

Le Minerai de Fer

**dans le Monde occidental, en Europe,
dans la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier
et en Belgique**

Les Transports - La Meuse

par **A. DELMER**

Professeur émérite de l'Université de Liège,
Secrétaire Général Honoraire du Ministère des Travaux Publics.

PREMIERE PARTIE

LA PRODUCTION DE FER DANS LE BASSIN DE L'ATLANTIQUE A L'EXCEPTION DE LA LORRAINE (*)

SAMENVATTING

De Maas en het Albert-kanaal, dat de Maas met de zee verbindt, vervullen in de Europese Gemeenschap voor Kolen- en Staal een functie die het vervoer van kolen, erts en staal tussen de mijnen, fabrieken en zeehavens vergemakkelijkt.

In de ontoereikendheid van de traditioneel door de Europese fabrieken gebruikte ertsen, die voornamelijk door Lotheringen, Zweden, Groot-Brittannië en Duitsland geleverd werden, zal in de toekomst moeten voorzien worden door overzeese ertsen.

Rond de Atlantische Oceaän kent men uitgebreide vindplaatsen van rijke ertsen of van ertsen waarvan de aanrijking uiterst gemakkelijk is. Deze vindplaatsen zijn gelegen in Brazilië, Venezuela, Quebec-Labrador, in verscheidene streken van West-Afrika als : Angola, Gabon, Liberia, Sierra Leone, Conakry, Mawritanië en de Algerische Sahara.

Deze ertsen zullen in concurrentie treden met de Zweedse, Noorse, Spaanse, Normandische en Noord-Afrikaanse ertsen, zomede met de arme ertsen van Groot-Brittannië en van Duitsland.

Een bondige beschrijving van de vindplaatsen volgens de verslagen die in 1952 te Algiers op het « Symposium over de IJzerertsafzettingen in de wereld » werden voorgelegd (XIX^e Internationaal Geologisch Congres) zal gevolgd worden, in een tweede bijdrage, door een uiteenzetting over de mijnnijverheid van Lotheringen, van zijn belang voor de staalnijverheid van de E.G.K.S. in het algemeen en voor België in het bijzonder en over de rol van de Maas in de distributie der ijzerertsen.

RESUME

La Meuse et le canal Albert qui en est l'aboutissement à la mer assurent, dans la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, la fonction de faciliter les transports de charbon, de minerai et d'acier entre les mines, les usines et les ports de mer. Ces voies navigables doivent s'adapter aux conditions changeantes des marchés, notamment de celui des minerais.

A l'insuffisance croissante des minerais traditionnellement utilisés par les usines européennes, principalement de ceux de Lorraine, de Suède, de Grande-Bretagne et d'Allemagne, il sera, dans l'avenir, suppléé par des minerais d'outremer.

(*) La Lorraine fera l'objet d'une seconde partie.

On connaît et on commence à exploiter, autour de l'Atlantique, d'immenses gisements de minerais ou riches ou dont l'enrichissement est facile. Ces minerais sont ceux du Brésil, du Venezuela, de Québec-Labrador, de plusieurs pays de l'Afrique occidentale : Angola, Gabon, Libéria, Sierra Leone, Conakry, Mauritanie et Sahara algérien. Ces minerais vont se trouver en compétition avec les minerais suédois, norvégiens, espagnols, normands, nord-africains et avec les minerais pauvres de Grande-Bretagne et d'Allemagne.

Une description succincte des gisements de ces minerais faite, en partie, d'après les rapports présentés à Alger, en 1952, au « Symposium sur les Gisements de fer du Monde » (XIX^e Congrès géologique international), sera suivie, dans un second article, d'un exposé de l'industrie minière lorraine, de son importance pour la sidérurgie de la C.E.C.A. en général et de la Belgique en particulier et du rôle de la Meuse dans la distribution des minerais de fer.

Mon propos est de démontrer la nécessité de rendre, aussitôt que possible, la Meuse et les voies qui en dépendent, en état de remplir les fonctions qui leur incombent, notamment celle de distribuer du minerai de fer. Pour se rendre compte de cette nécessité, il faut comprendre le problème actuel du fer dans le monde. En réalité, nous verrons transporter prochainement, sur le Rhin et la Moselle, sur la Meuse et la Sambre, sur l'Escaut et sur les canaux qui en dépendent, non seulement les minerais de fer qu'utilisent traditionnellement nos usines : ceux de Lorraine et de Suède, mais encore ceux que ces usines devront nécessairement aller chercher au Labrador, au Venezuela, au Brésil et en Afrique occidentale. Nos voies navigables, la Meuse notamment, doivent s'intégrer dans un nouveau système de distribution du minerai de fer dans le monde occidental.

Avant la dernière guerre, la sidérurgie, dans sa répartition géographique, se présentait, en général comme des groupes d'usines dont chacun était basé sur la combinaison du même minerai de fer ou du même charbon ; groupes sur le gisement de fer ou sur le bassin houiller ou dans une situation intermédiaire. La Grande-Bretagne traitait, avec son charbon surabondant, des minerais indigènes, suédois et ceux que rapportaient, de régions lointaines, ses navires charbonniers. Sur le continent, la sidérurgie procédait du duo : bassin houiller Escaut-Meuse-Rhin (Ruhr) et gisement ferrifère lorrain, avec groupement des usines sur le charbon au nord, sur le minerai de fer au sud. Ce duo était renforcé par un appoint, pour les usines du nord, des minerais allemands, suédois, normands et nord-africains. Aux Etats-Unis, le minerai du Lac Supérieur était associé au charbon de Pennsylvanie sur les bords des Grands Lacs et sur les rives de l'Ohio.

Pour celui qui est resté sur ces données, une exploration à travers le monde ferait découvrir les débuts d'une profonde évolution.

La production d'acier a considérablement augmenté depuis la guerre ; elle augmentera dans un prochain avenir à un rythme que la production des gisements traditionnels, partiellement épuisés, ne

pourra pas suivre (1). On s'en est rendu compte aux Etats-Unis où l'on avait, durant la guerre, puisé 475 millions de t dans le gisement du Lac Supérieur. Les Américains, inquiets, ont cherché et découvert des gisements de grande puissance et ont inventé des procédés pour enrichir et agglomérer des minerais pauvres, pulvérulents et siliceux. L'exploitation de nouvelles sources de production de fer pose un problème de transport.

C'est dans les zones côtières du nord de l'Atlantique, tant en Europe qu'en Amérique, que le monde occidental exploite ses plus importants bassins houillers et qu'il a installé sa sidérurgie. Il est heureux que ce soit aussi sur les versants de l'Atlantique que se trouvent les nouveaux gisements de fer à exploiter. Aussi, est-ce sur l'Atlantique que vont se mettre en mouvement de puissants transports de minerai. Le minerai y prendra la place qu'occupait, au début du siècle, le charbon que la Grande-Bretagne et, accessoirement, l'Allemagne et la Pologne distribuaient dans le monde. Le minerai arrivera à la mer, partiellement par bateaux et, surtout, il pénétrera dans les continents par les fleuves. C'est ainsi qu'une étude des gisements nouveaux de fer et des transports futurs de minerai à travers l'Atlantique nous amènera naturellement à la Meuse.

Le monde n'est pas près de manquer de fer. M. Thibault, Président de la Chambre Syndicale des Mines de Fer de France, a évalué comme suit les réserves dans les principaux pays producteurs, à l'exception de l'U.R.S.S. et de la Chine. Les chiffres indiquent le nombre de milliards de t de fer contenues dans le minerai.

(1) L'augmentation de la production de fonte, constatée dans un récent passé et prévue pour un proche avenir, se marque par les indices suivants, dont l'année de départ est 1929 alors que les producteurs utilisaient au maximum leur capacité :

	Amérique du Nord	Europe occidentale	Monde occidental
1929	100	100	100
1956	161	145	154
1959 (prév.)	206	179	193

Les sidérurgistes prévoient une progression des productions plus rapide encore à partir de 1960.

Inde	12,5
Brésil	8,3
Canada	4,4
Etats-Unis	3,4
France	2,7
Suède	1,5
Royaume-Uni	1,2
Allemagne occidentale	0,5
Espagne	0,3
Ensemble	34,8

La production d'acier dans le monde, en 1956, a été d'environ 0,26 milliard.

La notion de réserve, et même celle de minerai, sont bien relatives, comme l'a fort bien dit Monsieur l'Ingénieur F. Blondel (2).

Une roche ferrifère sera minerai à partir d'une certaine teneur en fer. Les itabirites, les taconites et les jaspers, si abondants dans le monde, n'étaient pas considérés comme minerai de fer, parce qu'ils ne titraient que 30 %. Ils le sont depuis qu'on a inventé un procédé industriel pour les enrichir.

Des corps combinés au fer rendent inutilisables certaines roches ferrifères jusqu'au jour où l'on trouve le moyen de les séparer : il en a été ainsi des minerais phosphoreux ; il en sera de même des minerais titanifères et manganésifères.

L'exploitabilité d'un gisement dépend de sa situation géographique et de nombreuses circonstances.

Les immenses progrès du transport tendent à établir un nouvel état d'équilibre sur le marché des minerais, état d'équilibre où se marquera mieux qu'aujourd'hui la valeur intrinsèque du minerai. On verra de moins en moins l'utilisation de minerais pauvres, à 25-28 % de fer, impurs, à extraire à grande profondeur — 1700 m ! — et dont le traitement nécessite une forte consommation de coke ; on cherchera de plus en plus à exploiter les « montagnes de fer » où du minerai, à 66 % de fer, est en carrière. Le problème à résoudre est celui du transport. Cette tendance à utiliser le meilleur minerai, d'où qu'il vienne, est contrariée par la hantise qu'ont certains pays des difficultés d'approvisionnement en temps de guerre.

Les pays disposés autour de l'Atlantique se présentent bien différemment sur le marché des minerais de fer.

Dans l'Afrique et l'Amérique du Sud, les pays qui extraient du minerai de fer l'exportent totalement ou à peu près ; il en est de même de certains pays de l'Europe.

Dans l'Amérique du Nord, les Etats-Unis et le Canada forment un marché commun qui produit du minerai de fer, en importe, en exporte et en

consomme beaucoup. Ces pays sont sur tous les marchés de l'Atlantique comme vendeurs et comme acheteurs.

En Europe, deux pays consommateurs importants, la Grande-Bretagne et l'Allemagne, produisent du minerai pauvre, mais doivent en importer beaucoup.

La France métropolitaine est très riche en fer ; elle en est un gros consommateur et un exportateur.

La Belgique et le Luxembourg doivent importer tout le minerai qu'ils consomment, à l'exception de la petite quantité extraite par le Luxembourg.

Il n'y aura pas de changement fondamental dans cet état relatif des marchés de minerai de fer.

Les données du problème des gisements de fer sont exposées, avec abondance, dans les actes du dernier Congrès Géologique International, dans des conférences et articles de revues, notamment de MM. Bureau et Plotzki (3).

Le fer ne manque pas dans la nature ; il constitue 5 % de l'écorce terrestre. Présent dans presque toutes les assises géologiques, il est particulièrement abondant et ramassé dans les sédiments des périodes précambriennes et jurassiques où il forme des couches et des amas de minerai. C'est de ces deux niveaux géologiques que sont extraits les neufs dixièmes du fer produit actuellement dans le monde.

Dans les formations précambriennes, l'oxyde de fer — hématite ou magnétite — a été mêlé à de la silice qu'une préparation peut facilement éliminer. Là où les eaux ont naturellement dissous la silice, il reste un minerai riche et pur à 60-66 % de fer. C'est le minerai Bessemer par excellence.

Un minerai semblable est la magnétite d'origine intrusive qu'on trouve souvent aussi sur les massifs primitifs, en Suède, en Norvège, dans l'Amérique du Sud et ailleurs.

Dans les gisements jurassiques, l'oxyde de fer hydraté — limonite — est combiné à du calcaire, de la silice et de l'alumine. Le minerai impur, titre 30 à 35 % de fer et 0,5 à 1,8 % de phosphore. C'est le minerai pauvre Thomas.

Les massifs primitifs qui constituent les noyaux des Amériques et de l'Eurafric sont disposés symétriquement des deux côtés de l'Atlantique (Pl. A). Aux plateaux du Brésil et de la Guyane correspond le plateau africain ; au bouclier canadien s'oppose le bouclier scandinave. Comme c'est

(3) Les principaux ouvrages consultés sont :

Symposium sur les gisements de fer du monde - édité par F. BLONDEL et L. MARVIN — Alger 1952. XIX^{me} Congrès Géologique International — 2 volumes et un atlas.

M. BUREAU — *Les ressources en minerai de fer* — Conférence publiée par l'Usine Nouvelle, en février 1957.

E. PLOTZKI — *Neuere Entwicklungen im ausländischen Eisenerzbergbau* — Stahl und Eisen, octobre 1956, p. 1297 et suiv.

E. PLOTZKI — *Stand und voraussichtliche Entwicklung der Eisenerzversorgung* — Stahl und Eisen, décembre 1956, p. 1728 et suiv.

Collection des revues Stahl und Eisen, Steel Review et nombreuses autres revues.

(1) F. BLONDEL — *L'avenir de la production minérale* — Société des Ingénieurs civils de France, 1955, n° 1.

sur les bords des massifs primitifs qu'ont été accumulées les roches ferrifères les plus riches, à l'état d'hématite ou de magnétite, les grands gisements qui alimenteront demain la sidérurgie du monde occidental sont disposés symétriquement sur les bords de l'Atlantique. Le massif du Décan, dans l'Inde, renferme également, au même niveau géologique, une immense quantité de minerai riche, dont l'Europe ne pourra cependant faire que peu profit, en raison de la difficulté des transports. On a exporté, l'an dernier, 2,5 millions de t par le port de Goa, dont 1,5 million vers le Japon et 0,5 vers l'Allemagne.

AMÉRIQUE DU SUD

Les massifs anciens de Mato Grosso et de la Guyane sont constitués, par endroits et sur de vastes étendues, par des quartzites à hématite, d'âge précambrien. Cette roche rubannée, alternance de lames de silice et d'hématite (itabirite), a une teneur en fer de 30 à 45 %. Cette formation a été reconnue suivant une bande s'allongeant parallèlement à la côte, sur plusieurs milliers de km et à 350-500 km de celle-ci, du sud du Brésil à l'Orénoque, au Venezuela.

La silice de cette roche a été localement dissoute par les eaux et c'est ainsi qu'on y trouve des poches d'hématite massive, compacte, d'une teneur de 68-69 % de fer. Le fond des poches est souvent rempli d'hématite pulvérulente, à 64 % de fer. L'hématite dure, riche et pure est par excellence le minerai d'exportation qu'on commence à extraire en deux régions : dans le Central Minas Gerais du Brésil et dans la vallée de l'Orénoque au Venezuela (4).

Brésil

(Fig. 1 et 2)

C'est par cette formation ferrifère que le Brésil possède une des plus grandes réserves de fer du monde. Les quantités de minerai reconnues dans les seules régions explorées de ce vaste pays sont, d'après Luciano Jacques De Moraes, au Congrès d'Alger :

minerai compact,

	à plus de 66 % de fer,	500 millions de t	
»	pulvérulent id,	250	»
»	de 60 à 66 % de fer,	500	»
»	de 50 à 60 % de fer,	2.000	»
»	de 30 à 50 % de fer,	35.000	»

Cette masse de minerai contient plus de 16 milliards de t de fer (5).

(4) L'hématite pure titre 70 % de fer et 30 % de silice; la magnétite titre, à l'état pur, 72,5 % de fer et 27,7 % de silice.

(5) On remarquera la différence, qui va du simple au double, des estimations de M. Thibault données ci-dessus et de celles du rapporteur au Congrès de Géologie. Quoi qu'il en soit, cette réserve est énorme en comparaison des besoins de la consommation. En effet, pour maintenir la production mondiale au taux actuel, il faut apporter annuellement, aux hauts fourneaux, par le minerai, 160 millions de t de fer. Ainsi donc les réserves reconnues dans la seule partie explorée du Brésil suffiraient à ravitailler en fer le monde entier pendant un siècle.

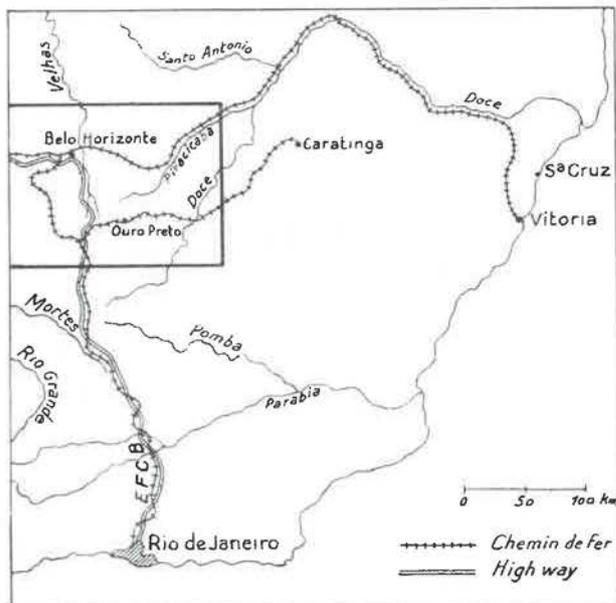


Fig. 1. — Brésil. District ferrifère de Minas Gerais.

On a commencé l'exploitation de ces réserves dans la partie la plus riche et la mieux située, celle du *Quadrilatero Ferrifero* du Central Minas Gerais, où, sur 100 km de longueur et 75 km de largeur, un très grand nombre de poches d'hématite sont éparpillées dans l'itabirite. Ce gisement s'étend sur le plateau dont la ville capitale est Belo Horizonte et dont les eaux divergent vers le Rio Sao Francisco, le Rio Parana et des rivières qui coulent latéralement vers la côte, telle que le Doce.

Le *Quadrilatero Ferrifero* est, en ligne droite, à 300-380 km de la mer. Partant de Rio de Janeiro, un chemin de fer et la Pan American Highway conduisent assez directement à Belo Horizonte. Le terrain s'élève rapidement sur des plateaux à 1.000 et 2.000 m d'altitude, suivant les ondulations de collines parallèles à la côte. Les principales rivières de l'arrière-pays de Rio de Janeiro : les Paraíba et Rio Grande, coulent suivant la direction est-ouest, ce qui rend difficiles les communications nord-sud.

Le Central do Brazil Railroad, qui dessert la plupart des districts miniers par les vallées des Paraopeba, Velhas et Piracicoba, arrive à Rio de Janeiro par une ligne très accidentée qui met Belo Horizonte à 400 km de la mer.

Le Vitoria a Minas Railroad, qui dessert le district le plus important de Minas Gerais, celui d'Itabira, a un profil relativement régulier par les vallées des Piracicaba et Doce ; il met Itabira à 440 km du port de Vitoria. Ce chemin de fer et ce port ont une capacité de 6 millions de t par an, qui n'a jamais encore été pleinement utilisée.

Les réserves du minerai pur et riche, dans le *Quadrilatero Ferrifero*, cubées en 1951 et indiquées sur la carte (fig. 2) dépassent 500 millions de t. Des

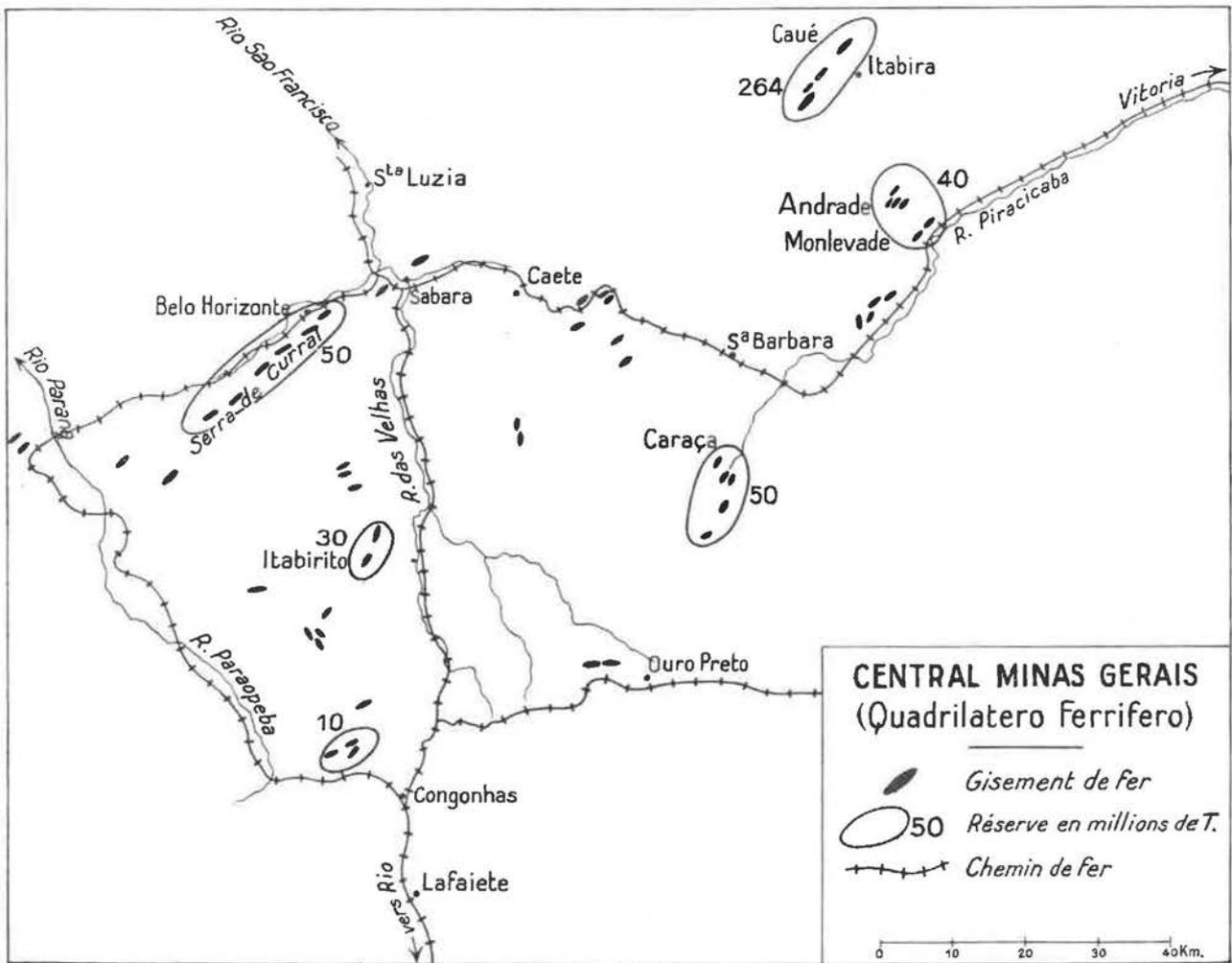


Fig. 2. — Brésil. Minas Gerais. Quadrilátero Ferrífero.

concessions ont été accordées et l'exploitation à ciel ouvert sera très facile.

Des difficultés d'ordre politique y ont retardé le développement de l'industrie minière. Les métallurgistes des Etats-Unis ont vainement tenté, jusqu'à présent, de monter une grande entreprise. La Grande-Bretagne, la Belgique et le Grand Duché de Luxembourg ont pris des intérêts dans les mines du Central Minas Gerais.

La Companhia Vale do Rio Doce, principale exportatrice du minerai d'Itabira, négocie avec un groupe américain: Nelson Rockefeller, Cyrus Eaton, Cleveland Cliffs C^o, la Chesapeake and Ohio Railway C^o et le Gouvernement brésilien en vue de constituer une vaste entreprise qui produirait 10 millions de t à partir de 1960 et les exporterait par le chemin de fer du Rio Doce amélioré et par un port supplémentaire à construire à Santa Cruz, au nord de Vitoria. Dans un avenir prochain, le Brésil pourrait exporter 20 à 30 millions de t.

Jusqu'à présent, l'extraction n'a pas dépassé 3 millions de t par an. La sidérurgie du pays a

absorbé à peu près la moitié de la production indigène. La Belgo Miniera, principale productrice d'acier par ses usines de Montlevada et Sabara, traite le minerai au charbon de bois. Elle va développer sa fabrication par la mise en service d'une tréfilerie à Belo Horizonte et par une transformation de ses procédés de production.

L'Europe reçoit à peu près un million de t de minerai brésilien par an et les Etats-Unis un demi-million. C'est là un très faible début d'une industrie minière appelée à prendre une grande expansion.

Signalons, en passant, que cette région ferrifère est également riche en manganèse et fait du Brésil un des principaux pays producteurs de ce métal.

Venezuela (Fig. 3)

L'itabirite affleure le long de la rive sud de l'Orénoque, sur le versant nord du massif de la Guyane, suivant une bande de 60 à 80 km de largeur. Cette formation ferrifère est sporadiquement enrichie par des poches d'hématite compacte, pure, à 68 % de

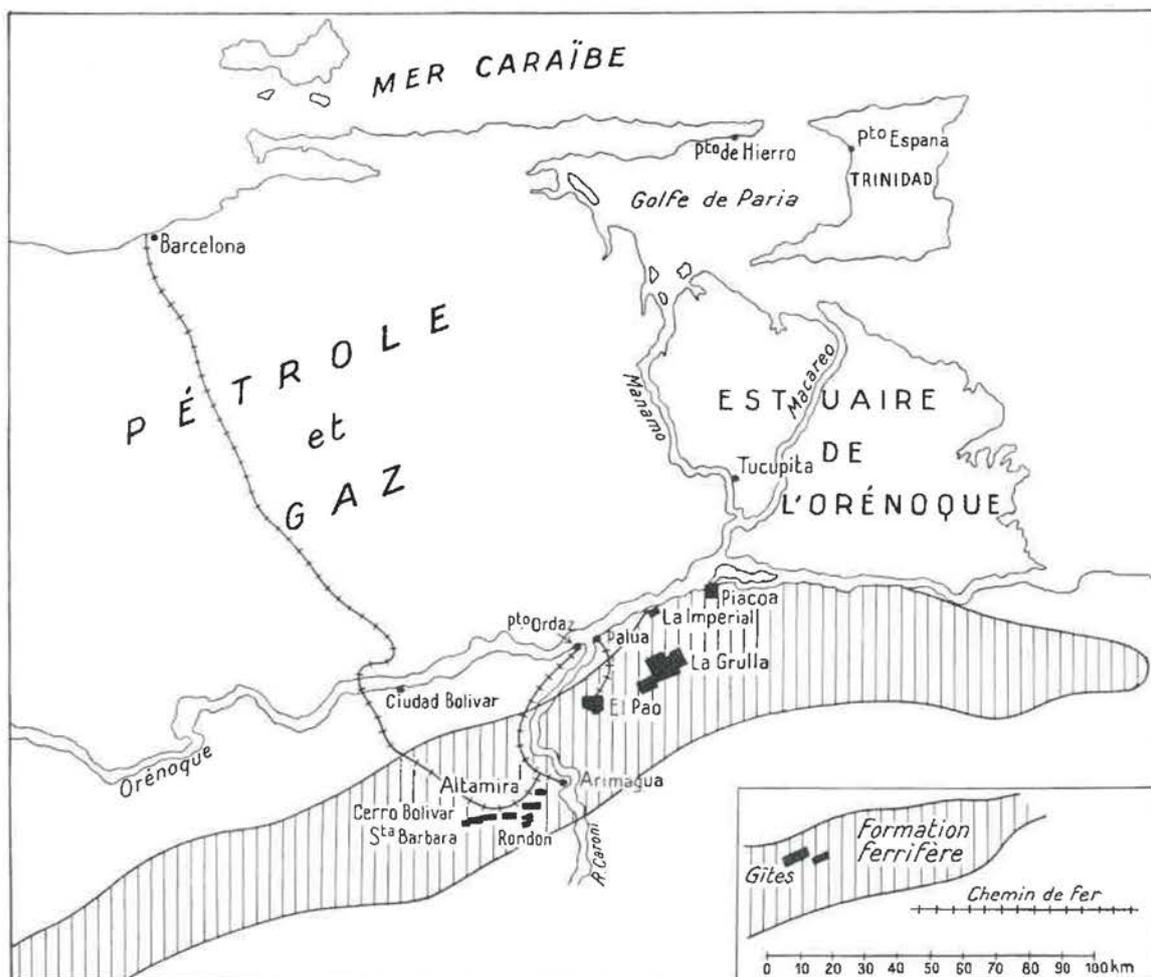


Fig. 3. — Venezuela. Gisements de fer de l'Orénoque.

fer, depuis le cours inférieur du Rio Caroni jusqu'à la pointe du delta de l'Orénoque.

Les réserves reconnues à présent dépassent un milliard de t de minerai riche et exportable. Des concessions ont été octroyées.

Le gisement El Pao, découvert en 1920, est exploité par la Bethlehem Steel Corporation ; il est raccordé au port de Palua, sur l'Orénoque, par une voie ferrée de 52 km. On a exporté, l'an dernier, 5 millions de t. Le gisement de Cerro Bolivar est l'un des plus grands gisements connus de minerai riche. La réserve serait de 400 millions de t. Il est relié à Pôrto Ordoz, sur l'Orénoque, par un chemin de fer de 144 km. L'extraction y a été de 8 millions de t l'an dernier. A 20 km au sud de Cerro Bolivar, le gisement de Santa Barbara, avec ses 5 gîtes, ajoute près de 200 millions de t à la réserve. D'autres gisements ont été reconnus dans la région, également riches et bien situés : Rondon, Altamira, La Grulla, La Impérial et Piacod. Oliver Iron Mining et U. S. Steel Corporation des Etats-Unis ont créé des filiales vénézuéliennes pour équiper les mines, construire des chemins de fer, organiser la navigation fluviale, installer des ports, établir des usines et exploiter une flotte marine.

Les exportations ont été de 9,4 millions de t aux Etats-Unis, 0,7 au Royaume-Uni, 0,6 à l'Allemagne et 0,2 à l'Italie.

L'augmentation de la production est rapide : en 1954, 5,4 millions de t ; en 1955, 8,4 et en 1956, 10,5.

Vue d'ensemble sur l'Amérique du Sud.

L'Amérique du Sud, y compris le Chili et le Pérou, a expédié, l'an dernier, 16 millions de t de minerai à haute teneur en fer. Si la sidérurgie du monde occidental continue à se développer suivant les prévisions, elle pourra trouver dans l'Amérique du Sud au moins le double de la quantité qu'elle va y chercher aujourd'hui (6).

AFRIQUE

L'Afrique, au sud de l'Atlas, est constituée par des terrains précambriens où l'on trouve, comme en

(6) Le Chili a une réserve de 228 millions de t de minerai riche. La Bethlehem Steel Co. y puise, dans le gisement El Tolo, près du port Cruz Grande, 3 millions de t par an.

Le Pérou a une réserve de 210 millions de ce minerai riche. On y exploite le gisement de Marcona, à 25 km du port de San Juan.

Amérique du Sud, des gisements d'hématite massive, compacte et à peu près pure, dans des quartzites-hématites. Ces terrains affleurent à la périphérie du continent, le long de la côte, sur une largeur d'environ 500 km. A l'intérieur des terres, ils sont recouverts d'une masse compacte de sédiments paléozoïques, à peu près horizontaux, qui renferment des gisements d'hématites schisteuses dans du grès. Ces derniers, plus éloignés de la mer que les premiers, sont moins connus et moins utilisables (7).

Enfin, sous certaines conditions de climat, des terrains sont couverts de latérites assez riches en fer pour être utilisées comme minerais, souvent pulvérentes, impures, mais à fleur du sol.

Nous passons en revue les gisements de l'Afrique occidentale, en allant du sud au nord.

Angola

La bande ferrifère est parallèle à la côte et à 150-300 km de celle-ci. Elle a été prospectée aux endroits où elle est traversée par les chemins de fer qui partent des ports de Luanda et de Lobito.

A Gambos, Chitado et en quelques autres localités situées au sud de la Sierra Bandeira, près de la frontière du Sud-Ouest Africain britannique, à 300 km de la côte, loin du chemin de fer qui part du port de Mossamédès, dans une région désertique, on a découvert des gisements de fer qu'on ne peut considérer que comme une réserve utilisable dans un avenir lointain.

Dans la partie centrale de l'Angola, de part et d'autre du chemin de fer de Lobito à Dilolo (Kantanga), à 80 km des gares de Nova Lisboa et de Vouga, on a exploré des gisements de fer très riches. Ce sont, au nord du chemin de fer, les gîtes de Chilleso (Andulo), au bord d'une large dépression de la rivière Changa, et les gîtes de Bailundo. Au sud, c'est le gîte du Cuima. L'hématite ou la magnétite s'y présentent en montagnes, exploitables à ciel ouvert. Une société américaine y a ouvert des chantiers et espère en exporter un million de t l'an prochain, pour commencer.

On exploite encore un gîte de magnétite à Mbassa et à Saia, à 25 km du chemin de fer de Loanda-Malanga. L'exploitation se trouve à 175 km du port. Ce minerai a 56 % de fer ; il est expédié en Allemagne.

Congo Belge (8)

Le Congo est très riche en fer, notamment par ses réserves dans les itabirites des roches précam-

(7) F. BLONDEL — *Les gisements de fer de l'Afrique Occidentale Française* dans le Symposium sur les Gisements de fer du Monde — XIX^{me} Congrès Géologique International — Alger 1952 — Tome I, page 6.

(8) Ch. ANCIEN et L. CAHEN — XIX^{me} Congrès Géologique International, *Symposium sur les Gisements de fer du Monde* — Tome I, p. 85 — Sess. Alger 1952.

briennes disposées sur le pourtour de la cuvette centrale. Cette formation est très étendue dans le Kasai, l'Uélé et l'Ituri, très loin de la côte. Seule la formation itabirique de Bosobolo et Zongo, qui se prolonge dans l'Afrique équatoriale française, pourrait être exploitée à présent parce qu'elle se trouve sur l'Ubangi. Les immenses réserves de fer du Congo ne pourront participer au marché atlantique qu'après l'aménagement du Bas Congo. Les ouvrages que les Américains achèvent pour rendre navigable le Saint-Laurent, en en récupérant l'énergie hydraulique, montrent les possibilités de la technique pour réaliser une entreprise de cette grandeur. L'aménagement du site de Inga est un commencement, mais hélas ! il se passera encore de nombreuses années avant que la navigation du Congo rejoigne la navigation maritime.

Afrique Equatoriale Française

Gabon.

Au sud du Gabon, à Tchibanga, on entreprend l'exploitation d'un gisement de minerai dont le grand avantage est de n'être qu'à 70 km de la mer, atteinte au port de Nyanga, à l'embouchure du fleuve du même nom. On espère exporter 500.000 t en 1960 et 1,5 million de t en 1965.

Le gisement de Boka-Boka, près de Mékambo, dans le Gabon oriental, à 500 km de Libreville, est constitué par des bancs d'hématite dans des quartzites ferrugineux. Le minerai a 58-69 % de fer et la roche mère 40 %. L'hématite compacte, bon minerai exportable, représente un tonnage d'au moins 65 millions de t, peut-être de 200 millions, d'autres disent 500 millions. Le quartzite primaire est une masse de 5,5 à 4 milliards de t.

La Bethlehem Steel Corporation et un groupe d'Allemands, en accord avec le Bureau Minier de la France d'Outre-Mer, ont prospecté le gisement et dressé un programme d'exploitation.

Lorsque la mine sera équipée, le chemin de fer construit, le port de Libreville outillé, l'exportation pourra, suivant les prévisions, atteindre 10 millions de t par an. On ne prévoit cependant pas d'expédition avant 1963.

Oubangi-Chari Central.

Des quartzites ferrugineux avec d'importantes concentrations locales ont été reconnus dans les régions de Bangui et de Bambari, sur la boucle de l'Ubangi. Ils sont de même nature que le gisement congolais de Bosobolo-Zongo.

Afrique occidentale

Togo (sous mandat britannique).

Le mont Djolé, près de Bandjeli, est une masse d'hématite à 55-63 % de fer, dans des quartzites.

Il est à 400 km de la côte, mal relié au port de Lomé.

Liberia.

A 70 km du port de Monrovia, le gisement de *Bomi Hills* contient un grand volume d'hématite et de magnétite à 60-68 % de fer. L'exploitation et le transport par chemin de fer à la mer sont faciles.

La Liberia Mining Co, à laquelle est intéressée la Republic Steel Corporation, s'organise pour exporter, les prochaines années, au moins 1,5 million de t.

Sierra Leone.

On exploite à *Marampa*, à 80 km de la côte, des poches d'hématite à 57 % de fer dans des roches d'itabirite. Les gîtes exploités contiendraient au moins 15 millions de t ; ils ont donné, ces dernières années, 1,2 million de t. Le tout-venant de la mine est concentré sur place par un procédé relativement simple. Il arrive en Grande-Bretagne sous la forme d'une hématite pulvérulente, prête à la nodulation préalable à son emploi au haut fourneau.

A *Tonkolili*, situé à 210 km de la côte, le minerai, de même nature que celui de Marampa mais plus abondant, représenterait un tonnage de 100 millions au moins.

Les expéditions par Freetown peuvent prendre de l'ampleur dans un prochain avenir.

Guinée Française - Conakry.

Le port de Conakry est construit sur une presqu'île dont le sol est une péridotite transformée superficiellement en latérite à 40-55 % de fer. Essayée en Europe dans plusieurs usines, elle a donné de bons résultats.

La couche supérieure, de 10 m en moyenne d'épaisseur, est un minerai compact, facile à extraire et à expédier par le port tout proche.

La réserve, qu'il est difficile d'estimer à cause de l'irrégularité de l'épaisseur de la formation et de la qualité du minerai, serait de 100 millions de t. On compte expédier 1,2 million de t par an pour commencer et 3 millions plus tard.

Mauritanie.

Fort Gouraud est une étape dans la longue piste saharienne qui part de Dakar, longe la côte jusqu'à Nouakchott, traverse le désert en longeant la frontière du Rio de Oro, passe à Fort Gouraud et à Tindouf, rejoint la côte à Agadir et aboutit à Casablanca, au Maroc. Fort Gouraud est à 350 km du port espagnol Villa Cisneros de Rio de Oro et à 500 km en ligne droite de Port Etienne, au Cap Blanc, en territoire français.

Le gisement de Fort Gouraud, qualifié de prodigieux, est un amas d'hématite massive, à 68-70 % de fer, exploitable à ciel ouvert. Les réserves, d'après une première estimation, seraient de 100 millions de t d'hématite compacte et d'une grande masse de minerai pulvérulent, mais riche.

La société qui en prépare l'exploitation (Miferma) est en majorité française, représentée par le Bureau Minier de la France d'Outremer et les principales sociétés sidérurgiques françaises. Des étrangers y participent : la British Iron and Steel Corp. (BISC), porteur de 20 % des actions, la Finsider italienne, avec 15 % des titres, un consortium allemand avec 10 % et un groupe néerlandais avec 5 %.

Le capital est de 825 millions de FF, qui va être porté à 4 milliards et, dans un avenir lointain, à 20-25 milliards.

Faute d'entente avec le gouvernement espagnol, ce n'est pas le port le plus proche, celui de Cisneros, qui sera utilisé, mais celui de Port Etienne qu'un chemin de fer de 680 km à construire reliera à la mine de Fort Gouraud, en contournant le territoire de Rio de Oro. Ce port sera accessible à des cargos de 80.000 t.

On espère extraire, les prochaines années, 4 millions de t dont la moitié sera expédiée en Grande-Bretagne, l'autre moitié étant réservée à l'usine qu'on construit à Dunkerque.

Sahara Algérien.

Tindouf. On parle beaucoup du très riche gisement découvert récemment à Gara Djebileh, près de Tindouf, et du gisement de Akjouit, dans le Sahara algérien. Des couches d'oligiste oolithique de 10 m d'épaisseur, sont exploitables sur 30 km de longueur. Les réserves ont été estimées à :

400 millions de t de minerai à 56 % de fer,
200 millions de t de minerai à 53 % de fer,
2 à 3 milliards de t de minerai de 38 à 45 % de fer.

L'exploitation, à ciel ouvert, sera facile pour autant qu'on puisse disposer de main-d'œuvre et assurer le ravitaillement en eau de la population.

Le transport du minerai devra se faire par un chemin de fer de 500 km pour atteindre le port à construire à l'embouchure du Draa ou par un chemin de fer de 650 km pour atteindre le port d'Agadir.

Vue d'ensemble sur l'Afrique occidentale.

Ainsi donc dans la zone côtière de l'Afrique occidentale dont la largeur ne dépasse pas 600 km, une douzaine de gisements, de même nature, ont été reconnus exploitables. Pour les mettre en valeur, il faudra résoudre le problème de la main-d'œuvre, difficile à fixer dans les régions tropicales ou dé-

sertiques. Il faudra construire des chemins de fer, outiller des ports et organiser les transports maritimes.

L'effort financier à faire est gros, mais lorsqu'il aura été fait, l'Afrique occidentale contribuera grandement au ravitaillement en fer de l'Europe occidentale.

Suivant les prévisions des sociétés de prospection, les expéditions de minerai seraient les suivantes au cours des prochaines années (en millions de t).

	1957	1963
Tindouf-Akjouit (Sahara algérien)	—	1.5
Fort Gouraud (Mauritanie)	—	4.0
Conakry (Guinée française)	1.2	3.0
Tonkolili (Sierra Leone)	1.2	2.0
Marampa		
Bomi Hills (Liberia)	1.5	1.5
Bangui-Bambari (Afrique Equatoriale française)	—	?
Mekambo (Gabon)	—	—
Tchibanga (Gabon)	—	1.5
Mbassa (Angola)	1.0	1.0
Ghillesso-Bailundo (Angola)	1.0	1.0

Il est possible qu'on expédie, l'an prochain, de la côte occidentale africaine, 4 millions de t de minerai et, en 1963, plus de 15 millions.

AMERIQUE DU NORD

Des gisements précambriens, semblables à ceux de l'Amérique du Sud et de l'Afrique, sont disposés dans l'Amérique du Nord, au bord du Bouclier Canadien; la roche mère est une épaisse couche constituée de feuilletés alternants de silice et d'oxyde de fer, d'une teneur moyenne de fer de 30 % environ. Cette roche est appelée *taconite* ou *jasper* selon que l'oxyde de fer est de la magnétite ou de l'hématite.

La dissolution de la silice, dans la roche mère, y a laissé des poches remplies d'un minerai riche, à plus de 50 % de fer.

Le plus important de ces gisements est celui du Lac Supérieur où l'on exploite un minerai riche dans des zones ou poches contenant parfois plusieurs dizaines de millions de t de minerai et portant les noms de Vermilion, Mesabi, Cuyana, Co-gebic, Marquette etc. Ce gisement déborde sur le territoire canadien au Steep Rock Lake.

Exploité intensément depuis les années 1880, ce gisement a fourni jusqu'à ce jour plus de 3 milliards de t de minerai et en contient encore un ou deux.

L'exploitation de ces mines a fait naître et soutient la plus importante industrie sidérurgique américaine, celle des Grands Lacs et de l'Ohio.

Différentes sociétés sidérurgiques participent à cette exploitation. Certaines d'entre elles, U. S. Steel C^o notamment, y disposent encore d'importan-

tes réserves tandis que d'autres ont épuisé leurs mines.

La roche mère — taconite ou jasper — à 30-33 % de fer peut être enrichie et donner un produit à 63,5 % de fer, par broyage, séparation magnétique pour la taconite, flottation pour le jasper et agglomération et même grillage. Le minerai ainsi préparé se présente sous la forme de boulets ou *pellets*.

Trois usines ont commencé cette préparation sur une vaste échelle.

A Silver Bay, au bord du Lac Supérieur, une usine produit 5 millions de t de pellets par an et en produira 10 millions d'ici peu de temps.

A Aurora, près du gîte de Mesabi, une autre usine produira cette année-ci 7,5 millions de t et les prochaines années 13 millions de t.

A Ishpenning, la fabrication de concentrés a commencé.

Le minerai « fabriqué », le pellet à 63 % de fer, dont la production va atteindre 30 millions de t, se substituera peu à peu au minerai naturel à 52 %; livré avec la régularité d'une grande fabrication puisant à une source intarissable, il sera à la base de l'approvisionnement prochain de la sidérurgie américaine. Les gisements de minerai riche seront tenus en réserve et on y puisera suivant les nécessités du marché.

Le procédé d'enrichissement du minerai pauvre est une invention qui a l'importance de la découverte d'un immense gisement. La roche à utiliser existe en volume pratiquement illimité, en des endroits où l'on dispose déjà d'un équipement minier et de moyens de transport. L'utilisation d'un minerai à 63 % de fer réduit les frais de transport, augmente la production du haut fourneau et diminue la consommation de coke.

Ces avantages ont, comme contre partie, le coût de la préparation, mais il faut croire qu'ils l'emportent puisque les sociétés qui ont commencé persévèrent.

La même formation ferrifère s'allonge sur 1.500 km dans le géosynclinal du Labrador, du lac Al-banel à la baie d'Ungava. Des mines exploitables y ont été reconnues aux lacs Bloom, Wabush et Knob et à Diana baie. La prospection permettait, en 1951, d'évaluer, comme suit, les réserves de minerai riche utilisable tout-venant, c'est-à-dire ayant au moins 59 % de fer :

réserves certaines	400 millions de t
réserves possibles	2.200 millions de t
réserves probables	400 millions de t
total	3.000 millions de t

Les quantités de minerai riche seraient beaucoup plus importantes d'après les dernières recherches. Si on ajoutait à ces quantités celles du minerai pauvre, qu'on peut enrichir plus facilement que le minerai du Lac Supérieur, les réserves seraient, en

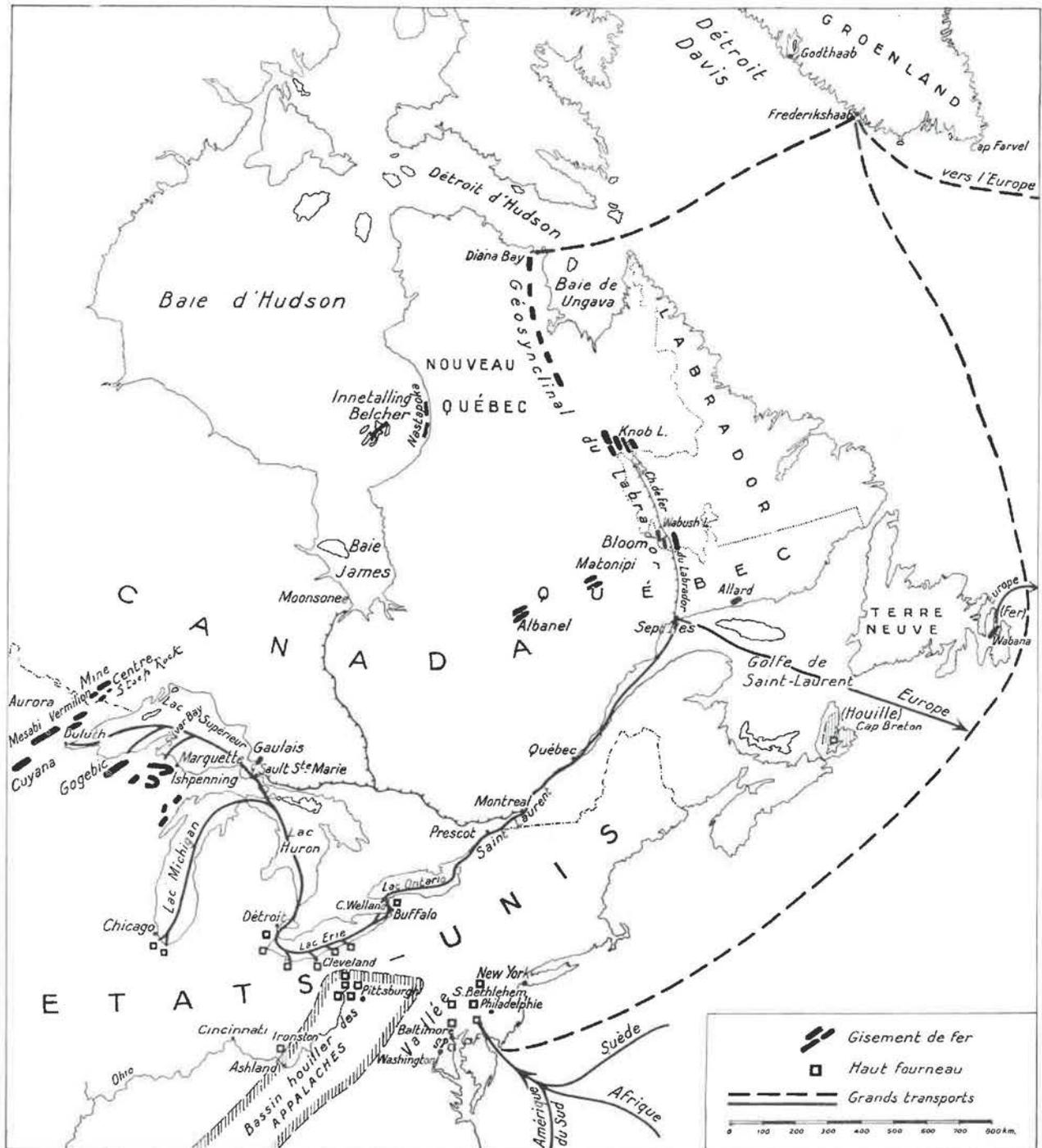


Fig. 4. — Etats-Unis et Canada. Industrie du fer, Bassin du Saint-Laurent, avec les Grands Lacs, Québec-Labrador, la baie d'Hudson.

fait, illimitées comme celles du Brésil et de l'Inde. Le gisement se présente en surface, sur un plateau de basse altitude, à 120 m au-dessus du niveau de la mer, faiblement ondulé, parsemé de lacs et recouvert souvent de quelques dépôts glaciaires. L'exploitation se fait à ciel ouvert, mais dans des conditions difficiles à cause du climat, plus rude même qu'au delà du cercle polaire, en Laponie.

Des sociétés dont les usines sont au bord des Grands Lacs et dans la région de Pittsburgh, des sociétés britanniques et allemandes ont pris part à

l'exploration du gisement de Québec-Labrador et y ont acquis des droits de concessionnaires.

L'exploitation a commencé en 1954 à Knob Lake où les poches de minerai riche sont les plus abondantes. L'Iron Ore Co of Canada, puisant dans un gisement qui contiendrait une réserve estimée à un milliard de t, y a produit l'an dernier 12 millions de t et se prépare à extraire, à partir de 1965, 40 millions de t par an. Le minerai des autres gîtes devra probablement être enrichi par les procédés utilisés sur les bords du Lac Supérieur.

On connaît encore, au Canada, le gisement Gaultais, Algoma, entre le Lac Supérieur et le lac Huron, dont on extrait 1,2 million de t et celui du lac Allard, à l'embouchure du St-Laurent, non encore exploité. Ces deux gisements sont avantageusement situés le long d'une voie navigable.

Les gisements de l'archipel Belcher et de Nastapoka à Innetalling notamment, dans la baie d'Hudson, contiennent un milliard de t de magnétite à 40 % de fer qu'on peut enrichir à 68 %. Les mines sont au bord de l'eau et le minerai pourrait être transporté par bateau, pendant trois mois de l'année, à Moosonee, dans la Baie James et de là, par chemin de fer, de North-Bay.

Il faudrait une centaine de millions de dollars pour l'équipement de la mine d'Innetalling. La Belcher Mining Corporation a le concours de plusieurs sociétés européennes, notamment de la Compagnie Grängesberg qui dispose du produit du rachat de ses mines suédoises par le Gouvernement et qui met une partie de sa flotte de minéraliers au service de la Société canadienne pour le transport des minerais vers l'Europe.

On espère pouvoir extraire 4 millions de t dans les toutes prochaines années.

Le prix de revient du minerai concentré pourrait être de 7 dollars par tonne et le prix de transport jusqu'en Europe de 5 dollars.

Les gisements des lacs Albanel et Matonipi sont de même nature que ceux de la Fosse du Labrador. Ils ne sont pas accessibles actuellement.

A la sortie du St-Laurent, dans l'île de Terre-Neuve, on exploite depuis longtemps le gisement de Bell Island (Wabama), dans la baie Conception. Ce gisement, d'âge primaire, se présente sous la forme de couches d'hématite dont la teneur en fer est de 50-53 %. La réserve a été estimée à 50 millions de t prouvée, à 100 millions probable et à 1.050 possible. L'exploitation est souterraine et même sous marine. La production annuelle est de 2,5 millions de minerai, traité en grande partie dans l'usine de Sydney située dans l'île du Cap Breton à côté de charbonnages, une autre partie est expédiée en Grande-Bretagne et en Allemagne. Pour l'exécution de contrats européens, on augmentera la production.

Les expéditions se font par le port de St-John, que les glaces bloquent en hiver.

Le développement de l'industrie minière et sidérurgique de l'Amérique du Nord dépend d'un grand problème de transport qui est résolu, ou tout au moins, sur le point de l'être.

Pour le service des mines du Labrador, l'Iron Ore Co of Canada (IOCOC) a construit un chemin de fer partant des Sept Îles sur le St-Laurent, et aboutissant à Knob Lake. Les distances au port du Saint-Laurent sont :

pour les mines Bloomlake	392 km
Wabusch L.	422 km
et Knob L.	560 km

Ce chemin de fer a été construit en un temps record. Il est à grand rendement. Les wagons ont une capacité utile de 85 t, les trains, de 125 wagons, transportent une charge de 10.000 t et sont tractionnés par quatre locomotives Diesel électriques de 1.750 ch chacune.

Les installations au port des Sept-Îles sont vastes, pour le triage du minerai, très variable dans sa composition et pour son entreposage qui doit servir de volant entre des arrivages et des expéditions très irréguliers.

Le minerai sera expédié en bateau par le Saint-Laurent, vers les Grands Lacs lorsqu'en 1959, seront terminés les travaux qui doivent rendre navigable le grand fleuve, de Montréal au lac Ontario, et de là au lac Erie par le canal Welland qui double le Niagara. On sait que tout le minerai du Lac Supérieur, soit actuellement près de cent millions de t, est transporté sur les Grands Lacs par des bateaux (minéraliers) dont certains ont une capacité dépassant 10.000 t. Lorsque les deux gisements, celui du Lac Supérieur et celui du Labrador-Québec, seront unis par une puissante voie navigable, d'un développement de 3.000 km, de Duluth à Sept Îles, les États-Unis disposeront de ressources qui donneront une complète indépendance à leur industrie sidérurgique.

Les derniers obstacles à la navigation y seront levés en 1959. Les rapides du Sault Sainte-Marie, entre les lacs Supérieur et Huron, sont contournés et une écluse rachète une différence de niveaux de 4 à 7 mètres. Aux chutes et aux rapides du Niagara, déversoir des eaux du lac Erie dans le lac Ontario, on a substitué le canal Welland, de 40 km de longueur qui, par 8 écluses, rachète une dénivellation de près de cent mètres. Le Saint-Laurent dans sa descente rapide, de 69 m sur 290 km, de Prescott à Montréal, sera canalisé par des barrages et doublé par le canal de Beauharnais. L'aménagement du Saint-Laurent aura coûté 390 milliards de FB, dont 170 à charge des États-Unis et 220 à charge du Canada.

Chacune des 16 écluses à franchir du Lac Supérieur à Montréal a une longueur d'au moins 260 m et une largeur de 24 m ; le chenal de navigation a une profondeur de 8,20 m au minimum. Les bateaux de 8.000 t pourront naviguer de Duluth à l'Océan.

Cette voie navigable servira encore au transport des céréales de la plaine américaine vers le port d'exportation de Montréal ; elle servira, plus encore, au transport des minerai de fer du Lac Supérieur et du Labrador vers les usines installées au bord des Grands Lacs, à Chicago et à Cleveland et dans

le bassin de l'Ohio, à Pittsburgh notamment, à 200 km environ du lac Erie.

Cleveland, grand port de débarquement de minerai, est, par la navigation, à 1.300 km de Duluth, où l'on embarque le minerai du Lac Supérieur et à 1.640 km de Sept-Iles, où l'on embarque le minerai de Québec-Labrador.

Notons, en passant, que, le long de cette voie navigable, on a installé des centrales hydro-électriques dont la puissance est de 3 millions de kW, qui pourrait être élevée de 7 millions (9). La vente de l'énergie paiera la grande partie, sinon la totalité, des dépenses d'aménagement du canal Welland et du Saint-Laurent.

Les mines de l'extrême nord du gisement du Labrador, au bord de la baie d'Ungava, devront trouver un autre exutoire que le Saint-Laurent.

Deux sociétés, Atlantic Iron Ores et Oceanic Iron Ores, ont entrepris la mise en valeur du gisement de Ungava : la première, dirigée par C. Eaton pour des sidérurgistes américains de la côte est et allemands, pour le transport vers Rotterdam et Brême, la seconde, du groupe de Rio Tinto pour la Grande-Bretagne. Les deux sociétés se sont mises d'accord pour la construction d'un seul port sur la côte du Groenland.

Le minerai sera préparé, mis sous la forme de pellets à 66 % de fer, sur les bords de la baie d'Ungava et transféré pendant les 8 à 12 semaines de navigation libre jusqu'à un port du Groenland où l'on pourra entreposer 2 millions de t. De là, des minéraliers de 60.000 t le transporteront vers la côte est des Etats-Unis ou un port de la Mer du Nord. Ce port groenlandais serait près de Godthaab, libre pendant presque toute l'année. Le Gouvernement danois serait d'accord sur ce choix. Une société suédoise a étudié le problème du transport maritime qui pourrait commencer en 1961. Les Allemands qui s'intéressent à l'exploitation des gisements canadiens à Ungava et ailleurs ont fondé à Montréal une société Ruhr Ferram Investment Ltd ; elle groupe : Mannesmann, Krupp, Hüttenwerk, Hoesch, Westfalenhütte et Gusstahlwerk Bochumer.

Vue d'ensemble sur l'Amérique du Nord.

L'industrie sidérurgique nord-américaine, avec ses besoins d'approvisionnement, ses nécessités d'importation et ses possibilités d'exportation de minerais, se présente assez simplement.

Un groupe industriel, le moins important, celui d'Alabama, dans le sud-est des Etats-Unis, se suffit à lui-même. Il utilise du charbon et du minerai ex-

traits dans la région même. Loin de la mer et des centres de consommation, il ne se développe que lentement.

Dans la grande vallée des Appalaches, à l'arrière des ports de Philadelphie et de Baltimore, on a exploité autrefois des gisements de fer dont le minerai était traité avec l'antracite de la région. Les métallurgistes doivent aujourd'hui faire venir le minerai de loin, d'outremer, et ont remplacé l'antracite par le charbon à coke de Pennsylvanie. Ils tendent à rapprocher leurs usines de la côte. Bethlehem Steel C^o exploite depuis quelques années une usine à Sparow Point et l'U.S. Steel C^o a mis en activité une usine à Fairless. Ces sociétés s'intéressent à l'exploitation des gisements de l'Amérique du Sud, du Venezuela notamment, de l'Afrique occidentale et de la baie d'Ungava et en reçoivent déjà quelques millions de t.

Le plus important des groupes américains est celui des grands lacs et de l'Ohio, dont on pouvait craindre la décadence en raison de l'épuisement des mines riches du Lac Supérieur. Il reprend une importance accrue par l'utilisation des minerais pauvres, par l'exploitation des mines de Québec-Labrador et acquiert un avantage nouveau, celui d'avoir, par le Saint-Laurent, une issue sur l'Atlantique comme la sidérurgie de l'Europe occidentale. La sidérurgie américaine des Grands Lacs et de l'Ohio, quel que soit son développement dans le prochain avenir, ne saurait absorber toute la production de Québec-Labrador ; pour rémunérer les immenses capitaux investis et à investir, les sociétés minières offrent des participations et des contrats de fourniture de minerai aux Britanniques et aux Allemands. Il est certain que le trafic du minerai du Canada vers l'Europe prendra une grande ampleur dans les prochaines années.

L'extraction et la préparation du minerai dans une région très inhospitalière, des transports interrompus pendant l'hiver et la traversée de l'Atlantique sont des difficultés qui n'empêcheront pas les sidérurgistes européens de s'approvisionner aux gisements de Québec-Labrador. Des experts ont indiqué un fret de 3.50 dollars par t, soit 175 FB, pour le transport de minerai des Sept Iles à un port britannique ou du continent européen. La distance est de 4.500 et 5.000 km. Le transport d'une tonne de minerai lorrain, par exemple de Mancieul à une usine liégeoise, coûte 90 FB pour un trajet de 252 km. Il faut comparer le coût des transports en tenant compte de la teneur en fer qui est 66 % pour le minerai canadien et 30 % pour le lorrain. Par unité de fer, il en coûte moins de traverser l'Atlantique par navire que l'Ardenne par chemin de fer.

D'après des experts, l'approvisionnement des usines des Etats-Unis pourrait être le suivant, en 1970 :

(9) A titre de comparaison, signalons que la puissance totalisée de tous les générateurs électriques de la Belgique est de 5,5 millions de kW.

Millions de t	Minerai	Fer dans le minerai
du Lac Supérieur		
Minerai classique	50	25
Pellets	30	19
de Québec-Labrador		
Minerai classique	25	14
Pellets	13	8
d'autres gisements nord-américains	45	23
du Venezuela	31	18
d'autres sources étrangères	6	3
Total	200	110

Dans ces conditions, l'Europe pourrait trouver dans l'Amérique du Nord :

Minerai classique	5	3
Pellets	7	5
	12	8

QUELQUES PAYS EXPORTATEURS DE L'EUROPE ET DE L'AFRIQUE DU NORD

SUEDE

La Suède est un pays très riche en fer par ses gisements de magnétite, mêlée par endroit à de l'hématite, d'origine intrusive (volcanique), dans les roches très anciennes du Bouclier Scandinave. Ces gisements sont exploités dans le centre et dans le nord du pays.

Dans le centre, de multiples petits gîtes livrent, en faibles quantités, du minerai riche, sans phosphore dans certaines mines, qu'on traite dans la région ; le seul grand gisement est celui de Grangesberg dont on extrait, par an, 2 à 3 millions de t d'un minerai phosphoreux, à 57 % de fer, et qu'on exporte par Oxelösund.

Dans le nord, sous le cercle polaire, en Laponie, se trouvent les grands gisements : les montagnes de fer de Gällivare, de Kiruna, de Luossa et d'autres

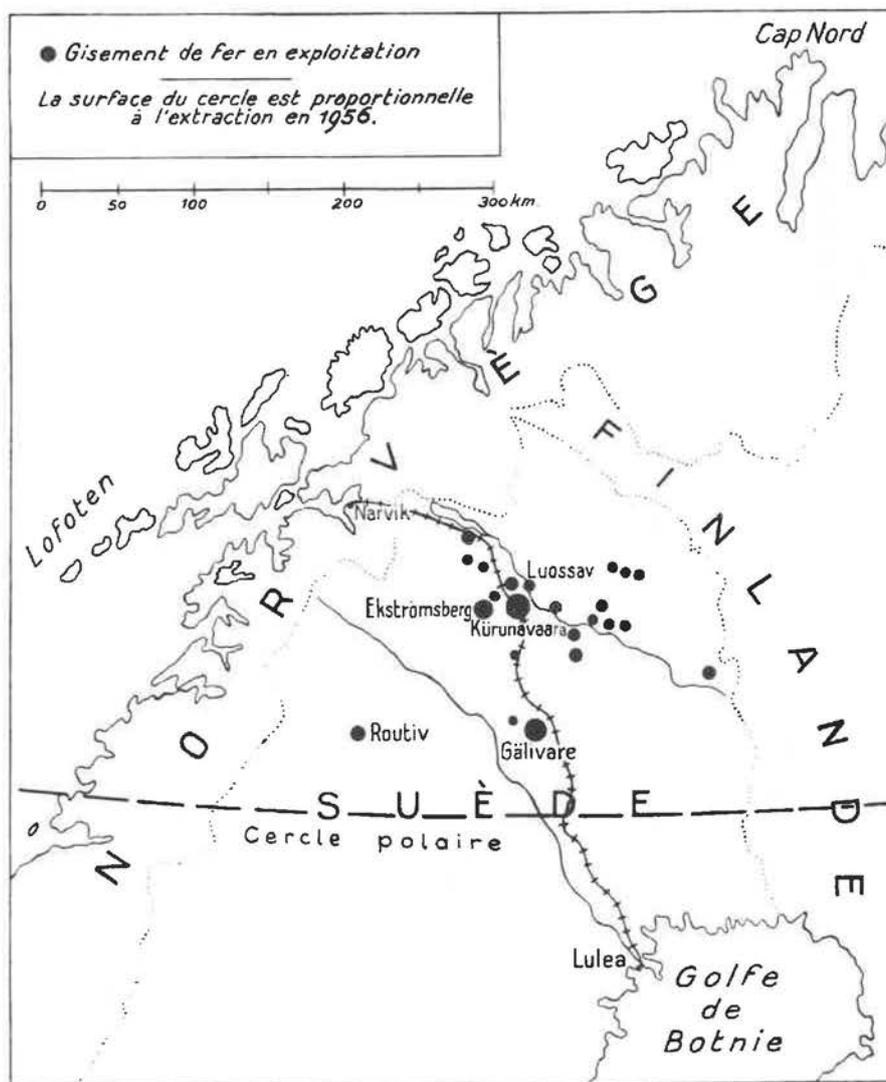


Fig. 5. — Suède, Gisements de fer de Laponie.

dont on extrait une quinzaine de millions de t de minerai destiné à l'exportation.

Le minerai a une teneur en fer comprise entre 50 et 60 % pour les sept-dixièmes de la production et comprise entre 60 et 70 pour le reste. Il a une teneur en phosphore variable, comprise entre 0,8 et 2,0 %. C'est donc un minerai riche, convenant pour la production de la fonte Thomas. Pour l'exploitation de ces gisements, on a construit et achevé, au début de ce siècle (1902), un chemin de fer de 472 km reliant Luléa, port suédois au fond du golfe de Botnie, bloqué pendant plusieurs mois par les glaces, à Narvik, en Norvège au fond du fjord d'Ofoten, toujours libre. Ce chemin de fer met Gällivare à 205 km de Luléa et à 268 km de Narvik ; il met Kiruna à 305 km de Luléa et à 168 km de Narvik.

Les gisements suédois sont exploités avec intensité depuis le traitement des minerais phosphoreux par le procédé Thomas, c'est-à-dire depuis les années 80. La Suède a grandement approvisionné les usines allemandes d'abord, les usines britanniques ensuite. Elle a exporté jusqu'à ce jour quelque 400 millions de t représentant 240 à 250 millions de t de fer. Les réserves sont encore grandes :

	minerai	fer
Suède centrale	265 millions de t soit	151 millions de t
Suède septentrionale	2.415 millions de t soit	1.532 millions de t
Minerais titanifères	213 millions de t soit	66 millions de t
Total	2.891	1.749

La production est forte et en croissance :

extraction en 1910	5,6 millions de t
1930	11,2 »
1950	13,4 »
1955	17,3 »
1956	18,9 »

En Laponie, l'exploitation s'est faite jusqu'à présent en grande partie à ciel ouvert ; il faudra maintenant développer de plus en plus l'exploitation souterraine qui coûte, a-t-on écrit, 5 fois aussi cher. L'exploitation sera totalement souterraine en 1962.

C'est en ce moment que la Société Kiruna-Luosavara qui appartenait à la Société Grangesberg-Oxelosund est absorbée par l'Etat. Pour supporter la lourde charge de la reprise, l'administration va augmenter la production, ce qui implique de grands investissements.

Le minerai est trié et concentré à Vitafer, près des mines et à Lulea.

Des usines sidérurgiques ont été récemment construites à Oxelosund et à Lulea, mais la Suède

restera néanmoins un important exportateur de minerai parce qu'elle est très pauvre en houille.

Les exportations ont été en 1955 vers :

l'Allemagne	6,3 millions de t
la Grande-Bretagne	4,0 »
la Belgique	2,5 »
les Etats-Unis	1,2 »
la Pologne	0,4 »

M. l'ingénieur en chef des Mines Bureau, au retour d'un voyage en Suède et en Norvège, vient de déclarer qu'à son avis, le minerai suédois restera un facteur dominant de l'expansion de la sidérurgie européenne.

Le minerai suédois arrive en masse dans les ports du Continent et de la Grande-Bretagne, mais, toujours riche, il n'a plus l'homogénéité d'autrefois et nécessite des manutentions.

On prévoit le maintien de la progression de la production et on espère qu'en 1960 l'exportation suédoise atteindra 20 millions de t. Cette augmentation ne sera pas suffisante pour soutenir le développement attendu de la sidérurgie européenne.

Quelques autres pays fournissent du minerai de fer aux usines européennes, mais en moindre quantité que les pays dont il vient d'être question.

NORVEGE

La Norvège est riche en fer ; deux de ses nombreux gisements pourraient contribuer à l'approvisionnement de la sidérurgie européenne.

A l'extrême nord du pays, au delà du Cap Nord, au fond du fjord de *Varanger*, se trouve le plus important des gisements norvégiens. Le minerai est un mélange de magnétite et de silice, à 53-56 % de fer, sur le socle primitif, dont la réserve a été estimée à 600 millions de t.

Le minerai est pulvérulent.

L'usine de concentration et d'agglomération, détruite au cours de la dernière guerre, a été reconstruite et a une capacité de 800.000 t par an.

Le port qui dessert la région minière est accessible pendant toute l'année.

Sur le versant nord de la vallée du *Dunderland*, on a exploité des couches d'hématite et de magnétite dont la teneur moyenne est de 33 % de fer et de 0,2 % de phosphore.

Le minerai doit être enrichi et aggloméré.

La réserve est de 300 à 400 millions de t.

ESPAGNE

L'Espagne était rangée parmi les gros producteurs de minerai de fer, avant la première guerre, au temps où la production de fonte dans le monde n'était pas le tiers de ce qu'elle est aujourd'hui.

On a exploité sur le pourtour du pays des gisements de substitution, nombreux dans les provinces du sud-est, importants dans le nord-est, en Biscaye, où Bilbao fut longtemps un centre important de production et d'exportation.

Ces gisements sont aujourd'hui épuisés dans leurs parties les plus riches et la production, qui atteignit 10 millions de t en 1912, a été, en ces dernières années :

en 1954	2,9 millions de t
1955	3,7 »
1956	4,5 »

Elle dépassera, espère-t-on, 5 millions de t en 1957.

L'Espagne, après avoir fourni à la Grande-Bretagne, à l'Allemagne et à la Belgique 400 millions de t d'un bon minerai Bessemer, n'est plus en état de ravitailler l'Europe comme autrefois. Les réserves sont encore de quelques centaines de millions de t, mais on ne voit aucun indice d'une forte reprise de l'industrie minière.

FRANCE DE L'OUEST

Maine - Anjou - Bretagne - Normandie

Dans le Massif Armoricaïn, le Silurien plissé remplit quelques synclinaux de direction SE-NO ; on y exploite des couches, en nombre variable, de minerai semi-phosphoreux, à 43-55 % de fer. Le gisement est irrégulier, la puissance des couches est de quelques centimètres à 5,50 m et la composition du minerai est changeante. Les exploitations sont souterraines.

Les synclinaux exploités se succèdent, de la Loire dans l'Anjou, au sud, à la région de Caen sur l'Orne, au nord, le long de la côte normande.

On a évalué les réserves certaines à 450 millions de t et les réserves possibles à 2.000 millions de t.

L'exploitation ne progresse pas beaucoup. Elle atteignit 2,2 millions en 1930. Après la guerre, elle a repris ; elle était de 2,2 millions de t en 1951 et 3,5 millions de t en 1956. De cette quantité, 1,7 million a été consommé en France, notamment à Caen, et le restant a été exporté, dont :

0,5 million de t	en Grande-Bretagne
0,6 »	en Belgique
0,5 »	en Allemagne
0,1 »	aux Pays-Bas.

Les difficultés de l'exploitation ne laissent pas espérer un grand développement de la production.

AFRIQUE DU NORD

Maroc - Algérie - Tunisie

Maroc

Dans l'Atlas méditerranéen, les gisements de fer sont nombreux, dispersés et de nature variée. Au Maroc français, on exploite un gîte sédimentaire

dans des terrains paléozoïques et des gîtes de substitution dans des calcaires. Le minerai est généralement riche, pur, c'est-à-dire sans phosphore, et les mines sont proches de la mer.

Les mines en exploitation sont, de l'ouest à l'est: *Ait Amar*, dans le Maroc français, à 180 km de Casablanca ; la production est d'un demi million de t d'un minerai phosphoreux à 43 % de fer.

Beni Buifru - *Uixan*, dans le Rif espagnol, à quelques kilomètres du port de Melilla ; on produit un million de t d'un minerai à 67 % de fer, sans phosphore.

Algérie.

Les gisements exploités sont : *Beni-Saf*, dans l'Oranais, *Zaccar-Rouina*, dans l'Algérois, *Aïn Mokra*, près de Bône, et *Ouenza*, à 150 km du port de Bône.

Tunisie.

Le gîte de *Djérissa* est à 150 km du port de Bizerte.

Le centre minier le plus important est celui de *Ouenza-Djérissa* dont les exploitations se font face, de part et d'autre de la frontière.

La production de l'Afrique du Nord a été de :

2,0 millions de t	en 1913
5,5 »	en 1938
5,2 »	en 1954
6,1 »	en 1955
5,4 »	en 1956

Le minerai est exporté en totalité ; les deux tiers sont destinés à la Grande-Bretagne, le restant à l'Allemagne.

Les réserves sont grandes, mais en raison de leur dispersion, les gîtes ne se prêtent pas à une organisation de production en masse et il est peu probable que l'Afrique du Nord puisse contribuer à un grand accroissement de la production de fonte en Europe.

PAYS EUROPEENS PRODUCTEURS ET IMPORTATEURS DE MINERAI DE FER

LA GRANDE-BRETAGNE

La Grande-Bretagne qui fut, au cours d'une longue série d'années, le plus important producteur de fonte de l'Europe et même du monde, a puisé largement dans ses gisements de minerai. Elle n'utilise plus aujourd'hui le carbonate de fer de ses houillères ; elle a épuisé presque complètement les riches hématites du Cumberland et de quelques autres régions. Elle n'exploite plus guère, à présent, que l'abondant minerai oolithique du Jurassique, semblable à celui de la Lorraine. Les couches d'oolithe oolithique affleurent suivant un arc de cercle, des bords de la Tees, au nord, au bassin supérieur de la Tamise, au sud, soit sur une longueur de 300 km. Les couches s'enfoncent vers l'est, recouvertes par des terrains plus récents.

Le gisement s'étale largement en surface dans le Cleveland où il a été exploité presque jusqu'à l'épuisement pour les besoins de la sidérurgie toute proche de Middlesborough. Le gisement n'est plus encore exploité que près de Frodingham, non loin de l'Ouse, dans le Northamptonshire et dans la région de Banbury au sud, dans l'Oxfordshire.

Le minerai a une faible teneur en fer, comprise entre 22,6 à 35,6 %, soit de 29 % en moyenne; il est presque partout très siliceux et partout phosphoreux.

Il est exploité à ciel ouvert et, de plus en plus, souterrainement, par galerie et puits.

La production de minerai de fer a été forcée pendant la guerre, atteignant 20 millions de t en 1942. En 1929, elle avait été de 13,4 millions de t. Depuis la dernière guerre, elle est de 15 à 16 millions de t. On ne peut pas espérer la voir augmenter beaucoup dans l'avenir vu la médiocrité de la qualité du minerai, l'épuisement de certains gîtes et le renchérissement du prix de revient, conséquence de l'importance croissante de l'exploitation souterraine. Les réserves sont encore importantes.

Gisement du Jurassique dans le Centre Est de l'Angleterre.

Prouvé	994 millions de t
Probable	1.155 »
Possible	986 »
	<hr/>
	3.135 »

La Grande-Bretagne ne pourra augmenter sa production d'acier qu'en important plus de minerai, d'autant plus que le minerai indigène a une teneur en fer de 29 % et le minerai importé de 55 % et plus. L'importation de minerai à 63-66 % de fer permet d'augmenter la production de fonte sans nécessiter la construction de nouveaux hauts fourneaux.

Les importations de minerai de fer en Grande-Bretagne ont été de :

	en millions de t	
	1955	1956
Suède	4,1	4,4
Norvège	0,2	0,1
France Normandie	0,6	0,6
Espagne	0,8	0,8
Afrique du Nord	3,4	2,9
Liberia	0,3	0,3
Sierra Leone	0,7	0,7
O.A.F.	0,5	0,6
Brésil	0,5	0,5
Venezuela	0,1	0,1
Canada	1,4	2,5
U.R.S.S.	—	0,7
Portugal	—	0,1
	<hr/>	<hr/>
	12,6	14,3

La Grande-Bretagne est le pays qui s'est le plus préoccupé de son approvisionnement en minerai de fer dans l'avenir. La British Iron and Steel Corp. (Ore) — BISCO — est en fait une coopérative qui, pour compte de tous les sidérurgistes britanniques, achète du minerai à l'étranger, fixe un prix de parité, prend des participations dans les sociétés minières à l'étranger, transporte le minerai sur ses « minéraliers » ou sur des navires affrétés au voyage chart-time.

Malheureusement, la Grande-Bretagne n'a pas beaucoup de ports qui puissent recevoir des minéraliers de plus de 20.000 t.

ALLEMAGNE

Par la désannexion de la Lorraine et la dissolution du Zollverein, la première guerre fit perdre à l'Allemagne les mines du territoire lorrain annexé et du Luxembourg dont la production avait été de 28,4 millions de t en 1913. D'autre part, l'Allemagne construisit dans la Ruhr des usines pour recouvrer sa capacité de production d'acier diminuée par la perte de la Lorraine. Pour parer à sa pénurie de minerai, l'Allemagne a augmenté la production de ses mines, qui passa de 6,5 millions de t en 1913 à 16,9 en 1956; elle a augmenté ses importations de minerai qui passèrent de 14 millions de t en 1913 à 17,8 en 1956. Le minerai extrait dans le pays est pauvre, le minerai importé est riche. La mise au mille du minerai a passé, de 1913 à 1956, de 2,5 à 2,0.

Le compte des minerais de fer s'établit comme suit :

	(millions de t)	1913	1956
Production :			
en territoire allemand		6,5	16,9
en Lorraine annexée et au Luxembourg		28,4	—
	Total	<hr/> 34,9	<hr/> 16,9
Importation		14,0	17,8
	Total	<hr/> 48,9	<hr/> 34,7
Exportation		2,6	—
Disponible apparent		46,3	34,7
Production de fonte		19,3	17,6

La perte de la Haute-Silésie par l'Allemagne occidentale ne change pas les conclusions à tirer de ce compte.

L'Allemagne ne pourra pas réduire son déficit en minerai ni pourvoir, par ses propres ressources, à l'augmentation de sa production d'acier sans importer des quantités toujours plus grandes de minerai, c'est la conclusion à tirer d'un examen de ses gisements de fer.



Fig. 6. — Allemagne. Gisements de fer.

Peine - Salzgitter - Gifhorn.

Dans la plaine germano-polonaise, entre le Weser et l'Elbe, dans une zone subhercynienne, au nord du Massif du Harz, on trouve à différents niveaux stratigraphiques du Secondaire (Mésozoïque) des couches ou amas de limonite, minerai pauvre, dont la teneur en fer n'atteint qu'exceptionnellement 40 %. Le minerai est parfois calcaire, mais le plus souvent siliceux ; il est phosphoreux, rarement manganésifère. Il peut être amélioré par un enrichissement et une agglomération.

Le gisement de *Peine*, sur le Mittelland Kanal, à Ilsede, Adenstedt, Lengede, Broistedt, se trouve à des profondeurs de 20 à 750 m ; il est constitué par une couche de 5 à 20 m de puissance d'une limonite dont la teneur en fer est de 24 à 30 %, mais qui peut titrer 40 % après lavage. On a estimé la réserve de ce gisement à 150 millions de t, volume représentant 50 millions de fer. La production y est de 2 millions de t par an.

Le gisement *Salzgitter* est plus important. Il couvre les deux flancs d'un anticlinal et affleure en de nombreux endroits. La puissance de la couche de limonite est généralement de 30 m, mais atteint par endroit 100 m. Le minerai a une teneur en fer de 29-35 % ; lavé et calciné, il peut titrer 46 % de fer. La réserve qu'il est difficile d'évaluer, est grande. La production annuelle atteint 7 millions de t.

Des gisements se trouvent de part et d'autre du Harz, à Bad Harzburg, à l'est, et à Kalefeld-Echt, à l'ouest. A Bad Harzburg la formation lenticulaire a une puissance de 2 à 20 m ; le minerai est très pauvre. A Echt, la couche ferrifère de 5 à 12 m d'épaisseur est exploitée à ciel ouvert. Le minerai titre 25 % de fer en moyenne.

Les gisements de *Peine-Salgitter* se prolongent en direction nord-est par le bassin allongé de *Gifhorn* (Gifhormer Mulde) où les sondages au pétrole ont fait découvrir une grande richesse en fer. Les couches de limonite, dont l'épaisseur est de 10 à 120 m, sont à faible profondeur, à l'est, et s'enfoncent à l'ouest où on a pu les suivre jusqu'à 1.700 m de profondeur.

Le minerai s'enrichit dans cette direction et en profondeur. Il a, par endroit, une teneur de 44,80 % de fer ; il est parfois calcaire, souvent très phosphoreux. La réserve, qu'il est difficile d'évaluer avec précision, est grande ; elle serait de 540 millions de t pour le minerai calcaire et 450 millions pour le minerai siliceux. La Gifhormer Mulde est une réserve non encore entamée.

Peine, *Salzgitter*, le Harz et *Gifhorn* représentent au total une réserve certaine ou très probable de plus de 2 milliards et plus une réserve possible de 2,5 milliards de t.

Le minerai de la région est en partie consommé par l'usine de *Salzgitter* dont la production de fonte atteint actuellement 1,5 million de t.

La firme *Krupp*, qui se spécialise dans la préparation des minerais pauvres, a installé dans la région, pour le compte de 8 usines allemandes, des fours pour l'agglomération du minerai pauvre et acide de *Peine* et *Salzgitter*. La préparation va jusqu'à la production de fer métallique — loupes à 94 % de fer — pouvant remplacer la mitraille.

Wesergebiet.

Un peu au sud de *Minden*, on exploite, dans la chaîne *Wiehengebirge-Weserkette* et à l'endroit où elle est percée par la *Weser*, à *Dützen* et à *Kleinenbrunnen*, des couches de limonite de 2 à 9 m d'épaisseur et d'une teneur en fer de 25 %. Les exploitations se font par galeries et par puits. La production ne dépasse guère un million de t par an.

Damme.

A 30 km au nord de *Osnabrück*, on a commencé en 1948 l'exploitation d'une série de lentilles de limonite dont l'une d'elles a 12 km de longueur, 1 à 2 km de largeur et 1,50 à 5 m d'épaisseur. Le minerai y a une teneur en fer de 25 % environ. La production n'atteint pas un demi-million de t.

La plaine du Nord, en général.

Les très nombreux sondages au pétrole exécutés ces dernières années dans la plaine allemande ont montré l'existence de gisements de fer relativement riches. Ainsi, à *Frieburg*, au sud-ouest de *Wilhelmshaven*, à 1.700 m de profondeur, la sonde a traversé une couche de 14 m d'épaisseur d'une limonite calcaire.

Pays de la Sieg.

(*Siegländer - Wieder - Spateisensteinbezirk*).

Dans le bassin de la *Sieg*, affluent de la rive droite du *Rhin*, on exploite depuis très longtemps dans les terrains plissés du *Dévonien* des couches d'un minerai qui titre, à l'état cru, 33 % de fer et 7 % de manganèse et préparé et grillé, 50 % de Fe, et 11 % de Mn. Ce minerai est sans phosphore. Les mines, déjà anciennes, sont descendues à 800-1.000 m de profondeur.

La production, qui plafonnait autrefois au niveau de 2 millions de t par an, n'est plus aujourd'hui que 1,3 million.

Les réserves ne sont plus que de 25 millions de t et ne permettent pas d'espérer une reprise de l'extraction. Le minerai est, en grande partie, consommé dans la région.

Hessen.

Bassin de la Lahn et de la Dill.

Entre Limburg, Wetzlar, Giessen et Dillenburg, une quinzaine de mines exploitent un gisement d'âge dévonien, lenticulaire, de 0,50 à 16 m d'épaisseur. En surface, on exploite en quelques endroits une limonite provenant de l'altération du minerai primaire. La production atteint 1,5 million de t et ne pourra guère dépasser ce niveau.

Allemagne du Sud.

Dans le bassin de Souabe et de Franconie, le Jurassique est très riche en fer, mais n'est que très peu exploité en raison de sa pauvreté et de l'irrégularité du minerai.

Dans le Haut-Palatinate Bavarois, à 60-70 km à l'est de Nuremberg, les couches du Jurassique renferment une limonite dont la teneur en fer est comprise entre 30 et 55 %. Les usines de Amberg — Luitpold et Maximilian — l'exploitent à Amberg, Sulzbach-Rosenberg et Auerbach. La production ne dépasse pas un million de t. Les réserves paraissent importantes.

Le long de la côte qui domine le Jura Souabe, dans le Wurtemberg, on exploite des couches d'oolithe à Geislingen. Le minerai y a une teneur de 25 à 30 % de fer. La production annuelle ne dépasse guère 300.000 t. Les réserves de ce minerai pauvre sont énormes.

On exploite près de la vallée du Rhin, non loin de Fribourg (Baden), à Kahlenberg et à Schönberg, un calcaire ferrugineux à 20 % de fer. La production ne dépasse pas un demi-million de t. Les réserves sont importantes.

Importation de minerais de fer en Allemagne.

	en millions de t	
	1955	1956
Suède	6,3	7,2
Norvège	0,7	0,9
Luxembourg	0,4	0,6
France Normandie	0,4	0,6
Suisse	0,1	0,1
Espagne	1,1	1,8
Portugal	0,1	0,1
Algérie	0,7	0,5
Tunisie-Maroc	0,5	0,8
Turquie	0,3	0,3
Angola	0,5	0,5
Liberia	0,4	0,4
Sierra-Leone	0,4	0,3
Brésil	0,4	0,4
Venezuela	0,3	0,6
Chili	0,1	0,4
Pérou	0,1	0,5
Canada	1,1	1,4
Inde Portugaise Goa	0,5	0,5
Total	14,3	17,9

Les sidérurgistes allemands ont pris des participations dans la plupart des grands gisements nouveaux de fer. Des firmes, comme celles de Klöckner et Krupp, construisent du matériel pour de nouvelles mines à l'étranger et seront payées partiellement en minerai. On trouve des intérêts allemands au Brésil, dans l'Afrique, à Fort Gouraud, dans l'Amérique du Nord, dans la province de Québec, Labrador et ailleurs.

Les Allemands, qui construisent une usine à Brême, ont l'intention de faire de Bremerhaven un grand port d'importation de minerai de fer.

	Réserves en millions de t			Teneur en %
	certaines ou vraisemblables	possibles	totales	
Peine, Salzgitter, Gifhorn	1.248	2.485	3.733	14 à 44 % moy. 30
Plaine du Nord	90	295	385	14 à 46 % moy. 30
Pays rhénan	64	13	77	30 à 45 % moy. 40
Allemagne du Sud	1.675	190	1.865	25 à 45 % moy. 30
Totaux	3.077	2.983	6.060	

L'Allemagne importe de grandes quantités de minerais, de nombreux pays.

Les pays de l'Atlantique consomment en forte proportion des minerais phosphoreux et produisent, en conséquence, beaucoup de fonte basique. Le tableau le fait voir.

*La fonte basique dans l'ensemble de la production
année 1956*

En millions de tonnes	Total	Basique	Pourcentage de la fonte basique dans le total
Canada	3,3	2,7	82
Etats-Unis	68,0	56,0	82
Grande-Bretagne	13,4	10,1	75
Allemagne	17,4	11,3	65
France	11,5	10,3	90
France de l'Est	8,8	8,8	100
Sarre	3,0	2,9	97
Luxembourg	3,3	3,3	100
Belgique	5,8	5,6	97

L'utilisation progressive des minerais des nouveaux gisements, généralement non phosphoreux, implique un changement des procédés de fabrication, changement dont les difficultés ne retarderont pas l'emploi des minerais riches, tant sont grands les avantages qu'ils présentent.

La Grande-Bretagne et l'Allemagne sont déjà entrées dans la voie de l'utilisation des minerais riches de l'Amérique et de l'Afrique ; la provenance des minerais qu'elles importent le prouve ainsi que la proportion de fonte basique qu'elles produisent.

Les pays dont la sidérurgie est basée sur l'utilisation des minerais lorrains chercheront, eux aussi, dans l'avenir, outremer, un appoint de minerai pour augmenter occasionnellement leur production de fonte sans faire de nouvelles installations, pour diminuer la consommation de coke et, dans certains cas, pour diminuer les frais de transport.

La composition du minerai lorrain et des minerais d'outremer, ou plus exactement, leur combinaison, seront l'objet d'un examen dans la seconde partie de cette étude.

(à suivre)