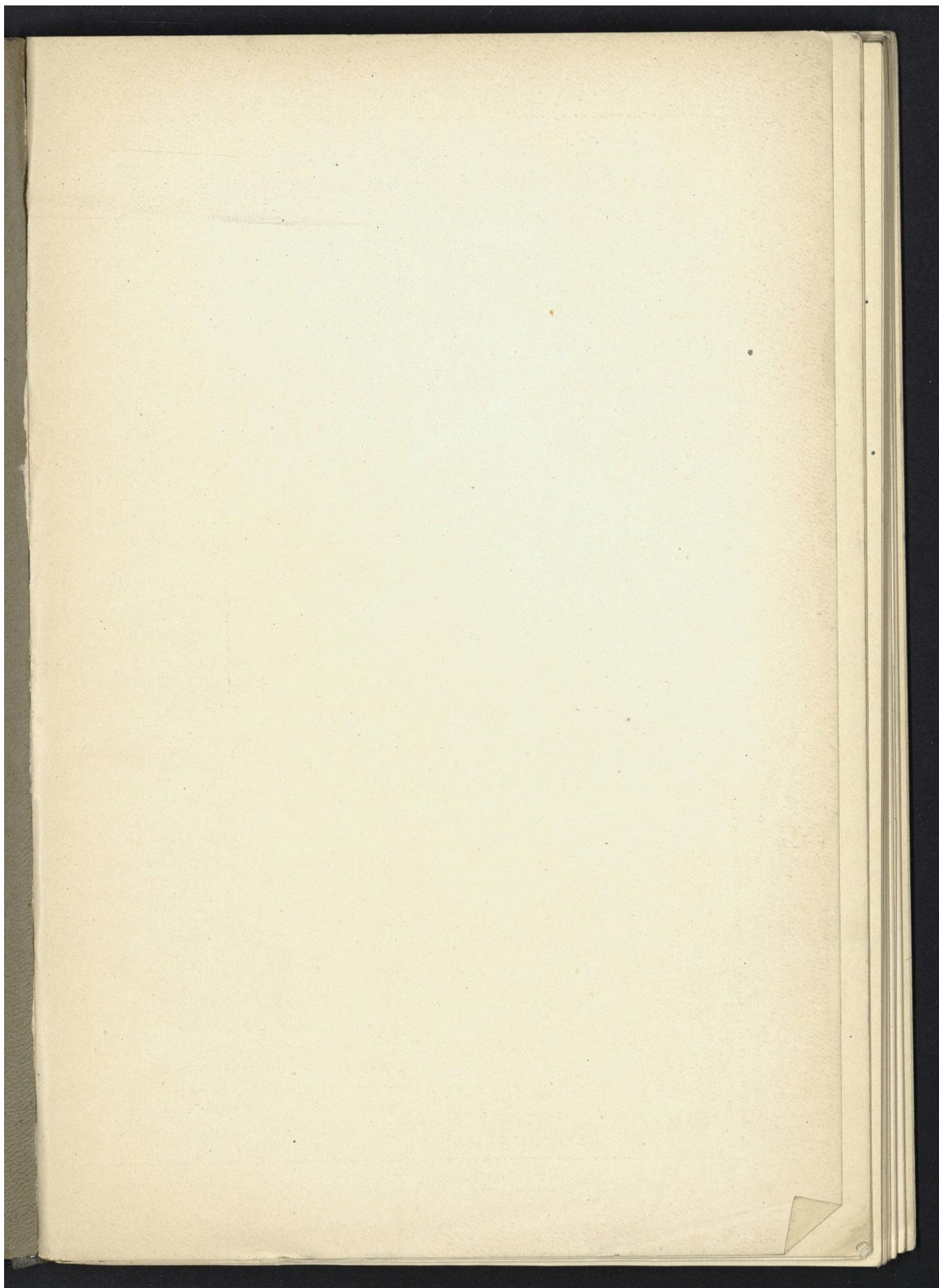


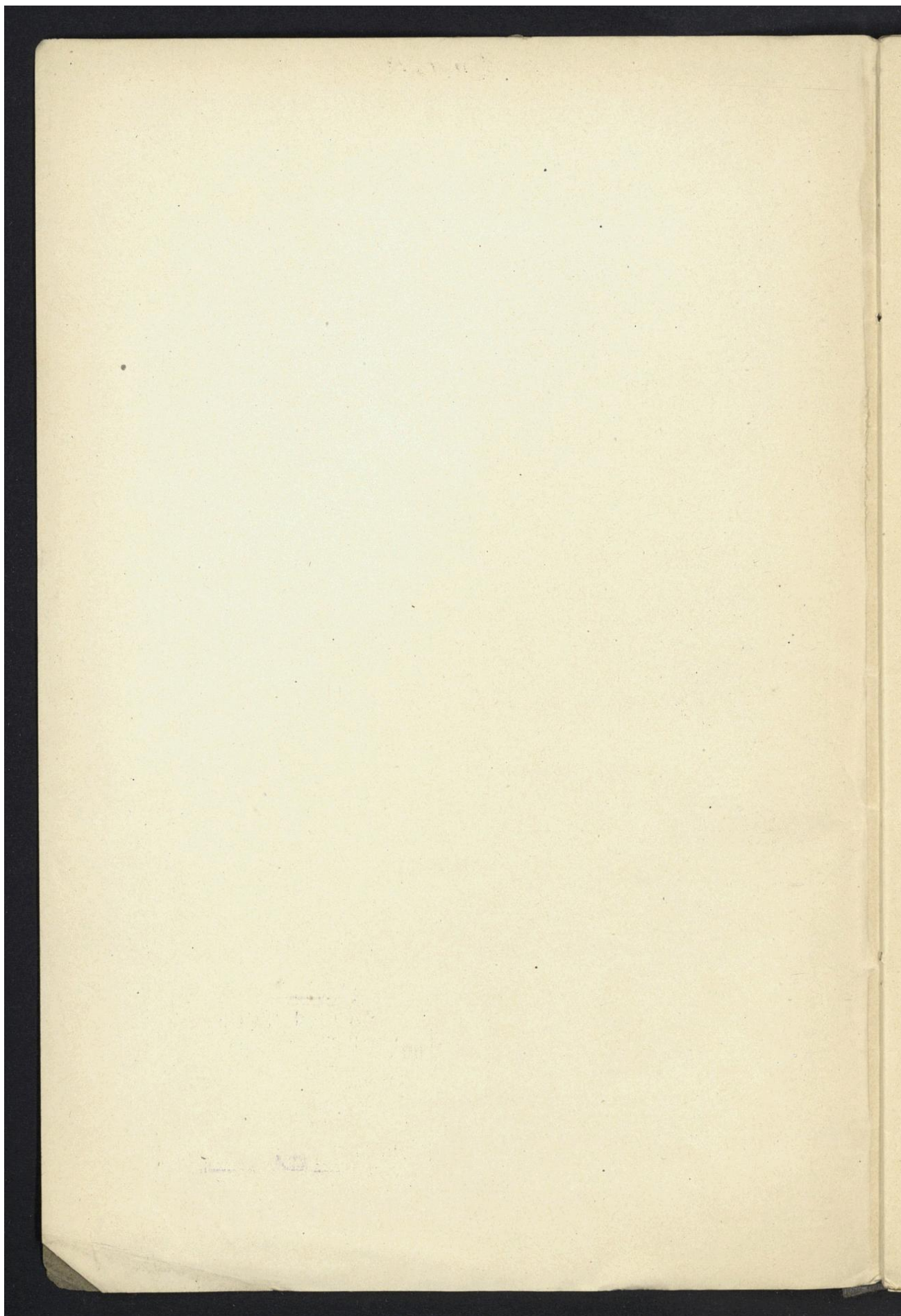
Imprimerie Liégeoise, Henri Poncelet

Société anonyme

Rue des Clarisses, 52, Liège







Br. 1518

Exposition Universelle et Internationale de Liège

PUBLICATIONS

DU

BUREAU COMMERCIAL

Monographies

des

INDUSTRIES DU BASSIN DE LIÈGE



SIDÉRURGIE

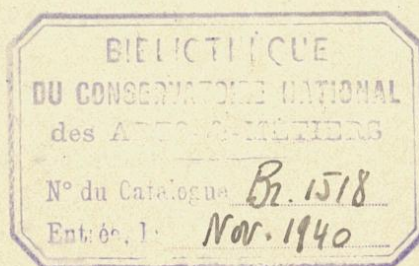
1905

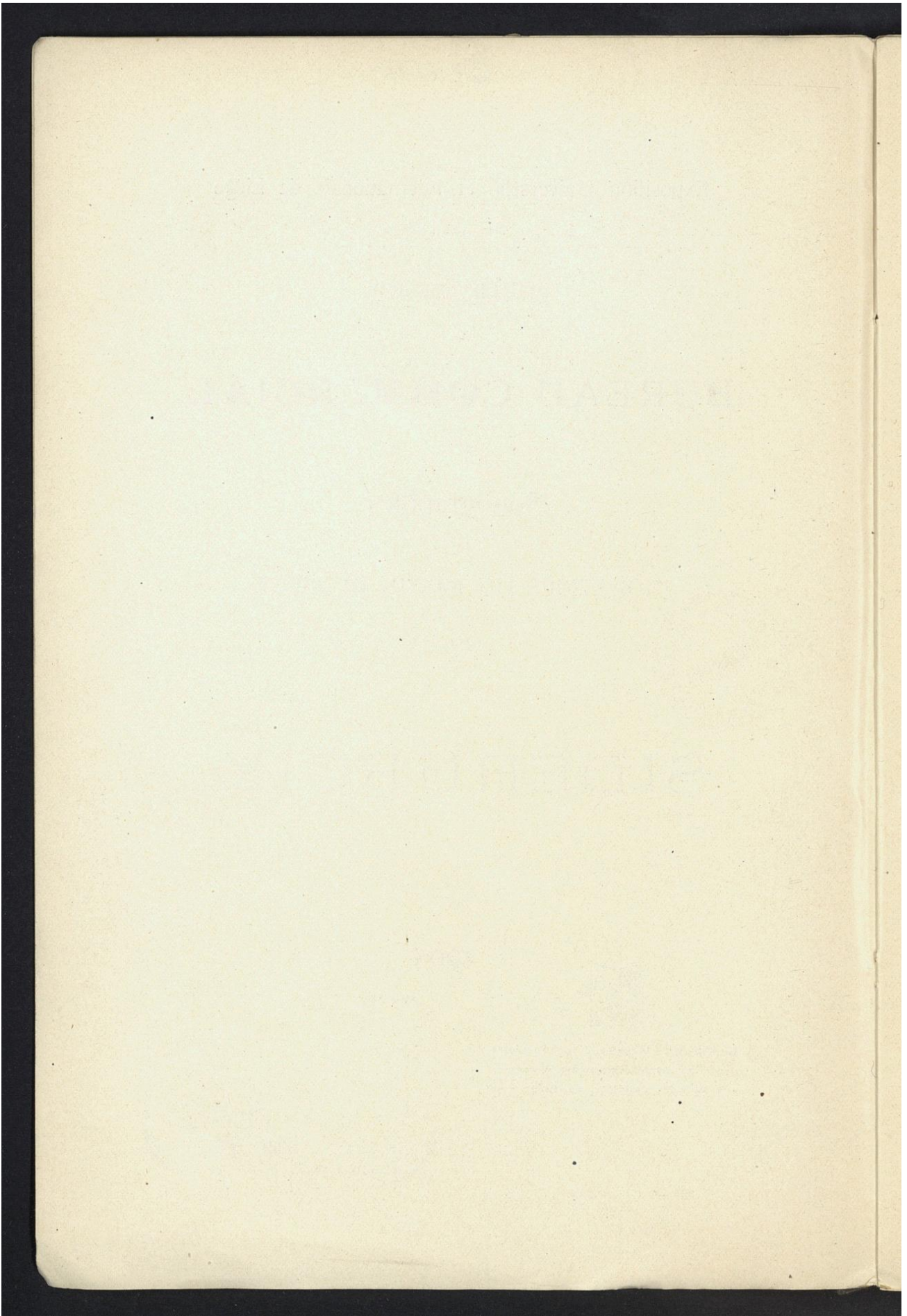


Imprimerie Liégeoise, Henri Poncelet

Société anonyme

— Rue des Clarisses, 52, Liège —







Exposition Universelle et Internationale de Liège

BUREAU COMMERCIAL

DIRECTION DU BUREAU COMMERCIAL :

Administrateur-Délégué :

M. JULES NOIRFALISE, industriel,

Membre du Comité Exécutif de
l'Exposition Universelle et Internationale de Liège.

Directeur-Général :

M. GEORGES SIMONIS, industriel,

Secrétaire général adjoint du Comité Exécutif de
l'Exposition Universelle et Internationale de Liège.

Directeur-Adjoint :

M. ADOLPHE ORBAN, docteur en droit.

Nomenclature des divers services organisés par le Bureau Commercial

A. Renseignements industriels et commerciaux relatifs aux exposants et aux objets exposés.

B. Distribution aux visiteurs des catalogues et autres éléments de réclame des exposants.

C. Renseignements sur les marques de fabrique et sur la propriété industrielle et commerciale.

D. Renseignements sur les brevets.

E. Renseignements relatifs aux transports, frets, douanes, assurances.

F. Service bibliographique.

Le *Bureau Commercial* est un **organisme officiel** créé par le Comité Exécutif de l'Exposition de Liège dans le but de faciliter l'établissement de relations commerciales entre exposants et visiteurs et sans aucune préoccupation de lucre.

Tous les renseignements fournis par le *Bureau Commercial* sont **donnés gratuitement** aux visiteurs.

Le *Bureau Commercial* ne demande aux exposants, à la disposition desquels il se met **aucune rémunération** autre qu'un droit d'inscription de dix francs.

Le classement des documents remis par le *Bureau Commercial* est organisé par l'Institut International de Bibliographie.

Dans les locaux du *Bureau Commercial* est installée l'exposition de la classe 116 (commerce) laquelle constitue un véritable musée commercial.

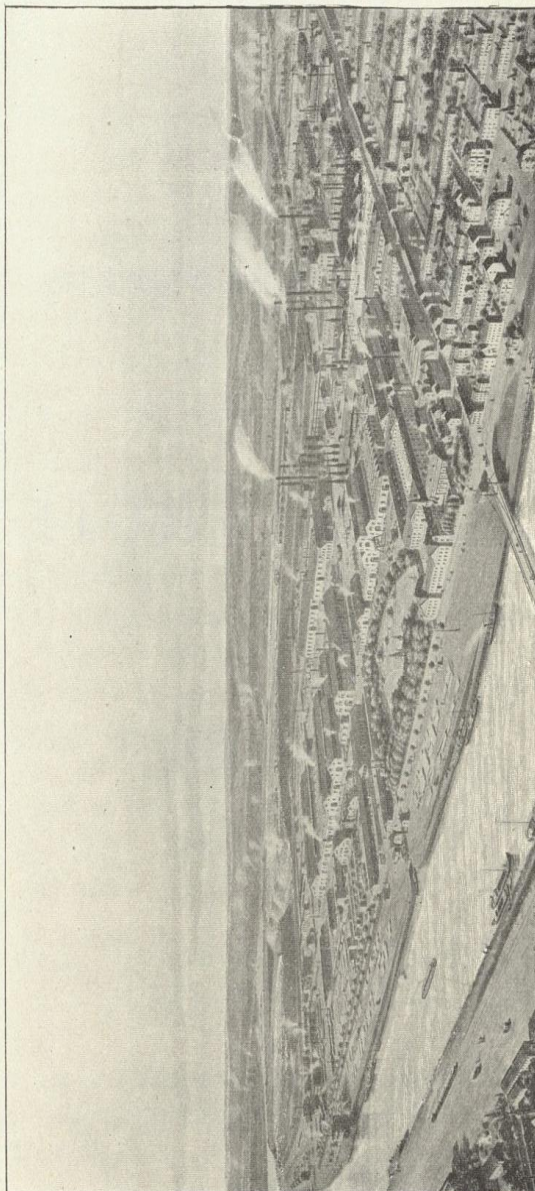
Le Bureau Commercial comprend une salle de lecture et de consultation des documents, et des parloirs mis gratuitement à la disposition des visiteurs.

Monographies des Industries du Bassin de Liège

SIDÉRURGIE

PAR

M. Hubert Détaillé.



USINES COCKERILL, A SERAING

MONOGRAPHIE
DE LA
Fabrication de la Fonte, du Fer et de l'Acier
DANS LA PROVINCE DE LIÈGE

PRÉFACE

En écrivant la présente monographie, nous avons voulu donner au lecteur un aperçu général de ce que fut et de ce qu'est la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier dans la province de Liège et lui fournir en même temps quelques données statistiques lui permettant de se faire une idée exacte de l'importance de cette fabrication.

On comprendra que la condensation d'un sujet aussi vaste dans les limites restreintes du cadre qui nous

était imposé, ne nous ait pas permis de développer certains chapitres proportionnellement à leur importance ; le lecteur voudra bien se reporter aux ouvrages que nous avons cités dans le cas où il désirerait des renseignements plus détaillés.

Notre travail a été divisé en cinq chapitres comprenant :

- 1^o Historique.
- 2^o Fabrication de la fonte.
- 3^o » du fer.
- 4^o » de l'acier.
- 5^o Résumé et considérations économiques.

Chacun des chapitres 2^o, 3^o et 4^o a en outre été subdivisé en :

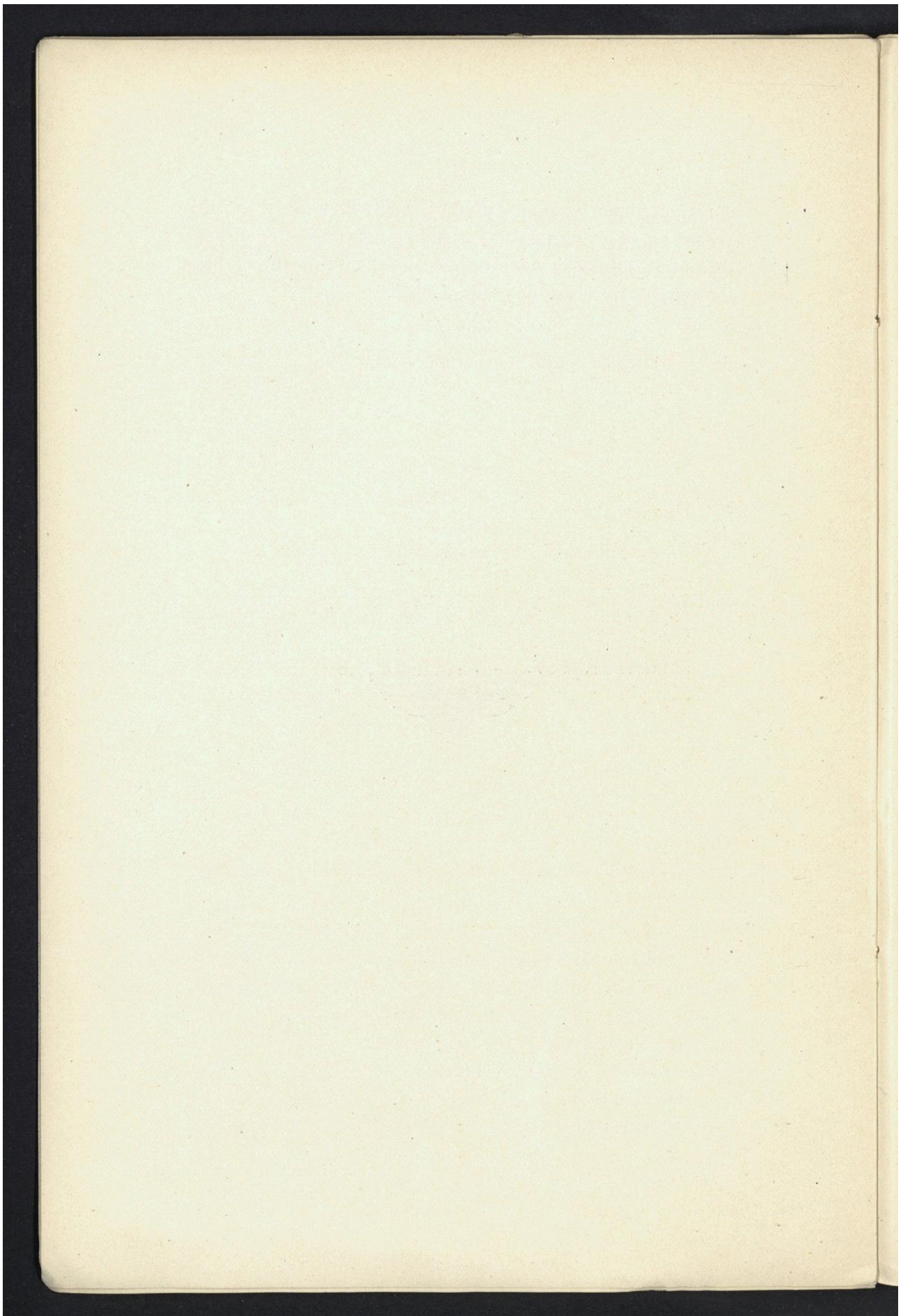
- a. Aperçu technologique de la fabrication.
- b. Matières premières.
- c. Appareils.
- d. Produits.
- e. Sous-produits et leur utilisation.

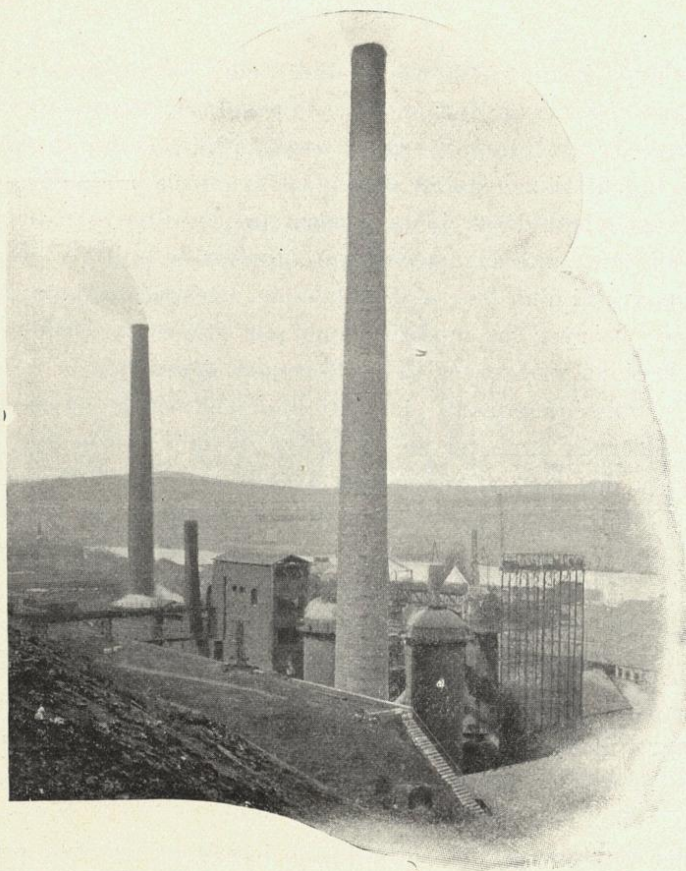
Enfin, pour terminer, nous donnons la nomenclature de toutes les usines à fonte, fer ou acier de la province avec la spécification des divers produits fabriqués par chacune d'elles.

Pour traiter les différents points ci-dessus, nous avons eu recours tantôt à des publications ayant déjà abordé la question, tantôt à MM. les ingénieurs et industriels pour nous documenter au point de vue statistique ou fabrication. — Nous aurons soin de citer les ouvrages consultés. — Quant à nos collaborateurs, nous les remercions bien vivement de nous avoir aidé à présenter aux lecteurs un travail qui,

sous sa forme concise, pourra, croyons-nous, les intéresser au sujet d'une des branches les plus importantes de notre industrie nationale et dont nous sommes spécialement fiers au pays de Liège.







HISTORIQUE

Tous ceux qui s'intéressent à l'histoire des progrès de la fabrication du fer, auront été frappés par la diversité des opinions émises par les divers auteurs qui ont étudié la question de priorité relativement à certaines découvertes marquantes. Il semble d'une façon générale qu'un souffle de patriotisme exagéré

ait — dans beaucoup de cas — dicté leurs conclusions, ce qui fait que très souvent le lecteur reste perplexe et serait fort embarrassé de pouvoir dire à qui il convient d'attribuer le mérite d'une invention marquant un pas en avant dans la sidérurgie.

Cela provient de ce qu'en général on peut dire que certains perfectionnements des procédés de fabrication du fer n'ont pas été l'œuvre ni d'un jour ni d'un homme. Presque toujours nous devons observer les modifications par étapes successives si nous voulons y observer des différences appréciables. Il nous semble, conséquemment, plus rationnel d'admettre que les progrès observés dans tel ou tel genre de fabrication sont les résultats des perfectionnements journaliers de quelques artisans, plutôt que l'œuvre d'un seul homme sur lequel on a souvent eu le tort de reporter tout le mérite de l'amélioration.

S'il nous est par exemple très agréable de lire dans *Karsten* ou dans d'autres auteurs que le haut-fourneau est d'invention belge, voire liégeoise, il n'en est pas moins vrai qu'après un moment de réflexion nous nous demandons à partir de quelle hauteur a commencé le *haut-fourneau* ou bien inversement à quelle époque de sa croissance le *bas-foyer* a-t-il perdu son nom.

Nous verrons par la suite que le bas-foyer primitif qui ne produisait que quelques kilogs de fer par jour, s'accrut progressivement jusqu'à former le haut-fourneau actuel. A travers son évolution il produisit *accidentellement* une substance métallique liquide (la fonte) et en quantité d'autant plus forte que l'appareil devint plus élevé. Il y eut là un phénomène qui ne put échapper aux anciens, aussi estimons-nous que le haut-fourneau se découvrit *fatalement* en plusieurs endroits, c'est-à-dire dans divers centres producteurs de fer par la méthode ancienne. Nous disons *fatalement* parce qu'alors la fonte était un produit accidentel sans emploi direct et dont on évitait autant que possible la formation.

Tout le mérite semble donc plutôt être reporté sur ceux qui ont trouvé le moyen de tirer parti de ce produit d'abord accessoire et gênant, et dont la production favorisée par l'exhausse-

ment des foyers était beaucoup plus économique que celle du fer obtenu directement.

Nous reviendrons d'ailleurs sur cette question, et si nous avons débuté par cet exemple, nous avons voulu simplement mettre en relief l'esprit qui nous a guidé dans notre historique ou dans le choix des extraits empruntés aux spécialistes qui ont écrit à ce sujet.

Le pays de Liège fut de tout temps l'un des centres producteurs de fer des plus importants ; il fut aussi l'une des régions où les procédés de fabrication reçurent les modifications les plus heureuses, tant au point de vue économique qu'à celui de la qualité des fabricats.

Tous les auteurs indistinctement se plaisent à rendre hommage à l'énergie et à l'intelligence de l'ouvrier liégeois. Ajoutons à cela une habileté professionnelle que ses collègues étrangers ont rarement surpassée et nous aurons en deux mots caractérisé notre population ouvrière de tous les temps.

Ces qualités précieuses de nos artisans pouvant se donner libre cours dans l'exploitation de richesses naturelles locales spécialement convenables à la fabrication du fer, on comprendra pourquoi de tout temps le pays de Liège fut à la tête du mouvement sidérurgique et pourquoi l'industrie du fer s'y développa si rapidement pour acquérir l'importance que nous nous plaisons à admirer de nos jours et dont nous pouvons nous enorgueillir à juste titre.

Qu'était notre province dans les premiers temps de notre ère ? Un coin de terre admirablement favorisé au point de vue de l'industrie qui nous occupe et où tout contribue à en faire un centre producteur de premier ordre. D'immenses forêts fournissent abondamment et à bas prix le combustible employé alors. De nombreux cours d'eau la sillonnent dans tous les sens et permettent soit des relations faciles et économiques avec nos voisins du Nord, du Sud ou d'Outre-Mer, soit d'obtenir à peu de frais une force motrice très importante et qui suffisait large-

ment — dans tous les cas — aux besoins de nos ancêtres ⁽¹⁾.

Au point de vue géologique, nous n'étions pas moins bien privilégiés. Les nombreuses couches ou amas de minerais de fer de réduction facile éparpillés sur tout le territoire, les gisements de charbons aussi importants que variés, les dépôts d'argile et autres matériaux réfractaires, en témoignent à suffisance.

Tel fut le milieu dans lequel — nous avons failli dire naturellement — prit naissance la fabrication du fer au pays de Liège.

Nous ne remonterons pas au delà de Jules César qui, lors de la conquête de la Gaule, aurait trouvé nos ancêtres fondant les minerais pour en retirer le fer qu'ils travaillaient ensuite, et nous admettrons que dès les premiers siècles de notre ère, le bas-foyer était connu au pays de Liège. A ces époques reculées le minerai était traité par le bois simplement desséché ; on s'aperçut cependant que la forte teneur en eau de ce combustible, alors même que physiquement sec, en diminuait considérablement le pouvoir calorifique et on fut ainsi amené — vers le IV^e siècle — à calciner le bois, ce qui constituait déjà un premier pas vers les perfectionnements que nous signalerons par la suite.

Jusqu'au VIII^e siècle, nous ne sachions pas que les procédés de fabrication aient été modifiés sensiblement. Nous manquons d'ailleurs de documents à ce sujet, et au surplus, bien longtemps après nous retrouvons les méthodes primitives encore en usage.

Nous devons nous transporter au Moyen-Age pour voir nos Annales faire mention du développement de l'industrie du fer dans notre province. Au XII^e siècle s'élèvent dans tous les coins des ateliers pour l'élaboration et le travail du fer : Ce sont des

(1) Aujourd'hui encore, beaucoup d'usines à ouvrir le fer sont actionnées par des turbines hydrauliques. Nous citerons celles de la vallée du Hoyoux, de l'Ourthe et de la Vesdre.

forges, des fonderies, ferronneries, etc., d'où sortent des objets dont la valeur artistique témoigne de l'habileté de nos ouvriers.

A cette époque, tous les feronniers sont réunis en une association puissante qui n'a pas peu contribué au développement de ces industries variées que comporte la mise en œuvre du fer. Nous voulons parler du *bon métier des Fèbvres ou Fébures*, la plus importante corporation des 32 métiers de la ville ⁽¹⁾.

« Le bon métier des Fèbvres, dit Franquoy ⁽²⁾, voilà celui qui constitua notre industrie la plus nationale, celui où se développèrent nos aptitudes natives. Le fer et l'acier furent assouplis, ployés à tous les usages. De merveilleux ouvrages de serrurerie que l'on admire encore, des armes qui allèrent dans le monde entier disputer à l'Espagne et à l'Ecosse leurs célèbres monopoles, sortirent en foule des forges liégeoises alors sans pareilles. »

Nous avons déjà dit que l'élaboration du fer s'opérait dans des *bas-foyers* au moyen du charbon de bois. Ces bas-foyers consistaient en un trou foncé en terre, de quelques pieds cubes de capacité, les parois étaient revêtues d'argile ou d'autres matériaux réfractaires. On employait alors les minerais les plus riches et les plus facilement réductibles, car la température relativement faible produite par des souffleries primitives, ne permettait pas de traiter les mines refractaires.

La réduction de la mine et l'affinage subséquent du fer s'opéraient en partie grâce à l'oxyde de carbone et partie grâce à la scorie très ferrugineuse qui se produisait inévitablement. Il en résultait un déchet énorme (évalué à 30 ou 40 %) qui n'a disparu d'ailleurs qu'à partir du moment où l'on produisit la fonte qu'on affina ensuite séparément dans des fours spéciaux.

(1) La date de la création de cette corporation des Febvres ne nous est pas connue. Il est cependant présumable que ses origines remontent à des époques beaucoup plus reculées.

(2) « Mémoire sur l'histoire des progrès de la Fabrication du fer dans le pays de Liège » par J. FRANQUOY, publié dans les *Mémoires de la Société libre d'Emulation de Liège*, année 1860.

La consommation de combustible était aussi très élevée. En vue de la réduire, on augmenta les dimensions du foyer, on le construisit hors terre et plus rationnellement et c'est ainsi que se trouva créé le *foyer catalan* encore en usage de nos jours chez certaines peuplades.

Les dimensions du foyer catalan variaient d'un endroit à l'autre suivant la nature des minerais et suivant des règles que la pratique avait enseignées. Nous retenons comme moyennes les suivantes :

Largeur . . .	0 ^m 50 à 0 ^m 60
Longueur . . .	0 ^m 60 à 0 ^m 70
Profondeur . .	0 ^m 45 à 0 ^m 60

Le cadre restreint que nous est imposé ne nous permet pas de nous arrêter aux détails de la fabrication du fer par la *méthode directe*, toutefois nous croyons devoir donner à titre rétrospectif les quelques indications suivantes qui serviront à caractériser cette branche de la sidérurgie, aux temps auxquels nous avons reporté le lecteur.

Le minerai et le charbon de bois convenablement disposés dans le four, on allumait et donnait ensuite le vent par une petite tuyère située à 0^m25 ou 0^m30 de la sole du foyer. La soufflerie était généralement actionnée soit à bras, soit par des manèges mus par turbines hydrauliques.

La durée d'une opération était de 6 heures en moyenne, après lesquelles on obtenait une masse de fer spongieux ou « *loupe* » pesant environ 100 à 150 kil.

La loupe passait ensuite aux « *makas* » ou « martinets » où elle était cinglée de façon à épurer et l'homogénéiser et lui donner une forme plus ou moins commerciale sous laquelle elle était livrée aux cloutiers, feronniers, fabricants d'armes, etc.

Toutes ces opérations entraînaient évidemment une forte consommation de combustible dont une grande partie était brûlée en pure perte et le prix de revient était fortement grevé par cet élément.

Nous aurions voulu présenter un aperçu de prix de revient

du fer en barres obtenu dans nos forges catalanes, malheureusement les documents y relatifs nous font défaut; toutefois nous estimons intéressant de mettre sous les yeux du lecteur le prix de revient suivant, qui permettra jusqu'à un certain point de se faire une idée de ce que devaient être les résultats obtenus par nos ancêtres.

Nous trouvons cet exemple dans Valérius ⁽¹⁾ et il se rapporte à 1.000 *feux* (ou opérations) effectués en 1840 à l'usine de Viedessos dans l'Ariège :

Prix de revient de 100 kil. de fer forgé.

310 kil. de minerai à fr. 2,00 les 100 kil.	fr. 6,20
302 kil. charbon de bois à fr. 8,20 »	» 24,76
Main-d'œuvre	» 5,95
Garde-forge commis à fr. 1500 par an	» 0,93
Entretien de l'usine	» 0,80
Intérêt à 5 % de la valeur de l'usine (fr. 25.000)	» 1,03
Intérêt à 6 % du fond de roulement s'élevant à 29.000 francs dont 3.000 pour achat de minerai, 25.000 pour achat de charbon de bois et 1.000 pour salaire des ouvriers	» 0,98
Total.	fr. 40,65

On observera ici que la richesse des minerais traités correspond à peu près à celle des mines dont on disposait au Pays de Liège; quant à notre consommation de charbon de bois, elle devait être sans aucun doute supérieure à celle qu'accuse le prix de revient ci-dessus, établi à une époque où le procédé catalan avait atteint tous les perfectionnements désirables.

(1) *Traité théorique et pratique de la fabrication du fer, avec un exposé des améliorations dont elle est susceptible, principalement en Belgique*, par B. VALÉRIUS, 1843.

D'ailleurs, ce facteur a constitué de tout temps l'élément essentiel du coût des produits finis et l'exemple que nous avons donné — abstraction faite de la valeur des matières premières — montre tout l'intérêt que devaient présenter les recherches faites en vue de réduire la consommation de charbon.

Nos métallurgistes s'en préoccupèrent et tracèrent la voie à suivre en amplifiant les dimensions du four catalan — la hauteur surtout. — On créa ainsi ce que les Allemands appellerent le « Stuckofen », mais dans cette période de transition un phénomène se produisit qui fut par la suite la base de la sidérurgie moderne. Nous voulons parler de la découverte de la « fonte » au sujet de laquelle nous avons déjà touché un mot.

Au fur et à mesure qu'on augmenta la hauteur du four catalan, le fer produit par la réduction du minerai plus longuement élaboré, se carburait davantage par suite du contact plus prolongé avec le charbon de bois. Il arriva ainsi fréquemment qu'on produisit simultanément le fer ordinaire spongieux et le fer carburé *liquide*, c'est à dire la fonte.

Ouvrons ici une parenthèse pour noter que le bas-foyer donnait — quelque expérimentés que fussent les ouvriers — des produits fort variables quant à leurs propriétés physiques. (Nous ne parlons pas de la composition chimique dont on se préoccupait peu alors.) Quand l'affinage avait été conduit normalement, on obtenait du fer doux nerveux de toute première qualité assez difficile même à reproduire par les procédés modernes. D'autre part l'excès d'affinage donnait un fer *brûlé*, cassant et impropre aux délicats travaux qu'on exécutait alors.

Un manque d'affinage donnait un métal plus carburé, dur et cassant, prenant la trempe et qui n'était autre que *l'acier* dont nos artisans savaient tirer très intelligemment parti pour la fabrication des articles de coutellerie, des instruments aratoires, etc.

De ce qui précède nous pouvons affirmer que la découverte de l'acier est contemporaine de celle de la fabrication du fer par la méthode directe.

Nous reviendrons plus loin sur la production de ce métal ;

pour le moment reprenons notre historique au moment où l'agrandissement des Stuckofen amena la production de la fonte considérée dans les premiers temps comme un déchet de fabrication réutilisable. Nous sommes aux XI^e et XII^e siècles.

Par un instinct d'intuition qui l'a de tout temps caractérisé, l'ouvrier liégeois ne chercha pas à éviter la production accidentelle de la fonte, il s'attacha plutôt à en tirer parti. Partant de ce principe que l'exhaussement du bas foyer amenait avec une notable économie de combustible, la production d'un métal nouveau, il entrevit tout l'intérêt qu'il y avait dans l'étude des propriétés de ce métal et son traitement ultérieur pour le convertir en fer malléable. Il y parvint et créa le procédé d'affinage qui fut baptisé du nom de son pays d'origine, c'est-à-dire : « *méthode wallonne* » et que d'autres peuples adoptèrent aussitôt : la Suède et l'Allemagne notamment.

Cette découverte capitale, essentiellement liégeoise — plusieurs auteurs s'accordent à le reconnaître — fut le point de départ, nous l'avons dit, d'une transformation radicale des procédés de fabrication. L'ancienne méthode nommée *procédé direct* fit place à la nouvelle appelée par opposition *procédé indirect*, on a vu pourquoi.

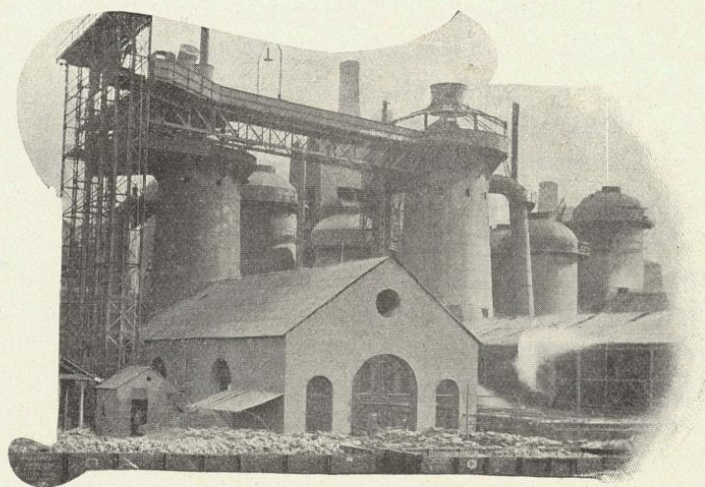
La méthode d'affinage par le procédé wallon consistait à fondre lentement, goutte à goutte, le saumon de fonte dans un petit foyer, au contact du charbon de bois. Le four avait 2 1/2 pieds de long sur 2 de large et 1 de profondeur. La réduction des impuretés contenues dans la fonte, s'opérait grâce à l'action de l'oxyde de carbone produit par l'insufflation de l'air, grâce à l'action de l'oxygène de l'air lui-même. Des scories riches des opérations précédentes étaient aussi ajoutées à la fonte et intervenaient également au point de vue chimique dans les réactions de l'affinage.

On fabriquait de 30 à 50 kilogr. de fer par opération d'une durée de 28 minutes environ, soit une production hebdomadaire de 6 tonnes. Chaque tonne de fer exigeait l'emploi de 1.250 kil. de fonte, d'où un déchet de 20 %. Le prix de revient de 1.000 kilogr. de fer oscillait — en bonne marche — entre 400 et 500 francs.

Ce procédé fut le point de départ d'une série d'autres et ne différait sensiblement pas des méthodes dénommées par la suite : « *suédoise*, » « *anglaise*, » « *styrienne*, » « *de l'Eifel*, » etc., et permit à la Suède la fabrication de ses fers du Dannemora universellement renommés.

« Ce fut surtout dans le Pays de Liège, dit Franquoy (1), que la fabrication du fer par l'affinage de la fonte se généralisa et acquit de l'extension. Ce fut pour lui, pendant 3 siècles, un monopole qui défie toute concurrence. Ainsi, tandis que la France ne connaissait encore que le travail aux feux catalans; tandis que l'Allemagne, l'Angleterre et la Suède suivaient les vieux errements, les nombreux et vastes fourneaux de Liège, Namur et Luxembourg alimentaient le commerce du monde entier. »

L'ancien bas-foyer avait vécu chez nous, aussi au XIII^e siècle on produit régulièrement la fonte et les hauts-fourneaux semblent nettement caractérisés au XIV^e siècle.



L'aperçu qui précède montre la contribution des Liégeois dans les perfectionnements ayant amené la création des hauts-fourneaux proprement dits.

Par haut-fourneau il ne faut naturellement pas entendre ici l'appareil dont le profil majestueux actuel est connu de tous. Non ! Jusque vers 1500 le profit consistait simplement en une pyramide quadrangulaire tronquée dont les dimensions devaient encore être relativement restreintes. Ce n'est qu'après qu'on lui donna la forme intérieure que nous lui connaissons, laquelle, prise dans son ensemble, ne fut pas beaucoup modifiée par la suite. Le profil de nos hauts-fourneaux modernes ne varie que par les dimensions ou la hauteur des diverses zones de l'appareil.

Le fait ne doit pas nous surprendre beaucoup. Aux diverses époques on a observé que le haut-fourneau en marche *formait son profil*, et à la mise hors feu on remarquait que le vide intérieur s'était modifié en s'appropriant aux diverses conditions de marche. On tirait de ce fait des indications précieuses pour le tracé du profil des nouveaux hauts-fourneaux à construire.

A titre documentaire il sera intéressant de citer ici quelques dates relatives à l'érection des hauts-fourneaux dans notre province. Nous les extrayons des intéressants mémoires de Franquoy (1) et Warzée (2).

La création des hauts-fourneaux de Grivegnée paraît antérieure à l'an 1400 et serait contemporaine de celle des Venues. Vers l'an 1500, cette usine déjà connue sous le nom de *fourneau*, reçut comme annexe un martinet pour le fer. De 1700 à 1750 on s'y occupait spécialement de « *moulages* ».

Le fourneau si connu de Ferrières semble avoir été établi avant 1468. Comme ceux des Venues, on y fabriqua surtout du moulage, la nature des minerais du voisinage favorisant cette industrie. Une pièce, datée de 1748, nous apprend que le fourneau de Feroz (Ferrières) fait la poterie de fer, et que le propriétaire P. J. Hauzeur, a trouvé, à proximité — au village

(1) Déjà cité.

(2) *Exposé historique de l'Industrie du fer dans la province de Liège*, par André WARZÉE, 1861.

de My — le sable et l'argile propres à la confection de ses moules.

Quant à l'usine de Dieupart, sur l'Amblève, elle remonte à une époque si reculée que les titres en vertu desquels elle a été fondée sont depuis longtemps perdus. Selon toute probabilité, elle date du XV^e siècle. Elle comprenait un haut-fourneau et deux foyers pour l'affinage de la gueuse. Le fourneau de Dieupart utilisait des minerais locaux mélangés à un peu de mine du Luxembourg. Il produisait un fer excellent qui alimentait, vers 1750, les batteries de Theux.

Il paraît certain qu'un haut-fourneau exista à Colonster. Celui de Spa a une origine plus ancienne ⁽¹⁾. Le fer qui en provenait était spécialement réputé pour la fabrication de la tôle. La fonte de Spa était travaillée à la grosse forge de la Bouxherie près de Theux. Dans une demande de maintenance adressée au préfet de l'Ourthe, le 14 Messidor an II, on lit notamment : « C'est le plus ancien du département et celui qui a donné le meilleur fer à cause des minerais du voisinage. »

Un autre fourneau très connu, destiné au moulage et surtout à la fabrication de la poterie de fer, fut établi au hameau de la Chanxhe, commune de Sprimont, en 1734, par Marie-Anne-Françoise de Lezaack, veuve de Philippe-Joseph Hauzeur. Un document officiel de 1765, dit : « A Chanxhe, au bord de la rivière l'Ourthe, il y a une fabrique de poteries, plaques et autres espèces de fer coulé, qu'on débite le long de la Meuse, du Bas-Rhin, de la Moselle, dans les Pays-Bas, le Pays de Liège et la France. On tire les mines de fer du pays de Stavelot, de Liège, de Limbourg (Sprimont dépendait du pays de Limbourg) et de Luxembourg, pour en faire un mélange de douze à quatorze qualités différentes ; le charbon de bois est tiré du pays de Stavelot et du Luxembourg ; pour fabriquer les moules on

(1) Un acte du 11 décembre 1636, émané du Prince de Liège, portant « rendage de la forge et fourneau que soloit appartenir à feu le trésorier général Maretz ». Ce haut-fourneau existait encore en 1820.

se sert de la fiente de cheval, de sable et de la terre glaise, et l'on cuit ces moules avec du charbon. On emploie à cette fabrication 34 ouvriers, 9 à 12 bateliers, beaucoup de charretiers, de mineurs, de bûcherons et de charbonniers. »

Citons, enfin, pour mémoire, les fourneaux de Roche à Frène, des environs de Huy et de Juslenville, tous très anciens et cités dans nos annales.

Les souffleries dont on disposait au moment de l'érection des premiers hauts-fourneaux étaient encore bien primitives. Elles consistaient en soufflets de cuir à simple ou à double effet actionnés par manèges ou roues hydrauliques. Dans ces conditions, la production devait être très faible ; c'est, en effet, ce qui résulte des quelques chiffres que nous possédons et d'après lesquelles elle n'aurait pas dépassé 1.000 à 1.200 kilos par 24 heures jusque vers la fin du XVIII^e siècle ⁽¹⁾.

Malgré cette faible production, il se présenta au Pays de Liège l'inquiétant point d'interrogation qui se pose presque simultanément dans les principaux centres industriels. Le combustible végétal se faisant rare, par quoi allait on le remplacer ? Dans le principe, on entrevoyait le moment très rapproché où, par suite du déboisement de nos forêts, il aurait fallu transplanter cette industrie au développement de laquelle nous avons tant contribué.

Nous savions que nos richesses en charbon fossile nous auraient permis d'envisager l'avenir avec calme et sécurité si nous avions possédé le secret pour remplacer le charbon de bois par la houille. Malheureusement, les quelques essais tentés dans cette voie ne nous autorisaient pas d'espérer beaucoup.

Plusieurs industriels, aventuriers et autres, vinrent chez nous avec le prétendu « *secret infailible pour fondre la mine de fer avec la houille* ». On cite notamment un certain gentilhomme bohémien, Octavius de Strada, qui obtint du Prince

(1) En 1837, le fourneau de Chanxhe ne produisait par an que 3.500 quintaux de fonte en gueuses et de pièces de moulage.

Evêque de Liège, le 21 juin 1625, un privilège de 25 ans pour l'exploitation de son procédé, après avoir exposé au Prince que
« comme il aurait plu à Dieu après une longue, pénible et
» coustageable recherche luy faire l'ouverture de faire fondre
» la mine de fer et tous aultres métaux, les raffiner et
» accomoder à leur usaige *avec le feu de houille*, invention
» autant désirée qu'utile et profitable, signamment au pays de
» Liège où la houille est comune et les minières si abondantes
» qu'ils ne peuvent la plus forte parte estre mise en œuvre à
» faulte de bois ».

Le Prince Evêque qui s'était réservé le 13^e denier sur les bénéfices éventuels du seigneur de Strada, ne toucha pas un liard de ce chef et pendant longtemps encore on fit usage du charbon de bois.

En 1776, le sieur Blakey annonça aussi qu'il connaissait le procédé de fusion des minerais de fer au moyen du charbon de terre. Il offrit de nous vendre son secret moyennant paiement de 500.000 livres ou bien aux termes d'une combinaison financière dont le principal article lui assurait les 75 % des bénéfices réalisés. Blakey voulait construire l'usine de toutes pièces, et sur la remarque très sage qu'on lui fit, qu'il pourrait expérimenter sur l'un des nombreux fourneaux en marche, l'affaire n'eut pas de suite.

Pendant ces entrefaites, l'Angleterre, aussi intéressée que nous dans la solution de cet important problème économique, lui fit faire de grands pas, et la première, vers 1750, parvint à remplacer le charbon de bois par le coke ou la houille dans les hauts-fourneaux.

D'après les annales métallurgiques anglaises, il paraîtrait que vers 1619, Dud Dudley de Fipton avait déjà résolu la question. Ce n'est cependant que plus d'un siècle après, que le nouveau mode de fabrication semble sortir de la période d'essais et de déboires et qu'on nous apprend qu'Abraham Darby produisit des fontes au coke à l'usine de Colebrook Dale (Shropshire).

Les premiers essais pour la production des fontes au coke furent exécutés en 1769 dans la province de Liège ⁽¹⁾.

Etant donné l'impulsion que le nouveau procédé donna par la suite à la métallurgie du fer, nous ne résistons pas au désir de reproduire — d'après Warzée — le récit qu'un contemporain, le receveur des douanes de Barvaux, fit des expériences :

« Vers le 20 mars 1769, les sieurs de Limbourg frères et C^o ont fait les épreuves à leurs fourneau et forges lez-Theux, terre liégeoise. Ils ont pris la meilleure houille que possible et l'ont fait calciner au grand air, mais il resta encore certaines matières sulfureuses. Ils ont mis la quantité ordinaire de mines, et au lieu de 2 400 livres par 24 heures, savoir : deux gueuses de 1.200 livres chaque (avec le charbon de bois) ; ils n'ont eu avec la houille que 1.800 livres, savoir : deux gueuses de 900 livres chacune ; ainsi diminution de $\frac{1}{4}$ le premier jour de l'essai.

» Le second jour, leur fourneau suffoca, attendu qu'on y avait mis plus de mine pour récupérer la diminution du premier jour ; la houille ⁽²⁾ ne put faire fondre le fer et le tout resta en masse au fourneau.

» Des deux gueuses ils en ont fait du fer en barres, au moyen du charbon de bois et quelques platinages à Theux. Les dits Limbourg en portèrent au Prince de Liège, lequel s'en est fait faire une paire de boucles et une fourchette. Le Prince et le Conseil privé inclinèrent à faire un don de reconnaissance pour la découverte, mais les Etats s'y sont opposés comme indépendants et chefs des deniers publics.

» La plupart des gens des environs de Theux se moquent de ces tentatives, et plusieurs disent que c'est principalement pour répandre un bruit en vue de quelque chose.

» L'on assure qu'ils recommenceront encore les épreuves, que les dits Limbourg se flattent de ne rien risquer du leur, que le Prince les indemnise et doit avoir donné 8 000 florins de sa bourse. Ils se sont proposé de calciner la houille dans des fours, afin d'en mieux ôter la matière sulfureuse et en amoindrir la diminution ; les dessus des trois fours ont crevé, n'ayant pu résister ; ils vont les couvrir avec des espèces de chaudières en fer, afin de prévenir cet inconvénient.

(1) Les *Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, imprimés en 1788, font mention d'essais pratiqués dans le même but par l'abbé Needham, membre de la dite académie.

(2) Nous supposons qu'il s'agit toujours de coke qui paraît avoir été préparé spécialement en vue de ces essais.

» A leur prochaine épreuve, ils se proposent de ne charger les mines au fourneau qu'à fur et mesure que la houille fondera le fer, qu'ainsi ils croient mieux réussir, et quelques fondeurs espèrent d'y parvenir.

» Un certain marchand de Liège nommé Rahier, a mis de ce fer en œuvre et l'a trouvé de la qualité de celui de Habay (Forge de la province de Luxembourg) et même un peu mieux, mais plus cher de 3 1/2 sols de Liège que celui du Luxembourg rendu à Liège »

On le voit, les choses ne marchèrent pas trop bien dans le principe. Cependant il n'y a pas de doute que nous n'eussions résolu le problème si nos métallurgistes de l'époque eussent pu poursuivre leurs essais en toute tranquillité.

Malheureusement la commotion sociale de 1789 vint interrompre ces travaux intéressants en plongeant l'industrie liégeoise dans le marasme le plus complet et en paralysant pendant plusieurs années le développement des affaires industrielles ⁽¹⁾.

Après l'annexion, notre province se confondit avec le département de l'Ourthe qui forma un centre de production de la fonte que la France mit largement à contribution, spécialement pour la confection du matériel de guerre. Cette situation amena quelques années de prospérité pendant lesquelles la fonte se fit rare, notamment au Pays de Liège, par suite de la mise en marche — en 1805 — de la Fonderie Royale de Canons. Les fontes au bois qu'on y employait se payaient alors 220 à 280 francs la tonne et provenaient partie de Dieupart, partie de la province de Namur.

Avant de poursuivre notre historique, jetons un coup d'œil sur les progrès de l'emploi de la fonte ⁽²⁾ et de la fabrication du

⁽¹⁾ Avant la révolution, la province de Liège comptait 18 hauts-fourneaux produisant annuellement 3 933.000 k^{os} de fonte.

⁽²⁾ Bien que la question de l'emploi de la fonte pour la fabrication des pièces moulées ne rentre pas dans le cadre de notre travail, il convient cependant de signaler l'importance qu'eut de tout temps cette branche de l'industrie au pays de Liège.

L'apparition du moulage (XIII^e siècle) se confond avec celle de la fonte

fer proprement dite, non sans avoir toutefois signalé — au commencement du siècle dernier — l'apparition de la machine à vapeur. C'est à cette dernière que nous sommes redevables de l'essor merveilleux que prit par la suite la métallurgie du fer.

Le lecteur voudra bien se reporter avec nous à l'époque où le fer était purement et simplement martelé et façonné en barres plus ou moins grossières sous la forme desquelles il était vendu.

Ce procédé primitif, outre qu'il ne permettait qu'une faible production, ne donnait que des produits à demi finis demandant de nouvelles manipulations pour être appropriés à l'usage de la clouterie qui constituait alors le principal débouché.

Cet état de choses ne devait pas perdurer longtemps, grâce à l'initiative de nos compatriotes qui introduisirent sur le conti-

et nous pouvons dire que la réputation du mouleur liégeois fut toujours hautement appréciée.

Fréquemment on eut recours à nos artisans pour aller initier au travail nos voisins beaucoup moins avancés que nous.

En 1616, par exemple, nous voyons l'intendant de Philippe III, après une visite de nos installations, recommander à son roi « *un engin pour, en fer de fonte, faire toutes sortes de chaudrons, pots, landiers (chenets) et fer pour les cheminées avec leurs armoiries.* » Le Roi, entrevoyant tout l'intérêt d'une pareille fabrication en Espagne, embaucha quelques Liégeois chargés d'initier les étrangers aux secrets de notre industrie du moulage (Voir *Les Rues de Liège*, par TH. GOBERT, t 1, p. 520).

L'exode de nos compatriotes à l'étranger permit à ce dernier de nous faire une concurrence dont les effets se manifestèrent vers 1700. A cette époque, à la requête des maîtres de forges, le Prince publia une ordonnance interdisant l'érection de nouveaux hauts-fourneaux pendant 25 ans, afin de permettre l'écoulement des « millions de poteries de fonte » dont les requérants se trouvaient chargés.

Le mouleur liégeois sut assortir dans son lit de fusion les diverses qualités de minerais lui permettant d'obtenir les fontes les plus convenables pour ses divers genres de travaux. Il était d'autre part d'une rare habileté et aujourd'hui encore on rencontre chez nous de vrais artistes dont les travaux font l'admiration des gens de métier:

nent les « *fenderies* » qui venaient d'être établies à Darford, en Angleterre, vers 1590 ⁽¹⁾.

Mais qu'était-ce qu'une fenderie ? Nous ne croyons mieux faire qu'en en donnant la description qu'en fait Thomassin, fonctionnaire de l'empire français, qui écrivait au commencement du siècle dernier. Nous trouvons cette description dans le très intéressant ouvrage de Th. Gobert : *Les Rues de Liège*, t. 1, p. 491.

« Une fenderie, dit-il, se compose d'une forge à 2 feux et de 2 cylindres mus par l'eau comme ceux des laminoirs : le 1^{er} est uni et le second armé de taillands et de rainures parallèles entre elles et perpendiculaires à l'axe. Chaque barre chauffée au degré nécessaire est présentée par le forgeron, au cylindre uni ; après avoir été laminée, elle est reçue par un second ouvrier, pour être immédiatement soumise à l'action des taillands, lesquels « *fendent* » et divisent cette lame en plusieurs vergettes qui leur sont égales quant à la longueur et à l'épaisseur ; un troisième recueille ces baguettes au fur et à mesure qu'elles se détachent du second cylindre et un quatrième s'en empare pour les réunir en bottes, en constater le poids avant de les déposer en magasin, d'où elles sont livrées au commerce ou aux marchands qui font fabriquer des clous. Le fer éprouve à la fenderie un déchet s'élevant à 5 %. L'on paye pour fendre 1.000 k^{os} de fer en barres, 12 francs ; le prix du fer étant de 420 frs le millier il s'ensuit que les 1.000 k^{os} sortant de la fenderie reviennent à 432 frs ⁽²⁾.

» Chaque fenderie fournit ordinairement 30.000 k^{os} de fer en baguettes par semaine, et comme ces usines ne sont en repos que pendant les temps d'inondations et les fortes gelées, on peut assurer qu'elles sont en activité pendant 10 mois de l'année, et que les 4 fenderies fournissent annuellement 5 280.000 k^{os} de fer en baguettes pour la clouterie. »

« Thomassin ne cite en effet — dit Gobert — que 4 fenderies pour tout le département de l'Ourthe : une en Henne (Vaux-sous-Chèvremont), chez André Grisard ; la seconde à Colonster (Angleur), chez Daniel et

(1) L'invention des fenderies, dit Valérius, a précédé d'un demi-siècle celle des laminoirs ; il paraît qu'elle a été faite en Lorraine vers 1650.

(2) Ou plus exactement $\frac{420 \text{ fr} + 12 \text{ fr.}}{1000 \text{ k} - (1000 \times 5 \%) } = \frac{432}{950} = 455 \text{ fr. environ.}$
(Note de l'auteur.)

C. Grisard ; la troisième et la quatrième à Sauheid, chez André de Donéa et chez Collard. La première était mue par la Vesdre, les trois autres par l'Ourthe. »

La fenderie, on le voit, constituait déjà le principe du laminage. Ce dernier, cependant, n'aurait été inventé que vers 1783, par l'Anglais Cort, à qui nous sommes aussi redevables du procédé du puddlage au four à réverbère et datant de la même époque.

Dans son *Traité de Métallurgie*, Percy dit qu'en 1783, Cort avait pris un brevet pour les soi-disant laminoirs à rainures ou cannelés, connus aujourd'hui (1865) sous le nom de « laminoirs à puddler », à l'aide desquels la loupe, provenant d'un forgeage préliminaire de la balle, pouvait être étirée en barre, au lieu d'être étirée sous le marteau comme elle l'avait été jusqu'alors.

Ce n'est que vers le commencement du siècle dernier que les laminoirs proprement dits font leur apparition chez nous. Avant cette date, tous les produits finis des usines à fer étaient fabriqués au moyen des nombreux marteaux, makas ou martinets actionnés par des « tournants » (roues hydrauliques) établis sur les bords de l'Ourthe, de la Vesdre ou du Hoyoux. Certaines fabrications spéciales, comme celle de la tôle par exemple, à l'aide de ces appareils, exigeaient — on le conçoit — des ouvriers extrêmement habiles. On en trouva beaucoup dans notre province et cette fabrication se localisa surtout dans les environs de Huy, qui devint un des centres producteurs de tôles fines les plus renommés du continent. Aujourd'hui encore, les produits spéciaux des bords du Hoyoux sont très appréciés sur les marchés étrangers.

Ce que nous disons à propos du travail du fer s'entend aussi du travail de l'acier. On a vu que dans le principe l'acier était obtenu avec le fer et constituait un produit intermédiaire entre celui-ci et la fonte. Ses propriétés spéciales avaient attiré l'attention de nos métallurgistes sur l'intérêt que présenterait un mode de fabrication régulière de ce métal. Il paraîtrait qu'ici encore la sagacité des Liégeois triompha des difficultés

du problème et créa, vers 1613, le procédé connu sous le nom de *cémentation*.

Le principe de la fabrication repose sur ce fait que le fer chauffé au contact du charbon absorbe ce dernier (se cimente) et se transforme en fer plus ou moins carburé, c'est-à-dire en acier plus ou moins dur.

L'opération se pratique dans des caisses réfractaires rectangulaires renfermant les barres de fer noyées dans le *cément*, charbon de bois ou houille menue. Ces caisses sont chauffées vers 1.000° environ pendant le temps nécessaire, le terme de la réaction étant accusé par des éprouvettes qu'on peut retirer, inspecter et soumettre aux essais voulus.

Le travail subséquent des barres en assurait l'homogénéisation et les rendait propres aux divers usages de l'acier ; on fit mieux cependant par la suite en fondant au creuset le fer cémenté et en créant un nouveau produit dénommé *acier fondu*.

Disons cependant que malgré nos efforts, l'acier liégeois n'acquit jamais la renommée des produits similaires anglais ou allemands, infériorité qu'on peut attribuer à la composition de nos minerais généralement phosphoreux et sulfureux. On verra par la suite que dès que les conditions le permirent, nous sûmes nous rattraper.

Nous ne terminerons pas ce chapitre sans noter en passant les travaux remarquables des frères Poncelet, de Liège, qui obtinrent en 1808 le prix de 4.000 francs institué par la Société d'Encouragement, pour leur fabrication d'acier fondu au creuset.

Nous avons esquissé les phases principales par lesquelles a passé la sidérurgie liégeoise sous le régime français.

A partir de 1815, c'est-à-dire quand nous fûmes réunis à la Hollande, nous entrons dans une période nouvelle.

A priori il semblait que l'annexion devait nous ouvrir de nouveaux débouchés pour l'écoulement de nos produits à l'étranger, mais malheureusement il n'en fut pas ainsi, du moins dans les premières années du nouveau régime. Au contraire, certaines mesures douanières permirent aux Anglais l'importation de leurs fontes en franchise, alors que nos produits étaient frappés

de 2 florins *à la sortie*. D'autre part le gouvernement perçut un droit de 7 florins 43 par tonne sur la consommation des charbons indigènes. Ajoutons à cela d'autres considérations d'ordre politique dans lesquelles nous n'avons pas à intervenir et nous ne serons pas surpris de trouver l'industrie dans le marasme le plus complet vers 1818.

Les Pouvoirs s'émurent de cet état de choses et rapportèrent les mesures vexatoires édictées un peu à la légère. A partir de ce moment une ère nouvelle de prospérité se dessine, coïncidant avec l'apparition de la machine à vapeur, l'admirable invention de l'Anglais Watt.

Ici entrent en scène deux métallurgistes de 1^{er} ordre dont la haute intelligence et l'esprit d'initiative suffirent à relever complètement notre industrie et surtout à l'asseoir définitivement sur des bases solides. Nous avons nommé Orban et Cockerill.

« Henri-J. Orban, dit Warzée, fut un des premiers à établir des machines à vapeur pour l'extraction de la houille, des rainures en fer au fond des charbonnages, à employer dans les galeries souterraines des chevaux pour la traction des charriots, à monter des laminoirs pour étirer le fer, à construire des navires en fer. A Grivegnée il créa des établissements où le minerai se transforme en fonte, le fer en tôle en barres et en fils de toute espèce. La perfection de ses produits est attestée par les distinctions obtenues dans les solennelles exhibitions du travail, ouvertes tant en Belgique qu'à l'étranger. Il a pour ainsi dire donné au fer et à la houille toutes les applications dont ils sont susceptibles. »

Cockerill père et fils s'installèrent à Liège en 1802 et y fondèrent — au pied du Pont des Arches d'abord — au Pont des Jésuites ensuite, une fabrique de machines à l'usage des filateurs.

Doués d'une énergie peu commune, ils surent faire prospérer leur entreprise d'une façon remarquable et force fut de chercher à agrandir les installations.

Les frères Cockerill (restés seuls dans l'affaire) avaient remarqué la position superbe de Seraing. Le 25 janvier 1817 ils acquirent pour la somme de fr. 45.000 — le château des Prin-

ces-Evêques et ses dépendances et y créèrent les remarquables établissements qui prirent par la suite un si grand développement.

Nous bornerons à ces simples citations notre récit biographique sur Orban et Cockerill et nous reprendrons notre exposé des progrès de la sidérurgie.

Après l'installation de 2 petits hauts-fourneaux au bois, dont la production ne suffit plus bientôt au besoins de la fonderie, Cockerill demanda en 1821 l'autorisation de construire un haut-fourneau au coke, le 1^{er} dont il soit fait mention dans la province de Liège.

L'érection de cet appareil fut confiée à l'ingénieur anglais Mushet, qui commença les travaux en 1824 et put mettre à feu en 1826 (1).

Les dimensions de ce fourneau étaient :

	Hauteur	Diamètre
Cheminée au Gueulard	4 ^m 86	1 ^m 70
Cuve	9 ^m 70	1 ^m 68
Ventre		3 ^m 60
Etalages	2 ^m 75	0 ^m 97 au bas
Creuset et ouvrage	8 ^m 05	0 ^m 76 au fond

Le vent était fourni par une machine à vapeur.

Malgré les progrès accomplis dans la fabrication de la fonte au coke par nos voisins d'Outre-Manche, l'ingénieur Mushet ne réussit pas tout d'abord. Le profil du fourneau était défectueux et le diamètre du gueulard notamment trop étroit. D'autre part, la fabrication du coke était encore dans l'enfance de l'art et ne fournissait que des produits médiocres, malgré qu'on n'employât que les houilles de tout premier choix. On

(1) Pour cette partie de notre travail, nous avons puisé très utilement dans l'intéressante brochure de M. P. JACQUEMIN : *Notice sur les établissements de la Société John Cockerill*, publiée à l'occasion de l'Exposition nationale de 1880 à Bruxelles.

modifia le profil en marche, perfectionna la calcination de la houille, et alors le fourneau marcha avec une production journalière oscillant entre 6 et 11 tonnes, suivant qu'on fabriquait du moulage ou de l'affinage — chiffres non encore atteints à cette époque. Le minerai traité était grillé au préalable.

Le traitement de la fonte pour la fabrication du fer s'effectuait à Seraing par la méthode dite « *à l'anglaise.* » Installée en 1824-25 et 1826, cette division des établissements Cockerill comprenait :

Une finerie, 5 fours à puddler, 3 fours à réchauffer, un four à recuire, un laminoir à barres, 2 laminoirs à fer finis, un laminoir à tôles, un marteau cingleur, un marteau à brâmes, un martinet et 2 cisailles. Elle comprenait la plus belle chambre de machines qui fut alors, laquelle contenait une machine soufflante de 100 chevaux, une machine de 120 chevaux communiquant le mouvement à 4 laminoirs, 2 machines de 12 chevaux actionnant des marteaux, une machine de 8 chevaux pour tour à cylindres, les 4 premières à balancier, à basse pression, détente et condensation.

Le « *finage* » ou « *mazéage anglais* » consistait à fondre la fonte au milieu d'un fort courant d'air dans un foyer alimenté au coke. Après la fusion on donnait le vent pendant quelque temps après quoi on faisait la coulée — en plaques minces — du « *fine metal* » obtenu qu'on refroidissait aussi rapidement que possible par aspersion d'eau.

Le foyer dans lequel se pratiquait ce premier affinage de la fonte affectait la forme d'un rectangle de 1^m25 de long sur 1^m00 de large formé par des bâches en fonte à courant d'eau. La profondeur, variable avec la nature des fontes à traiter oscillait entre 0^m20 et 0^m30. Une rangée de 3 tuyères sur chacun des côtés latéraux amenait le vent à la pression à laquelle on l'insufflait dans le haut-fourneau. Ces tuyères étaient plus ou moins inclinées sur le bain métallique suivant que les fontes étaient plus ou moins faciles à affiner.

Le but du finage était d'enlever une certaine quantité d'impuretés à la fonte et d'en faciliter ainsi l'opération subsé-

quente du puddlage. De cette double épuration de la fonte résultait des produits de toute 1^{re} qualité, notamment pour la fabrication des tôles.

Le finage s'effectuait généralement sur 1.000 à 1.500 kilogr. de fonte et la durée d'une opération était de 2 h. $\frac{1}{2}$ en moyenne. Le déchet atteignait 15 à 18 % et on consommait 35 kilogr. de coke par 100 kilogr. de fine métal obtenu. La valeur du fine métal était généralement celle de la fonte employée augmentée de 4 fr. par 100 kilogr.

Nous donnons ci-dessous un petit tableau montrant la différence entre la fonte brute et finée.

FONTE BRUTE				FONTE FINÉE				PERTES
Carbone	Silicium	Soufre	Phosphore	Carbone	Silicium	Soufre	Phosphore	
3.72	1.27	0.029	0.719	3.49	0.114	0.025	0.370	Carbone 8.5 %
3.70	1.26	0.042	0.744	3.33	0.128	0.023	0.358	Silicium 90.0 %
3.88	1.22	0.033	0.544	3.41	0.128	0.023	0.303	Soufre 29.4 %
3.68	1.25	0.033	0.565	3.34	0.130	0.025	0.490	Phosphore 40.9 %
3.729	1.250	0.034	0.643	3.412	0.125	0.024	0.380	

Le puddlage, dont nous avons signalé l'invention en 1783, consiste aussi à enlever — mais plus complètement — les impuretés de la fonte au moyen de l'oxygène de l'air, de scories, d'oxyde de fer, etc...

La fonte (ou le fine métal) est d'abord fondue dans un four à réverbère. Elle y est brassée énergiquement au contact de la flamme et des réactifs ajoutés, ce qui lui fait perdre en plus ou moins grande partie ses impuretés, silicium, manganèse, soufre, phosphore et carbone. Au fur et à mesure de l'oxydation de ces éléments, le fer « prend nature » et le puddleur en forme des balles appelées « loupes » pesant de 40 à 50 kilog. qui sont alors

soumises aux marteaux pour en expulser les scories interposées et donner plus de compacité à la masse avant qu'elle ne passe aux laminoirs pour être transformée en fer dit « ébauché ».

Différents procédés de puddlage ⁽¹⁾ furent préconisés, dont la description nous entraînerait trop loin ; nous nous contenterons de résumer, dans le tableau ci-dessous, les données que nous possédons relativement à l'affinage au four à puddler, suivant qu'il s'agit du traitement de la fonte grise, de la fonte blanche ou du fine métal :

	Fonte GRISE.	Fonte BLANCHE.	FINE MÉTAL.
Poids de fonte affinée par opération	230 k.	230 k.	230 k.
Durée d'une opération . . .	2 h. à 2 h. 1/2	1 3/4 à 2 1/4 h.	1 1/2 à 2 h.
Consommation de houille par tonne d'ébauchés produite.	1200 k.	1000 k.	800 k.
Déchet	10 à 15 %		9 à 10 %

De 1820 à 1830, les deux principales usines de notre province, celles de Seraing et de Grivegnée, acquièrent de plus en plus d'importance ; les autres petites forges, laminoirs, etc., transforment leur matériel et se mettent au niveau des idées nouvelles. Les conditions du marché étaient satisfaisantes, mais nos populations ne pouvaient s'asservir au régime hollandais.

Les historiens nous ont narré les causes qui amenèrent la révolution de 1830, qui assura d'une façon définitive l'indépendance dont nous célébrons aujourd'hui le 75^e anniversaire ; pour nous, métallurgistes, retenons que ces événements para-

(1) « Le système qui consiste à convertir la fonte en fer par le moyen de la houille, en la faisant passer dans des fours à puddler et à réchauffer appelés fours à réverbère, date de 1821 ; il a été entrepris presque en même temps par Cockerill, Orban et Hannonet-Gendarme dans notre province et par Huart dans le district de Charleroi ». (BRIAVOINE, *De l'Industrie en Belgique*, t. I, p. 259.)

lysèrent de nouveau la marche des affaires et nous fermèrent certains débouchés.

La crise fut cependant de courte durée et fut suivie d'une reprise des affaires telle, qu'on en chercherait vainement un autre exemple dans les annales de la sidérurgie.

Les années 1835-1836 sont des dates à retenir parce qu'elles marquent la fondation de plusieurs de nos principaux établissements industriels à la faveur des grandes Banques de Crédit qui venaient aussi de prendre naissance. (D'après Franquoy.)

C'est d'une espèce de fièvre industrielle que sont atteints nos capitalistes qui créent successivement :

En 1835 : La Société des Vennes au capital de	650.000 fr.
En 1835 : La Société des Charbonnages et Hauts-Fourneaux d'Ougrée au capital de . .	2.400.000 fr.
En 1836 : La Société St-Léonard pour la fabri- cation des machines	1.600.000 fr.
En 1836 : La Société des Charbonnages et Hauts-Fourneaux de l'Espérance	4.000.000 fr.
En 1837 : La Société de la Fabrique de Fer d'Ougrée.	3.500.000 fr.
toutes les cinq fondées sous le patronage de la Banque de Belgique,	
et en 1836 : La Société de Sclessin au capital de	8.000.000 fr.
sous les auspices de la Société Générale.	

La construction des premiers chemins de fer, en 1835, contribua pour beaucoup à ce développement extraordinaire de l'industrie au pays de Liège ⁽¹⁾ dont la fabrication des rails constitue toujours un des principaux éléments de la production.

(1) Un des premiers chemins de fer du continent fut construit en Belgique; de Bruxelles à Malines d'abord, d'Ans à Anvers ensuite. Cockerill fournit en 1835 la 1^{re} locomotive et les 1^{ers} rails fabriqués sur le continent.

Malheureusement, quelques années après, survint ce qui devait fatalement arriver. La production de ces divers établissements, fondés en l'espace de deux années, disproportionnée aux besoins, amena la crise financière de 1839.

Des 15 hauts-fourneaux en activité en 1838, il n'en resta que 6 en 1839 et l'on vit le prix des fontes de moulage, par exemple, s'abaisser de 220 à 160 francs la tonne.

A partir de 1844, les affaires reprennent, grâce aux demandes de l'Allemagne qui trouve nos fontes supérieures à celles de l'Ecosse. Les prix sont très bas (94 à 122 fr. la tonne), mais à la faveur de certaines réformes économiques dont bénéficie le prix de revient, on rallume de nouveaux fourneaux dont le nombre — en activité — s'élève à 17 en 1847.

Une nouvelle crise, politique, celle-ci, replonge, en 1848, les affaires dans le marasme et nous devons nous reporter deux ans plus tard pour constater une légère amélioration, bien caractérisée en 1853, par une reprise générale des affaires.

Au point de vue des progrès accomplis, la période tourmentée dont nous venons de donner un aperçu sommaire, est caractérisée par l'emploi de l'air chaud dans les hauts-fourneaux et l'utilisation des gaz perdus des mêmes hauts-fourneaux. Une autre découverte — capitale pour notre province — fut celle réalisée par la Société d'Ougrée, du traitement en grand des oligistes violets, qu'on n'avait pu jusqu'alors employer qu'en faibles quantités, malgré leur richesse et leur abondance. Nous jetterons un coup d'œil sur ces trois points :

La découverte de l'emploi de l'air chaud fut — pour nous servir de l'expression typique du Dr Percy — plutôt une heureuse rencontre qu'une invention proprement dite. L'idée en est attribuée à James Beaumont Neilson, directeur d'usine à gaz, qui la fit breveter en 1828.

L'air chaud fut appliqué pour la première fois aux usines de la Clyde qui, en 1830, virent descendre la consommation du coke de 8.200 kil. à 5.245 kil. par tonne de fonte, ces chiffres représentant une moyenne de 6 mois de marche. L'air était chauffé à 300° Fahrenheit (148° C.).

On augmente la température du vent jusqu'à atteindre celle de la fusion du plomb et en 1833 on fabriquait la tonne de fonte avec une quantité de combustible représentant 2.700 kil. de houille crue.

L'importance d'une telle amélioration ne devait pas échapper à nos métallurgistes, aussi l'emploi de l'air chaud fut-il essayé à Seraing en 1839.

Ceux qui ont étudié spécialement la conduite des hauts-fourneaux connaissent l'influence capitale de la température du vent sur l'allure de l'appareil, aussi n'est-on pas surpris de trouver dans le principe certains chefs de fourneaux absolument réfractaires au nouveau procédé, qui modifiait profondément les conditions de marche antérieures. Un des grands reproches qu'on faisait à l'air chaud était de produire des fontes trop sili-ceuses et partant *plus lentes à puddler*.

Quelques spécialistes prétendirent même que l'air chaud était plutôt nuisible ; ils appuyaient leur assertion sur ce fait que — toutes choses égales d'ailleurs — l'allure d'un haut-fourneau a une tendance à être plus chaude en hiver qu'en été ⁽¹⁾.

Au surplus, nous ne pouvons mieux montrer l'état d'esprit de certains industriels de l'époque, qu'en citant les passages suivants de l'ouvrage de Valérius ⁽²⁾. Cet auteur écrivait en 1843 :

« L'air chaud n'a plus de partisans en Belgique pour la fabrication des fontes. Depuis longtemps on n'emploie plus l'air chaud à Liège que comme remède. A Couillet, l'air chaud a été conservé plus longtemps parce que, d'après les idées théoriques en vogue, on le regardait comme un antidote du soufre. »

⁽¹⁾ Ce fait bien connu provient de ce que la quantité de vapeur d'eau dont l'air atmosphérique est toujours chargé, est en quantité beaucoup plus faible en hiver où elle descend jusqu'à 3 ou 4 grammes par m³, qu'en été où elle atteint parfois 20 grammes par m³. Cette vapeur d'eau injectée dans le fourneau se dissocie au détriment de la consommation de coke.

⁽²⁾ Ouvrage déjà cité.

Après avoir tenté de prouver que, loin de diminuer la teneur des fontes en soufre, l'air chaud en augmentait le pourcentage, Valérius ajoute : « A l'époque où l'on s'est servi de l'air chaud aux usines d'Ougrée et de Sclessin, pour la fabrication des fontes d'affinage, on a observé que lorsque la température de l'air était trop élevée, il se formait des taches blanches plus ou moins grandes dans les fontes grises, etc. ... »

Nous nous bornerons à ces citations et nous nous hâterons d'ajouter qu'on en revint vite de ces idées, excusables aux débuts d'un perfectionnement qui bouleversait naturellement l'allure d'un appareil qui n'était pas préparé pour le nouveau régime. On reconnut bientôt les bienfaits de l'air chaud, lequel — outre une économie considérable de combustible — permit le traitement de certains minerais presque irréductibles à l'air froid, ainsi que celui des scories de forges.

L'expérience aidant, on modifia le profil des fourneaux en l'appropriant aux nouvelles conditions de marche ce qui — aux avantages déjà signalés — ajouta celui d'une augmentation très sensible de la production.

Dans le tableau que nous publions page 60 on trouvera des chiffres intéressants relatifs à la production et à la consommation de charbon des hauts-fourneaux aux diverses époques; ces chiffres donnent la mesure de l'importance des progrès réalisés dans la conduite des hauts-fourneaux.

Le chauffage de l'air s'effectuait dans le principe au moyen de serpentins en fonte placés dans un four ordinaire chauffé à la houille. Le système généralement adopté dans notre province était l'« *appareil Calder* » donnant au vent des températures de 200 à 400° centigrades au maximum.

Avant 1850, on n'employait pas ou presque pas les oligistes riches et d'un bas prix de revient, que nous possédions dans la région de Couthuïn et dont les importants gisements s'étendaient bien loin dans la province de Namur. D'autre part, les limonites exploitées plus ou moins rationnellement dans les diverses régions de notre province, commençaient à se faire

rares. On comprend dès lors le haut intérêt que présentaient les études faites en vue du traitement des oligistes violets sur une grande échelle.

C'est à la Société d'Ougrée que revient l'honneur d'avoir — sur les indications de son ingénieur-chimiste M. Edward Montéfiore — résolu le problème et d'avoir traité en grand ce minerai de première qualité.

Le procédé consistait à ajouter au lit de fusion une certaine proportion de schiste houiller et de calciner au préalable le calcaire ajouté comme fondant. On parvint ainsi à travailler le mélange suivant :

Oligiste violet.	83,50 %
Schiste houiller	16,50 »
	100,00
Chaux vive.	18,00 %

L'économie, à ce qu'il paraît, se chiffrait par 1 fr. 50 par tonne sur le traitement des autres minerais.

Par la suite on abandonna la chaux vive pour en revenir à l'emploi du calcaire, plus rationnel et plus économique d'ailleurs.

La découverte du traitement des oligistes violets nous permit d'envisager l'avenir avec une certaine quiétude, du moins pour un bon laps de temps encore ; aussi vit-on les autres usines adopter le nouveau mélange dans lequel on incorporait en moyenne une proportion d'oligiste atteignant 50 %.

Un mot maintenant de l'utilisation des gaz. — Percy attribue à Aubertot l'idée de tirer parti du pouvoir calorifique des gaz de hauts-fourneaux.

Propriétaire d'usines dans le département du Cher, Aubertot fit breveter en 1811 ses procédés, appliqués à la cémentation de l'acier, la cuisson de la chaux et des briques. — L'utilisation s'effectua au gueulard même des fourneaux jusqu'au moment où Fabre-Dufour — autre ingénieur français, capta

les dits gaz et les envoya brûler sous les chaudières ou dans les appareils à chauffer le vent. Cette innovation ne se réalisa dans notre pays qu'en 1855.

Ainsi qu'on devait s'y attendre, on vit ici se reproduire les mêmes polémiques que celles qui accompagnèrent l'apparition de l'air chaud. D'aucuns prétendirent que la prise de gaz contrariait la marche du fourneau ; d'autres, plus heureux dans leur dispositif d'essai, affirmèrent le contraire ; ce n'est qu'après des essais et une appropriation raisonnée des nouveaux appareils qu'on se mit d'accord sur l'économie très sensible de combustible qui amena l'emploi du gaz pour le chauffage du vent à la production de la vapeur.

Dans le principe, les prises de gaz furent « *partielles* ». Un tuyau d'un certain diamètre plongeait verticalement dans l'axe du fourneau à sa partie supérieure (gueulard), ne laissant pour le chargement des matières qu'un espace annulaire compris entre le tuyau même et la paroi du fourneau. D'autres fois on renversait le système, les prises étaient latérales et recueillaient les gaz dans l'espace annulaire délimité par une trémie ne laissant libre que la partie centrale du gueulard pour les opérations du chargement. — Parfois on adopta un système mixte tenant des deux dispositifs ci-dessus.

Dans ces conditions on perdait encore beaucoup de gaz qui brûlait en pure perte au sommet des hauts-fourneaux ; aussi ne tarda-t-on pas d'imaginer des appareils assurant une « *prise totale* » des gaz dont on ne perdait plus qu'une petite partie au moment où l'on faisait la charge.

Ces appareils s'implantèrent petit à petit chez nous et de nos jours presque tous nos hauts-fourneaux en sont pourvus.

Nous avons laissé la transformation de la fonte en fer malléable, au moment où elle se pratiquait encore en deux opérations. La première, celle du finage, enlevait une certaine quantité d'impuretés, la seconde, le puddlage, finissait l'épuration.

Le finage consommant beaucoup de combustible, on s'appliqua à le supprimer et à produire directement le fer par simple puddlage, c'est à dire en une opération.

Vers 1860 le finage avait vécu dans notre province.

Nous ne fabriquions cependant pas que du fer. La production de l'acier avait, elle aussi, progressé, mais plus lentement, car les conditions locales d'alors ne se prêtaient pas à une fabrication économique.

En 1850, la Société Cockerill établit une fabrication d'acier au creuset; ce métal était consommé dans ses établissements mêmes pour la construction de certains organes de machines, usage pour lequel il convenait parfaitement.

Sur ces entrefaites une nouvelle révolution se préparait dans la sidérurgie, qui devait être appelée à un succès sans précédent et dont les résultats économiques devaient amener une profonde perturbation dans les procédés jusqu'alors employés. Nous voulons parler de l'admirable invention de J. Bessemer, de Sheffield, en 1856, et son introduction dans notre province par la Société Cockerill en 1862.

Grâce à ce procédé il nous fut possible de fabriquer en quelques minutes 7 à 8 tonnes d'acier sans la moindre dépense de combustible.

Le principe de l'invention consiste, comme on sait, à introduire la fonte liquide dans une cornue de forme spéciale et à insuffler au travers de la masse un fort courant d'air. Ce dernier oxyde les impuretés de la fonte qui, par leur combustion, développent une haute température maintenant le métal en fusion.

Nous reviendrons plus loin sur ces réactions en parlant spécialement du procédé Bessemer; disons pour le moment que la fonte à traiter dans la cornue devait être très pure en phosphore et conséquemment ne pouvait être fabriquée avec les minerais indigènes.

Cette circonstance, qui nous rendait tributaires de l'étranger pour nos approvisionnements en minerais purs, jointe à des droits de brevets assez élevés ⁽¹⁾ nous plaçaient dès le principe

(1) Le brevet Bessemer est tombé dans le domaine public en 1870.

dans des conditions relativement peu favorables pour la nouvelle fabrication, cependant encore fort économique par rapport aux anciens procédés.

Dans son *rapport sur la situation de l'industrie minérale et métallurgique dans la Province de Liège* pendant l'année 1876, M. Van Scherpenzeel-Thim caractérise la situation en des termes que nous reproduisons d'autant plus volontiers, que le vœu exprimé par notre ingénieur en chef des mines fut exaucé 2 ans plus tard.

« Un des plus grands obstacles, dit M. Van Scherpenzeel-Thim, pour ne pas dire le seul, qui s'oppose à l'emploi des minerais indigènes est la présence du phosphore dont l'acier ne supporte qu'une dose très minime (0.10 % au plus). Les recherches qui ont été faites pour éliminer ce métalloïde soit pendant son traitement au haut-fourneau, soit pendant l'élaboration de la fonte dans les cornues Bessemer, n'ont pas encore abouti. Le problème a une si haute importance pour l'industrie minérale et sidérurgique de notre pays que rien ne doit être négligé pour en hâter la solution. Les aciéries surtout ont un puissant intérêt à encourager ces recherches, mais elles sont si peu nombreuses et les circonstances sont si défavorables qu'elles ne peuvent guère s'imposer de grands sacrifices pour cet objet. Le Gouvernement qui n'est pas moins intéressé dans la question devrait, nous semble-t-il, instituer un prix d'une valeur exceptionnelle en faveur de l'inventeur d'un procédé qui permettrait de traiter industriellement pour acier Bessemer les minerais de fer du Pays. »

Au moment où M. Van Scherpenzeel-Thim écrivait ces lignes, deux métallurgistes très compétents — Snelus en Angleterre et Grüner en France — avaient cependant déjà tracé la marche à suivre pour le traitement des fontes phosphoreuses au convertisseur Bessemer, en préconisant le revêtement en chaux de ce dernier. Plusieurs essais — concluants au point de vue de l'élimination du phosphore — avaient été faits, toutefois ce n'est qu'en 1878 que MM. Thomas et Gilchrist résolurent pratiquement le problème dans les usines de Bolkow, Vaughan et C^o, dirigées par M. Richards, dont le concours influença beaucoup sur la réussite des essais.

La découverte du nouveau procédé « *basique* » ⁽¹⁾, comme on l'appelait, eut un grand retentissement dans notre pays ; les

aciéries d'Angleur acquirent immédiatement les licences pour son exploitation qu'elles surent mener à bien en l'appropriant aux ressources de nos régions.

Nous verrons par la suite les progrès accomplis par nos industriels dans la fabrication de l'acier Thomas et comment par une étude raisonnée des réactions du nouveau procédé, qui ne donnait dans le principe qu'un métal *doux*, nous sommes arrivés à produire les diverses qualités d'acier.

Le procédé Thomas et Gilchrist fut le coup de grâce donné à la fabrication du fer proprement dite, et malgré les perfectionnements réalisés par nos compatriotes dans la construction des fours à puddler, ce mode d'élaboration de la fonte est actuellement à la veille de s'éteindre dans la province de Liège. (Voir nos tableaux p. 109 à 111.)

Nous pourrions être entraîné trop loin en signalant les diverses améliorations apportées au puddlage, soit en vue d'économiser le combustible, soit en vue d'obtenir des produits meilleurs. Nous devons cependant une mention spéciale au four du Liégeois Bicheroux (de Jemeppe s/M.) appliqué vers 1876 à la fabrique de fer d'Ougrée.

S'inspirant des idées nouvelles, l'inventeur gazéfiait d'abord le combustible dans le foyer. Immédiatement à la sortie de ce foyer, les gaz passaient dans une chambre où des venues d'air convenablement disposées assuraient la combustion des produits gazeux, dont les flammes chauffaient le laboratoire du four en y provoquant les réactions voulues.

Précédemment le foyer était accolé au jour : la combustion s'opérait sur la grille et les produits (flammes, gaz, etc.) passaient dans le laboratoire en brûlant plus ou moins complètement, surtout au moment où l'on chargeait du combustible frais qui amenait un abaissement sensible de la température.

(1) (V. fin p. 45) La cornue Bessemer est revêtue de briques siliceuses ou acides, d'où le nom de *procédé acide*. Dans le procédé Thomas-Gilchrist le revêtement est en dolomie ou basique, d'où l'appellation « basique ».

Le four Bicheroux supprima ces inconvénients, permit l'emploi de combustibles menus, et assura un chauffage beaucoup plus régulier. Permettant un réglage plus judicieux de la flamme, il influença très favorablement sur le rendement — et réduisit la consommation de combustible dans des proportions que le tableau ci-dessous mettra bien en évidence.

	Ancien four	Four Bicheroux
Consommation de charbon par tonne de fer ébauché produit	900 à 1000 k.	600 k.
Déchet par 100 kilogrammes de fer produit	13 à 15 %	9 à 10 %

Cet exemple s'applique au traitement de la fonte blanche d'Ougrée.

Ajoutons aux avantages ci-dessus que la production de la vapeur par les flammes perdues (1) était la même qu'avec les anciens fours.

Jusqu'à présent, nous n'avons pas encore parlé du célèbre four à chaleur récupérée, imaginé par les frères Siemens. Présenté le 20 juin 1862 à l'Institut royal d'Angleterre, cet appareil réalisa d'emblée une économie considérable de combustible, et nous pouvons dire que c'est grâce à lui qu'il nous fut permis d'atteindre les hautes températures nécessaires à la production du «*fer fondu*» sur sol par la méthode dénommée «*Siemens-Martin*».

Le four Siemens utilise le combustible gazeux produit par la distillation et la combustion partielle du charbon dans des «*gazogènes*». Après leur combustion, les gaz sont obligés — au sortir du four — de traverser des empilages de briques qui récupèrent leur chaleur sensible. Dès que les récupérateurs

(1) Depuis longtemps les produits de la combustion des fours à puddler et à réchauffer étaient utilisés pour le chauffage des chaudières. L'utilisation des flammes perdues semble avoir déjà été appliquée en Belgique vers 1835.

ont atteint une température assez élevée, le courant gazeux est renversé, le gaz et l'air sont obligés de traverser ces empilages où ils s'échauffent fortement avant d'être mis en présence à l'entrée du laboratoire du four ; là ils brûlent à très haute température et ramènent dans le four la chaleur que restituent les empilages. Le four étant symétrique, les produits de la combustion chauffent ensuite les empilages placés de l'autre côté, et quand ces derniers sont assez chauds, le courant est de nouveau renversé et ainsi de suite.

Le four Siemens est précieux pour la fabrication des aciers spéciaux. Dans les mains de l'aciériste expérimenté, il constitue un vrai creuset de laboratoire où l'on peut « *ad libitum* » produire les deux mélanges et où l'on provoque les réactions amenant à coup sûr un produit déterminé.

Il permet en outre l'utilisation des riquettes, chutes de rails, rognures de tôles, etc., qui, autrement, encombreraient les aciéries. Rien d'étonnant alors, à ce que nous voyions trôner le four Siemens à côté des imposantes cornues Bessemer ou Thomas ⁽¹⁾.

Nous n'insisterons pas autrement sur les remarquables progrès réalisés dans la seconde moitié du siècle qui vient de finir, relativement aux procédés d'élaboration de la fonte et du fer. La température du vent alimentant les hauts-fourneaux alla toujours « *crescendo* » grâce à l'introduction des récupérateurs en briques réfractaires étudiés par Whitwell et Coowper. Le matériel des fabriques de fer et des aciéries fut aussi perfectionné quant aux fours, laminoirs, marteaux-pilons, ⁽²⁾ cisailles, etc., etc. Pour des motifs que nous avons déjà fait

(1) Nous nous rappelons qu'en 1877 un four Siemens-Martin était en marche aux usines de Sclessin; il fut arrêté en 1878. Cockerill en construisit un en 1883, et actuellement notre province compte 12 de ces appareils.

(2) En Angleterre l'invention du marteau-pilon est attribuée à Nasmyth et en France à l'ingénieur Boutiny anciennement attaché aux usines du Creusot.

valoir nous ne pouvons que mentionner ces progrès, nous réservant d'y revenir s'il y a lieu, quand nous parlerons des appareils constituant l'outillage moderne.

Dans le résumé historique que nous venons de tracer, on pourra se rendre compte de la contribution que les Liégeois ont apportée au développement et aux progrès de la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier. On observera que si notre Province n'a pas été le berceau des grandes découvertes métallurgiques, tout au moins nos sidérurgistes ont-ils à toutes les époques tenu une place très honorable dans le monde industriel et se sont-ils souvent signalés par des innovations ou des perfectionnements dont l'importance fut hautement appréciée par nos voisins.

Toujours à l'affût des travaux de ces derniers, nous avons su, dès la première heure, implanter chez nous les procédés nouveaux présentant un intérêt économique : c'est cette initiative qui nous a permis de lutter — souvent avec avantage — sur certains concurrents placés dans des conditions plus favorables que les nôtres.

L'exposition liégeoise commémore en même temps le 75^e anniversaire de notre indépendance et celui du développement de la grande industrie du fer dans notre province.

« Les progrès de la métallurgie du fer se lient à la prospérité des peuples et sont un des signes de leur degré de civilisation », dit Percy dans son introduction ⁽¹⁾ ; à ce titre les Liégeois peuvent être fiers du chemin parcouru depuis 1830.

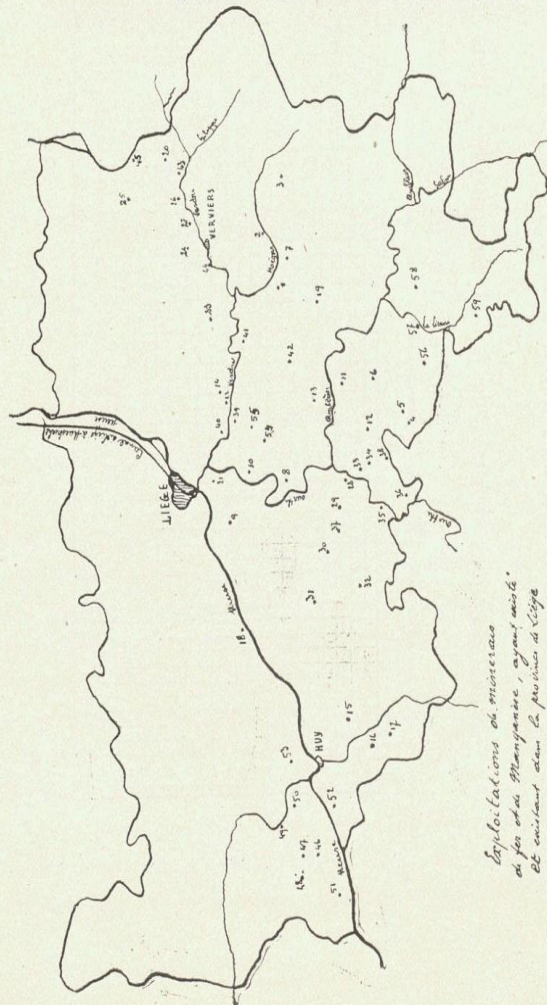
Nous avons à maintes reprises parlé des richesses minérales de notre province ; ne pouvant faire ici la description des gisements épuisés ou existant encore, nous avons cru pouvoir résumer ce chapitre en présentant au lecteur une carte sur laquelle

(1) PERCY. *Métallurgie du fer*

nous avons fait figurer les diverses localités, que nous connaissons, où l'on a exploité et où l'on exploite encore du minerai de fer. On y verra d'un coup d'œil qu'ainsi que nous l'avons dit en commençant, nous étions assez bien lotis sous ce rapport.

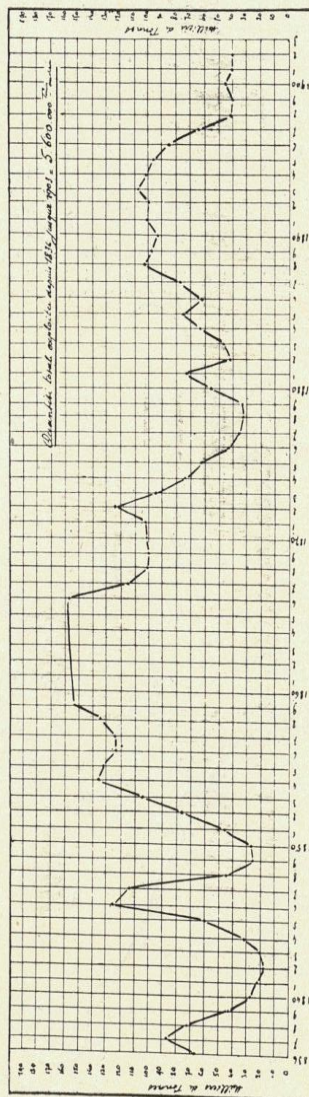
Nous complétons ces indications par un diagramme donnant la statistique de l'exploitation pour la période dont nous avons pu recueillir les chiffres (page 52).

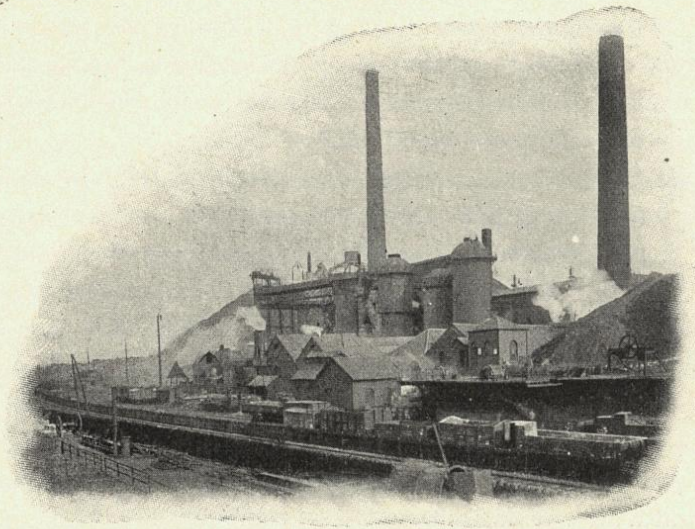
- LIMONITES**
1. Theux.
 2. Polleur.
 3. Sart.
 4. Ferrière.
 5. Ferot.
 6. Harzé.
 7. Franchimont.
 8. Esneux.
 9. Bois d'Aras (Seraing)
 10. Tilff.
 11. Aywaille.
 12. Xhoris.
 13. Sprimont.
 14. Forêt.
 15. Vierset-Barse.
 16. Marchin.
 17. Vyle-et-Tharoul.
 18. Engis.
 19. La Reid.
 20. Baelen.
 21. Angleur.
 22. La Rochette.
 23. Xhendelesse.
 24. Dison.
 25. Henri-Chapelle.
 26. Bilstain.
 27. Andrimont.
 28. Comblain-au-Pont.
 29. Anthisne.
 30. Tavier.
 31. Naudrin.
- OLIGISTES**
32. Ellemelle.
 33. Comblain-la-Tour.
 34. Faron.
 35. Hamoir.
 36. Ville.
 37. Hody.
 38. Filot.
 39. Chaudfontaine.
 40. Vaux-s/Chèvremont.
 41. Fraipont.
 42. Louveigné.
 43. Dolhain.
 44. Ensisval.
 45. Welkenraedt.
- MANGANÉSIFÈRES**
54. Dolembreux.
 55. Beaufays.
 56. Werbomont.
 57. Chevron.
 58. Rahier.
 59. Bra.



Exploitation des minerais de fer et de manganèse dans la province de Liège (MINERAIS LAVÉS OU TRIÉS)

De 1860 à 1896 les chiffres nous manquent. — Nous avons réuni les 2 points extrêmes par une droite.





FABRICATION DE LA FONTE



A) **Aperçu technologique de la fabrication.** — Les réactions chimiques qui se passent dans le haut-fourneau sont excessivement complexes, et pour bien étudiées qu'elles aient été, il s'en produit encore qui échappent à nos investigations. D'une façon générale cependant, le minerai — qui est un oxyde de fer plus ou moins pur — est transformé en fonte par l'action réductrice du carbone (coke) soit à l'état solide, soit à l'état de l'oxyde de carbone qui s'empare de l'oxygène du minerai et laisse *le fer* comme résidu. Ce fer, en présence du carbone et de certains corps étrangers associés au minerai, s'en empare dans une certaine proportion en passant à l'état liquide *ou fonte* que nous connaissons tous.

Les impuretés du minerai, autrement dit *les gangues*, consistent généralement en sable, argile, chaux, magnésie, soufre et phosphore. Grâce à certaine substance ajoutée aux mine-

rais, les gangues fondent et par différence de densité se séparent de la fonte sur laquelle elles surnagent en se réunissant dans la partie inférieure du haut-fourneau appelée creuset. Ces matières fondues constituent *le laitier*.

Dans les environs de Liège on emploie pour la production de la fonte une grande variété de minerais dont les gangues combinées demandent pour leur fusion convenable l'addition d'un *fondant* calcaire. C'est la pierre de chaux ou *castine* que nous employons à cet effet. Le mélange des minerais et du fondant constitue le *lit de fusion*.

Ceci établi, en comprend que la nature de la fonte est intimement liée à celle des minerais traités et à la température provoquée dans le fourneau par l'insufflation d'un fort courant d'air sur une proportion de combustible plus ou moins forte.

Le haut-fourneau est un des appareils métallurgiques les plus intéressants. Indépendamment d'une utilisation très complète du combustible qu'il consomme, on peut exiger de lui la production de telle variété de fonte dont la composition est rigoureusement établie au préalable. Il suffit de calculer convenablement son lit de fusion et de régler *l'allure* de l'appareil en conséquence.

Nous avons vu que la fonte était constituée par du fer auquel se trouvent combinés divers éléments qui sont : le carbone, le silicium, le manganèse, le soufre et le phosphore. Les proportions variables de ces éléments déterminent les diverses qualités de fonte.

De plus, dans les fontes produites à haute température, le carbone existe en grande partie à l'état de *graphite* ; elles sont alors *grises*. Dans cette catégorie rentrent les fontes Bessemer et de moulage. Si le carbone est à l'état *combiné*, ce qui se produit en allure froide, la fonte est *blanche*. C'est souvent le cas des fontes d'affinage et Thomas. Une allure intermédiaire produira des fontes dites *truitées*.

Dans les grandes lignes, une installation pour la production

de la fonte comprendra : 1^o le haut-fourneau avec son élévateur pour le chargement des matières premières ; 2^o les appareils pour la prise et l'épuration des gaz ; 3^o les appareils destinés au chauffage de l'air insufflé dans le fourneau ; 4^o les chaudières pour la production de la vapeur alimentant la soufflerie, les pompes, etc. ; 5^o les machines soufflantes produisant le vent en quantité et sous pression convenables, les pompes, etc. ; 6^o enfin les dépôts de matières premières.

B. Matières premières. — Les matières premières comprennent : 1^o le coke ; 2^o les minerais et 3^o le calcaire ou fondant.

A la rigueur nous devrions y ajouter l'air nécessaire à la production des réactions, mais nous en parlerons plus loin.

Le coke pour hauts-fourneaux sera d'autant meilleur qu'il sera dur et son rendement calorifique d'autant plus élevé qu'il renfermera moins de cendres. Ce sont surtout ces deux qualités que recherchera le chef de fourneaux.

Sous ce rapport la variété des charbons liégeois permet — par des mélanges judicieux — de fabriquer un excellent coke métallurgique dont la teneur en cendres ne dépassera pas 10 à 12 %.

Sous le nom de minerais, nous devons comprendre ici les minerais proprement dits, les résidus de certaines fabrications, comme ceux du grillage de la pyrite de fer, les sous-produits de certains fours métallurgiques comme les scories de puddlage, des fours à réchauffer, de la fabrication de l'acier, etc... et enfin les phosphates de chaux naturels, trop pauvres pour l'agriculture et qui trouvent leur emploi quand les minerais ne renferment pas assez de phosphore pour la fabrication des fontes Thomas.

Depuis longtemps déjà nos hauts-fourneaux sont tributaires de l'étranger pour leurs approvisionnements en minerais. S'il s'agit de fabriquer des fontes Bessemer exigeant des mines très pauvres en phosphore, nous avons surtout recours à l'Espagne et à l'Algérie. S'agit-il de faire des fontes Thomas, ce sont les



minettes du Luxembourg et de l'Est de la France qui interviennent pour la grosse part dans le lit de fusion. Pour l'une ou l'autre de ces fabrications, le manganèse que doit nécessairement renfermer la fonte est fourni par des minerais venant de Grèce, du Caucase, des Indes, etc.

Nos sociétés métallurgiques se sont assurées d'importantes concessions tant en Espagne que dans la région des minettes.

Nous avons dressé le tableau de la consommation en minerais et calcaires de nos hauts-fourneaux depuis 1874. On y verra que la proportion des minerais indigènes, qui était de 50 % dans les premiers temps de cette période, est tombée presque à rien de nos jours. (Voir page 57.)

On y observera aussi la diminution du pourcentage du fondant dans les dernières années. C'est une conséquence de l'emploi toujours plus grand des minettes luxembourgeoises, ce minerai pouvant fondre avec une très faible proportion de calcaire.

Dans ces dernières années, on a traité d'assez importantes quantités de minerais phosphoreux de Suède, qui interviennent très utilement pour enrichir le lit de fusion qui serait bien pauvre si on n'employait que les minettes.

C'est dans le même but qu'on utilise aussi les pyrites grillées (purple ore), relativement peu coûteuses, mais dont l'emploi est cependant limité à cause de leur ténuité.

Relativement à leur lieu de provenance, les minerais étrangers nous sont surtout fournis par la région des minettes et l'Espagne. Le tableau page 58 donne la consommation des minerais étrangers avec leurs lieux de provenance pour les douze dernières années.

Le fondant employé dans nos hauts-fourneaux est le calcaire carbonifère des environs d'Engis-Chokier. Certaines de nos sociétés y ont d'importantes concessions. Il est très pur; c'est à peine si l'analyse y décèle 2 à 3 % de matières insolubles (silice et argile).

Minerais et calcaire consommés dans la province de Liège.

Années	MINERAIS			Scories ET divers	TOTAL DES minerais	CALCAIRE	
	BELGES	ETRANGERS				Quantités	% des minerais
		quantités	o/o				
1874	203.526	174.385	46	sont	377.911	?	?
1875	180.521	223.192	55	englobées	403 713	?	?
1876	174.202	205.840	54	dans les	380.042	?	?
1877	134.904	249.992	65	quantités	384.896	?	?
1878	181.579	206.384	53	ci-contre	417.692	82.788	17
1879	108.605	225.950	68	29.729	369.992	65.576	
1880	93.953	308.418	77	38.433	440.804	61.031	
1881	71 357	308 172	81	36 147	415.676	78.127	
1882	82.612	394.405	82	63.742	540 759	107.907	
1883	95.649	420.492	81	84.181	600.322	121.993	20
1884	112.707	432.087	80	?	544.974	104 868	
1885	102.108	365.734	78	55.749	523.581	97.840	
1886	75 884	405.860	84	49 596	531.340	107 124	
1887	90.030	453.364	83	59.738	603.132	125 859	
1888	90.432	493.260	84	63.254	646.846	136.301	18
1889	98.773	511 810	83	71.252	681 835	137.022	
1890	84.716	521.764	86	77.525	684.005	137.155	
1891	74.108	505.880	87	63.045	643.033	119.404	
1892	92.811	561.913	86	66.107	720 831	136.403	
1893	130 010	590.919	82	63.758	784 758	123 537	20
1894	154.121	524.992	77	57.801	736.914	137.494	
1895	159.565	530.371	77	60.473	750.409	134.190	
1896	151.429	656.779	81	84.478	892.686	177.759	
1897	131.742	732.728	85	68.022	932.492	176.698	19
1898	109.921	755 205	87	47.865	912 991	168.154	18
1899	114 886	948 161	89	96.125	1.160.172	147.780	13.0
1900	86.954	985.983	92	118 393	1 191.330	161 084	13.5
1901	32.874	804.171	96	200.404	1.004.575	?	?
1902	36.818	1 024.921	97	207.382	1.232.303	?	?
1903	35.959	1.242.887	97.2	174.120	1.452.966	?	?

Toutes les quantités sont exprimées en tonnes.

**Minerais étrangers consommés dans la province de Liège ⁽¹⁾ avec indication
des lieux de provenance (en tonnes).**

PROVENANCES	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903
G ^a D. de Luxembourg	220.744	272.878	211.813	206.724	227.603	308.867	286.506	448.705	432.639	329.536	459.476	543.630
Allemagne.	8.320	278	2.506	10.806	18.125	17.807	64.195	112.777	109.196	91.403	33.880	86.155
France	55.795	39.768	54.542	43.728	47.324	34.598	45.280	8.405	6.109	7.360	28.822	74.068
Espagne	228.910	219.760	196.729	191.436	267.595	271.737	269.957	270.223	316.143	262.000	292.238	339.431
Algérie	4.333	432	7.914	21.907	15.960	6.525	11.871	2.395	—	—	—	—
Grèce	16.211	12.647	26.382	20.657	25.990	7.320	8.109	23.998	24.009	1.105	4.428	12.759
Suède et Norvège	104	—	—	7.038	21.915	25.476	33.111	42.476	56.784	58.131	89.555	72.637
Autres pays	27.496	45.156	25.106	28.075	32.237	60.308	36.176	39.182	41.103	54.156	116.522	114.207
TOTAUX.	561.913	590.919	524.992	530.371	656.779	732.728	755.205	948.161	985.983	804.171	1.024.921	1.242.887

(1) Tous les chiffres statistiques que nous donnons sont extraits — à partir de 1869 — des rapports annuels sur la situation de l'industrie minière et métallurgique dans la province de Liège, que nous a communiqués bien obligamment M. l'Inspecteur général des mines A. Firket, auquel nous nous faisons un devoir de réitérer nos remerciements.

C. Appareils. — Tout en conservant dans les grandes lignes le profil que nos ancêtres avaient donné au haut-fourneau, nous lui avons — au fur et à mesure que les conditions de marche changeaient — fait subir des modifications appropriées aux nouveaux régimes. Outre l'amplification générale des dimensions de l'appareil, nous l'avons rendu de moins en moins *trapu* et la ligne du ventre a été abaissée en même temps qu'on augmentait le diamètre du creuset.

Ces modifications ont influencé très heureusement la régularité d'allure du haut-fourneau en même temps qu'elles amenaient une réduction notable dans la consommation de coke par tonne de fonte et qu'elles augmentaient la capacité productive de l'appareil.

Cette dernière a presque triplé dans les 30 à 35 dernières années. Vers 1870 on obtenait environ 140 kilos de fonte par jour et par mètre cube de capacité du fourneau. Dans les nouveaux appareils on obtient 350 à 450 kilos.

L'économie de combustible est mise en relief ainsi que l'augmentation de la production dans le tableau suivant :

**Production et consommation de coke des hauts-fourneaux
de la province de Liège.**

PÉRIODES	Production en tonnes par 24 heures	Consommation de coke par tonne de fonte
1826-1837	10	2.500 à 3 000 kilogr.
1846-1848	15 à 20	1.800 à 2.000 »
1850-1860	20 à 25	1.500 à 1.600 »
1860-1875	30 à 40	1.200 à 1.400 »
1876-1880	44	1.210 »
1881-1885	53	1.142 »
1886-1890	63	1.138 »
1891-1895	79	1.120 »
1896-1900	90	1.160 »
1901-1903	116	1.100 »

OBSERVATION. — Jusqu'en 1875, les chiffres relatifs à la consommation de coke ne sont qu'approximatifs et constituent plutôt des minima. Après cette date ils donnent la consommation effective moyenne de nos fourneaux.

A titre comparatif nous noterons que les hauts-fourneaux anglais marchant à la houille, produisaient *de 1790 à 1800*, 2 à 3 tonnes de fonte par jour, et consommaient par tonne de fonte une quantité de houille qui, transformée en coke, se chiffrait par 6 000 kilogr. environ.

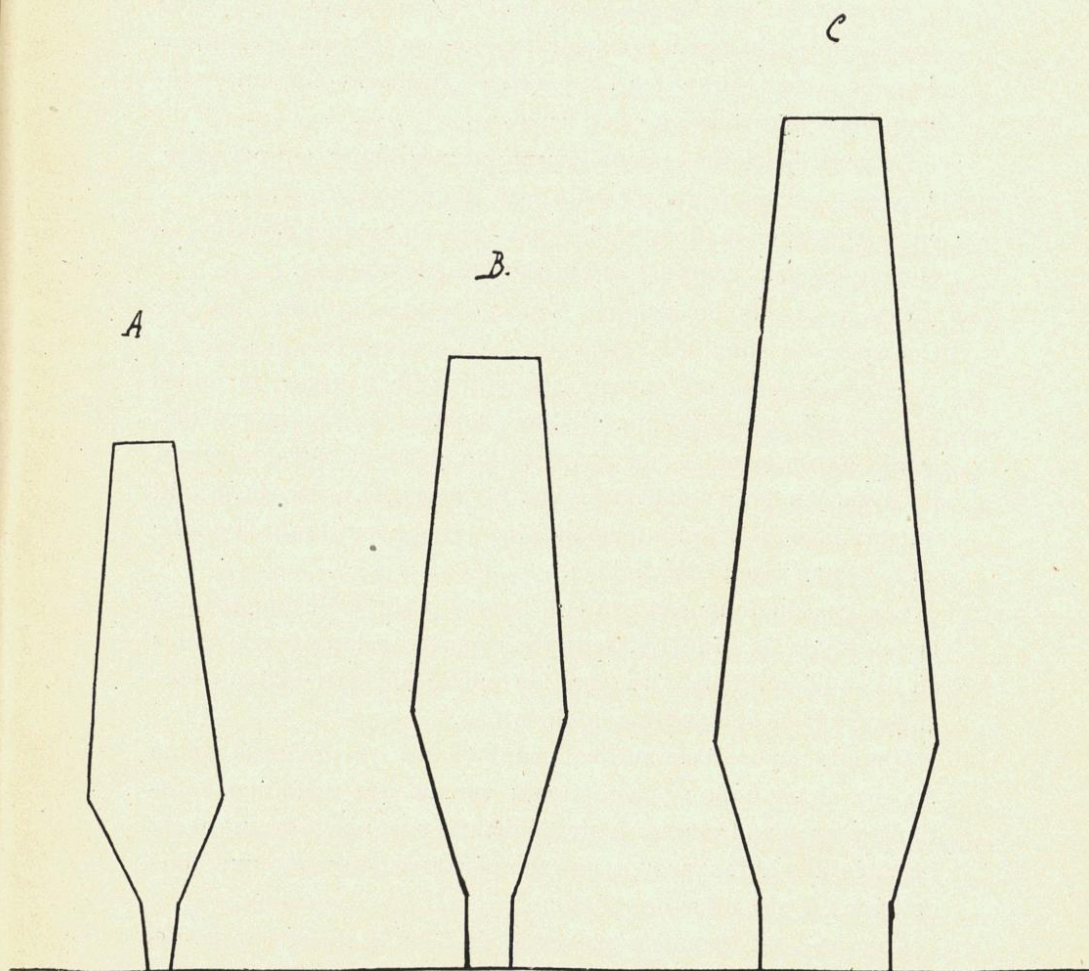
Pour mettre en évidence les modifications qu'a subies le profil de nos fourneaux, nous donnons ci-dessous trois esquisses de ces appareils prises à différentes époques.

La première donne le profil du premier fourneau au coke construit en 1823, la seconde celui d'un fourneau construit vers 1860 et enfin la troisième le profil d'un fourneau moderne.

A. Haut-fourneau construit en 1823.

B. » » » 1860.

C. » moderne.



Echelle de 0^m005 par mètre.

Il y a quelque 30 ans, nos hauts-fourneaux se présentaient sous la forme d'une énorme pyramide quadrangulaire en maçonnerie massive, destinée à supporter les ponts de chargement et

aussi, disait-on, à empêcher jusqu'à un certain point les pertes de chaleur par rayonnement.

Aujourd'hui ces lourds blocs ont disparu pour faire place aux élégantes constructions sur pylones en fer qui permettent de bien mieux surveiller l'appareil et facilitent surtout beaucoup les réparations en cas d'accident.

Le vent est actuellement chauffé à très haute température. Aux anciens appareils en fonte qui donnaient à peine 300° c. en moyenne, on a substitué les appareils en briques chauffés au moyen des gaz recueillis au gueulard des fourneaux.

Ces appareils en briques sont généralement du système Coowper. Ce sont des réservoirs cylindriques en tôles de 6 à 7 mètres de diamètre sur 20 à 30 mètres de hauteur, terminés par une calotte sphérique. Ils sont revêtus de briques réfractaires et renferment une construction aussi en réfractaire qui les divise en deux compartiments. Le 1^{er} est le *puits*, le second un empilage de briques formant alvéoles et constituant la *ruche* ou le récupérateur de chaleur.

Les gaz du fourneau brûlent dans le puits, s'élèvent jusqu'à la calotte où ils s'infléchissent pour pénétrer dans les alvéoles où ils se dépouillent d'une grande partie de leur chaleur sensible avant de se rendre à la cheminée.

Quand l'appareil est suffisamment chaud, on arrête la venue du gaz et on donne le vent froid venant des machines soufflantes, en sens inverse. L'air s'échauffe progressivement et est injecté dans le fourneau à une température moyenne que nous estimons à 700° dans nos régions.

Chaque haut-fourneau est muni de 3 ou 4 de ces appareils dont l'un est *sous vent* pendant que les autres sont *sous gaz*. Au bout d'une heure ou d'une heure et demie de soufflage on alterne ; on donne le vent à un autre appareil et on remet sous gaz celui qui vient d'être refroidi par le passage du vent, et ainsi de suite.

En général on trouve que lorsqu'on traite un lit de fusion riche, il y a avantage à ne pas pousser trop haut la température du vent. Quatre appareils, de 4.500 mètres carrés de surface de

chauffe chacun, permettent aisément de chauffer à 7 ou 800° c. Le vent d'un fourneau produisant 150 à 200 tonnes de fonte par 24 heures. Dans une pareille installation, le refroidissement de l'appareil à air chaud par le vent est d'environ 1° c. par minute.

Presque partout nous avons adopté le système de *prise de gaz totale* et il nous est avis que sous peu nous ne verrons plus au pays de Liège les fourneaux à gueulard ouvert.

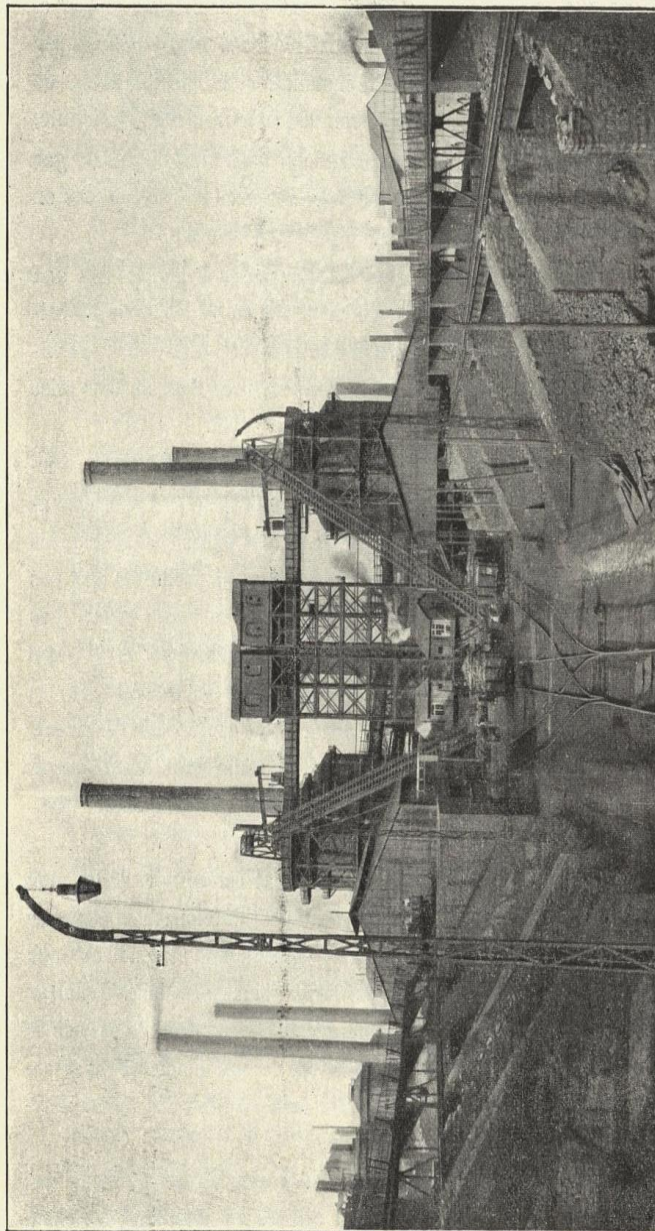
Nous employons deux systèmes de prises de gaz : le *cup and cone* et la cloche Langen. Le choix de l'un ou de l'autre dispositif est inspiré par la nature des minerais (état physique) à traiter. Disons cependant que le *cup and cone* avec ou sans prise centrale est généralement adopté.

Les gaz recueillis sont dirigés dans une série de tuyaux verticaux ou réservoirs de dimensions appropriées appelés *épura-teurs*. Ils s'y dépouillent en partie des poussières entraînées mécaniquement par le courant gazeux ou produites lors des réactions à haute température dans le fourneau même. Les épurateurs à sec ou à simple fermeture hydraulique ont presque partout remplacé les longues conduites en escargot où les gaz circulaient à la surface d'une nappe d'eau fermant l'escargot. Un des désavantages de ce dernier système était de surcharger les gaz de vapeur d'eau et de les rendre beaucoup moins combustibles.

Au point de vue de son rendement calorifique, disons que 1 mètre cube de gaz de fourneau peut développer en moyenne 1000 calories (à 0° et 760 m/m de pression). Cela revient à dire que 7 à 8 mètres cubes de gaz produisent la même somme de chaleur qu'un kilog. de bonne houille. L'élément combustible des gaz de hauts-fourneaux est d'environ 1/4 de leur poids ; il est essentiellement composé d'oxyde de carbone avec des traces d'hydrogène.

Le chauffage du vent exige environ 50 % des gaz recueillis ; les 50 autres pour cent sont utilisés au chauffage des chaudières, pour la production de la vapeur nécessaire aux machines soufflantes, pompes, monte-charges, etc.

Cette dernière quantité suffit largement et en marche nor-



male, nos hauts-fourneaux ne consomment plus maintenant un kilog. de charbon pour la production de la vapeur ; au contraire ils peuvent même fournir un peu de force motrice aux autres services.

Dans les premiers temps, les gaz utilisés pour la production de la vapeur étaient brûlés *directement* sous la chaudière. Ce procédé primitif ne permettait pas aux gaz de brûler complètement à cause du contact avec les parois relativement froides de la chaudière et il nous a été donné d'observer des cas où la moitié du pouvoir calorifique des gaz était ainsi envoyée en pure perte à la cheminée.

On perfectionne leur utilisation en construisant à l'avant du générateur une « *chambre de combustion* » en briques réfractaires où le gaz et l'air convenablement mélangés et souvent échauffés par leur parcours dans les parois mêmes de la chambre, brûlaient d'une façon complète ; les produits de la combustion étaient ensuite amenés sous la chaudière. Le rendement fut de beaucoup amélioré.

La quantité de gaz produite par un haut-fourneau est d'environ 6 à 7 fois celle de la fonte produite. Elle peut toutefois varier entre des limites plus étendues suivant la richesse du lit de fusion, la consommation de coke, etc.

La circulation des gaz dans les appareils à air chaud ou sous les chaudières, est assurée par le tirage de cheminées auxquelles on donne actuellement 75 mètres environ de hauteur, avec un diamètre intérieur de 2^m50 à 3^m00 au sommet.

Le vent nécessaire à l'alimentation des hauts-fourneaux est fourni dans nos régions par des machines soufflantes à vapeur et à gaz.

Les premières sont de 2 types : les machines verticales et les horizontales. L'emploi de l'un ou de l'autre modèle dépend de certaines circonstances au nombre desquelles la question d'emplacement disponible est à considérer.

On compte généralement qu'une machine de la force de 600 chevaux effectifs peut fournir 600 mètres cubes de vent par

minute et alimenter un haut-fourneau produisant 150 tonnes de fonte par 24 heures.

Anciennement le vent était insufflé dans le fourneau par 2 ou 3 tuyères. Aujourd'hui, les nouveaux appareils en ont généralement 6 dont le diamètre de l'œil peut varier de 120 à 180 ^m/_m, la pression du vent oscillant entre 20 et 40 centimètres de mercure.

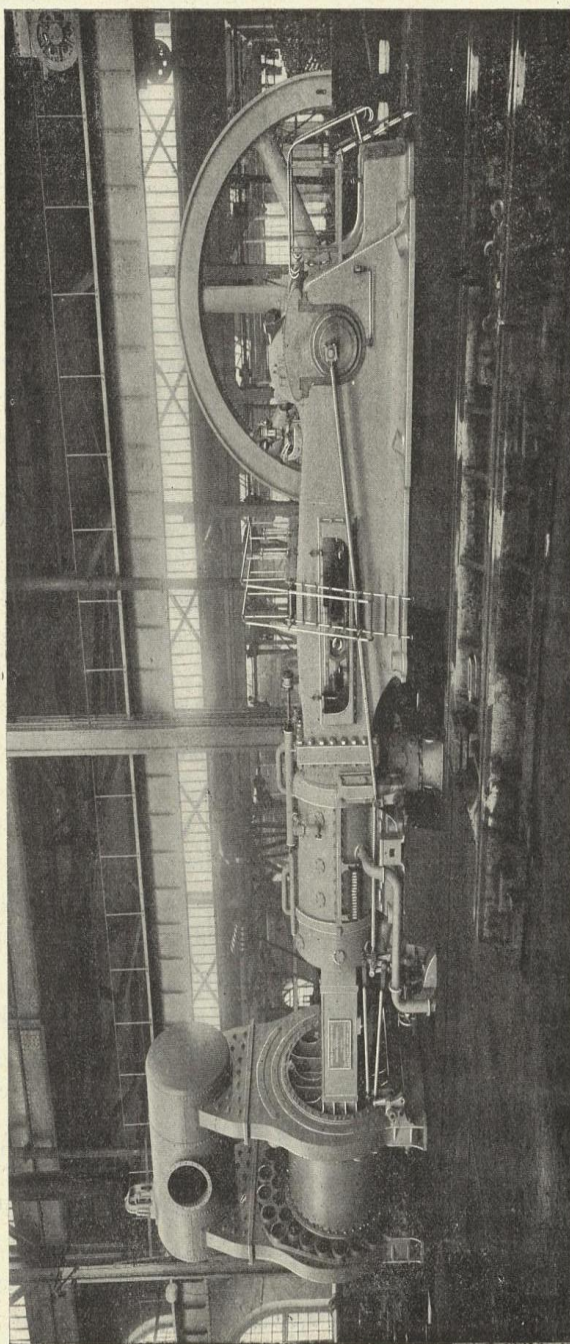
Soufflantes à gaz de hauts-fourneaux. — Il est maintenant reconnu que l'idée d'utiliser les gaz de hauts-fourneaux a germé de différents côtés à la fois. Dans notre pays, c'est à M. Armand Bailly, ingénieur de la Société Cockerill, que le mérite en revient ; il eut en effet cette idée à la fin de 1894 et proposa à M. A. Greiner, directeur général de cette Société, d'en faire l'essai.

M. Greiner donna à M. Bailly comme collaborateur M. F. Kraft, et ces Messieurs choisirent pour leurs essais le système de moteur de M. Ed. Delamarre-Deboutteville.

Un moteur de 8 chevaux fonctionna à Seraing dès 1895. Après ces essais pratiques qui durèrent deux ans, les ateliers de Seraing se lancèrent dans la construction de ces moteurs à gaz de hauts-fourneaux et débutèrent par une machine monocylindrique de 200 chevaux installée dans leur usine.

Les essais complets de cette machine furent faits en 1898 par M. Witz ; ils donnèrent une consommation de 3 mètres cubes de gaz à 1.000 calories par cheval, ce qui permettait de retirer une puissance de plus de 2.000 chevaux d'un fourneau produisant 100 tonnes, défalcation faite du gaz nécessaire à l'alimentation des appareils à air chaud. La construction de ces machines ne fit que croître et embellir ; la Société Cockerill exposa en 1900, à Paris, une machine soufflante à gaz, monocylindrique de 600 chevaux, qui remporta le Grand Prix d'honneur et valut à M. A. Bailly la décoration de la Légion d'honneur.

La plupart des machines de ce type furent vendues en Allemagne. Elles avaient comme grand avantage d'être d'une grande simplicité de mécanisme. On leur reprochait bien leur manque de régularité pour l'attaque des dynamos, mais chaque



chose vient en son temps et, en 1902, les ateliers Cockerill, en possession d'éléments suffisants, abordèrent les types de machines à grande régularité dont les spécimens les plus parfaits figurent à l'Exposition de Liège et comportent deux cylindres à double effet, réalisant par leur groupage la machine à un temps... comme la machine à vapeur.

Les deux machines que la Société Cockerill expose sont : L'une de 1.200 chevaux à 2 cylindres en tandem pour gaz de hauts-fourneaux ; les cylindres ont 1 mètre de diamètre sur 1^m100 de course et la vitesse est de 100 tours. L'autre moteur est de 500 chevaux, à deux cylindres jumelés et est construit pour gaz de fours à coke ; ses cylindres ont 0^m600 de diamètre et 0^m800 de course ; elle fait 135 tours.

Toutes ces machines fonctionnent d'après le cycle à quatre temps auquel les ateliers Cockerill sont toujours restés fidèles à cause de sa simplicité et de son rendement élevé ; les consommations avec les nouveaux types de machines double effet descendent en effet à 2.200 calories par cheval effectif. Ces chiffres ne seraient pas réalisables avec les systèmes à deux temps et c'est là la raison qui les a fait écarter à Seraing, quoique ces moteurs aient un certain succès en Allemagne.

C'est en Allemagne que la question de l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux a été poussée le plus activement, sans toutefois jamais éclipser les succès de la Société Cockerill, et l'on peut affirmer que c'est la marche en avant de la grande usine liégeoise qui a entraîné les usines allemandes.

Ouvrons ici une parenthèse pour dire qu'en 1895 la Société de Hoerde expérimentait l'emploi des gaz des hauts-fourneaux sur un moteur de 6 chevaux et qu'à cette époque il y avait en Allemagne une quinzaine de maisons fabriquant les moteurs à gaz ; l'élan donné par l'utilisation des gaz de hauts-fourneaux fut tel qu'aujourd'hui on compte 146 maisons allemandes fabriquant les dits moteurs.

Il n'entre pas dans le cadre de cette brochure de décrire les divers systèmes adoptés ; notons seulement qu'actuellement on

préfère en Allemagne le système à 4 temps, celui-là même qui fut adopté d'emblée par la Société Cockerill.

Nous avons cru bien faire en nous étendant quelque peu sur cette question des moteurs à gaz de hauts-fourneaux, toute d'actualité et à laquelle l'avenir réserve certainement ses plus larges applications. Nous sommes heureux d'autre part d'enregistrer la contribution de nos compatriotes dans l'étude de ce problème dont la solution constitue une des plus importantes acquisitions à la marche économique de nos grands établissements industriels.

Les matières premières alimentant les hauts-fourneaux sont élevées au sommet ou gueulard au moyen d'élévateurs dits monte-charges ou de plans inclinés.

Les monte-charges verticaux, réunis aux gueulards par des passerelles, nécessitaient pour la manipulation des wagonnets et pour le chargement un personnel assez nombreux dont l'exposition continuelle aux gaz délétères n'était pas sans présenter quelque inconvénient. Depuis quelque temps on adopte dans les installations nouvelles les plans inclinés américains, *système Brown*, conduisant directement la charge au dessus du gueulard et le chargeant automatiquement.

On a aussi beaucoup amélioré les magasins ou pares à minerais, de façon à rendre la manutention de ces matières aussi peu dispendieuse que possible. C'est ainsi que certains de nos établissements possèdent des trémies recevant directement le minerai venant par chemin de fer et le distribuant dans les wagonnets destinés à former la charge, par des couloirs se fermant au moyen de portes à guillotine.

Ces améliorations successives, jointes à ce fait que nos grands producteurs de fonte possèdent à côté de leurs hauts-fourneaux des aciéries où la fonte passe directement à l'état liquide, ont contribué à augmenter dans une forte proportion le rendement de l'ouvrier par tonne de fonte.

Il nous a paru intéressant de présenter ce rendement sous

formé de diagramme dont les différents chiffres ont été obtenus
au moyen de la formule :

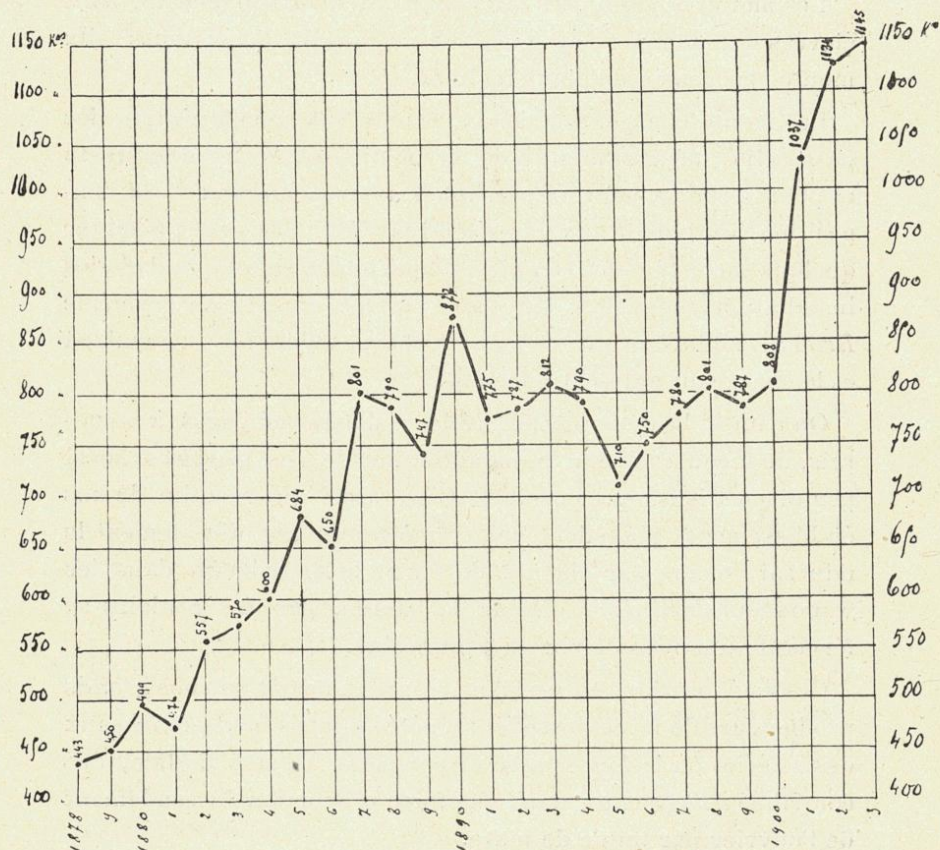
$$\frac{P}{N \times O}$$

dans laquelle P = production annuelle de la province.

N = nombre de jours de marche.

O = » d'ouvriers attachés au service des
hauts-fourneaux.

Rendement de l'ouvrier par journée de 12 heures.



On remarquera surtout les progrès accomplis dans les 4 dernières années.

Les moteurs employés pour l'élévation des charges au gueulard, de même que ceux employés pour la manœuvre de cône de chargement, sont tantôt à vapeur, tantôt électriques. Notons toutefois que ces derniers commencent à s'implanter de plus en plus chez nous.

Quant aux pompes fournissant l'eau pour le refroidissement des tuyères et les arrosages, elles fonctionnent au moyen de la vapeur. On estime qu'après quelque temps de marche un haut-fourneau consomme environ 200 mètres cubes par heure.

D. Produits. — Actuellement, l'activité des hauts-fourneaux liégeois est essentiellement absorbée par la production de trois qualités de produits : 1^o la fonte d'affinage, 2^o la fonte Bessemer et 3^o la fonte Thomas. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on fabrique de temps en temps un peu de fonte de moulage ou de fonte manganésifère (Spiegel).

A ces diverses variétés de fontes correspondent naturellement des laitiers de compositions variables, mais dont la base est toujours un silicate d'alumine et de chaux.

Nous donnons ci-dessous la composition moyenne de nos fontes avec celle des laitiers correspondants :

	Affinage	Bessemer	Thomas	Moulage
Carbone	4.000	4.500	3.500	4.500
Silicium	0.350	2.000	0.500	2.000
Manganèse . . .	0.150	2.000	2.000	0.500
Soufre	0.300	0.050	0.060	0.050
Phosphore . . .	1.200	0.060	2.250	1.500

LAITIERS CORRESPONDANTS :

	Affinage	Bessemer	Thomas	Moulage
Silice	34.35	32.00	31.00	34.00
Alumine	14.00	12.00	14.00	12.00
Chaux	43.00	50.00	47.00	46.00
Magnésie	2.50	2.00	2.00	2.50
Oxyde ferreux . .	3.50	0.50	1.50	1.00
» manganoux . .	1.00	0.80	2.00	1.50

Dans les 15 dernières années, la production de fonte a presque doublé dans notre province et cet accroissement extraordinaire porte exclusivement sur le développement qu'a prise la fabrication des fontes phosphoreuses pour le procédé Thomas.

On en jugera d'ailleurs par l'inspection du tableau ci-contre dans lequel nous avons tracé le diagramme de la production totale au cours des 60 dernières années, et la production des diverses qualités depuis 1878.

La diminution progressive des fontes d'affinage y accuse nettement le remplacement du fer par l'acier dans nos divers produits finis, et encore convient-il de noter que les fontes manganésifères sont comprises dans celles d'affinage pour le tracé de notre diagramme.

Nous résumerons l'importance de la fabrication de la fonte en disant que la seule province de Liège intervient pour 53 % dans la production totale de la Belgique (moyenne des années 1901-1902-1903). ⁽¹⁾

E. Sous-produits et leur utilisation. — Sous ce titre nous aurions dû comprendre aussi bien les gaz sortant du gueulard que les laitiers sortant du creuset des hauts-fourneaux. Nous avons vu jusqu'à quel point était poussée l'utilisation des premiers, il ne nous restera donc qu'à parler des seconds dont l'emploi a trouvé certains débouchés dans la fabrication du ciment et des briques.

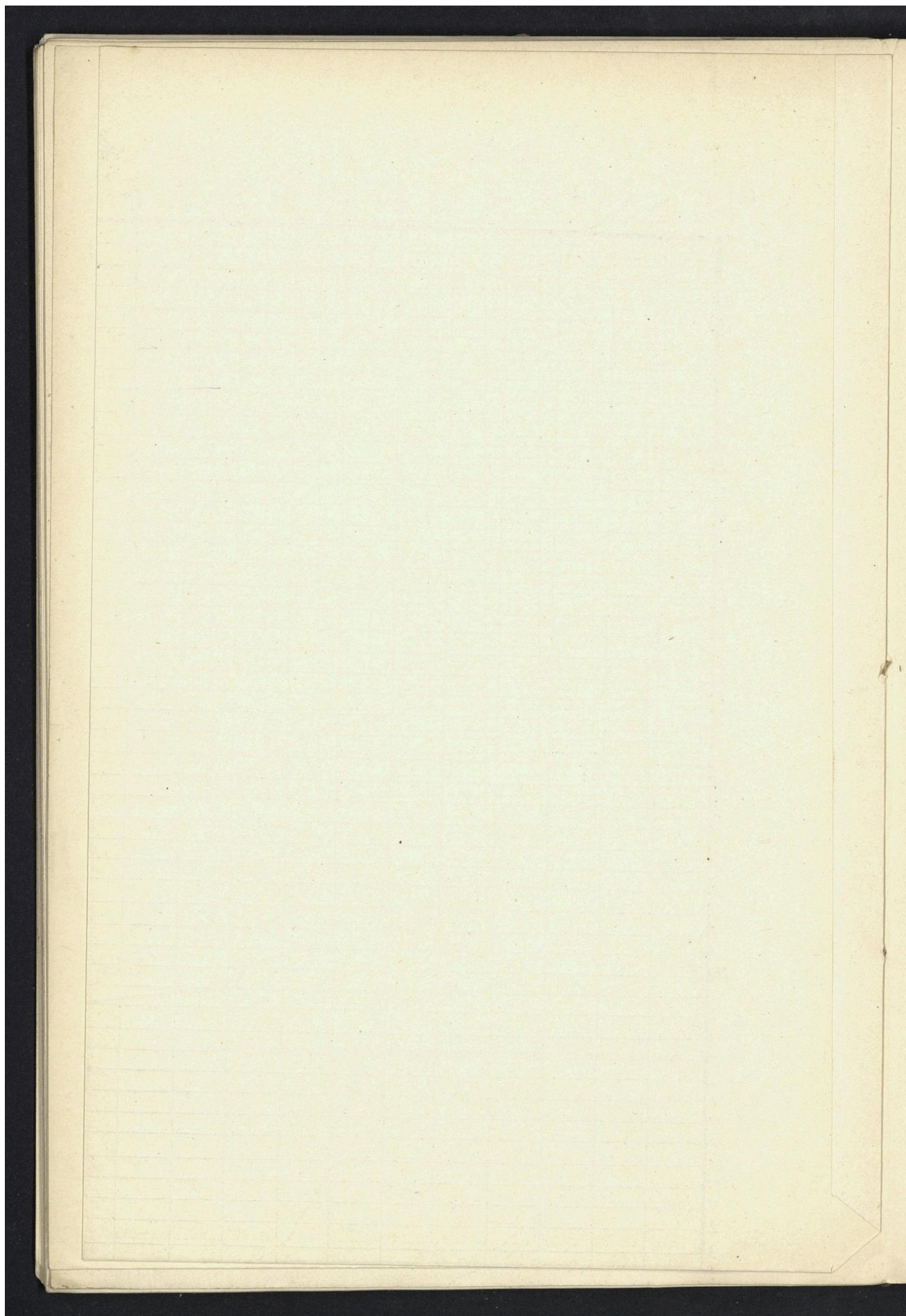
Ce mode d'utilisation repose sur cette propriété des laitiers « *étonnés* » c'est-à-dire coulés dans l'eau à leur sortie du fourneau de se pulvériser ou se « *granuler* », comme on dit, et de passer à un état qui leur permet de faire prise avec la chaux éteinte.

La fabrication du ciment de laitier est fort simple. On procède d'abord à un mélange sommaire du laitier granulé

⁽¹⁾ Cette production ne correspond cependant qu'à 91 % des besoins de nos aciéries et fabriques de fer. (Statistique de 1903).

Production de la Fonte dans la Province de Liège





avec 15 à 20 % de chaux grasse éteinte, on dessèche ce mélange et on le passe dans des broyeurs de façon à le pulvériser aussi finement que possible et à assurer un mélange parfait. Toutes choses égales d'ailleurs, plus le mélange sera intime et plus la finesse de mouture sera grande, meilleure sera la qualité du ciment.

La composition des laitiers a aussi une grande influence sur la qualité du ciment. On est généralement d'accord que les laitiers basiques, c'est-à-dire riches en chaux, donnent les meilleurs produits ; une teneur élevée en alumine influence aussi favorablement la qualité du ciment obtenu.

Le traitement des laitiers par le procédé que nous venons d'esquisser donne des ciments à prise lente dont les résultats des essais à la traction et à la compression sont un peu inférieurs à ceux du Portland. Disons cependant qu'à l'actif des ciments de laitier existe une plus grande régularité que dans le Portland dont la proportion d'« *incuits* » et de « *surcuits* » est souvent fort variable.

- Ci-après (voir page 74) nous reproduisons un certificat d'épreuve de quelques échantillons de ciments de laitier, effectués au laboratoire de l'Etat à Malines.

NUMÉROS D'ORDRE	Résistance en kilogrammes par centimètre carré de briquettes de 5 à 50 cm ² de section.								FINESSE, PRISE, DENSITÉ & STABILITÉ
	25 parties d'eau pour 100 » de ciment.				8 parties d'eau pour 100 du mé- lange formé de 1 partie de ciment et de 5 parties de sable normal.				
	TRACTION		COMPRESSION		TRACTION		COMPRESSION		
	1 + 6	1 + 27	1 + 6	1 + 27	1 + 6	1 + 27	1 + 6	1 + 27	
	jours	jours	jours	jours	jours	jours	jours	jours	
1	40.0	42.5	200.0	268.0	18.0	18.0	135.0	192.0	<i>Finesse de la mouture : 0 % de ce ciment reste sur le ta- mis de 900 mailles par m². Commencement de la prise : 3 h. 20' après la fin du gâ- chage. Fin de la prise : 8 h. 0 après la fin du gâchage. Densité : 2.76. Essai de stabilité à la vapeur d'eau. La galette s'est bien comportée.</i>
2	35.2	40.0	200.0	250.0	16.2	19.2	155.0	180.0	
3	38.5	47.5	210.0	268.0	15.1	18.0	165.0	175.0	
4	38.0	38.0	198.0	265.0	17.2	17.5	155.0	172.0	
5	36.2	43.0	195.0	270.0	16.0	20.2	165.0	194.0	
Moyennes	37.58	42.14	200.60	264.20	16.50	18.58	155.0	182.60	

Le ciment de laitier trouve spécialement son emploi dans les endroits humides ou sous l'eau. En raison de son bas prix — il coûte environ 30 à 35 % de moins que le Portland — il prend de jour en jour plus d'extension.

Nous fabriquons annuellement 30.000 tonnes environ de ce produit.

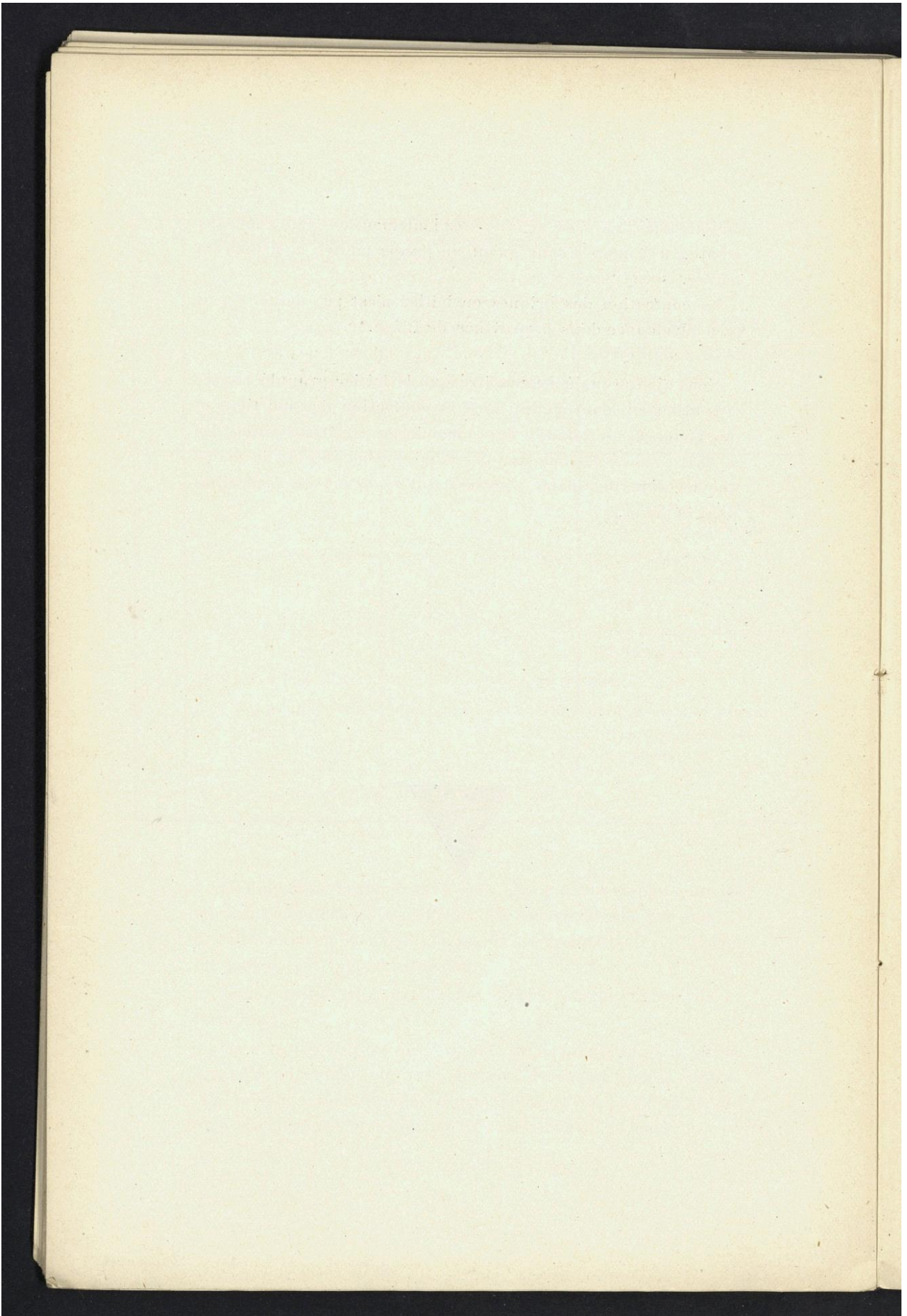
Dans la fabrication des briques, on emploie aussi le laitier granulé additionné de 10 % environ de chaux grasse éteinte. Ce mélange bien intime, broyé ou non, est passé dans des presses spéciales et comprimé très fortement. On démoule et on

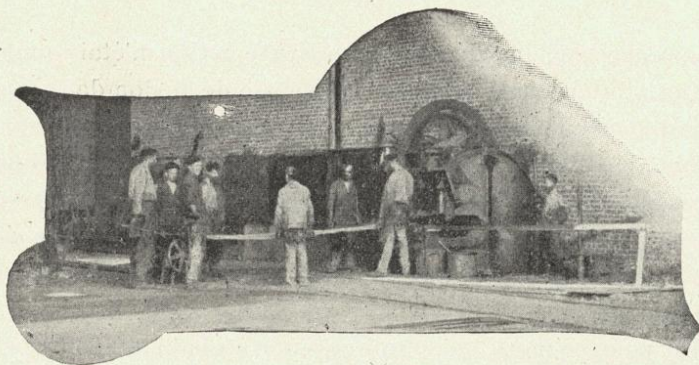
met en haies. La prise se fait assez lentement et exige généralement 2 à 3 mois avant qu'on ne puisse mettre la brique en œuvre.

La confection des briques en laitier n'est pas actuellement très développée dans la province de Liège.

Nous ajouterons à ce chapitre que le laitier granulé trouve très utilement son emploi dans la confection des mortiers et des bétons et qu'il donne des maçonneries très résistantes. De ce chef nous en faisons une certaine consommation, de même que de laitier ordinaire concassé qui remplace les pierrailles dans le béton.







FABRICATION DU FER

A. Aperçu technologique de la fabrication. — L'opération qui consiste à transformer la fonte en fer ductile s'appelle — comme nous l'avons déjà vu — « *affinage* » ou « *puddlage* » et les fours dans lesquels se passent les réactions caractéristiques de cette fabrication portent le nom de « *fours à puddler* ».

Nous voudrions définir le principe de cette fabrication en disant qu'elle consiste à éliminer par oxydation les impuretés de la fonte (carbone, silicium, manganèse, soufre et phosphore), mais comme cette définition s'applique aussi à la fabrication de l'acier, nous caractériserons la différence entre les deux procédés en ajoutant que par le puddlage on obtient un produit (fer ductile) *qui n'a pas subi la fusion*.

La fonte étant introduite dans le four à puddler est échauffée jusqu'à la fusion ; grâce à la nature oxydante des flammes et aux réactifs ajoutés dans le bain, les impuretés de la fonte s'oxydent et sont éliminées soit sous forme de gaz, soit à l'état de scories.

On a cru pendant assez longtemps que le principal agent d'oxydation était l'oxygène des flammes du four, mais de nou-

velles recherches ont démontré que cette action n'était qu'indirecte et n'intervenait que dans la période de fusion de la fonte. C'est d'abord le fer qui s'oxyde et, à cet état, réagit sur le carbone, le silicium et les autres corps étrangers avec lesquels il présente un contact plus immédiat que les gaz léchant simplement la surface du bain. L'action de l'air serait même nulle quand surnage une certaine quantité de scories isolant le métal des flammes.

C'est pour ce motif qu'on doit ajouter au bain — pour que la réduction soit aussi complète que possible — une certaine quantité d'oxyde de fer, généralement sous forme de « *battitures* » (scories et pailles de laminoirs).

Un brassage très énergique de la masse est absolument nécessaire, afin de bien mettre en présence toute les impuretés de la fonte liquide avec les réactifs.

Le carbone et le soufre s'éliminent à l'état de gaz qu'on voit brûler sous forme de petites flammes bleues à la surface du bain; quant au silicium, au phosphore et au manganèse, ils sont transformés en oxydes qui se combinent à une certaine quantité de fer et constituent la scorie liquide qui surnage et qu'on expulse du four de temps en temps.

Quand les impuretés sont presque éliminées, il se produit dans la masse des petits grumeaux de fer qui vont en grossissant en se soudant les uns aux autres, ce que favorise d'ailleurs le travail de l'ouvrier puddleur. A ce moment on dit que le fer « *prend nature* ».

A la fin des réactions, la plus grande partie des scories est évacuée du four et il reste une masse spongieuse que l'ouvrier débite en balles appelées loupes, de poids convenable pour pouvoir être ensuite portées au marteau-pilon qui les homogénéise et achève l'épuration par l'expulsion des scories intercalées dans la masse.

B. Matières premières. — Les matières premières qu'exige la fabrication du fer puddlé sont : le charbon, la fonte et les réactifs oxydants.

Le charbon employé est généralement le tout-venant renfermant 14 à 15 % de matières volatiles. Dans les anciens fours à grille horizontale, l'état physique du charbon jouait un certain rôle en ce sens qu'il devait être assez roulant, mais depuis l'introduction de fours munis de grilles à gradins on peut traiter des combustibles relativement menus et actuellement cette question est plutôt secondaire, le choix de tel charbon ou de tel autre étant plutôt guidé par des considérations économiques. Un bon charbon pour four à puddler reste cependant toujours caractérisé par sa faible teneur en cendres et en soufre et par une proportion de gaz dont les chiffres ci-dessus indiquent un minimum.

Les fours Bicheroux exigent un charbon plus gazeux que les autres.

Les fontes à puddler doivent être blanches, tout au plus les tolère-t-on légèrement piquées. On les classe d'habitude en fontes « chaudes » et en fontes « froides » suivant l'allure du haut-fourneau qui les a produites.

Nous donnons ci-dessous une analyse que nous avons eu l'occasion de faire sur chacun de ces types :

	FONTE BLANCHE.	
	Froide.	Chaude.
Carbone.	3,000	3,500
Silicium	0,400	0,700
Manganèse	0,150	1,000
Soufre	0,300	0,100
Phosphore	1,500	1,500
Fer	94,650	93,200
	100,000	100,000

En se reportant aux indications que nous donnons ci-dessus relativement à la théorie du puddlage, on comprendra facilement que plus une fonte renfermera d'impuretés totales, c'est-à-dire plus elle sera chaude, et plus lent sera l'affinage. Les ouvriers interprètent généralement ce fait d'une façon inverse,

qualifiant de fontes chaudes celles qui sont les plus faciles à puddler — par conséquent les plus froides — et fondes froides celles qui sont en réalité les plus chaudes, parce qu'en un temps donné ils font moins d'opérations.

Le manganèse agit très favorablement dans les réactions du puddlage, son action épuratrice est très active et concourt à l'obtention des fers de premier choix dits *fin grain*.

Nous notons enfin comme matière première les scories (battitures) ajoutées à la fonte pour favoriser l'oxydation des impuretés. Ce sont les déchets provenant du traitement des loupes au marteau-pilon et les pailles de laminoirs.

Pour la production d'une tonne d'ébauchés nous comptons généralement qu'il faut :

Fonte	1,150 kilos
Charbon	850 »
Scories	250 »

Le déchet oscille entre 10 et 14 % de la fonte employée.

Les gros fours font en moyenne 14 opérations par 24 heures, s'il s'agit de fer ordinaire. La production est réduite à 8 ou 9 opérations, si l'on traite des fontes manganésifères, c'est-à-dire si on fabrique du fin grain.

Chaque opération appelée *chaude* traite environ 500 kilos de fonte. Autrefois nous ne traitions que 250 kilos par chaude, mais l'avantage des fortes charges fut vite indiqué par une économie de combustible et une plus forte production.

C. Appareils. — L'outillage d'une fabrique de fer comprend dans les grandes lignes : a) le four à puddler, b) les chaudières pour la production de la vapeur, c) le marteau-pilon, d) le laminoir ou train à ébauchés, e) le four à réchauffer, f) le laminoir finisseur et g) la eïsaille.

Actuellement la province de Liège compte encore 66 fours à puddler, soit la moitié du nombre qui était en activité il y a 20 ans. Nous l'avons déjà vu, cette diminution s'explique par l'emploi sans cesse augmentant de l'acier. Au surplus, nos fabriques

travaillent parallèlement avec le fer l'acier qu'elles reçoivent sous forme de blooms ou billettes et cette circonstance nous empêche même de donner ici la nomenclature des appareils affectés spécialement à la fabrication du fer, parce que — à part le four à puddler — les appareils servent simultanément au travail du fer et de l'acier.

Il pourra toutefois intéresser de donner la statistique générale des appareils en activité dans les usines liégeoises fabriquant le fer et transformant l'acier. ⁽¹⁾

Fours à puddler	66
Fours à réchauffer et autres	271
Marteaux et appareils assimilables	25
Trains de laminoirs.	82

A. *Fours*. — Des considérations diverses peuvent influencer dans l'adoption d'un type plutôt qu'un autre. Si on a en vue l'économie de combustible, on prendra le four genre Bicheroux; si d'autre part il faut tenir compte des vapeurs produites par les flammes perdues, on se verra parfois forcé de conserver le four ancien type avec ses dépendances. La question d'entretien entre aussi en ligne de compte. Quoi qu'il en soit — dans notre milieu où la fabrication du fer puddlé tend à disparaître on ne peut pas dire que pour le moment on recherche le four le plus économique : on conserve les installations existantes.

B. *Chaudières*. — Au sortir du four à puddler les produits de la combustion sont encore à une température très élevée. On récupère cette chaleur pour la production de la vapeur en installant des chaudières à la suite des fours. C'est-à-dire entre ceux-ci et la cheminée.

Tantôt les chaudières sont horizontales, tantôt elles sont verticales ; tout dépend souvent de l'emplacement dont on dis-

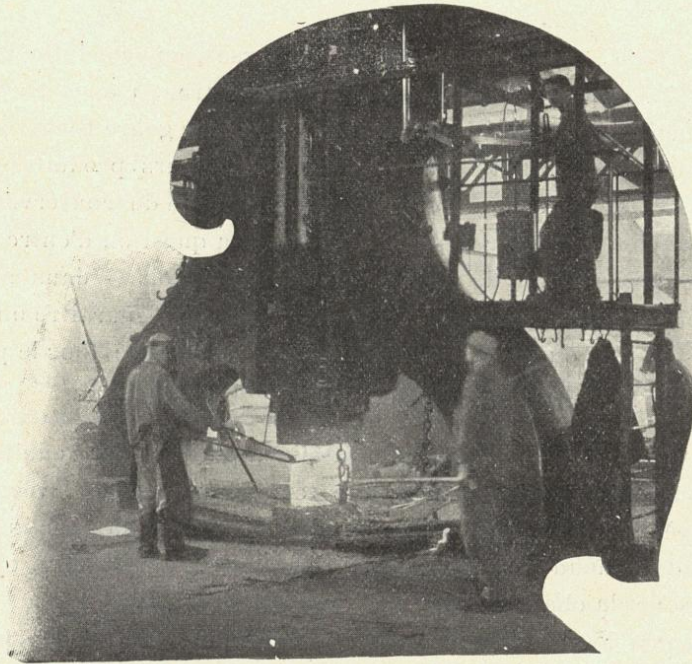
⁽¹⁾ *Rapport sur la situation de l'industrie minérale et métallurgique dans la province de Liège pendant l'année 1903.*

pose. Leur surface de chauffe varie généralement de 60 à 80 m².

Dans une installation bien entendue, la production de la vapeur par les gaz perdus doit suffire à l'alimentation de toutes les machines concourant à la fabrication de l'ébauché.

c. *Marteau-pilon*. — Le marteau-pilon est suffisamment connu. Il se compose d'un cylindre à vapeur dont le piston soulève un marteau très lourd (2.000 kil.) qui retombe par son propre poids sur la loupe à marteler. Le tout est disposé sur un bâti vertical bien robuste.

L'enclume repose sur une fondation spéciale très solide appelée *chabotte*.

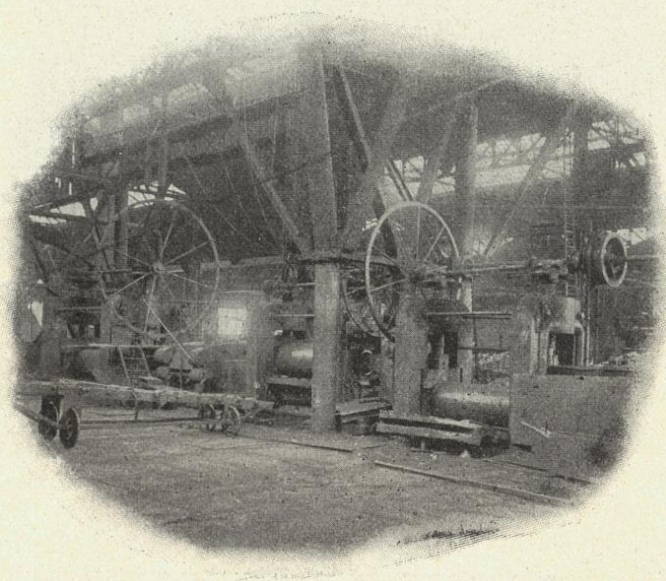


d. *Laminoirs ou trains à ébauchés*. — Les laminoirs à ébauchés sont forts simples. Ils se composent d'une cage dégrossis-

seuse et d'une cage finisseuse. L'ébauché sort de cette dernière sous forme de barre dont les dimensions sont variables suivant l'usage subséquent et varient de 50 à 200 m/m de largeur et de 15 m/m d'épaisseur.

La machine qui actionnera un pareil train sera de la force de 200 chevaux environ pour une production de 30 à 40 tonnes d'ébauchés par 24 heures.

Quoique l'ébauché soit parfois vendu à nos usines de transformation, on ne peut pas dire que sous cette forme le fer constitue un produit commercial. Il demande à être épuré. A cet effet, il est découpé en morceaux d'une certaine longueur ; ces morceaux sont réunis en « paquets » dont le poids est calculé d'après celui du produit fini qu'on veut en obtenir ⁽¹⁾.

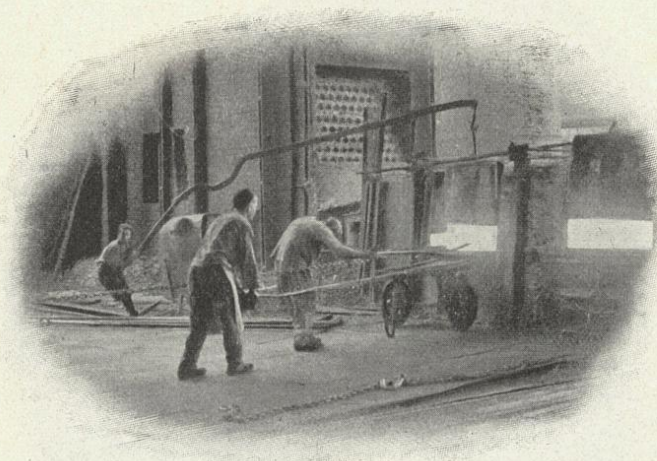


(1) Dans la fabrication des produits finis, nous utilisons aussi des mitrilles de fer dont on fait des paquets qui sont pris entre deux couver-

E. *Fours à réchauffer.* — Les paquets sont introduits dans le four à réchauffer et y sont portés à la température du blanc soudant.

Le four à réchauffer est du système à grille, c'est à dire dans l'ensemble et en plus grand assez semblable au four à puddler, ou bien il est du système à gaz (Siemens).

Les produits de la combustion sont également utilisés au chauffage des chaudières qui sont du même type que celles employées à la suite des fours à puddler. La production de la vapeur avec les gaz perdus des fours à réchauffer peut suffire à l'alimentation des laminoirs, cisailles, etc., nécessaires à la fabrication des produits finis ⁽¹⁾.

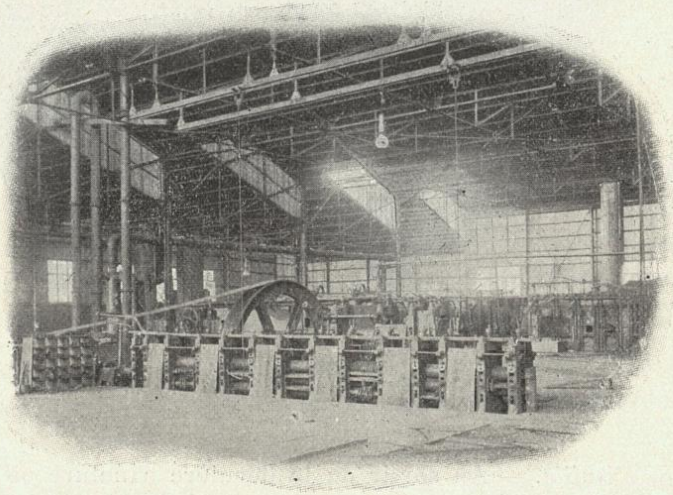


tures d'ébauchés et réchauffés ensuite pour en souder tous les éléments au laminage.

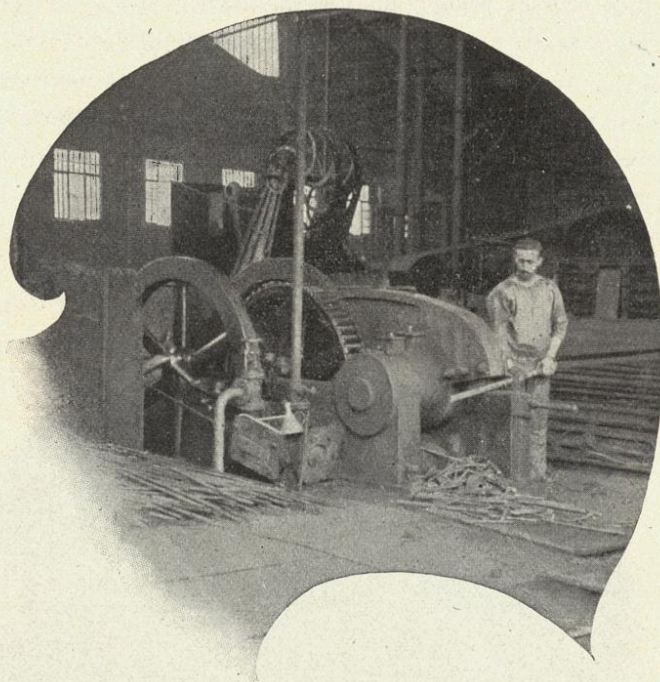
(1) Le réchauffage des paquets d'ébauchés exige une consommation de charbon de 500 kil. par tonne de fers finis et de 900 kil. par tonne de tôles.

F. *Laminoir finisseur.* — A la température du blanc soudant, les ébauchés se soudent les uns aux autres et perdent encore le peu de scories restées englobées dans le métal. Les paquets sont alors saisis vivement et passés aux laminoirs finisseurs.

Ces derniers se composent d'un premier train dégrossisseur appelé « train d'aisance » et d'un finisseur se composant d'un dégrossisseur et des cages finisseuses.



Le diamètre des cylindres, la forme et le nombre des canelures varient naturellement avec les dimensions et le profil à donner aux produits finis. Pour fixer les idées sur la puissance du moteur qui dessert un laminoir finisseur, disons qu'une machine de 300 chevaux permet une production de 50 tonnes par 24 heures.



g. *Cisaille*. — Au sortir de la dernière canelure on affranchit les bouts des barres de fer qui sont alors prêtes à être livrées au commerce.

Ce que nous disons ci-dessus de la fabrication du fer se rapporte surtout aux profilés plats, ronds, etc.; nous nous sommes réservé une mention spéciale pour la fabrication de la tôle fine ⁽¹⁾, qui constitue une industrie essentiellement liégeoise dont les produits ont acquis de tout temps une renommée bien

⁽¹⁾ Nous fabriquons aussi les tôles moyennes et les tôles fortes en fer.

méritée sur les marchés étrangers et ont fait la réputation notamment de nos usines du Hoyoux (Huy).

Le procédé employé est dit « belge » ou à froid ». Le larget — barre de fer plate — est le point de départ de cette fabrication. On le découpe en morceaux pouvant donner chacun une tôle et on les réchauffe dans un « *four dormant* » dont la forme rappelle celle d'un four de boulanger avec la cheminée sur le devant. Cette disposition maintient dans le four une atmosphère réductrice qui empêche l'oxydation.

Le larget est ensuite laminé dans le sens de la largeur jusqu'à réduction à une épaisseur de 4 m/m environ. C'est ce qu'on appelle le *dégrossissage*. On réchauffe de nouveau puis on relamine par paquets de 4 à 8 tôles dégrossies superposées en ayant soin d'alterner à chaque passe la position des tôles et d'éviter ainsi qu'elles ne se soudent en même temps qu'on leur assure une épaisseur égale. Cette opération s'appelle le *finissage*.

Le dégrossissage et le finissage entraînent un déchet de 2 à 3 %.

Les tôles demandent alors à être *recuites*. Pour cela on les chauffe en vase clos ⁽¹⁾ (ou en fours ouverts) à la température du rouge et on les laisse refroidir très lentement.

Il ne reste plus qu'à procéder au *cisaillage* pour mettre les tôles à dimensions. Les chûtes entraînent un déchet de 15 à 18 %.

Nous fabriquons dans la province de Liège des tôles fines dont l'épaisseur oscille entre 3/10 et 12/10 de millimètres.

D. *Produits*. — Bien que depuis 1901 il y ait une très légère recrudescence dans la production des fers finis au pays de Liège, nous devons constater une diminution très sensible si nous con-

(1) C'est le procédé qui donne les meilleurs produits.

sultons les chiffres ci-dessous qui montrent les fluctuations de la production pour la période 1888-1903. ⁽¹⁾

Production des fers finis

Année	Production Tonnes	Année	Production Tonnes	Année	Production Tonnes	Année	Production Tonnes
1888	141.777	1892	128.478	1896	107.550	1900	76.378
1889	144.054	1893	119.055	1897	100.004	1901	71.472
1890	127.213	1894	114.579	1898	99.857	1902	74.242
1891	131.041	1895	108.245	1899	102.228	1903	76.103

Relativement à la nature des produits actuellement fabriqués, nous avons emprunté le tableau ci-dessous au *Rapport sur la situation de l'industrie dans la province de Liège* pendant l'année 1903.

FERS FINIS	PRODUCTION EN TONNES		
	1901	1902	1903
Fers marchands	31.047	35.261	39.215
Profilés spéciaux	1.328	1 394	1.326
Fers serpentés	2.120	2 880	3.700
Grosses tôles et larges plats . .	13.913	13.095	11.462
Tôles fines	23.046	21.546	20.343
Fers battus	18	66	57
TOTAUX	71.472	73.242	76.103

⁽¹⁾ Page 110 le lecteur pourra voir les diagrammes comparatifs entre la production de l'acier brut et celle des fers finis, pour une période beaucoup plus longue.

Nous compléterons les indications pour 1903 en donnant ci-dessous le tableau des matières premières consommées :

Fabrication des ébauchés :

Fonte beige consommée . . .	41.196 tonnes	ou	60 %
» étrangère	24.119 »	»	40 »
	65.315 »	»	100 %
Production . . .	57.349 tonnes		
Déchet moyen . .	12.2 %		

Fabrication des fers corroyés :

Ebauchés consommés	7.614 tonnes	ou	35 %
Mitrailles »	13.894 »	»	65 »
	21.408 »	»	100 %
Production . . .	17.765 tonnes		
Déchet moyen . .	17.0 %		

Fabrication des fers finis :

Ebauchés consommés	51.522 tonnes	ou	54 %
Corroyés »	17.850 »	»	19 »
Mitrailles consommées. . . .	25.857 »	»	27 »
	95.219 »	»	100 %
Production . . .	76.103 tonnes		
Déchet moyen . .	20.0 %		

E. Sous-produits et leur utilisation. — Les sous-produits de la fabrication qui nous occupe constituent de vrais minerais de fer et comme tels trouvent leur réemploi dans les hauts-fourneaux ⁽¹⁾.

(1) Rappelons qu'une partie des scories est réutilisée directement pour le puddlage de la fonte.

Nous distinguons 3 variétés de sous-produits qui sont :

- 1^o les scories de puddlage ;
- 2^o les scories de réchauffage, et
- 3^o les battitures comprenant les pailles de laminoirs et les scories riches du martelage.

1^o *Scories du puddlage*. — Elles renferment généralement :

54 à 56 % de fer
3 à 4 » de phosphore
et 10 à 12 » de silice.

Leur haute teneur en phosphore les fait spécialement rechercher pour la fabrication des fontes Thomas. La production d'un four à puddler est d'environ 1 $\frac{1}{2}$ tonne par 24 heures.

2^o *Scories du réchauffage*. — Leur composition est la suivante :

48 à 50 % de fer
1 00 » de phosphore
25 à 30 » de silice.

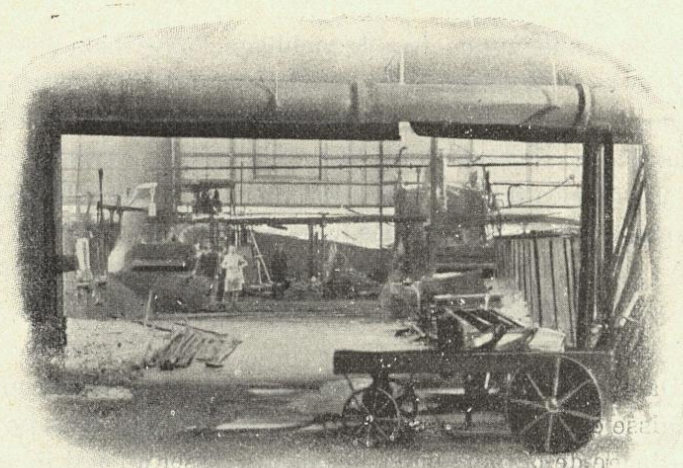
Comme celles provenant du puddlage, ces scories trouvent aussi leur emploi dans les lits de fusion pour fontes phosphoreuses. Un four produit environ 3 tonnes par 24 heures.

3^o *Battitures*. — Elles tiennent en moyenne :

60 à 65 % de fer
0.3 à 0.5 » de phosphore
5 à 10 » de silice.

Elles peuvent être employées pour la production de fontes diverses ; leur haute teneur en fer enrichirait très utilement nos lits de fusion actuels si la production de ces déchets était plus forte.





FABRICATION DE L'ACIER

La place prépondérante prise par l'acier dans les diverses applications du fer, en a rendu la fabrication excessivement importante dans notre province. On en aura une idée quand nous aurons dit que le pays de Liège seul met sur le marché près de 70 % de la production totale du pays.

Quant aux développements énormes et successifs de cette intéressante fabrication, nous les consignons sous forme de diagrammes qu'on verra plus loin ; pour le moment nous n'empiéterons pas sur ce domaine et nous respecterons le programme que nous nous sommes tracé en abordant le premier point :

A. Aperçu technologique de la fabrication. — De même que le fer puddlé, l'acier résulte de l'affinage de la fonte mais avec cette différence que le métal obtenu dans le traitement pour acier *a subi la fusion*.

Nous avons vu que dans le puddlage, l'oxydation des impuretés de la fonte s'effectuait *partie par l'air* en excès dans la flamme, *partie par les réactifs* ajoutés au bain. Amplifions ces deux genres de réactions et nous aurons caractérisé le principe de la fabrication de l'acier par les deux grandes méthodes employées dans nos aciéries, c'est à dire :

1° Fabrication au moyen de la cornue.

2° » » » » du four.

Dans la fabrication de l'acier au moyen de la cornue (qu'il s'agisse du procédé Bessemer ou du procédé Thomas) on réalise l'affinage de la fonte en la faisant traverser à l'état liquide par un violent courant d'air qui brûle les impuretés : Carbone, silicium, manganèse, soufre et phosphore. La chaleur produite par la combustion de ces corps est largement suffisante pour maintenir le bain en fusion.

Dans la fabrication de l'acier au four, la fonte est annexée à l'état liquide en même temps que les mitrailles et on y fait des ajoutés de réactif oxydant (minerai de fer) qui enlève les impuretés un peu à la façon de l'oxygène de l'air dans la cornue.

Ce qui différencie cette dernière opération du puddlage, c'est la très haute température à laquelle les réactions s'effectuent et qui permettent de maintenir à l'état liquide *le fer* produit. On a vu qu'on n'a pu atteindre ces températures élevées que grâce aux fours à récupération du système Siemens.

Cet aperçu général établi, voyons d'une façon un peu plus détaillée les réactions qui se passent dans les trois procédés de fabrication : ⁽¹⁾

1° Acier Bessemer

2° » Thomas

3° » Martin-Siemens.

⁽¹⁾ Nous ne parlons pas de l'acier fabriqué au creuset qui ne rentre pas dans la présente monographie.

1^o Acier Bessemer. — Dans ce procédé on ne peut employer que des fontes pures en phosphores, c'est à dire tenant au maximum 0.080 à 0.090 % de ce métalloïde. L'opération s'effectue dans une « cornue » ou « convertisseur » dont la configuration en forme de poire est bien connue de tous.

Par la partie inférieure on injecte de l'air produit par une puissante machine soufflante en quantité variant de 300 à 350 mètres cubes par tonne de fonte traitée. Aussitôt les réactions commencent.

C'est d'abord le silicium qui est oxydé et transformé en silice ; aussi pendant cette première période du soufflage n'observe-t-on pas de flamme sortant par le bec de la cornue. Le manganèse et une partie du fer s'oxydent ensuite et forment avec la silice produite une scorie constituée par un silicate de protoxyde de manganèse et de fer. Vient ensuite la période d'élimination du carbone caractérisée par une flamme dont l'éclat et le volume vont « crescendo » jusqu'à un certain point et diminuent ensuite pour finir par disparaître complètement avec l'élimination du carbone. A ce moment la première partie de l'opération est finie et on arrête le vent.

Le métal obtenu est du fer fondu tenant en dissolution une forte proportion d'oxyde qui le rendrait impropre aux usages subséquents. Il faut maintenant enlever cet oxyde de fer qui sature le bain et incorporer au métal une proportion de carbone en rapport avec la qualité de l'acier qu'on veut produire. On arrive à ce résultat en introduisant dans la cornue de la fonte liquide très manganésifère et partant très carburée. Le manganèse réduit l'oxyde en restituant le fer au bain et le carbone carbure l'acier. Parfois on se contente de laisser s'effectuer les réactions dans la cornue renversée, d'autres fois on la redresse et on donne encore un peu de vent pour assurer un mélange bien intime des différents corps en présence.

La préparation de l'acier est alors terminée et il suffit de couler en lingots.

Le procédé Bessemer est aussi qualifié de *procédé acide*

parce que la cornue est revêtue intérieurement de matériaux réfractaires acides, c'est-à-dire siliceux.

2° Acier Thomas. — Cette fabrication utilise les fontes phosphoreuses pour l'affinage desquelles la cornue exige un revêtement *basique* formé d'un pisé de dolomie frittée mélangée de goudron anhydre. C'est pourquoi le procédé Thomas est aussi appelé *procédé basique* par opposition à la dénomination ci-dessus du procédé Bessemer.

La forme du convertisseur Thomas est identique à celle de la cornue Bessemer, mais les réactions qui se passent en Thomas sont naturellement différentes.

C'est aussi le silicium qui est d'abord éliminé, mais comme les fontes Thomas en renferment très peu, cette première période est vite terminée. Au fur et à mesure de l'oxydation du silicium il s'élimine aussi une bonne partie de manganèse. Le départ du carbone commence ensuite et, à peine terminé, c'est le phosphore qui s'oxyde en produisant une énorme quantité de chaleur absolument nécessaire pour maintenir le bain en fusion. Grâce aux ajoutes de chaux préalablement faites dans la cornue, l'acide phosphorique peut se combiner avec cette base et s'unir à la scorie déjà constituée par du silicate de manganèse et de fer, car ajoutons qu'au cours de ces diverses réactions une certaine quantité de fer a aussi été brûlée.

Telles sont, sommairement décrites, les réactions principales qui se passent dans la cornue Thomas. En réalité -- tant en Bessemer qu'en Thomas -- elles sont un peu plus complexes et ne sont surtout pas aussi délimitées que semble l'indiquer notre exposé, mais leur développement nous entraînerait trop loin. Revenons en donc à notre métal Thomas affiné qui pour le moment doit être recarburé à dose convenable.

On procède comme pour le Bessemer, mais avant d'ajouter la fonte riche en manganèse et carbone il convient d'éliminer autant que faire se peut la scorie qui surnage. Sans cette précaution une partie du phosphore de la scorie serait réduite et repasserait dans l'acier.

La recarburation des aciers par la fonte manganésifère carburée (Spiegel) est le procédé généralement employé dans notre province qui pratique cependant aussi la méthode dite « par le carbone. » Cette dernière est basée sur cette propriété du fer fondu de pouvoir dissoudre du carbone solide qui en pratique pourra être du graphite ou du coke.

3° **Acier Martin.** Nous fabriquons cet acier, principalement sur sole basique.

La charge d'un four Martin se compose de fonte, de mitrilles vieilles ou nouvelles et de minerai de fer. On a vu que c'était surtout ce dernier qui agissait comme oxydant pour enlever les impuretés de la partie métallique constituant la charge.

La recarburation au point voulu s'effectue aussi soit par le spiegel soit par le carbone.

Indépendamment des aciers ordinaires obtenus par l'un ou l'autre des procédés ci-dessus, nous fabriquons aussi des aciers spéciaux et notamment des aciers au nickel.

La fin des réactions qui se passent aux convertisseurs acides ou basiques est estimée d'après la nature de la flamme qui sort du bec de la cornue. On ne se contente cependant pas de cette appréciation : on prélève aussi des échantillons du métal qui sont rapidement refroidis puis martelés, pliés et cassés. Les essais mécaniques corroborés par l'examen de la cassure, fixent complètement le praticien sur la nature du métal produit ⁽¹⁾.

Les aciers sont — d'une façon générale — classés d'après leur degré de dureté, lequel est en relation avec la teneur en carbone.

Nous donnons ci-dessous quelques chiffres relatifs à cette classification en observant toutefois qu'ils ne s'appliquent pas aux produits spéciaux (aciers manganésés, au nickel, par exemple).

(1) Ces essais sont aussi indispensables dans la production des aciers Martin.

Aciers extra doux	0.05 à 0.20 % de carbone	
» doux	0.20 à 0.35 »	»
» durs.	0.35 à 0.50 »	»
» extra durs.	0.50 à 1.00 »	»

B. Matières premières. — 1° *Bessemer.* — Les matières premières propres à la fabrication de l'acier Bessemer sont : a) la fonte Bessemer et b) la fonte manganésifère.

La composition de la fonte est variable suivant la qualité de l'acier qu'on veut produire. S'il s'agit de produire des aciers plutôt durs on emploiera une fonte dont la composition approximative est donnée ci-dessous :

Carbone total	4	à	4.50 %
Silicium	2	à	2.50 »
Manganèse	2	à	2.50 »
Phosphore	0.05	à	0.08 »
Soufre.			moins de 0.06 »

Si on veut fabriquer des aciers doux, les teneurs en silicium et en manganèse seront réduites de moitié.

Sous la dénomination de fonte manganésifère nous comprenons les « spiegels » dont la teneur en manganèse va de 8 à 20 % et les « ferro-manganèses » dont la teneur atteint parfois 85 %. Ces alliages ne sont pas fabriqués dans notre province et nous viennent généralement d'Allemagne.

Les quantités respectives de fontes Bessemer et manganésifère employées pour la fabrication d'une tonne d'acier varient naturellement avec leur composition et il nous est conséquemment impossible de donner des chiffres ; nous nous bornerons à dire que dans la fabrication qui nous occupe on compte généralement sur un déchet de 10 à 12 %.

2° *Acier Thomas.* — Indépendamment de la fonte phosphoreuse et de la fonte manganésifère, nous devons ici mentionner la chaux.

Cette dernière sera aussi pure que possible et surtout bien

exempte d'incuits dont l'action refroidissante sur le bain de fonte est nuisible.

Le bassin de Liège renferme des gisements inépuisables de calcaire propre à la fabrication de la chaux requise dans le procédé Thomas.

La fonte pour le procédé basique aura la composition moyenne suivante :

Carbone.	3.00 à 3.50 ‰
Silicium.	0.50 »
Manganèse.	2.00 »
Phosphore	2.00 à 2.50 »
Soufre	0.06 à 0.07 » maximum.

Ce que nous avons dit plus haut à propos des fontes spiegel pour la recarburation s'applique également ici.

Le déchet en Thomas est d'environ 15 ‰.

3^e *Acier Martin*. — Nous fabriquons surtout l'acier sur sole basique. Un des avantages de cette méthode est de permettre l'emploi de fontes ou de mélanges de fontes dont la teneur en phosphore est trop élevée pour le Bessemer et trop faible pour le Thomas. On y obtient aussi des aciers très doux.

Les mitrailles refondues consistent surtout en vieilles fontes, débris de laminoirs, chutes de rails et de poutrelles, rognures de tôles, etc. Il en résulte que le four Martin débarrasse très utilement nos aciéries de ces sous-produits encombrants.

Le minerai ajouté pour l'affinage sera aussi riche que possible.

Les proportions relatives de fonte et de mitrailles traitées au four Martin varient précisément en raison des approvisionnements en mitrailles, nous croyons toutefois que le chiffre de 25 à 35 ‰ ne s'éloigne pas trop de la vérité.

Le déchet en Martin est d'environ 8 ‰.

Comme matières premières employées dans nos aciéries nous aurions peut-être dû signaler les produits réfractaires dont sont revêtus les convertisseurs. — Nous en toucherons un mot plus loin.

Les lingots provenant des aciers produits par l'une ou l'autre des méthodes que nous venons d'esquisser renferment fréquemment des soufflures. — Elles résultent de gaz occlus dans la masse et qui ne peuvent se dégager par suite de la solidification rapide du métal. — On obvie à cet inconvénient — du moins en partie — en ajoutant pendant la coulée une trace d'aluminium. La proportion ne dépasse pas souvent 0.01 à 0.10 % et produit les plus heureux effets surtout si on coule directement des moulages.

Pour l'année 1903 il a été consommé dans la province de Liège les matières premières suivantes pour la fabrication de l'acier :

Fontes belges pour Bessemer . .	187.694 tonnes
» étrangères » . .	1.180 »
» Thomas belges . . .	342.348 »
» » étrangères . . .	28.914 »
» manganésifères étrangères	41.954 »
Ribbons et mitrailles d'acier . .	88.262 »

Total : 690.352 tonnes

La production de l'acier brut ayant été de 607.412 tonnes, nous calculons un déchet moyen de 12 %⁽¹⁾.

C. Appareils. — Nos aciéries sont puissamment outillées non seulement en vue des fortes productions, mais aussi pour abaisser autant que possible le prix de revient et pouvoir ainsi lutter avec nos redoutables voisins.

(1) Nous basant toujours sur les chiffres statistiques de 1903 nous trouvons que le déchet résultant de la transformation du lingot en demi-produits (blooms, billettes, lingots battus) est de 7.3 % tandis qu'il est de 13.4 % en passant du lingot brut et autres aux produits finis. Dans les usines travaillant l'acier pris sous forme de petits lingots, blooms ou billettes aux aciéries, nous avons un déchet de 24 % entre la matière première et les produits finis; cela tient à ce que ces derniers sont plus menus que dans les aciéries proprement dites.

Nous avons déjà eu l'occasion de mettre en évidence cette caractéristique de la grande industrie liégeoise de ne jamais s'arrêter dans la voie du progrès et de perfectionner sans cesse son outillage.

Ce dernier comprend les appareils suivants :

- 1° Le mélangeur.
- 2° Le convertisseur et le four Martin.
- 3° Le bassin de coulée.
- 4° Le four à réchauffer.
- 5° Le marteau-pilon et la presse.
- 6° Les trains à bandages, à tôles, à gros et petits profilés.
- 7° La cisaille.
- 8° Les chaudières et machines motrices.
- 9° Les installations complémentaires telles que gazogènes pour fours, la confection des produits acides ou basiques, le parachèvement, les grues, etc.

On compte actuellement dans la province de Liège (statistique de 1903) :

Usines en activité	5
Fours à acier	12
Convertisseurs	16
Fours à réchauffer et autres	51
» Pits	80
Marteaux et appareils assimilables	18
Trains de laminoirs	29

occupant une population ouvrière de plus de 5.000 hommes.

Il convient de noter que ces chiffres se rapportent exclusivement aux usines produisant l'acier; il a été fait mention d'autre part des établissements transformant les aciers bruts ou demi-travaillés qu'ils reçoivent des producteurs.

1° *Le mélangeur.* — Nos grandes aciéries possèdent aussi leurs hauts-fourneaux. L'économie résultant du traitement de la fonte avant sa solidification a amené la construction des mélangeurs, vastes cornues pouvant contenir 100.000 kil. de

fonte liquide qu'elles reçoivent au fur et à mesure qu'on la produit au fourneau.

Du mélangeur elle est distribuée aux convertisseurs suivant le besoin.

Le but de ces réservoirs est de mettre l'aciériste à l'abri des variations d'allure du haut-fourneau et d'amener ainsi une grande régularité dans la fabrication.

2° *Les convertisseurs et les fours* — Les convertisseurs sont, comme nous l'avons vu, de robustes appareils en tôles affectant la forme d'une poire et revêtus intérieurement de matériaux réfractaires, soit acides, soit basiques, selon que l'on a en vue la fabrication de l'acier Bessemer ou de l'acier Thomas. Le revêtement des cornues et surtout le fond doivent être particulièrement soignés. Le fond s'usant beaucoup plus vite que les parois, on a dû s'arranger de façon à pouvoir renouveler facilement cette partie de l'appareil sans pour cela arrêter le travail.

Pour le Bessemer, on se sert de matériaux réfractaires ordinaires : silice et alumine dont l'emploi ne présente rien de particulier. Pour le Thomas, ce sont la dolomie et le goudron qui constituent les éléments du revêtement de la cornue.

La dolomie est d'abord « *frittée* » dans des fours analogues aux cubilots de fonderie où elle est portée à une température telle qu'il se produise un commencement de fusion. On la broie ensuite et on la mélange avec une proportion convenable de goudron bien privé d'eau de façon à obtenir un pisé de bonne consistance.

Le convertisseur pivote sur des tourillons horizontaux dont l'un est creux et donne passage au vent qui se rend de là dans la boîte inférieure de l'appareil et se distribue à travers les tuyères. Une pression de 1 1/2 à 2 atmosphères est nécessaire pour que l'air traverse le bain de fonte.

En Bessemer, les tuyères — au nombre de 20 à 24 — sont des pièces réfractaires munies chacune de 10 à 12 trous dont le diamètre est d'environ 10 à 12 ^m/_m. En Thomas, il n'est pas possible d'employer ces tuyères dont la nature siliceuse aurait vite ruiné le fond basique. On tourne la difficulté de la manière

suivante : Lors de la confection du fond de la cornue on dispose des broches en bois de diamètre approprié et le pisé basique est damé tout autour. Il suffit de retirer les broches quand le fond est fini.

La capacité des convertisseurs Bessemer en usage chez nous est de 10 tonnes. Pour le Thomas elle est de 8 à 12 tonnes.

On fait en 24 heures 70 opérations acides et 50 à 80 opérations basiques. Dans un cas comme dans l'autre la durée d'une opération est de 10 à 15 minutes.

Signalons aussi dans notre bassin l'installation du convertisseur Robert. Cet appareil de capacité beaucoup plus inférieure à celle des autres cornues est employé pour la production d'aciers spéciaux.

Dans l'appareil Robert, le vent — au lieu de déboucher dans le fond de la cornue et de traverser verticalement le bain de fonte, sort par une des parois et un peu en dessous du bain métallique.

L'avantage de l'appareil Robert est de pouvoir être installé à peu de frais et de ne pas exiger les fortes pressions de vent requises par les autres convertisseurs.

Fours Martin. — Nous avons déjà eu l'occasion de parler de ces fours et en avons établi le principe. Leur installation comprend les gazogènes pour la production du gaz et le four proprement dit.

Le combustible employé dans les gazogènes est du charbon gras tenant environ 30 à 35 % de matières volatiles. Le gaz produit est un mélange des éléments gazeux distillés, auxquels s'ajoute une certaine proportion d'oxyde de carbone, d'acide carbonique et d'azote provenant d'une combustion incomplète. L'application de la régénération des chaleurs perdues à la sortie du laboratoire du four, assure une combustion extrêmement intense capable de porter la charge aux plus hautes températures obtenues industriellement et de fondre notamment le fer.

3° *Bassin de coulée.* — A côté du convertisseur ou du four Martin, se trouve le bassin de coulée au centre duquel voyage la

grue hydraulique portant à l'extrémité d'un de ses bras la « poche » destinée à recevoir l'acier. Cette poche est munie dans le fond d'un trou de coulée pouvant être ouvert ou fermé à volonté par un levier mu extérieurement.

Le trou est amené au-dessus des lingotières qui reçoivent le métal. Suivant le genre des produits laminés qu'on veut obtenir, la forme et les dimensions des lingotières varient naturellement.



4° *Fours à réchauffer.* — Nous distinguons les fours ordinaires dont nous avons déjà parlé et qui ne diffèrent de ceux employés dans les fabriques de fer que par leurs plus grandes dimensions.

Le principe de la récupération Siemens a aussi été appliqué à ces fours à réchauffer l'acier et a procuré une très sensible économie de combustible. Dans ces derniers appareils le gazogène fait corps avec le four.

Au nombre des fours à réchauffer il convient aussi de citer les « Pits » ou fours de Giers en usage dans nos grandes aciéries et

qui supprime la dispense de charbon nécessaire au réchauffage des gros lingots ou la ramène à un strict minimum.

Ce four présenté en 1882 à l'assemblée de l'Institut du fer et de l'acier par M. John Giers, consiste en une série de puits en réfractaire pouvant recevoir chacun un lingot.

En quittant le bassin de coulée, le lingot encore très rouge à la périphérie (souvent liquide à l'intérieur) est amené aussi rapidement que possible aux puits et plongé dans un des puits maintenu au rouge par les opérations précédentes. Là, l'équilibre de température entre l'intérieur et la surface du lingot s'établit en produisant un certain dégagement de calorique suffisant pour maintenir le four au rouge.

Dans certains cas il convient que le four soit aussi disposé de façon à ce que les puits puissent être chauffés extérieurement, mais on comprend que même dans ces conditions les déperditions de chaleur soit bien faibles et qu'il faille conséquemment bien peu de combustible pour les restituer au four.

5° *Marteaux-pilons*. — Nous n'avons rien de bien particulier à ajouter à ce que nous avons déjà dit à propos de ces appareils, si ce n'est qu'ils sont plus puissants pour le martelage de l'acier que pour celui du fer.

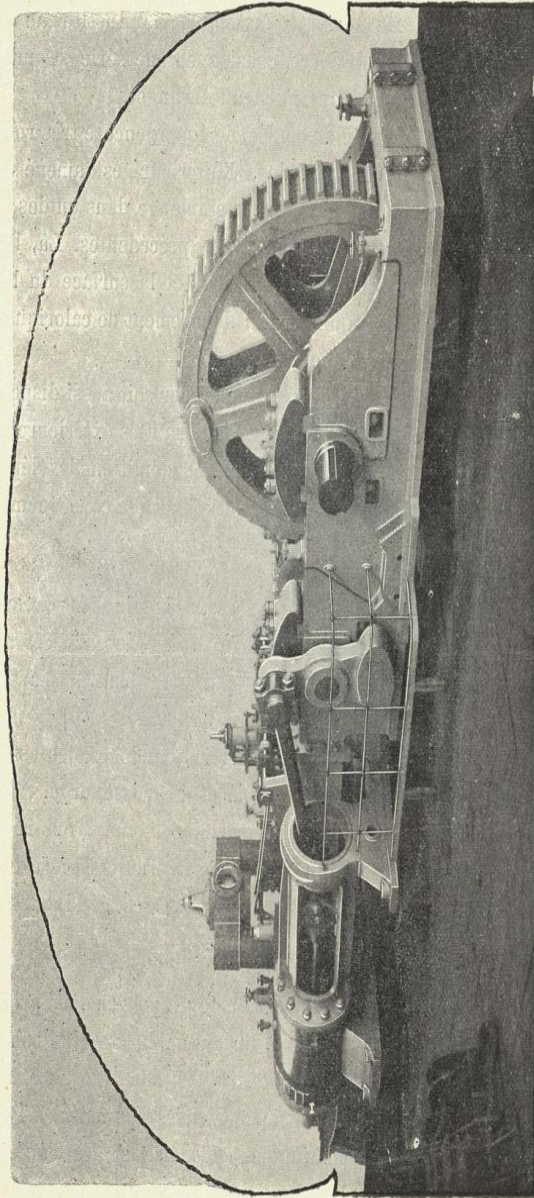
C'est qu'ici ils servent à ébaucher les bandages, les essieux, les arbres, manivelles et autres pièces de grosse forge.

Dans certains cas, au lieu du martelage, nous avons recours à la puissante compression des presses hydrauliques ; c'est ainsi notamment que nous fabriquons des traverses métalliques pour chemins de fer.

6° *Trains divers* — La conversion des lingots en demi-produits ou en produits finis comporte un ensemble d'engins robustes dont nous allons toucher un mot.

Sous la dénomination de demi-produits nos aciéries livrent aux usines de transformation des « *blooms* » et des « *billettes* » surtout.

Les premiers sont produits dans des laminoirs spéciaux dits « *blooming's* » mus par un moteur dont la force peut atteindre



jusqu'à 2.500 chevaux du type « *réversible* », c'est-à-dire que la marche alterne dans les deux sens de façon que le lingot passe et repasse par les diverses cannelures avec le minimum de perte de temps. Toutes les manœuvres que doit subir le lingot sont d'ailleurs exécutées mécaniquement.

Au sortir de la dernière cannelure la grosse barre passe devant des couteaux qui la cisailent en blooms de dimensions convenables.

Le bloom, après réchauffage, est à son tour relaminé et débité sous forme de billettes ou autres produits.

Le laminage des gros profilés tels que les rails et les fortes poutrelles exige aussi des appareils bien puissants si l'on veut être en mesure de satisfaire les besoins actuels.

Nos aciéries sont sous ce rapport admirablement montées et nous pouvons aborder la fabrication des rails et poutrelles les plus lourds pesant jusqu'à 55 kilogs au mètre courant et laminés en pièces de 50 mètres de longueur.

La machine qui doit actionner un train fournissant de tels produits atteindra parfois 8.000 chevaux de force.

Relativement à la fabrication des tôles fortes, nous ne sommes pas moins bien outillés et nos industriels peuvent fournir toutes dimensions usuelles jusqu'au poids de 6 à 7.000 kilos.

Les quelques chiffres ci dessus donnent une idée de l'importance des masses d'acier qui sont couramment manipulées dans nos aciéries, aussi il importe que nos laminoirs soient munis d'engins mécaniques (releveurs, transporteurs, etc.) aussi perfectionnés que puissants, lesquels, indépendamment d'une forte économie sur la main-d'œuvre, assurent une plus grande sécurité dans le travail des ouvriers et contribuent conséquemment à diminuer les accidents.

Pour les petits profilés on emploie généralement des trains *trios* pour lesquels la force de la machine — très variable naturellement suivant le travail effectué — peut atteindre 1.200 chevaux.

Ce que nous avons dit de l'article « Fer », peut s'appliquer ici à la fabrication de tôles fines en acier et nous compléterons la nomenclature des laminoirs en citant les trains à « larges plats » qui nous permettent la production de toutes les dimen-

sions jusqu'à un mètre de largeur et les trains à bandages laminant soit verticalement, soit horizontalement.

Relativement à la puissance de production des divers laminoirs, nous pouvons donner les chiffres ci-dessous :

Blooming :	600 tonnes par 24 heures.			
Gros profilés :	500	»	»	»
Petits profilés :	200	»	»	»
Grosses tôles :	100	»	»	»
Tôles fines :	10	»	»	»
Larges plats :	100	»	»	»



7° *Les Cisailles.* — Elles sont circulaires et placées à la suite

des laminoirs s'il s'agit de débiter à chaud les rails, poutrelles et autres gros profilés.

Pour le cisailage à froid ou pour la mise à dimensions des tôles on emploie la cisaille à guillotine.

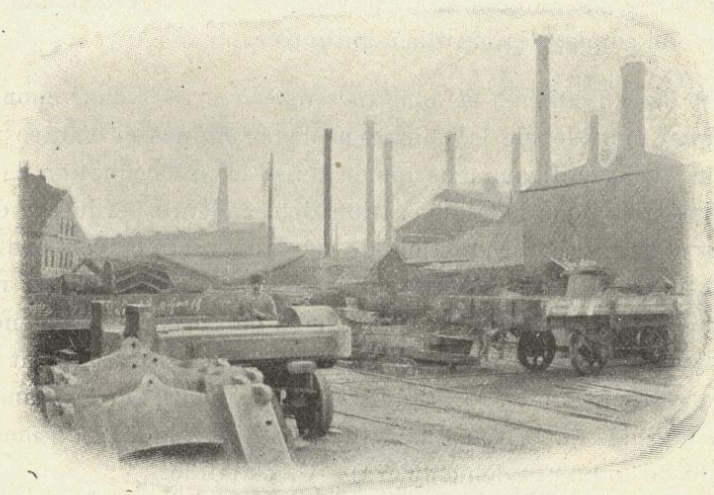
8° *Les chaudières et machines motrices.* — Nous venons de donner une idée de la puissance des machines et d'autre part nous avons suffisamment mis en relief la préoccupation de nos industriels pour la récupération des chaleurs perdues ; dans nos aciéries, la production de la vapeur au moyen des gaz s'échappant des fours est appliquée très judicieusement, mais l'importance des moteurs à mettre en mouvement exige encore l'installation de batteries de chaudières spéciales. On peut dire que le rapport entre la production des vapeurs par les flammes perdues des fours et la quantité nécessaire à la mise en mouvement des moteurs d'une aciérie est très faible.

Comme nos aciéries produisent aussi la fonte, on met largement à contribution la production de l'électricité au moyen des moteurs à gaz de hauts fourneaux et l'on trouve ainsi un sérieux appoint économique de force pour les ponts-roulants et autres engins servant au transport des produits d'un appareil à l'autre au fur et à mesure de leur parachèvement, pour l'éclairage, etc

9° *Installations accessoires.* — Nous avons signalé les gazo-gènes ainsi que les ateliers pour la confection des produits acides ou basiques servant au revêtement des appareils producteurs d'acier.

Notons encore le « parachèvement » où les produits sont triés, dressés et en un mot parachevés de façon à pouvoir être livrés au commerce. Ces ateliers comprennent une série de machines spéciales et de ponts-roulants bien appropriés et généralement mus électriquement.

Les besoins actuels du marché obligent nos aciéristes à se tenir à même de fournir une très grande variété de produits finis ; on ne s'étonnera pas dès lors quand nous dirons que certaines aciéries ont en magasin 4 à 5 000.000 de kil. de cylindres divers pour laminoirs.

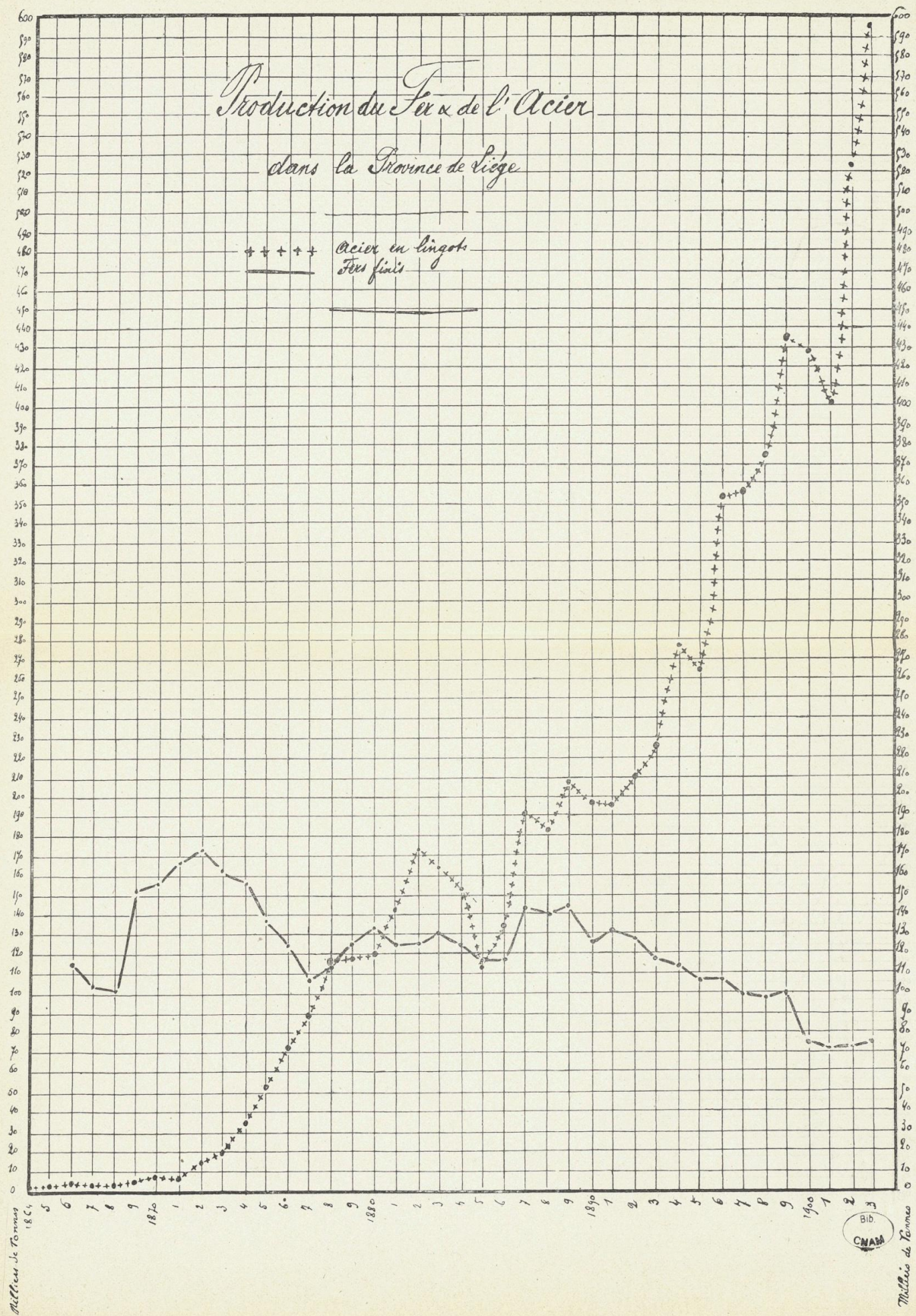


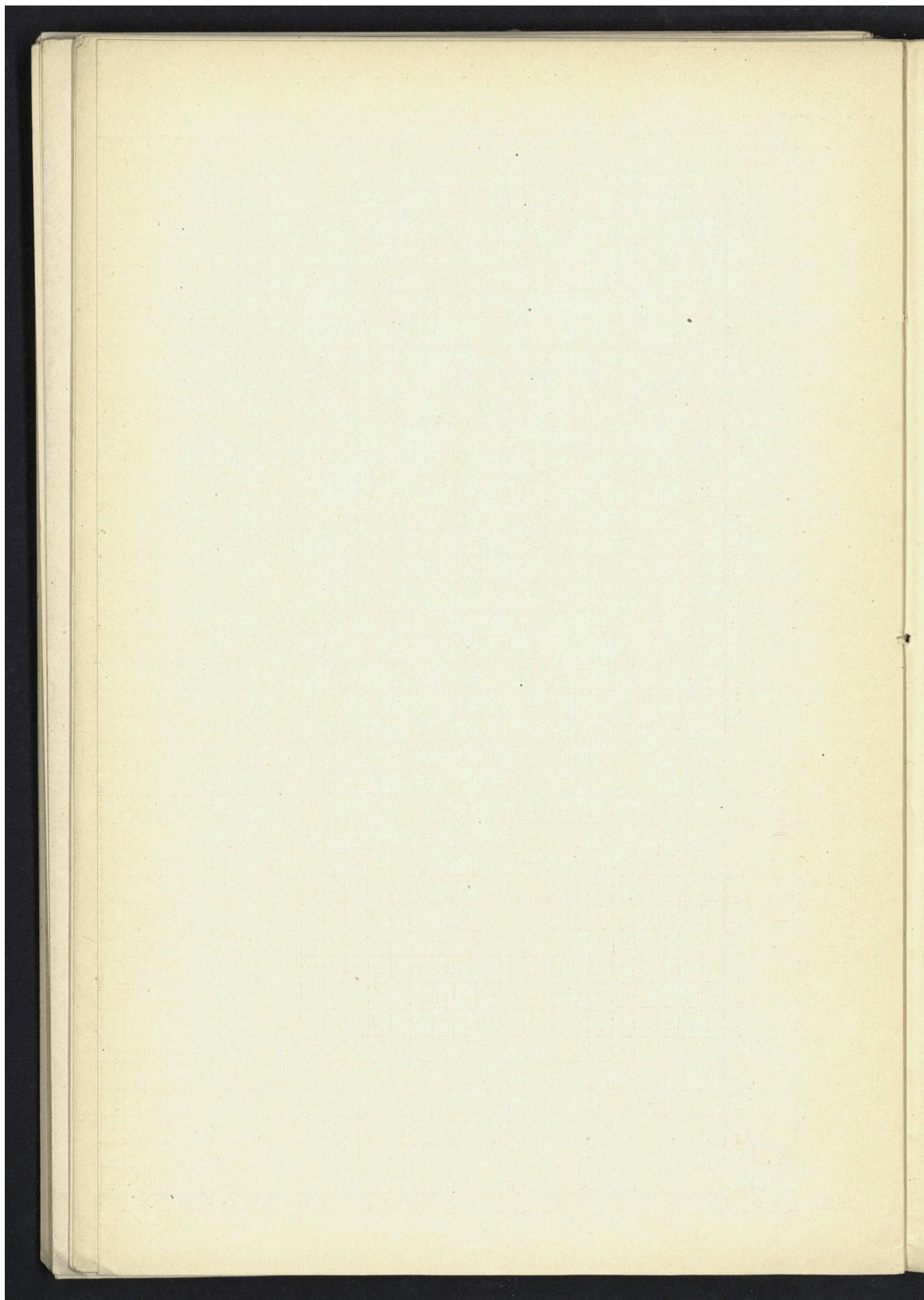
Nous ne pouvons énumérer tous les accessoires qui complètent l'outillage d'une aciérie liégeoise, aussi nous bornerons-nous à citer les grues hydrauliques diverses, les pompes refoulant l'eau dans des accumulateurs qui uniformisent la pression en réglant le débit des dites pompes.

D. Produits. — Nous venons de voir que nous produisons l'acier par les procédés Bessemer, Thomas et Martin. Le rapport entre les productions par ces trois méthodes peut s'établir comme suit :

Acier Bessemer.	29 3 %
» Thomas	58.1 »
» Martin.	12 6 »
	100.0 %

Relativement à la variété des produits, nous prions le lecteur





de se reporter à la fin de la présente monographie, ils y trouveront la liste des diverses usines liégeoises avec la nomenclature de leurs fabricats.

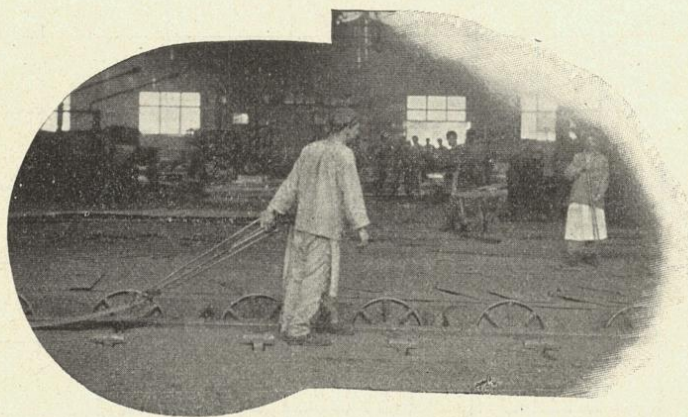
Pour mettre en évidence l'importance de la production, nous avons tracé le graphique ci-après qui fait bien ressortir les progrès accomplis, dans les dix dernières années surtout.

A titre comparatif, nous avons cru intéressant de mettre en parallèle le diagramme de la production du fer : l'inspection de ce tableau montre à suffisance la prépondérance prise par l'acier.

Dans notre tableau, les chiffres de la production de l'acier se rapportent au lingot brut, mais d'après les déchets moyens que nous avons donnés d'autre part, il est facile de faire la correction pour tabler, de part et d'autre, sur les produits finis.

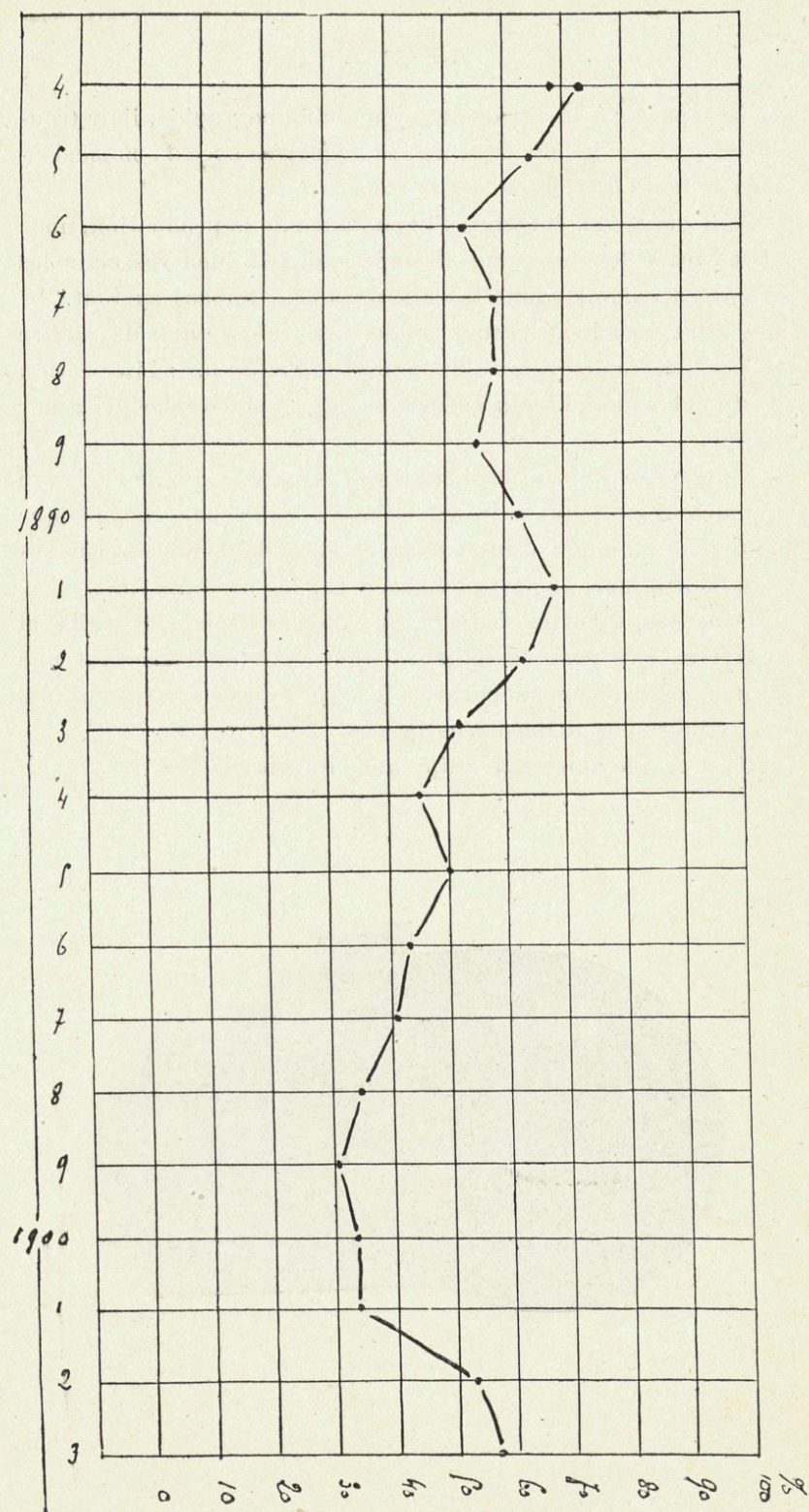
Dans les diverses catégories d'aciers finis, les rails et traverses ont presque toujours figuré en tête, accusant une proportion moyenne supérieure à 50 % reprise sur les chiffres statistiques des 20 dernières années.

C'est ce que montre le graphique ci-après.



Fabrication des rails en acier.

[Proportion de rails fabriqués, pour 100 de produits finis en acier.

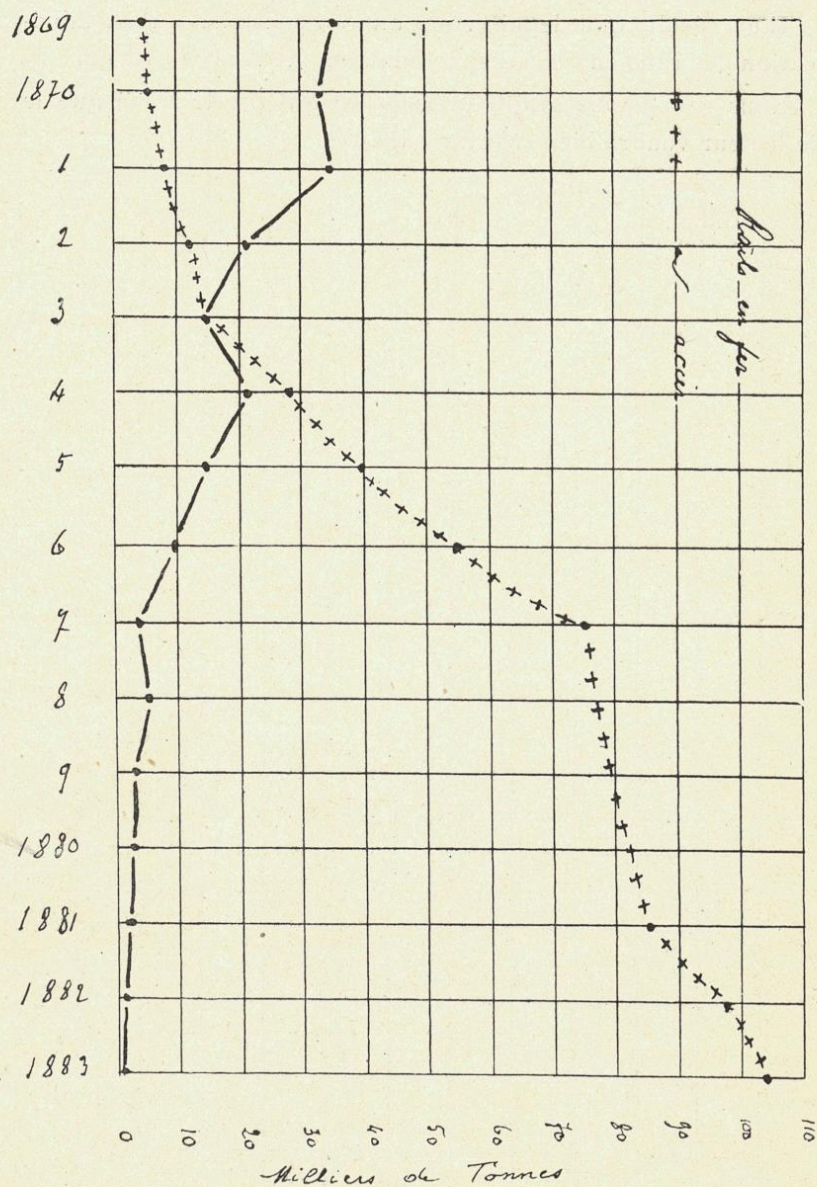


A propos des rails, disons que c'est là surtout que l'acier a montré sa supériorité sur le fer — finissant par écraser ce dernier après une lutte d'une quinzaine d'années environ.

Il en résulte que depuis vingt ans on peut dire que la fabrication des rails en fer a disparu dans la province de Liège.

Nous consignons graphiquement ce fait par le tracé que le lecteur voudra bien trouver page 112.

Diagramme de la production des rails dans la province de Liège,
montrant la substitution de l'acier au fer.



Observation : De 1869 à 1876 nous avons calculé la production des rails, estimée à cette époque égale à 80 % environ de la production totale de l'acier.

Pour 1878, 79 et 80, le tonnage nous manque aussi ; nous avons réuni les points extrêmes par une droite.

Pour ce qui est des autres produits fabriqués dans nos aciéries, nous avons emprunté au *Rapport sur la situation de l'industrie minière et métallurgique pendant 1903* les éléments du tableau ci-contre donnant pour les 3 dernières années les quantités des divers fabricats.

ACIERS FINIS	1901		1902		1903	
	Quantités	Proportions	Quantités	Proportions	Quantités	Proportions
	TONNES	%	TONNES	%	TONNES	%
Rails et traverses	118.841	35,0	237.538	52,6	306.825	57,2
Profilés spéciaux	92.001	27,0	51 403	11,4	50.210	9,4
Aciers marchands	34.508	10,0	45.587	10,1	46 071	8,6
Tôles fines	28 553	8,4	35.100	8,0	43.079	8,0
Grosses tôles	25 954	7,6	30.402	6,8	36.919	6,9
Poutrelles	20 429	6,0	28 355	6,3	29.263	5,5
Bandages et essieux . . .	12.384	3,6	12.788	2,8	14.149	2,6
Verges et aciers serpentés	5.510	1,6	6.030	1,3	6.640	1,2
Aciers battus	2 803	0,8	3.154	0,7	3.200	0,6
TOTAUX.	341.088	100,0	451.387	100,0	536.356	100,0

E. Sous-produits et leur utilisation. — Les sous-produits de nos aciéries sont presque exclusivement constitués par les scories des diverses opérations. Nous citerons :

- 1° Les scories du procédé Bessemer ;
- 2° » » Thomas ;
- 3° » » Martin ;
- 4° » du réchauffage de l'acier ;

et enfin 5° les projections de cornues constituées par un mélange de scories et de globules d'acier entraînés mécaniquement pendant le soufflage.

1° *Scories de Bessemer.* — Dans la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer, on produit environ 100 à 150 kilogrammes de scories par tonne d'acier.

Leur composition moyenne est approximativement la suivante :

Silice	50.0	%
Alumine	25	»
Oxyde de fer	10.0	»
» manganèse	25 à 30.0	»
Chaux et magnésie	2 à 3.0	»

On remarquera qu'elles sont assez pauvres en métal, mais étant donné le prix élevé du manganèse dans nos régions, on peut encore repasser utilement ces scories au haut-fourneau où elles restituent à la fonte 50 à 60 % de la quantité de manganèse qu'elles renferment.

A ce titre on peut les considérer comme un minerai de manganèse.

2° *Scories de Thomas.* — Nous devons une mention spéciale à ce sous-produit qui constitue actuellement une grande source de profit pour nos aciéries basiques.

Les scories Thomas ont sensiblement la formule d'un phosphate de chaux mélangé d'un peu de silice et d'oxydes métalliques ainsi qu'on peut en juger par l'analyse moyenne ci-dessous :

Silice	80	%
Alumine	2.0	»
Oxyde de fer	15 à 20.0	»
» manganèse	5.0	»
Magnésie	4.0	»
Chaux	45.0	»
Acide phosphorique	15 à 20.0	»

Après les hésitations du début, leur emploi en agriculture a pris un développement extraordinaire et bien justifié d'ailleurs.

Nous nous rappelons que, dans le principe, on émettait des doutes relativement à l'assimilabilité par les plantes de l'acide phosphorique des scories Thomas, et on admettait que pour les transformer en engrais elles devaient être traitées de la même façon que les phosphates naturels. Autrement dit, le phosphate basique de chaux devait être transformé en superphosphate.

Un examen plus approfondi et surtout de très nombreuses expériences comparatives eurent vite démontré que la scorie Thomas pouvait être très efficacement employée telle quelle à la condition d'être broyée à un degré de finesse suffisant.

Il y a plus, on s'accorde généralement maintenant à dire que le phosphate Thomas produit ses effets bienfaisants dans un plus grand nombre de cas que les superphosphates et leur est supérieur dans diverses applications et notamment dans les terrains silicieux et naturellement acides.

Nous avons sous les yeux les résultats d'expériences pratiquées en grand par des ingénieurs agricoles faisant autorité et qui démontrent amplement ce que nous venons d'avancer au sujet des scories Thomas appliquées comme engrais dans l'agriculture.

Vu l'importance que la propagation des scories Thomas a prise dans la province de Liège, nous nous permettrons de reproduire quelques résultats d'expériences qui ne manqueront pas d'intéresser le lecteur ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Extraits de la brochure de M. L. Anciaux, ingénieur agricole à Liège, sur l'*Emploi des Scories Thomas*.

Prairie humide. Récolte par hectare. Foin de 1^{re} coupe.

ENGRAIS	1897	1898	1899	Total des 3 années	Augmentation totale de la récolte pour les 3 années
	kil.	kil.	kil.	kil.	
Sans engrais	3.200	2 680	2.700	8 880	—
Avec superphosphate . .	4 250	4.530	4 970	13.750	4.870 kil.
Avec phosphate Thomas	5.325	5.670	5 200	16.195	7 315 »

Ces expériences sont de M. le Dr G. SMETS.

Expériences de Schandera. — Culture du seigle

Engrais	Augmentation de récolte par hectare		Valeurs comparées (en attribuant au grain une valeur triple de celle de la paille.)
	PAILLE	GRAIN	
Phosphate Thomas . .	1058 kg.	1433 kg.	6
Superphosphate . . .	892 »	1202 »	5
Phosphate minéral belge	225 »	587 »	1.6
Phosphate d'Algérie . .	142 »	367 »	1

Ces expériences ont porté sur des parcelles d'un hectare chacune, ayant reçu 25 kg. d'azote nitrique plus 40 kg. de potasse. On y a ajouté des divers phosphates spécifiés une quantité calculée de façon à correspondre dans chaque cas à 60 kg. d'acide phosphorique. Pour la comparaison, une parcelle n'avait pas reçu de phosphate.

Expériences de M. Freitny. — Culture du froment

Parcelles	Engrais	Rendements	
		GRAIN	PAILLE
I	Sans phosphate Thomas . . .	1680 kg.	2880 kg.
II	Avec 400 kg. » . . .	2240 »	4200 »
III	» 600 » » . . .	2480 »	4500 »
IV	» 800 » » . . .	2880 »	5250 »

Nous pourrions multiplier les exemples et citer notamment ceux ayant trait à la culture maraîchère, à la sylviculture, etc. Mais le lecteur pourra se documenter plus complètement en consultant les ouvrages spéciaux ; notre but, en donnant les tableaux ci-dessus, était simplement d'appuyer nos assertions relativement à la grande valeur des scories Thomas et de justifier la faveur dont elles jouissent en agriculture.

Avant d'être livrées au commerce, les scories basiques sont pulvérisées très finement dans des broyeurs à boulets. La finesse de mouture est de 75 %, au tamis Kahl de 75/100^e de millimètre.

La province de Liège produit annuellement environ 90.000 tonnes de scories Thomas représentant une valeur de 2.700.000 francs. La production par tonne d'acier est de 250 kil. environ.

3^e *Scories Martin*. — Comme nous pratiquons le procédé basique, les scories qui en résultent sont comparables à celles du Thomas quand elles atteignent le pourcentage d'acide phosphorique.

4^e *Scories du réchauffage de l'acier*. — Dans les diverses fabrications où l'acier doit être réchauffé, il se forme à la surface des lingots une couche d'oxyde qui se combine à la silice de la sole du four et forme un silicate de fer liquide grâce à la haute température atteinte dans les fours.

Ce produit représente les 4 ou 5 % de l'acier enfourné et sa composition est :

Silice	30.0 %
Fer	45 à 50,0 %.
Phosphore	0,1 %.

On peut les réemployer au haut-fourneau et nous les considérons également comme un minerai de fer.

5° *Projections de cornues.* — Pendant l'affinage dans la cornue Bessemer ou Thomas, la violence du courant d'air entraîne des particules de métal et de scories qui viennent tapisser les parois des cheminées sous lesquelles le bec de la cornue est engagé.

De temps en temps on doit enlever ces enduits dont la composition est très variable mais qui renferment fréquemment jusqu'à 80 % de fer.

On les réutilise aux hauts-fourneaux et suivant qu'ils proviennent de cornues Bessemer ou Thomas ils passent dans les lits de fusion pour fontes Bessemer ou Thomas.



5° Résumé et considérations économiques

Au cours de notre travail, nous avons insisté à diverses reprises sur l'importance que nos industriels sidérurgistes ont attachée de tout temps aux problèmes relatifs à l'économie de combustible. Si l'on considère qu'actuellement la province de Liège consomme annuellement près de 1 1/2 millions de tonnes de charbon pour les besoins de la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier, on comprendra qu'une réduction — si minime qu'elle soit — doive être prise en sérieuse considération.

D'autre part, les perfectionnements incessants dans l'outillage de notre grande industrie — perfectionnements que nous n'avons pu suffisamment mettre en relief — nous ont permis d'atteindre des prix de revient pouvant supporter la comparaison avec ceux de nos voisins les mieux installés. Comme conséquence la main-d'œuvre a pu être réduite chez nous dans des limites rarement atteintes par nos concurrents.

Notons aussi que nos grands établissements — assis sur des bases solides — ne sont plus tributaires des tiers que pour une petite partie de leurs approvisionnements en matières premières.

Si, dans cet état de choses si favorable au point de vue économique, nous faisons entrer en ligne de compte la tendance, en voie de réalisation, d'une entente pacifique avec nos concurrents, il nous sera permis d'envisager avec calme l'avenir de la sidérurgie liégeoise, entraînant celui d'une population ouvrière de 10 à 11.000 individus.

Quelques chiffres comparatifs relatifs à notre production intéresseront probablement le lecteur :

La province de Liège a produit en moyenne pendant les années 1901, 1902 et 1903 :

Fonte : 53 % de la production totale du pays.

Acier brut : 68 % » »

La valeur de ses produits finis, fers et aciers, a atteint, en 1903, 77.655.550 francs.

Devant l'éloquence de ces chiffres, nous formons le vœu que les Pouvoirs facilitent, dans la plus large mesure du possible, la tâche ardue de nos industriels dans leur « struggle for life » et favorisent ainsi l'activité remarquable dont notre petit Pays de Liège a toujours fait preuve ; ils lui permettront de maintenir la haute renommée qu'il a acquise sur les marchés étrangers grâce à la qualité de ses fabricats.

Liège, décembre 1903.

