

Quelques essais pour l'obtention du fer par électrolyse a partir d'un minerai magnétique

Autor(en): **Pittard, J.-J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **15 (1933)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-740596>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

QUELQUES ESSAIS
POUR
L'OBTENTION DU FER PAR ÉLECTROLYSE
A PARTIR D'UN MINÉRAI MAGNÉTIQUE

PAR
J.-J. PITTARD

I. APERÇU HISTORIQUE SUR L'INDUSTRIE DU FER
ÉLECTROLYTIQUE.

La production du fer pur par voie électrolytique, à partir de riblons ou de gueuses, n'est entrée que ces dernières années dans la pratique industrielle. Cependant, il y a plus d'un demi-siècle que l'on a fait des recherches à ce sujet, mais jamais en vue d'une fabrication en grand.

C'est en 1846, que pour la première fois, BOCKBUSMAN prépare du fer électrolytiquement. Il obtint des plaques de 150 millimètres carrés de surface et de 2 millimètres d'épaisseur sur une matrice de cuivre.

En 1851, SMEE fit quelques recherches à l'aide de divers sels et mélanges de sels mais ne put les étendre à l'industrie par suite du coût élevé de l'opération.

En 1860, KLEIN imagina un procédé pour l'obtention de clichés entièrement en fer, lesquels étaient destinés à l'impression de billets de banque du gouvernement russe. Le bain employé était une solution de 5% de sulfate de fer et 5% de sulfate de

magnésie. On travaillait avec 0,1 à 0,3 ampères par dm^2 , aussi fallait-il près de quinze jours pour obtenir un dépôt de 2 mm. Le bain était maintenu neutre par une addition de carbonate de magnésium.

En 1881, CLASSEN et REISS, en vue d'essais analytiques pour le dosage du fer, indiquent l'utilisation d'une solution d'oxalate double de fer et d'ammoniaque, avec anode insoluble en platine.

CAILLETET préconise l'emploi d'une solution de chlorure ferreux additionné de chlorure d'ammonium.

En 1900, MERCK prend un brevet basé sur l'emploi du chlorure ferreux pur en solution très concentrée. La densité du courant était de 3-4 ampères par dm^2 et la température du bain 70° .

C'est en 1914 qu'apparaissent les premières tentatives industrielles pour la préparation du fer électrolytique.

Cependant, jamais on n'a tenté d'extraire le fer directement d'un minerai par ce procédé. C'est pour cela qu'il nous a paru intéressant de faire quelques essais à ce sujet, en utilisant un minerai de fer magnétique provenant d'une mine valaisanne. En effet, si ce procédé pouvait devenir industriel, notre pays ne renfermant pas de charbon, mais étant par contre producteur d'énergie électrique, aurait ainsi la possibilité d'obtenir une partie du fer nécessaire à son industrie.

Avant de décrire les essais auxquels nous nous sommes livré, nous examinerons fort brièvement quelques procédés pour la préparation du fer électrolytique à partir de riblons ou de gueuses.

II. QUELQUES PROCÉDÉS INDUSTRIELS POUR L'OBTENTION DU FER ELECTROLYTIQUE.

Procédé Burgess et Hambuechen (1904).

Ces auteurs utilisaient du sulfate ferreux additionné de sulfate d'ammonium.

Température du bain: 30° . Courant: 1 ampère, 1 volt.

Comme anodes, les inventeurs utilisaient du fer ordinaire et comme cathodes des tôles de fer minces et bien nettoyées.

Procédé Maximovitch et dérivés (1905).

Voici le détail de l'opération:

Dans un récipient de 6 litres, on électrolyse une solution contenant 20% de sulfate de fer (avec 7 molécules d'eau), et 5% de sulfate de magnésium (avec 7 molécules d'eau). Les électrodes ont 20 cm de longueur sur 15 cm de largeur.

L'anode est en fer. La cathode, en cuivre, est argentée et iodée préalablement afin de faciliter l'enlèvement ultérieur du dépôt de fer.

Après avoir ajouté 25 gr de bicarbonate de soude, une masse jaune sale apparaît sur la surface, et au bout de trois jours elle se transforme en une pellicule bleu brillant, tandis que la solution d'abord trouble se clarifie ensuite.

Deux fois par semaine il convient d'ajouter 20 à 25 gr de bicarbonate de soude à la solution. La pellicule d'hydroxyde de fer protège la solution contre l'oxydation due au contact de l'air.

Courant: 0,2 — 0,3 ampère.

Autres procédés.

Il existe une série de procédés d'électrolyse. Leurs auteurs font varier la densité de courant ou la composition du bain.

Nous citerons les procédés de FOERSTER (1906)¹, qui utilise un bain de sulfate de fer légèrement acide, à la température de 95°, et 2 ampères par dm².

COWPER-COLES (1908)² utilise comme anode des fers bruts (fonte, mitrilles, tôles, tubes, fils), et même du minerai de fer finement pulvérisé. Il travaille avec des anodes solubles dans le cas du fer brut, insolubles (graphite) dans le cas du minerai. Les cathodes sont rotatives, l'électrolyte préféré de Cowper-Coles est une solution à 20% d'acide sulfocrésylique saturée de fer.

FISCHER (1909) obtient de très bons rendements avec des

¹ FOERSTER, *Propriétés électrochimiques du fer.*

² SCHERAD-COWPER-COLES, *Electrochemical and Metallurgical industry.*

solutions très concentrées de chlorure de fer et de chlorure de calcium à la température de 110° et avec 20 ampères.

MERCK électrolyse du chlorure de fer pur à 1 kg par litre d'eau, à 80° et 3,5 ampères.

COTILLE électrolyse une boue d'hydroxyde de fer en suspension dans une solution concentrée de soude caustique.

Procédés de la Société le Fer, Grenoble (1910).

Le bain utilisé est une solution neutre de sels ferreux. Le bain reçoit régulièrement des additions d'un dépolarisant (oxyde de fer) qui a pour but d'éliminer le plus possible l'hydrogène qui se dépose sur la cathode. Les cathodes sont rotatives et permettent l'obtention directe de tôles et de tubes.

Courant: 1000 ampères par m², soit 10 ampères par dm².

III. CONDITIONS DE FABRICATION.

La pratique a montré qu'il faut utiliser de fortes densités de courant et de fortes concentrations d'électrolyte (MULLER).

L'électrolyte est généralement constitué par des sels ferreux. Il faut l'agiter.

On évitera l'action oxydante de l'air sur les sels ferreux en opérant dans un électrolyseur fermé par un couvercle à joints hydrauliques.

On reconnaît que le bain est dans de bonnes conditions d'électrolyse lorsqu'il a atteint une coloration marron et qu'il ne mousse pas.

On dépolarisera la cathode par addition, à l'électrolyte, d'oxyde ferrique qui, se combinant à l'hydrogène naissant, donne de l'oxyde ferreux.

Il faudra régler la température suivant une densité de courant donnée et maintenir cette température constante. On réglera de même la concentration suivant le pouvoir dépolarisant du liquide.

On agitera l'électrolyte autour de l'anode qui sera aussi pure que possible et qu'on protégera par un cylindre de terre. On la nettoiera fréquemment.

On doit conserver à la solution électrolytique sa neutralité, ce qu'on peut réaliser en maintenant en suspension dans le bain, du fer finement divisé.

Au point de vue de la température et de la concentration de l'électrolyte, MULLER conseille de ne pas chauffer ce dernier. La meilleure solution de sulfate serait celle de sulfate double de fer et d'ammonium à 30%.

Dans le cas de bains de chlorures, il faut une concentration plus forte.

Comme cathodes, on emploiera des tôles soigneusement décapées et dégraissées.

D'après G. VIE¹, le fer ne s'électrolyse pas en solution acide, à moins que l'acide ne soit un acide organique faible. Mais ce dernier se décompose sous l'influence du courant, le bain devient alcalin, ce qui amène la précipitation de sels basiques de fer (ac. acétique et oxalique).

Si l'on emploie le sulfate comme électrolyte, on a toujours un dépôt de soufre sur la cathode (0,0058%). Afin d'abaisser la somme des impuretés, MULLER place des cathodes de plomb dans un bain de chlorure de fer à 80% à l'intérieur du diaphragme, ce qui l'isole du reste de l'électrolyte. Densité de courant: 0,4 ampère par dm². Chaque jour la solution est débarrassée de son soufre par addition de chlorure de baryum et filtration.

TUCKET et SCHRAMM² prétendent que les bains de chlorures ou de sulfates sont les plus satisfaisants.

Ils préconisent le bain de chlorure suivant:

Chlorure ferreux:	285 gr par litre.
Chlorure de sodium	102 gr par litre.

Température du bain: 50-70°. D: 1,6 ampère cm².

L'opération dura neuf jours. On additionnait d'acide chlorhydrique en quantité suffisante pour dissoudre le précipité basique formé et un peu d'eau pour compenser l'évaporation.

¹ G. VIE, *Propriétés et fabrication du fer électrolytique* (1919).

² S. TUCKER et E. SCHRAMM, *Méthodes de dépôt électrolytique du fer* (1910).

Les résultats obtenus furent excellents.

On a estimé que 1 Kw heure était nécessaire pour purifier 1 kg de fer.

COWPER-COLES estime le prix de revient de la tonne à 141 francs (francs or), ce qui correspondrait à 0,026 francs le Kw-heure de l'énergie électrique alimentant le bain.

D'après L. GUILLET¹, en utilisant une densité de courant de 1000 ampères par m², le Kw-an produit 2 T de fer, cela en tenant compte du courant utilisé pour les services accessoires.

Voici d'après G. FLUSIN les dépenses d'énergie et de produits relatives à l'emploi d'une cathode, soit fixe, soit rotative.

	Cathode fixe	Cathode rotative
Kg de fer obtenu par Kw jour	23	6
Kg de matières premières dépensées par Kw jour	25	7
Kw jour dépensés par T de fer fabriqué. . .	43,5	167
T de matières premières dépensées par T de fer fabriqué	1,1	1,1

Nous ne saurions nous étendre sur la composition et les propriétés du fer électrolytique, ce chapitre ne trouvant pas place dans cet aperçu de l'industrie du fer électrolytique.

Le fer électrolytique brut renferme en très petites proportions un certain nombre d'impuretés, parmi lesquelles il faut signaler Si, P, S, Mn et C.

Certains gaz (CO, CO₂, N₂, H₂), existent dans la plupart des échantillons de fer électrolytique; MULLER a trouvé 0,012 à 0,014 % H et 0,010 à 0,035 % N.

L'hydrogène donne au fer une grande dureté et une grande fragilité.

Voici la composition d'un fer électrolytique:

Fe	99,967	Si	0,014
C	0,008	S	traces
Mn	0,009	P	0,002

¹ L. GUILLET, *Le fer électrolytique* (1915);

L. GUILLET et A. PORTEVIN, *Sur quelques propriétés d'un fer électrolytique industriel* (1913).

Voici d'autre part les résultats comparatifs d'analyses de deux échantillons, l'un de fonte, l'autre de fer électrolytique obtenu à l'aide du premier métal¹.

	Fonte utilisée	Fer électrolytique obtenu
C	2,35%	0,004%
Si	1,31%	0,007%
S	0,07%	0,006%
P	1,07%	0,008%
	<hr/>	<hr/>
	4,80%	0,025%

L'analyse spectrale a montré la présence dans certains fers électrolytiques de quelques impuretés telles que: Ca, Co, Al (A. DE GRAMMONT).

Les impuretés sont inégalement réparties. Leur distribution au cours d'un même dépôt se fait généralement par couches alternées.

Le fer électrolytique peut actuellement concurrencer avec succès les meilleurs fers de Suède, et cela pour plusieurs raisons: régularité de fabrication beaucoup plus grande, métal brut cassant et par suite facile à débiter en fragments aussi menus qu'on le désire, cémentation plus régulière que dans les autres variétés de fers. Après recuit, il convient pour les opérations de soudure autogène, comme métal d'apport. Il donne des résultats très satisfaisants pour la fabrication des aciers spéciaux.

En résumé, la production industrielle du fer par électrolyse donne actuellement des produits finis en une seule opération et n'occasionne pas plus de frais et de travail que les procédés complexes de la métallurgie courante.

Elle permet, en outre, en l'absence de houille, c'est-à-dire par l'utilisation des forces hydro-électriques, une fabrication pratique; elle simplifie la fabrication en engendrant un travail plus propre, plus hygiénique et ne donnant que très peu de déchets.

¹ J. ESCARD, *L'Electrometallurgie du fer* (1920).

IV. ESSAIS POUR L'OBTENTION DU FER PAR ÉLECTROLYSE D'UN MINERAI DE FER MAGNÉTIQUE.

Nous avons eu l'idée de tenter des essais pour l'obtention directe du fer à partir d'un minerai magnétique au moyen de l'électrolyse. Ces essais commencés en 1929, au Laboratoire de Chimie technique et théorique de l'Université de Genève, dirigé par M. le professeur E. Briner, seront continués suivant des directives nouvelles.

Le minerai que nous avons essayé d'électrolyser est une magnétite de teneur riche appartenant au gisement lenticulaire du Mont-Chemin, au-dessus de Martigny, dans le canton du Valais ¹.

Ces mines se composent de quatre gisements:

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1. Chez Larze. | 3. Vence. |
| 2. Couloir Collaud. | 4. Les Planches. |

Composition du minerai.

Voici à titre d'exemple une analyse de minerai provenant du Mont Chemin ².

Analyse d'une magnétite tirée du « couloir Collaud »:

Fe ₃ O ₄	= 79,18	MgO	= 0,25
SiO ₂	= 11,23	S	= 0,94
CaO	= 6,82	P	= 0,02

79,18% de Fe₃O₄ correspondent à 57,35% de Fer.

Essais de solubilisation.

Nous avons fait une série d'essais de solubilisation en prenant chaque fois 2 gr de poudre de minerai dans 30 cc de solution.

¹ A. GMELIN, Gisements de magnétite du Mont Chemin et environs près de Martigny, Valais. Suisse 1927 (rapport manuscrit).

² LAZERGES, Gisements ferrifères du Mont Chemin près de Martigny, Suisse, 1927 (rapport manuscrit).

G. LADAME, *Le Mont Chemin. Etude géol. et minière.* Thèse N° 884. Université de Genève, 1930.

Les dissolvants utilisés ont été l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique.

1. Avec HCl.

Dilué		Concentré	
à froid	insoluble	à froid	très peu soluble
à chaud	très peu soluble	à chaud	<i>bien soluble</i>

2. Avec H₂SO₄

H₂SO₄ 100%, 75%, 50%, 25%: insoluble à chaud et à froid.

Ce minerai n'est donc facilement soluble que dans l'acide chlorhydrique concentré à chaud.

Recherche de la résistance spécifique du minerai.

Nous avons taillé dans un bloc de minerai un petit parallépipède de 3,64 cm de longueur et de 1,59 cm² de surface de section.

La résistance de ce parallépipède était de 15,3 Ω, sa résistance spécifique est donc de 6,67 Ω cm.

A titre de comparaison, disons que la résistance spécifique de ce minerai est environ de 6000 fois plus grande que celle du graphite.

Essais d'électrolyse.

Anode. — Comme anodes nous avons utilisé le minerai lui-même, taillé en petits parallépipèdes.

Le contact de ces anodes était assuré par des vis de serrage.

Cathode. — Nous avons construit une cathode tournante de tôle de fer.

Une transmission la reliait à un petit moteur qui lui faisait faire environ 160 tours/minute.

Le contact s'établissait par un godet à mercure.

Bains. — Nous avons essayé différents bains:

Au compartiment cathodique:

Sulfate double de fer et d'aluminium (sel de Mohr).

Au compartiment anodique :

- a) Sulfate double de fer et d'ammonium.
- b) HCl concentré.
- c) H₂SO₄ 50%.

Les deux compartiments étaient séparés par une paroi poreuse.

L'anode et la cathode étaient pesées avant et après l'opération. On obtenait donc par différence la quantité de fer produit et la quantité de minerai utilisé.

La vitesse de rotation de la cathode, les températures des bains, l'ampérage et le voltage étaient constamment et soigneusement contrôlés.

ESSAI N° 1.

Anode: bloc de minerai pesant 105 gr.

Cathode: tôle de fer de 7 dm² pesant 390,4 gr.

Electrolyte $\left\{ \begin{array}{l} \text{anodique} \\ \text{cathodique} \end{array} \right\}$ solution 20% sulfate double de fer et d'aluminium (sel de Mohr).

Courant: 6 ampères, 16 volts.

Durée: 2 heures.

Température du bain: 50°.

Obtenu sur la cathode: 10,2 gr de fer.

Diminution du poids de l'anode: 0,6 gr.

Remarques.

L'attaque du minerai est insignifiante: la majeure partie du fer déposé vient donc de l'électrolyse.

Le fer obtenu, très cassant, forme une mince couche régulière sur la cathode.

La solution du compartiment anodique était acide au rouge Congo, tandis que le reste de l'électrolyte s'est maintenu neutre.

Cet essai ne nous intéresse donc pas, le minerai ayant été trop faiblement attaqué.

ESSAI N° 2.

Anode: bloc de minerai de 104,4 gr.

Cathode: tôle de fer de 7 dm².

Electrolyte $\left\{ \begin{array}{l} \text{anodique: HCl conc.} \\ \text{cathodique: sol. de sel de Mohr 20\%.} \end{array} \right.$

Courant: 6 ampères, 12 volts.

Durée: 2 heures.

Température du bain: 45°.

Obtenu sur la cathode: 9 gr de fer.

Diminution du poids de l'anode: 10 gr. Ces 10 grammes de minerai contiennent 5,735 gr de fer.

Remarques.

Dans cet essai, le fer obtenu provient, pour la majeure partie, du minerai qui a été attaqué par HCl concentré.

Durant toute l'expérience, comme il fallait s'y attendre, des vapeurs de chlore se sont dégagées du compartiment anodique.

La solution cathodique est devenue peu à peu acide. Nous avons calculé le rendement du courant, ainsi que son prix de revient (en argent suisse).

Les 10 grammes de minerai attaqués contiennent en effet 5,735 gr de fer. La quantité obtenue (9 gr) est cependant sensiblement supérieure, preuve de ce que l'électrolyte a participé à la formation du dépôt cathodique.

*Calcul des rendements.*1. *Rendement du courant.*

La magnétite Fe₃O₄ est un ferrite ferreux; on a un atome de fer bivalent et 2 atomes de fer trivalent, ce qui fait 8 valences par molécule. 1 Faraday libérera donc:

$$\frac{56.3}{8} = 21 \text{ gr Fe}$$

$$1 \text{ Faraday} = 96540 \text{ coulombs} = 96540 \text{ amp. seconde} \\ \text{soit: } 96540/3600 \text{ amp. heure} = 26,8 \text{ amp. heure}$$

On a 6 ampères pendant 2 heures, soit 12 ampères-heure.
Rendement théorique (x):

$$\frac{12}{26,8} = \frac{x}{21}$$

$$x = \frac{12,21}{26,8} = 9,397$$

Rendement pratique du courant en % du rendement théorique :

Obtenu 9 gr de fer soit 95,78%.

2. *Prix de revient du courant.*

Nous avons compté le prix du courant à 0,8 cent le kilowatt-heure.

Dans notre calcul, nous avons rapporté la consommation de courant au fer obtenu à partir du minerai, c'est-à-dire à 5,735 gr.

La quantité de fer du minerai produit par kw-heure est:

$$\frac{5,735 \cdot 1000}{12 \cdot 6 \cdot 2} = 39,82 \text{ gr.}$$

On a donc:

$$\frac{0,8}{39,82} = 0, 2009,$$

soit 20,09 centimes de courant par kg de fer produit.

ESSAI N° 3.

Anode: bloc de minerai de 94,4 gr.

Cathode: tôle de fer de 7 dm².

Electrolyte $\left\{ \begin{array}{l} \text{anodique: HCl conc.} \\ \text{cathodique: sel de Mohr 20\%} \end{array} \right.$

Courant: 6 ampères, 12 volts.

Durée: 2 heures.

Température du bain: 30°.

Obtenu sur la cathode: 4 gr de fer.

Diminution du poids de l'anode: 6,1 gr. Ces 6,1 gr de minerai contiennent 3,498 gr de fer.

Remarques.

Cet essai est identique à l'essai N° 2 et cependant les rendements sont différents. Il faut probablement attribuer cela à la non homogénéité du minerai.

Après cet essai, nous avons voulu voir quelle était la solubilité de l'anode dans de l'acide chlorhydrique concentré à la température de 30-45° sans l'intervention du courant.

A froid, durée 2 heures: l'anode est insoluble.

A chaud, 30-45°, durée 2 heures: l'anode a perdu 3 grammes.

Le courant active donc la désagrégation de l'anode, car nous avons vu:

Essai N° 2: perte du minerai 10 gr (45°)

Essai N° 3: perte du minerai 6 gr (30°)

Et celà pour une température de 30-45° et une durée de 2 heures.

Ces essais mériteraient d'être repris, car nous voyons qu'à 45° le minerai a perdu 10 gr (N° 2) tandis qu'à 30° il n'a perdu que 6 gr (N° 3).

Signalons d'autre part que la participation de l'électrolyte au dépôt de fer à la cathode est moins considérable dans l'essai N° 3 (à 30°) que dans l'essai N° 2 fait à 45°, aux mêmes conditions par ailleurs. Dans l'essai N° 3, 6 grammes de minerai attaqués correspondent à 3,5 gr de fer (fer obtenu: 4 gr soit 10% de trop), tandis que dans l'essai précédent, 10 gr de minerai décomposé auraient dû fournir 5,735 gr de fer (obtenu 9 gr, soit 33% de trop).

*Calcul des rendements.**1. Rendement du courant.*

Obtenu: 4 grammes de fer avec 6 ampères. 2 heures = 12 ampères-heure.

Rendement théorique (voir Essai 2) = 9,397 gr

Rendement pratique du courant en % du rendement théorique:
42,56%.

2. *Prix de revient du courant.*

Grammes de fer provenant du minerai obtenus par Kw-heure = $\frac{3,5 \cdot 1000}{12 \cdot 6 \cdot 2} = 24,31$ gr;

On a donc 32,91 centimes de courant par kg de fer produit.

ESSAI N° 4.

Anode: bloc de minerai de 84,9 gr.

Cathode: tôle de fer de 7 dm².

Electrolyte $\left\{ \begin{array}{l} \text{anodique: H}_2\text{SO}_4 \text{ 50\%} \\ \text{cathodique: sel de Mohr 20\%} \end{array} \right.$

Courant: 6 ampères, 15 volts.

Durée: 2 heures.

Température du bain: 50°.

Obtenu sur la cathode: 6,7 gr de fer.

Diminution du poids de l'anode: 10 gr. Ces 10 grammes de minerai contiennent 5,735 grammes de fer.

Remarques.

Le minerai qui n'est pas attaqué par l'acide sulfurique, l'est grâce à l'action du courant. L'attaque est même plus considérable qu'avec l'acide chlorydrique concentré.

Le compartiment anodique présente à la fin de l'opération un fort dépôt de sulfate de fer pâteux et jaunâtre.

*Calcul des rendements.*1. *Rendement du courant.*

Obtenu: 6,7 gr de fer avec 6 ampères. 2 heures = 12 ampères-heure.

Rendement théorique = 9,397.

Rendement pratique du courant en % du rendement théorique = 71,46%.

2. *Prix de revient du courant.*

Grammes de fer obtenus par Kw-heure = $\frac{5,73 \cdot 1000}{15 \cdot 6 \cdot 2} = 31,86$ gr.

On a donc: 25,11 centimes de courant par kg de fer produit.

ESSAI N° 5.

Anode: bloc de minerai de 74,9 gr.

Cathode: tôle de fer de 7 dm².

Electrolyte $\left\{ \begin{array}{l} \text{anodique: H}_2\text{SO}_4\text{50\%} \\ \text{cathodique: solution fraîche de sel de Mohr} \\ \text{à 30\%} \end{array} \right.$

Courant: 3,8 amp. 14 volts.

Obtenu sur la cathode: 3,4 gr de fer.

Perte du poids de l'anode: 1,3 gr.

Remarques.

Dans cet essai le fer obtenu n'est que la moitié de ce que l'on avait obtenu dans l'essai N° 4, pourtant identique. D'autre part, le minerai est loin d'avoir été attaqué dans les proportions voulues.

L'électrolyte a dû participer au dépôt du fer, puisque sur 3,4 gr de fer obtenu le minerai (perte 1,3 gr) n'a pu en fournir que 0,7 gr. Nous avons trouvé inutile dans ces conditions d'effectuer les calculs des rendements.

ESSAI N° 6.

Anode: bloc de minerai de 73,6 gr.

Cathode: tôle de fer de 7 dm².

Electrolyte $\left\{ \begin{array}{l} \text{anodique: H}_2\text{SO}_4 \\ \text{cathodique: sel de Mohr (même solution qu'au} \\ \text{N° 5).} \end{array} \right.$

Courant: 6 ampères, 14 volts.

Durée: 2 heures.

Température du bain: 60°.

Obtenu sur la cathode: 6 gr de fer.

Perte du poids de l'anode: 8,1 gr. Ces 8,1 grammes de minerai contiennent 4,646 gr de fer.

Remarques.

Nous nous rapprochons dans cet essai de l'essai N° 4, au point de vue des conditions de courant.

Les différences de rendement doivent être attribuées au manque d'homogénéité du minerai.

*Calcul des rendements.*1. *Rendement du courant.*

Obtenu 6 grammes de fer avec 6 ampères. 2 heures = 12 amp.-heure.

Rendement théorique = 9,397.

Rendement pratique du courant en % du rendement théorique
= 63,85%.

2. *Prix de revient du courant.*

Grammes de fer obtenus par Kw-heure: $\frac{4,646 \cdot 1000}{14 \cdot 6 \cdot 2} = 28,28$ gr.

On a donc 28,27 centimes de courant par kg de fer produit.

Dans cet essai, comme dans les précédents (4 et 5), l'électrolyte du compartiment cathodique devient au bout d'un certain moment légèrement acide au rouge Congo. Pour obvier à cet inconvénient, nous avons rétabli la neutralité par de petites adjonctions d'ammoniaque chaque fois que l'acidité de la solution était constatée.

La marche de l'expérience n'a subi aucune perturbation de ce fait.

V. CONCLUSIONS.

Prix des fers.

Comme moyenne, nous prendrons comme prix de revient du courant la moyenne des prix des essais 4, 5 et 6.

Essai 4: 21,5 ct le kg } 21,9 cts le kg, soit 219 francs la
Essai 6: 22,4 ct le kg } tonne.

Cependant l'abaissement de la tension aux bornes diminuerait le prix dans une notable proportion.

Voici quelques prix de fers (argent suisse):

Fer brut: 40 à 80 francs la tonne.

Acier doux: 150 à 180 francs la tonne.

Fers électrolytiques: 200 à 300 francs la tonne.

On compte qu'en moyenne le raffinage d'une tonne de fer électrolytique, à partir de riblons ou de gueuses, revient à 100 francs.

Dans les six essais effectués, nous avons remarqué que :

Dans le cas d'un même électrolyte (sel de Mohr) aux compartiments anodiques et cathodiques, l'électrolyte participe largement au dépôt de fer sur la cathode (Essai N° 1). Ce n'est pas intéressant pour nous qui voulons tirer le fer du minerai.

Dans l'essai N° 2, nous avons mis de l'acide chlorhydrique concentré dans le compartiment anodique et du sel de Mohr dans le compartiment cathodique. Le minerai a été vivement attaqué. Mais, outre qu'il se produit un dégagement de chlore à l'anode, le prix de l'acide chlorhydrique est trop élevé pour que cet essai soit satisfaisant au point de vue industriel. La dépense de courant (20,09 ct au kg) est également trop élevée.

Le rendement de l'essai N° 3 (essai semblable au N° 2) est franchement mauvais : il faut 32,91 ct de courant par kg de fer.

Nous avons remarqué de semblables différences entre des essais pourtant identiques. Il faut probablement attribuer ces différences de rendement au manque d'homogénéité du minerai.

Les trois essais suivants ont été effectués avec l'acide sulfurique à 50% dans le vase anodique. Notons que l'acide sulfurique qui, en toutes proportions, à chaud comme à froid, est incapable d'attaquer le minerai, l'attaque fortement par l'intervention du courant.

Il y a, dans ce cas, formation dans le compartiment anodique d'un dépôt de sulfate de fer pâteux et jaunâtre qui ne semble pas s'électrolyser et qui à la longue doit gêner la marche de l'opération.

Nos résultats montrent que le prix de revient du traitement d'un minerai de fer par les méthodes électrolytiques est sérieusement augmenté par le prix élevé du courant. A la dépense de courant vient s'ajouter le coût des électrolytes, main-d'œuvre, etc.

Nous croyons donc que l'électrolyse de minerai, dans les conditions actuelles de rendement et selon notre mode de procéder n'est pas une opération rentable.

Cependant, avant de condamner définitivement une telle entreprise, nous pensons que ces expériences devraient être reprises sur une plus grande échelle, afin de pouvoir déterminer d'une façon plus exacte les meilleures conditions de durée, de température, de courant, pouvant donner un rendement maximum.

Notons que dans la pratique le procédé à utiliser serait une électro-lixiviation, c'est-à-dire que l'on électrolyserait directement une suspension de minerai, broyé dans une solution acide. Nous avons l'intention de continuer des essais dans cette direction.