

Publications de  
**l'INSTITUT de RECHERCHES de la SIDÉRURGIE**  
(IRSID)

185, Rue Président-Roosevelt, SAINT-GERMAIN-EN-LAYE (S.-&-O.)

---

**ESSAIS D'ENRICHISSEMENT  
DES  
MINÉRAIS DE FER FRANÇAIS  
EFFECTUÉS  
A LA  
DORR COMPANY  
(États-Unis)**



**SÉRIE A - N° 24 - MAI 1952**

ÉDITÉ PAR LE  
CENTRE DE DOCUMENTATION SIDÉRURGIQUE  
(C. D. S.)

6, Rue de Lota, PARIS (16<sup>e</sup>)  
Tél. : PAS. 26-61

---

# NOTE LIMINAIRE

---

La présente publication est la traduction du Rapport Dorr sur l'enrichissement des minerais de fer français par grillage magnétisant et concentration magnétique, effectué en 1950 en Amérique par la Dorr Company pour le compte de l'IRSID.

Cette traduction comprend trois parties :

- un rapport général, avec, en annexes, deux rapports particuliers portant :
- l'un sur le grillage magnétisant de plusieurs types de minerais français, *essais de laboratoire* ;
- l'autre sur les essais de grillage magnétisant et de concentration magnétique effectués à l'échelle *semi-industrielle* sur le minerai de Mont-St-Martin « siliceux couche L 5 ».

Nous faisons précéder ces traductions de deux avant-propos : le premier pour indiquer les conditions dans lesquelles la présente recherche a été entreprise et effectuée, le second pour dégager les principaux résultats obtenus.

## PREMIER AVANT - PROPOS

---

En assistant à des essais de grillage magnétisant au four tournant exécutés à Westport sur des minerais lorrains par la Dorr C°, à la demande de la firme Brassert, M. Henry avait appris que la Dorr C° étudiait aussi le grillage magnétisant par fluidisation dans un four vertical.

Le grillage magnétisant au four tournant n'ayant, conformément aux prévisions de M. Henry, abouti à aucun résultat, l'IRSID a entrepris, sur sa proposition, d'étudier le grillage magnétisant par fluidisation.

M. Glvaudon, qui avait fait monter à l'Institut du Pétrole une colonne à fluidiser semi-industrielle, en vue du traitement catalytique des vapeurs d'hydrocarbures, a été chargé de commencer l'étude du grillage magnétisant sur une petite colonne de laboratoire qu'il a fait construire à cet effet.

Sur ces entrefaites, un article paru dans la revue *Chimie et Industrie* attira l'attention de M. Henry sur un dispositif de fluidisation qui, mis au point par la Société *Activit*, différait de la colonne à catalyse. Alors que, dans celle-ci, le gaz est le corps qu'il faut transformer, tandis que le solide fluidisé reste inaltéré et est un produit artificiel auquel on peut donner les propriétés que l'on désire, dans l'appareil à auge de la Société *Activit*, qui est destiné à préparer du charbon activé, c'est le solide fluidisé qui est le produit commercial du traitement et le gaz est un agent dont on peut régler à volonté la composition chimique. Comme ces conditions paraissaient plus voisines de celles à réaliser dans le grillage magnétisant, il a été décidé, sur la proposition de M. Henry, d'étudier en même temps que la colonne l'appareil à auge.

Il était à prévoir que les essais de grillage magnétisant dans l'appareil à colonne et dans l'appareil à auge dont la construction avait été décidée ne pourraient pas commencer avant un an. Pour faire ces essais, il était bon d'avoir des données de départ et on pouvait espérer les obtenir en faisant faire sur divers types de minerais français, des essais préliminaires par la Dorr C°.

Un contrat fut donc passé entre Bowring & C°, de New-York, représentants de l'IRSID, et la Dorr C°, pour l'exécution d'essais de grillage magnétisant dans l'appareil Dorr à colonne. Ces essais devaient porter sur cinq types de minerai, quatre de Lorraine (\*) et un de Normandie.

Ces essais aux Etats-Unis ne pouvaient avoir qu'un caractère préliminaire. Ils devaient nous aider à choisir le minerai sur lequel nous commencerions nos propres essais, nous faire connaître en gros les résultats que l'on pouvait espérer atteindre, nous indiquer les conditions opératoires à réaliser d'abord, enfin nous faire profiter de l'expérience que la Dorr C° pouvait avoir acquise en la matière.

\*  
\* \*

Les essais ont été effectués au laboratoire de la Dorr C°, à Westport, Connecticut. On trouvera, ci-après, la traduction du rapport fourni par la Dorr C°.

On a d'abord procédé à des essais discontinus en faisant varier divers facteurs afin, à la fois, de déterminer les meilleures conditions opératoires, et de comparer entre eux au point de vue de leur comportement les divers minerais soumis à la Dorr C°.

Ces essais ont rapidement montré que l'un des minerais, le Mont-St-Martin siliceux, donnait de bien meilleurs résultats que tous les autres. Ces derniers donnaient des résultats si médiocres que M. Henry décida de ne pas pousser plus loin les essais sur eux à Westport, se réservant d'en faire reprendre l'étude en France avec les appareils que l'IRSID faisait construire.

On avait prévu que, s'il y avait lieu, on ferait à Westport, après les essais discontinus d'orientation, des essais en marche continue sur 5 tonnes.

Seul, le minerai siliceux de Mont-St-Martin a été utilisé pour un essai en marche continue.

La Dorr C° a conduit les essais suivant ses habitudes. Elle se considérait comme responsable des résultats. Un laboratoire de constructeur américain n'est pas, à proprement parler, un laboratoire d'essai, mais une dépendance du service des ventes. Le but des essais de Westport était d'obtenir des résultats préliminaires pour dégrossir la question, et non de pousser à fond le problème du grillage magnétisant d'un minerai particulier. Cette façon de procéder n'avait pas d'inconvénient majeur.

(\*) Deux minerais calcaires et deux minerais siliceux, avec pour chacune des deux sortes un minerai assez chloriteux et un minerai peu chloriteux.

Nous n'avons donc donné à leur sujet que des directives générales et ils n'ont pas été conduits tout à fait comme nous l'aurions désiré. Nos habitudes d'esprit sont différentes de celles des Américains, nous sommes portés à pousser plus loin l'analyse des phénomènes, à demander que les mesures aient non seulement une valeur comparative, mais aussi une signification absolue éclairant le mécanisme des opérations. La méthode américaine est plus empirique et globale, l'attention est davantage concentrée sur le résultat final, et sur l'intérêt économique de ce résultat : on se soucie beaucoup moins des termes intermédiaires et des raisons du résultat final.

C'est ainsi que les analyses des gaz n'ont pas eu la précision que nous aurions souhaitée. On s'est contenté de déduire la composition du gaz des conditions de marche du générateur employé. Les analyses des produits qui étaient difficiles parce que le fer peut se trouver sous trois états, ferreux, ferrique et métallique et peut être accompagné de carbone précipité, sont assez incertaines. Divers produits se sont révélés pyrophoriques et leur récolte ainsi que leur analyse sans réoxydation auraient exigé une étude préalable et des précautions que la Dorr C° ne considérerait pas comme de sa compétence.

Aussi, les résultats annoncés doivent être pris sous réserve de vérification. Comme on le verra dans le commentaire qui suit, les vérifications effectuées jusqu'à présent sont, dans l'ensemble, satisfaisantes. Cependant, il ne faudrait pas extrapoler cette constatation à tous les résultats des essais Dorr. La conclusion négative qui termine le rapport pour les minerais autres que le minerai de Mont-St-Martin ne doit pas être considérée comme définitive.

\*  
\* \*

Sortant un peu du programme initial, M. Henry a fait faire quelques essais préliminaires de réduction totale jusqu'à l'état métallique. Toutes les tentatives antérieures de réduction complète jusqu'au métal d'une poudre de minerai de fer en mouvement avaient échoué parce que le fer réduit à l'état naissant montre une très forte tendance à adhérer à lui-même. Il est comme collant et les poudres réduites se transforment en blocs durs qui obstruent les appareils et arrêtent les opérations quand l'état pulvérulent est essentiel à leur marche.

Les quelques essais effectués à Westport ont montré que cette difficulté ne se présentait pas quand on opérait dans les conditions de la colonne à fluidiser sur des minerais pauvres et à une température ne dépassant pas 800 à 850°C. Par contre, le produit de la réduction est alors pyrophorique. Cet inconvénient pourrait sans doute être tourné dans la pratique, mais aucune étude de ce problème n'a jamais été tentée, à notre connaissance. Nous espérons l'entreprendre ultérieurement. Le résultat préliminaire relatif à la réduction totale qui a été obtenu à Westport est fort important, plus important peut-être que tous les renseignements relatifs au grillage magnétisant.

Comme M. Henry l'a signalé, il serait aussi très intéressant de faire des essais dans un appareil à colonne sous une pression susceptible d'atteindre 30 kg/cm<sup>2</sup>.

Depuis l'achèvement des essais de Westport, de nombreux essais de grillage magnétisant ont été faits par l'IRSID, tant avec l'appareil à colonne qu'avec l'appareil à auge. Leurs résultats sont intéressants et feront l'objet d'un autre rapport.

Cependant, on ne peut faire connaître les résultats obtenus par la Dorr C° sans les relier à la suite du travail qui est déjà assez avancé. M. Givaudon expose dans la note qui suit quels sont, parmi les résultats des essais Dorr, ceux qui ont été vérifiés ou utilisés en France dans les recherches qu'il a conduites.

Sur l'initiative de M. Henry, divers essais ont été faits en outre aux Etats-Unis et au Canada sur le produit fourni par le traitement en marche continue, à Westport, des 5 tonnes de minerai de Mont-St-Martin. Ils avaient principalement pour objet de vérifier les résultats de la séparation magnétique obtenus par Dorr. Une deuxième note résume les résultats ainsi obtenus.

H. MALCOR.

## SECOND AVANT-PROPOS

Plusieurs points paraissent intéressants à dégager du Rapport Dorr.

Tout d'abord, le résultat essentiel obtenu, à savoir que, par grillage magnétisant suivi d'une concentration magnétique, il est possible d'enrichir un minerai de fer de Mont-St-Martin à 34 % de fer jusqu'à obtenir un concentrat titrant 55 % de fer, la récupération du fer étant légèrement supérieure à 90 %.

Pour apprécier l'intérêt de ces nombres, nous en proposons une traduction plus parlante. Alors que, dans le minerai d'origine, 1000 kg de fer sont alliés à 2000 kg d'eau ou de gangue, le traitement réducteur et la séparation magnétique éliminent 1200 kg d'eau et de matières stériles, ne laissant subsister que 800 kg de constituants non ferreux par t de fer présent. Ce résultat est appréciable, que ce soit du point de vue de l'économie de manutention avant le haut fourneau, ou de celui de l'économie de coke dans le haut fourneau.

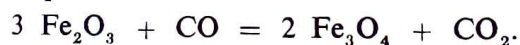
Ce résultat essentiel est accompagné de bien d'autres, à l'occasion desquels le rédacteur du Rapport insiste sur le fait que, sans atteindre l'optimum, les autres résultats n'en sont guère éloignés, ou, en d'autres termes, qu'il existe tout un groupe d'essais pour lesquels les résultats sont sensiblement voisins, malgré les différences de conditions opératoires.

Afin d'approcher la raison de ce fait, nous avons considéré un essai proche de l'optimum, et nous avons mis en graphique les résultats correspondants (Rapport n° 1, tableau 15). Cet essai a été effectué à 760°C avec un gaz réducteur de composition approchée : CO<sub>2</sub> : 40 % ; CO : 11 % ; N<sub>2</sub> : 49 %. Les courbes de la figure 1 traduisent le résultat de cette marche discontinue au cours de laquelle 2000 g de minerai ont été traités. Le temps de passage des gaz réducteurs étant porté en abscisses, on fait figurer en ordonnées :

- le rapport de réduction du minerai, c'est-à-dire le rapport  $\frac{\text{Fe}^{++}}{\text{Fe total}}$  obtenu à une époque t du traitement ;
- le nombre de molécules d'oxyde de carbone injectées,
- et le pourcentage de fer récupéré.

Alors que la deuxième courbe, celle de l'introduction de CO en fonction du temps, est une droite passant par l'origine, puisque l'injection des gaz est supposée régulière, les deux autres courbes marquent un changement d'orientation très net lorsque le rapport de réduction du minerai atteint une valeur de 33 à 37 % (\*). Lorsque ce rapport de réduction est égal à 33 %, la quantité de CO injectée est de 2,7 mol. alors que la quantité théoriquement nécessaire pour ramener l'oxyde ferrique du minerai à l'état de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> est de 2,3 mol.

On voit le parallélisme existant entre le volume de CO fourni et le degré de réduction, et nous avons été conduits, de la sorte, à mettre l'accent sur la quantité de gaz réducteurs qu'il faut amener au contact du minerai pour réaliser la réaction stoechiométrique :



C'est probablement parce que cette condition prédomine sur les autres conditions thermodynamiques que les résultats obtenus au cours des essais Dorr se présentent sous une forme sensiblement voisine qu'elles qu'aient été les conditions (à l'intérieur de certaines limites). En effet, les résultats que nous venons de rapporter sont ceux d'un essai effectué avec un gaz réducteur dont le rapport  $\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2}$  égal à 0,27 correspondait à la zone de stabilité thermodynamique de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, telle qu'elle résulte des courbes de Chaudron. Mais ce cas a été relativement rare. Généralement, les gaz étaient beaucoup plus fortement réducteurs, et il n'en résultait pas moins des concentrats voisins de l'optimum. Il semble donc ainsi que le facteur thermodynamique ne mérite point la première place et que le volume total de gaz à fournir doit être pris au premier plan des préoccupations.

Et cependant, ce facteur thermodynamique ne mérite-t-il pas d'être approfondi ? Dans quelle limite peut-on s'écarter des conditions thermodynamiques, c'est-à-dire travailler avec des gaz plus riches en CO ou en hydrogène que ne l'indiquent les diagrammes de Chaudron (ce qui est le cas des gaz de haut fourneau ou de fours à coke), à condition de les épuiser rapidement et complètement en réducteurs ?

En troisième lieu, les essais effectués à la Dorr C° ont été faits avec des vitesses conventionnelles (\*\*\*) de gaz relativement élevées : environ 38 cm/sec. Dans les essais continus effectués à ce régime, la turbulence de

(\*) Le rapport de réduction de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> est égal à 33 %.

(\*\*) Vitesses apparentes, calculées dans le tube supposé vide.

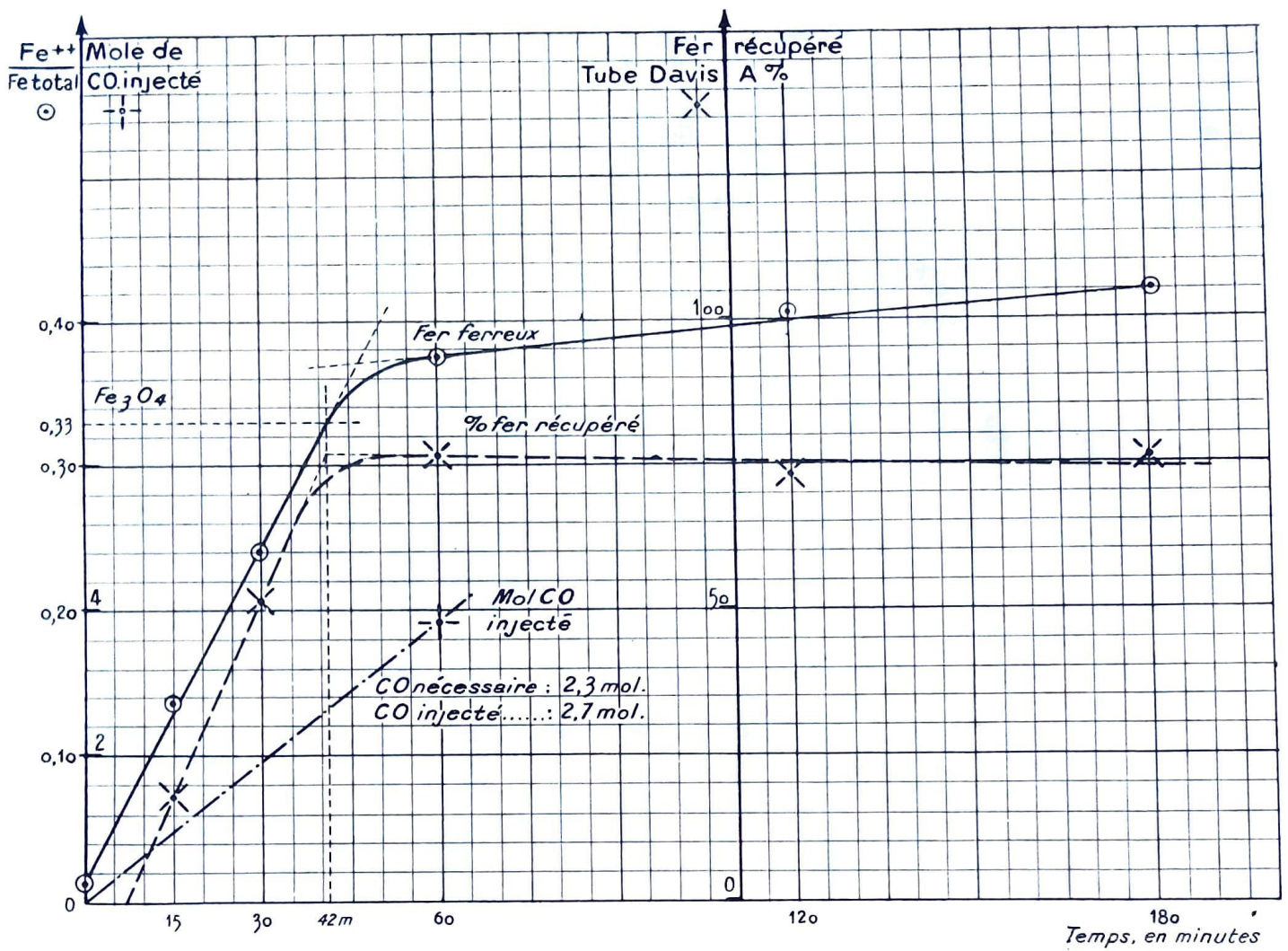


Fig. 1. — Résultats de l'essai de fluidisation d'un minerai de Mont-Saint-Martin.

(Rapport Dorr N° 1, mai 1950, tableau 15)

Température : 760° C      Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 40 %       $\left\{ \begin{array}{l} \text{CO} \\ \text{CO}_2 \end{array} \right. = 0,275$   
    CO : 11 %  
    N<sub>2</sub> : complément

Débit de gaz : 14 l/min à 20°C = 0,58 mole de gaz par min  
    Mole de CO par min = 0,58 × 0,11 = 0,064

Minerai : 2000 g à 39 % de fer non ferreux  
    = 780 g de fer  $\sim$  14 at-g de fer.

Pour réduire ce Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, il faut 2,3 moles de CO

	Fer récupéré	Fer dans le concentrat
Résultats sur granulométrie < 200, tube Davis B .....	92,8 %	59,3 %

la couche fluidisée échappe à tout contrôle et les opérateurs ont constaté que certains grains « court-circuitant la masse » pouvaient traverser rapidement la couche en fluidisation, n'y faisant qu'un très court séjour, tandis que d'autres grains y demeuraient plus longtemps que le temps moyen de séjour. Des mesures ont été prises à la Dorr C° pour pallier les inconvénients de cette traversée rapide, sans résoudre la difficulté (\*), et si la masse en traitement ne séjourne pas un temps constant dans le réacteur, plusieurs questions se posent concernant aussi bien la cinétique des réactions que l'équilibre thermodynamique :

- un grain de minerai court-circuitant la masse a-t-il le temps d'être réduit ?
- par contre, un grain de minerai restant trop longtemps dans le réacteur ne sera-t-il pas surréduit, surtout si l'on s'écarte accidentellement ou volontairement des conditions thermodynamiques de traitement ?
- quelle est la probabilité pour qu'un grain de minerai introduit dans le réacteur en marche continue au temps  $t_0$  y soit encore au temps  $t$  ou, inversement, pour qu'il en soit sorti à ce temps  $t$  ?

Là encore, il y a un champ de recherches dans les domaines de la cinétique et de la probabilité.

D'autre part, c'est avec intérêt que nous avons noté que le broyage optimum, eu égard à la richesse du concentrat et à l'importance de la récupération du fer correspondait à la granulométrie de 48 mailles (0,3 mm) ou à un produit moins fin. Il n'est donc pas nécessaire d'atteindre les finesses de 0,1 mm ou plus fin qui ont été employées pour les essais au tube Davis. Ce fait trouve son explication dans les dimensions des oolithes des minerais lorrains, comprises entre 0,2 et 0,5 mm (tamis n°s 32 à 65).

De tout ceci se dégage un programme de recherches prolongeant en les continuant celles qui viennent d'être effectuées à la Dorr C°. Une première partie de ce programme vient d'être faite à Vernon dans les locaux de la Société *Activit* et a porté sur la concentration du minerai de Mont-Saint-Martin par grillage magnétisant. Les deux ordres d'expérimentations qui y ont été effectuées depuis avril 1950 sont :

- le grillage magnétisant en couche épaisse (couche pouvant atteindre 80 cm de hauteur) dans un réacteur de 80 mm de diamètre ;
- le grillage magnétisant en couche mince, dans un four d'essai *Activit* pouvant passer 100 kg de minerai par heure.

Ces essais se terminent ; leurs résultats feront l'objet d'une publication prochaine. En attendant, les études de grillage magnétisant sont reprises dans l'Est, à la Station de l'IRSID à Saulnes.

Enfin, les auteurs du rapport Dorr n'hésitent pas à envisager les investissements nécessaires à la construction d'une unité *Fluosolids* de 500 t de minerai par j avec production de 300 t de concentrat. Le prix de l'unité est estimé à 250.000 dollars, matériel départ usine. A cette valeur, il convient d'ajouter les frais de transport, de montage, de génie civil, plus la valeur du matériel de séchage, de broyage, de criblage pour la préparation de la charge, plus, encore, les frais d'installation des services énergétiques nécessaires au fonctionnement des appareils (principalement les installations électriques). Nous avons entrepris de réévaluer ces divers postes et nous avons le sentiment que les investissements avancés pour la Dorr C° devraient être probablement plus que doublés. Quant aux frais d'exploitation, ils sont estimés à 1,55 dollar soit environ 600 fr par t de concentrat produit. Mais, là encore, les frais de préparation de charge ne sont pas compris.

Nous étudions actuellement une installation à l'échelle industrielle et quand cette étude sera achevée nous ferons connaître le coût des immobilisations et le prix de revient probable.

J. GIRAUDON.

---

(\*) Cf. Rapport de recherches n° 2, p. 94.



# Enrichissement des Minerais de Fer Français

## DORR COMPANY

LABORATOIRE DE WESTPORT

---

# RAPPORT GÉNÉRAL

---

## SOMMAIRE

---

I. — Introduction .....	10
II. — Analyse des échantillons de minerais de fer .....	10
III. — Résumé des résultats .....	11
IV. — Conclusions .....	13
V. — Estimation financière .....	13
VI. — Détails des essais effectués et de leurs résultats .....	14
Annexe 1 — Réduction « <i>Fluosolids</i> » des minerais de fer français en vue de leur concentration par séparation magnétique .....	14
Annexe 2 — Grillage magnétisant et concentration du minerai de fer français de Mont-Saint-Martin « siliceux, couche L 5 » .....	81

1<sup>er</sup> Septembre 1950

---

## I. — INTRODUCTION

Des accords avaient été conclus, en décembre 1948, entre Bowring & C<sup>o</sup> et la Dorr C<sup>o</sup> pour effectuer des essais de grillage magnétisant sur un certain nombre de minerais français à faible teneur en fer, en vue de la concentration magnétique des échantillons préparés.

Ces essais ont été effectués en 1950, par fluidisation des minerais pulvérulents dans les appareils Fluosolids (\*). L'objectif à atteindre était la production d'un concentrat à plus de 50 % de fer, avec une récupération du fer supérieure à 90 %.

\*  
\*\*

## II. — ANALYSE DES ECHANTILLONS DE MINERAIS DE FER

Six échantillons de minerais de 50 kg chacun ont été expédiés à la Dorr C<sup>o</sup> à Westport, Conn., où ils sont arrivés le 14 septembre 1949. Un septième échantillon de 100 kg a été reçu à Westport le 12 novembre 1949.

A la suite des premiers essais effectués sur ces différents minerais, des lots de 5 t chacun de ces deux minerais ont été envoyés en novembre 1949 ; un troisième lot de 5 t a suivi ultérieurement, pour arriver le 23 février 1950.

Ces différents minerais ont été identifiés, repérés et analysés suivant les indications du tableau ci-après :

Minerai	Identification
A	Minerai siliceux de Moulaine, fourni par la Société des Aciéries de Longwy (échantillon de 50 kg).
C	Minerai de Mont-Saint-Martin, fourni par la Société des Aciéries de Longwy « siliceux, couche L5 » (échantillon de 50 kg).
C 2	Minerai identique à C ; lot de 5 t.
D	Minerai adressé par les Mines de Soumont par Potigny (Calvados) (échantillon de 50 kg).
D 2	Même minerai que D, lot de 5 t.
E	Minerai de Micheville-Bréhain, fourni par les Aciéries de Micheville à Villerupt (50 kg de minerai calcaire pauvre).
F	Minerai de Micheville-Bréhain, fourni par les Aciéries de Micheville à Villerupt (50 kg de minerai siliceux pauvre).
G	Minerai de Tucquegnieux (couche grise, échantillon de 50 kg).

Les analyses de ces échantillons de minerai de fer sont données ci-après :

### Analyse des minerais de fer français (\*\*)

Constituants	A	C	C2	D	D2	E	F	G
Fe (soluble dans l'acide) .. %	35,4	40,7	34,05	38,2	36,7	18,5	29,9	30,85
Fe (insoluble dans l'acide) . %	0,6	0,12	0,65	0,18	0,40	0,12	0,12	0,38
Fe ferreux .....	12,1	1,8	2,3	35,5	31,8	2,0	1,3	7,3
SiO <sub>2</sub> .....	14,3	19,0	21,4	13,6	16,7	16,8	17,9	7,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,9	5,1	4,2	5,8	5,8	5,9	6,8	4,2
CaO .....	4,7	2,4	7,0	2,8	2,8	23,4	10,9	16,4
P .....	0,67	0,59	0,70	0,63	0,66	0,45	0,64	0,63
Mn .....	0,34	0,27	0,22	0,27	0,32	0,10	0,15	0,21
CO <sub>2</sub> (libéré par attaque chlorhydrique) .....	8,5	1,3	5,6	18,9	19,1	15,6	6,0	16,4
Humidité par chauffage à 110°C .....	3,4	1,5	0,95	0,24	0,19	1,3	2,3	0,40
Perte au feu à 1000°C .....	17,1	12,7	14,0	20,8	18,9	25,0	18,7	22,6

(\*) La description de ces appareils est donnée dans le rapport annexe n° 1, pages 18, 19, 20 et 21.

(\*\*) Il est à noter que ces analyses sont celles de l'échantillon moyen des lots moyens envoyés à la Dorr C<sup>o</sup>. Ces lots ne correspondent pas forcément à la composition moyenne du gisement de minerai.

### III. — RESUME DES RESULTATS

Deux séries d'essais ont été effectuées :

— Dans la première, les essais furent conduits au réacteur *Fluosolids*, de manière à transformer l'oxyde et le carbonate de fer en magnétite, pour procéder ensuite aux essais de concentration magnétique au tube *Davis* ou au petit séparateur *Steffensen* (appareil quelque peu semblable à un séparateur *Gröndal*). Puis, un essai semi-industriel a été effectué sur l'un des échantillons de 5 t dans les mêmes conditions de grillage qu'au réacteur *Fluosolids*, avec production de magnétite suivi de la séparation magnétique.

— Dans la seconde série d'essais, des gaz à pouvoir réducteur beaucoup plus élevé ont été utilisés de manière à pousser la réduction jusqu'au fer métal. Ces essais n'ont été conduits qu'à petite échelle.

\*  
\*\*

#### A. — Essais de grillage magnétisant

Le tableau ci-après présente les résultats des essais de la première série. Il en ressort immédiatement les possibilités d'application de ce traitement à chacun des minerais essayés.

**Résultats d'enrichissement après grillage magnétisant à l'appareil Fluosolids**

Lettre repère	Désignation du minerai	Minerai brut. Teneur en Fe %	Concentrat			Stérile. Teneur en Fe %
			Poids	Teneur en Fe	Rendement du fer récupéré	
			%	%	%	
A	Moulaine, siliceux .....	35,4	61,5	52,3	76,5	25,9
C	Mont-Saint-Martin, couche L 5 siliceux .....	40,7	76,1	54,9	94,5	10,4
C2	Mont-Saint-Martin, échantillon prélevé sur l'envoi de 5 t....	34,05	59,4	54,6	90,3	8,8
D	Soumont .....	38,2	88,0	62,1	93,4	27,3
D2	Soumont, échantillon prélevé sur l'envoi de 5 t .....	36,7	85,4	47,5	90,0	31,3
E	Micheville, calcaire pauvre ....	18,5	22,5	52,2	58,2	11,0
F	Micheville, siliceux .....	29,9	52,3	50,4	82,0	12,0
G	Tucquegnieux, couche grise ...	30,85	51,4	55,4	84,0	13,6

Il est à remarquer que les échantillons de 5 t n'avaient pas la même teneur en fer que les échantillons de 50 kg essayés à l'origine.

L'échantillon B, minerai calcaire de Moulaine, a été envoyé à la *Minerals Separation North American Corporation*, Hibbing, Minnesota, suivant les instructions de M. Henry. Il n'a pas été traité à la Station de la Dorr C°. Seul, le minerai C2, minerai siliceux de Mont-St-Martin, couche L5, a été traité en marche semi-industrielle. Quatre à cinq tonnes de ce produit ont été grillées dans deux réacteurs d'essais *Fluosolids*.

Le minerai grillé a été réparti en plusieurs lots :

— Lot de 1000 kg, envoyé à Hardinge, York, Pa, aux fins de broyage à sec. Le produit broyé a été ensuite dirigé sur Erie, Pa, pour séparation magnétique au séparateur Eriez travaillant à sec (*Eriez Manufacturing Company*).

— Un deuxième lot, de 500 kg, a été envoyé à la *Bethlehem Steel C°* à Lebanon, Pa, pour subir un broyage humide et une séparation magnétique sur appareil *Steffensen*.

— Enfin, un troisième lot de 100 kg a été broyé à Westport et expédié à la *Dings Magnetic Separator C°* à Milwaukee, Wisc., pour être traité sur séparateur magnétique *Crockett*.

Le complément de minerai grillé a été traité par la *Dorr C°* en marche semi-industrielle continue (\*).

(\*) Le schéma de traitement est donné dans le Rapport annexe n° 2, p. 81.

Le tableau ci-après présente les résultats obtenus.

Essai	Refus au tamis n° 100 %	Finesse nominale du broyage. Tamis n°	Concentrat				Stérile. Teneur en Fe %
			Poids %	Teneur en Fe %	Teneur en SiO <sub>2</sub> %	Rendement en Fe %	
1	0,75	100	60,7	52,9	8,3	89,1	10,0
1A	0,75	100	47,5	56,5	5,6	75,3	16,0
2	17,8	48	64,2	54,0	8,1	92,4	8,1
3	79,2	14	64,5	52,0	10,6	92,5	7,8

Ces résultats montrent clairement que les conditions imposées, à savoir un concentrat titrant 50 % de fer avec un rendement de 90 % du fer mis en œuvre, sont obtenues sans qu'il soit nécessaire de broyer à nouveau le minerai après calcination, la séparation magnétique étant effectuée à la maille 14 (1,2 mm). Un broyage à la maille 48 (0,3 mm) améliore légèrement les résultats en permettant de supprimer l'enrichissement final du produit de trop-plein du séparateur.

Dans les essais 1 et 1 A, le broyage était théoriquement effectué à la maille 100 (0,15 mm). Dans l'essai 1, c'est le produit de trop-plein du séparateur qui a été adopté comme produit final. Dans l'essai 1 A, ce produit de trop-plein a été soumis à un nouvel enrichissement. Le tableau précédent montre que cette pratique augmente la teneur en fer dans le concentrat. Malheureusement, ce résultat est obtenu au détriment de la récupération totale du fer. Cependant, nous devons compléter cette considération par une autre : on sait, en effet, que l'introduction dans le haut fourneau de concentrats beaucoup plus riches en fer, et par conséquent appauvris en silice, peut augmenter la production de ce haut fourneau et réduire les mises au mille de coke et de revient de la fonte. Si les réserves de minerai sont suffisantes, il peut donc être payant de préparer un concentrat plus riche en fer, même si la récupération du fer dans le concentrat est moins élevée.

\*  
\*\*

#### B. — Essais de réduction complète jusqu'au fer métal

Les essais de réduction complète jusqu'au fer métal n'ont été effectués que sur quelques-uns des minerais. Les séparations magnétiques ont été faites au tube *Davis*. Les résultats obtenus sont les suivants :

Lettre repère	Désignation du minerai	Minerai brut. Teneur en Fe %	Concentrat			Stérile. Teneur en Fe %
			Poids %	Teneur en Fe %	Rendement du fer récupéré %	
A	Moulaine, siliceux .....	35,4	74,9	53,4	90,6	16,6
C	Mont-Saint-Martin, couche L 5 siliceux .....	40,7	75,4	64,1	95,6	12,9
C2	Mont-Saint-Martin, échantillon prélevé sur l'envoi de 5 t....	34,05	53,5	66,6	90,0	8,6
D	Soumont .....	38,2	76,2	61,6	94,0	22,1
D2	Soumont, échantillon prélevé sur l'envoi de 5 t .....	36,7	83,4	54,8	94,4	16,8

Comme dans le cas précédent, il est à noter que les échantillons de 5 t n'ont pas la même teneur en fer que les échantillons de même provenance préalablement traités.

On remarquera que la réduction jusqu'au fer métal, qui se révèle possible sur le minerai pauvre, permet d'obtenir à la fois des concentrats *plus riches* (\*) en fer et une meilleure récupération du fer. Dans le cas du minerai siliceux de Moulaine (A), la réduction complète fut le seul moyen d'arriver à un concentrat à plus de 50 % de fer, avec une récupération d'au moins 90 %. Les minerais E, F, G n'ont pas été traités.

Dans certains cas, le concentrat obtenu était pyrophorique. On a cependant constaté que la surréduction suivie d'une réoxydation en hématite gamma, magnétique, détruisait le pyrophorisme, le minerai grillé pouvant encore subir une séparation magnétique.

\*  
\* \*

#### IV. — CONCLUSIONS

Les résultats obtenus sur le minerai C 2, minerai siliceux de Mont-St-Martin couche L 5, ont été assez satisfaisants pour que nous recommandions d'effectuer une soigneuse étude économique du coût de production de la fonte à partir des concentrats dans les conditions de l'économie française, le minerai brut devant subir un grillage magnétisant avec agglomération du concentrat pour fournir la charge du haut fourneau.

Il est en outre recommandé, dans le cas où l'étude économique conduirait à des conclusions financières favorables, qu'une installation-pilote à plus large échelle soit construite en France pour produire un concentrat en quantité suffisante pour l'approvisionnement d'un haut fourneau.

Des essais du même genre pourraient être faits sur du minerai français pauvre dans la même installation-pilote.

\*  
\* \*

#### V. — ESTIMATION FINANCIERE

Des estimations de prix pour une unité *Fluosolids* à construire en France pourraient être données aussitôt que la capacité de l'installation serait décidée.

En première approximation, une unité *Fluosolids* capable de traiter 500 t de minerai par jour, pour donner 300 t de concentrat en traitant du minerai C 2, coûterait aux Etats-Unis entre 200 et 250.000 dollars (prix du matériel départ usine).

Les frais d'exploitation, en travaillant sur des gros tonnages, seraient de l'ordre de 1 dollar par t de minerai brut depuis la sortie de la mine, jusqu'au concentrat, non compris les frais d'agglomération. Ceci équivaldrait à une dépense d'environ 1,55 dollar par t de concentrat produit.

\*  
\* \*

#### VI. — DETAILS DES ESSAIS EFFECTUES ET DE LEURS RESULTATS

Les résultats des essais effectués sont donnés de façon détaillée dans les Rapports I et II, annexés au présent compte rendu (\*\*).



(\*) Il est normal que la réduction complète jusqu'au fer métal donne des concentrats plus riches en fer, puisque l'oxygène lié au fer dans  $Fe_2O_3$ , a été éliminé du concentrat.

(\*\*) Annexe 1, p. 14.

Annexe 2, p. 81.

**ANNEXE I**

---

**D O R R   C O M P A N Y**  
**LABORATOIRE DE WESTPORT**

---

**RAPPORT DE RECHERCHES N° 1**

---

**RÉDUCTION “FLUOSOLIDS”**  
**DES MINÉRAIS DE FER FRANÇAIS**  
**EN VUE DE LEUR CONCENTRATION**  
**PAR SÉPARATION MAGNÉTIQUE**

par

**T. D. HEATH**

---

*12 Avril 1950*

# S O M M A I R E

---

I. — Introduction .....	16
II. — Analyse des échantillons de minerais de fer.....	16
III. — Résumé des résultats .....	16
IV. — Recommandations .....	18
V. — Techniques employées.	
1. Préparation des échantillons de minerais .....	18
2. Méthodes de réduction et de concentration magnétique .....	18
3. Méthodes d'analyses et de calculs.....	22
VI. — Détails des essais et discussion des résultats.....	25
1. Minerai A, Moulaine siliceux .....	26
2. Minerais C, et C2, Mont-Saint-Martin, couche L5, siliceux .....	26
3. Minerais D, et D2, Soumont .....	26
4. Minerai E, Micheville, calcaire pauvre .....	27
5. Minerai F, Micheville, siliceux .....	27
6. Minerai de Tucquegnieux, couche grise .....	27
VII. — Références .....	27
VIII. — Présentation détaillée des résultats en tableaux synoptiques .....	31

## I. — INTRODUCTION

Des accords avaient été passés, en décembre 1948, entre *Bowring Company* d'une part, et la *Dorr Company* d'autre part, pour l'exécution d'un programme d'essais de concentration magnétique portant sur un certain nombre de minerais pauvres français. Le procédé utilisé devait être le grillage magnétisant *Fluosolids*, suivi d'un broyage à sec et d'une séparation magnétique.

Il est rappelé que l'obtention d'un concentrat à 50 % de fer avec une récupération totale de 90 % avait été imposée.

Le présent rapport rend compte des essais de réduction et de concentration magnétique sur des minerais susceptibles d'être enrichis avec succès, étant entendu que, sur ces minerais, des essais seraient ultérieurement repris à l'échelle semi-industrielle.

\*  
\*\*

## II. — ANALYSE DES ECHANTILLONS DE MINERAIS DE FER

Le rapport relate ici dans les *tableaux A et I* l'identification et l'analyse des échantillons essayés. Ces tableaux, étant identiques à ceux du rapport général (cf. p. 10), n'ont pas été reproduits.

\*  
\*\*

## III. — RESUME DES RESULTATS

1. — Les meilleurs résultats d'enrichissement obtenus sur les minerais de fer français par grillage magnétisant et concentration magnétique sont consignés dans le *tableau 2* à la fin du présent rapport. Un extrait en est donné *tableaux B et C*.

Dans le cas du minerai siliceux « Mont St-Martin, couche L5 », il a été possible d'obtenir un concentrat à plus de 50 % de fer, avec une récupération supérieure à 90 % sur les deux lots de minerais C et C2.

Dans le cas du minerai de Soumont, riche en carbonate de fer, on a pu obtenir un concentrat à plus de 50 % de fer avec une récupération supérieure à 90 %, mais seulement sur le premier échantillon (minerai D) et non sur l'échantillon traité en station semi-industrielle (minerai D2).

Pour les autres minerais A, E, F, G, le résultat cherché n'a pu être obtenu dans aucun essai.

2. — Presque tous les minerais traités, partiellement réduits jusqu'à obtenir un optimum de concentration, étaient pyrophoriques à des degrés divers, mais ont pu être facilement stabilisés par des expositions alternées à des atmosphères d'air et d'azote.

3. — Sur les minerais A, C, D, et D2, furent exécutées des séries d'essais en marche discontinue, au cours desquels le minerai a d'abord été préoxydé à l'air avant d'être réduit à un état magnétique. Les résultats obtenus sur les échantillons ainsi préparés ne furent pas supérieurs au meilleur des résultats obtenus par réduction directe partielle. (Voir *tableau B* à la suite, puis *tableaux 2, 11, 12, 20, 35, 39* à la fin du rapport).

4. — Sur les minerais A, D2 et F, des essais ont été effectués en marche discontinue au cours desquels le fer a été ramené à l'état de  $Fe_2O_3$  gamma par réduction à 600/700°C, suivie d'une réoxydation ultérieure à 300°C. Les résultats ainsi obtenus n'ont jamais été supérieurs aux optima des essais de réduction partielle directe (voir *tableaux B, 2, 13, 40, 46*). Toutefois, le traitement réoxydant produit des échantillons non pyrophoriques (cf. le paragraphe 2 précédent).

5. — Sur les minerais A, C, C2, D, et D2, des essais discontinus ont été faits à l'appareil *Fluosolids*, au cours desquels le minerai a été réduit jusqu'au fer métal avec 100 % de gaz  $CO + H_2$  avant la concentration magnétique. Les meilleurs résultats de concentration sont résumés dans le *tableau C* (pour plus de détails, cf. le *tableau 3* à la fin du rapport). Les résultats obtenus dans cette série indiquent qu'une réduction complète avant toute séparation magnétique doit élever la teneur en fer du concentrat de 1 à 10 points (\*), et la récupération du fer de 1 à 15 points par rapport aux résultats obtenus par grillage magnétisant avec réduction partielle (cf. *tableaux B, C*).

6. — Il a été trouvé sur le minerai C (Mont-St-Martin) que la température maximum à laquelle la réduction complète pouvait être faite dans les conditions de la fluidisation, est comprise entre 800 et 900°C. A 900°C, le minerai n'entre plus en fluidisation, il forme une masse solide au voisinage de la réduction totale. Au contraire, à 800°C, le minerai ne montre pas de tendance au collage et reste en fluidisation pendant la réduction complète.

(\*) Pour la raison rappelée dans le rapport général, p. 13.



**TABLEAU B**

**Présentation des meilleurs résultats de concentration magnétique obtenus dans la réduction ménagée de minerais français**

Lettre repère	Désignation des minerais	Tableaux de référence annexés	Minerai brut Teneur en Fe %	Minerai réduit		Essai de concentration	Analyse du concentrat		
				Teneur en Fe %	Fer à l'état de fer ferreux %		Poids %	Teneur en Fe %	Rendement du fer récupéré %
A	Moulaine siliceux.	2 et 7	35,4	41,3	43,1	tube <i>Davis</i>	61,5	52,3	76,5
C	Mont-St-Martin, couche L5, siliceux	2 et 17	40,7	45,6	36,4	tube <i>Davis</i> <i>Steffensen</i>	68,9 76,1	57,2 54,9	89,3 94,5
C2	d° —, lot de 5 t.	2 et 24	34,05	35,4	39,6	<i>Steffensen</i>	59,4	54,6	90,3
D	Soumont	2 et 33	38,2	49,5	43,0	tube <i>Davis</i> <i>Steffensen</i>	84,5 88,0	51,9 52,1	89,8 93,4
D2	d° —, lot de 5 t.	2 et 38	36,7	44,3	48,4	<i>Steffensen</i>	85,4	47,5	90,0
E	Micheville-Brehain « minerai calcaire »	2 et 43	18,5	18,8	44,7	tube <i>Davis</i>	22,5	52,2	58,2
F	Micheville-Brehain siliceux .....	2 et 46	29,9	33,5	61,5	tube <i>Davis</i>	52,3	50,4	82,0
G	Tucquegnieux ...	2 et 47	30,85	35,0	34,8	tube <i>Davis</i>	51,4	55,4	84,0

Note 1. — Les essais au tube *Davis* furent faits dans un tube standard sur échantillon de 10 g.

Note 2. — Les essais de concentration à l'appareil *Steffensen* furent faits dans un tambour de 30 cm de diamètre sur 14 cm de largeur ; échantillon de 500 à 1000 g.

**TABLEAU C**

**Présentation des meilleurs résultats de concentration magnétique obtenus dans la réduction complète de minerais français**

Lettre repère	Désignation des minerais	Tableaux de référence annexés	Minerai brut Teneur en Fe %	Minerai réduit		Essai de concentration	Analyse du concentrat		
				Teneur en Fe %	Degré de réduction du Fe %		Poids %	Teneur en Fe %	Rendement du fer récupéré %
A	Moulaine siliceux.	3 et 14	35,4	41,5	82 à 91	tube <i>Davis</i>	74,9	53,4	90,6
C	Mont-St-Martin, couche L5, siliceux	3 et 22	40,7	52,1	74 à 81	tube <i>Davis</i>	75,4	64,1	95,6
C2	d° —, lot de 5 t.	3 et 28	34,05	41,1	77 à 83	tube <i>Davis</i>	53,5	66,6	90,0
D	Soumont .....	3 et 36	38,2	—	—	tube <i>Davis</i>	76,2	61,6	94,0
D2	d° —, lot de 5 t.	3 et 41	36,7	49,2	63 à 80	tube <i>Davis</i>	83,4	54,8	94,4

Note 1. — Le calcul du degré de réduction du fer est effectué selon les indications du paragraphe V, 3F.

Note 2. — Les essais au tube *Davis* ont été faits dans un tube standard sur échantillons de 10 g (Méthode B).

7. — Des échantillons de minerai A, C, C2, D et D2 qui avaient été complètement réduits à 700°C étaient définitivement pyrophoriques et s'échauffaient rapidement une fois exposés à l'air. Les échantillons de minerai C complètement réduits à 800°C n'étaient que très peu pyrophoriques et ne montraient qu'un faible échauffement après exposition à l'air.

\*  
\* \*

#### IV. — RECOMMANDATIONS

Cf. rapport général, p. 13.

\*  
\* \*

#### V. — TECHNIQUES EMPLOYEES

##### 1. — Préparation des échantillons de minerais

Dans tous les cas les minerais ont été broyés à sec, puis criblés au tamis de 14 mailles (1,2 mm). Le broyage a été effectué dans un concasseur, suivi d'un broyeur à cylindres traitant le refus du tamis de 14 mailles.

\*  
\* \*

##### 2. — Méthodes de réduction et de concentration magnétique

###### A — Essais discontinus sur appareils Fluosolids

Tous les minerais français ont été traités à l'appareil *Fluosolids* à la granulométrie de 1,2 mm, l'expérience antérieure ayant montré que cette granulométrie permettait d'obtenir une bonne fluidisation, compatible avec un minimum de pertes. La vitesse conventionnelle (\*) optimum du courant gazeux était déterminée pour chaque type de minerai par des essais de fluidisation préalables dans un tube de verre de 76 mm de diamètre.

Les essais de réduction en marche discontinue ont été effectués dans un réacteur *Fluosolids* de 51 mm de diamètre, dont le plan est donné ci-après (fig. 2).

Le réacteur était chargé d'environ 2 kg de minerai broyé, puis amené à la température de réduction par chauffage en régime fluidisé dans un courant d'azote. Un gaz réducteur de composition déterminée était alors envoyé dans le réacteur, le débit de gaz et la température étant maintenus constants pendant toute la durée de l'essai. Périodiquement, des échantillons de gaz étaient prélevés à l'admission aux fins d'analyse. De même, des échantillons de minerai étaient prélevés en cours de grillage, et extraits dans des récipients en atmosphère d'azote dans lesquels ils étaient refroidis à température ambiante. Les échantillons pyrophoriques ont pu être, le plus souvent, stabilisés par des expositions alternées en atmosphère d'air et d'azote (provoquant ainsi probablement une légère oxydation des particules en surface). Au cours de la réduction, la hauteur et le poids de la couche fluidisée diminuaient en fonction des pertes de poussières et des prélèvements périodiques d'échantillons.

Sur les échantillons provenant des essais de réduction partielle, le fer total et le fer ferreux ont été déterminés; l'essai de concentration au tube *Davis* a été effectué.

Sur les échantillons provenant des essais de réduction totale, le fer total a été dosé, et le degré de réduction déterminé par essai de perte de poids dans un courant d'hydrogène. Ils furent également passés au tube *Davis*.

Dans une variante des essais discontinus, la charge à traiter fut oxydée au préalable dans un courant d'air à température élevée avant d'être soumise aux essais de réduction.

Dans une autre série d'essais toujours discontinus, le minerai fut d'abord surréduit à 600-700°C, puis oxydé à l'air à 300°C (pour obtenir l'oxyde magnétique de Malaguti). Pendant ces essais, il n'y a pas eu de prélèvement d'échantillons au cours de la réduction, et l'analyse n'a porté que sur le produit réduit final. Le minerai grillé a été ramené de 600-700°C à 300°C par fluidisation dans l'azote. Plusieurs échantillons ont été prélevés pendant la phase d'oxydation.

\*  
\* \*

(\*) Nous traduisons « space velocity » par « vitesse conventionnelle », étant entendu qu'elle représente la vitesse des gaz calculée dans le réacteur vide aux température et pression de l'expérience.

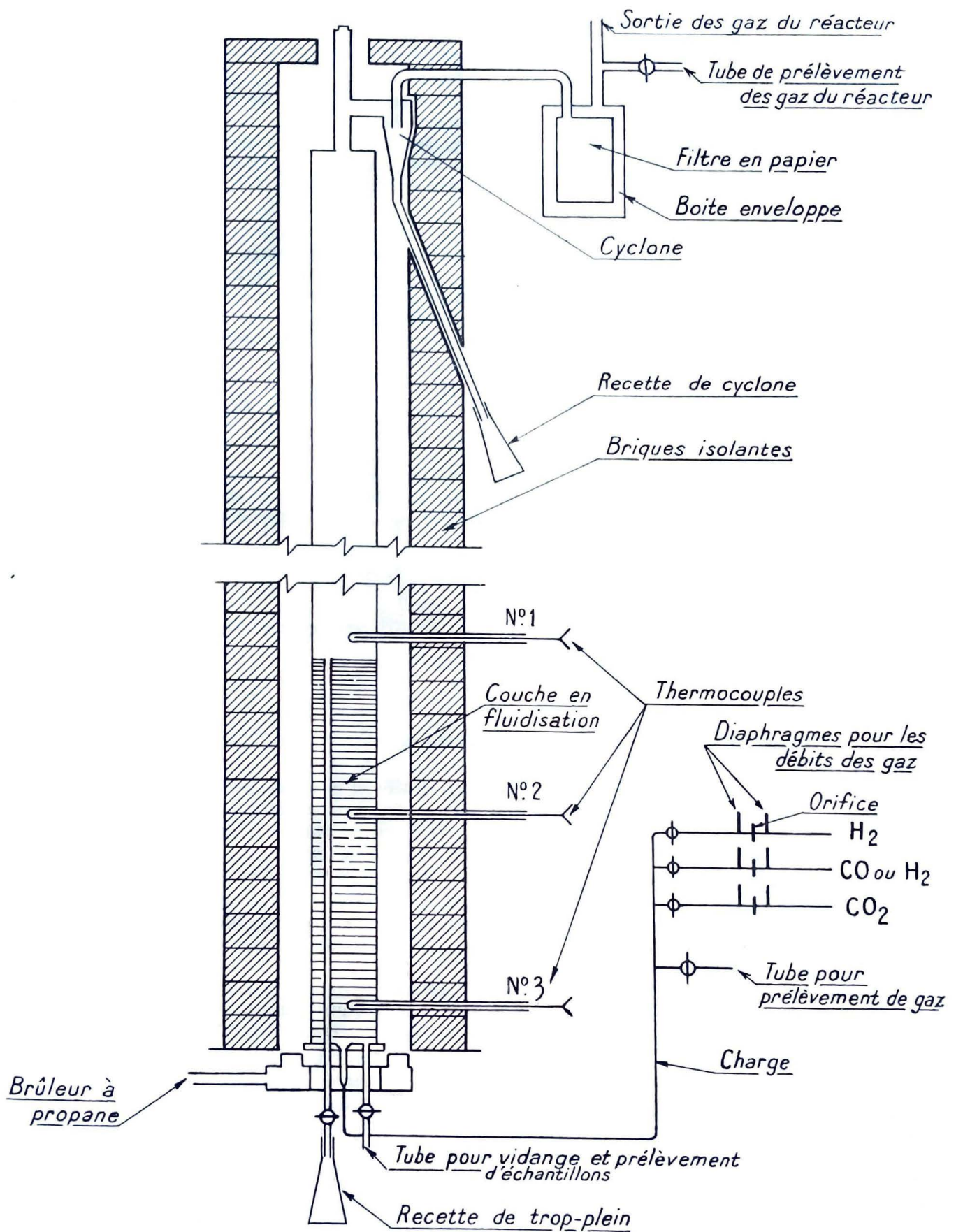


Fig. 2. — Schéma du réacteur *Fluosolids* de 51 mm de diamètre (essais en marche discontinue).

## B — Essais continus sur appareillages Fluosolids

Des essais continus ont été effectués dans le réacteur de laboratoire de 102 mm de diamètre (cf. fig. 3).

Généralement, les essais de réduction continus ont été entrepris le réacteur étant vide. L'allure du chauffage était réglée de manière à obtenir la température de réduction désirée. Le minerai brut (granulométrie 14 mailles) (\*) était alors soufflé au fond du réacteur et introduit par les gaz de réduction dont le débit et la composition étaient fixés à l'avance. A mesure de la formation de la couche fluidisée, le réglage des conditions de température et de débit des gaz était effectué. Après que le minerai fluidisé ait commencé à s'écouler au trop-plein du réacteur, l'alimentation était continuée pendant environ la moitié du temps nécessaire à son remplissage.

Au début du premier essai, des recettes de cyclones, de trop-pleins, ainsi que des boîtes à filtres, furent disposées sur le réacteur. Les produits furent ainsi recueillis pendant un temps déterminé durant lequel ont été prélevés des échantillons de gaz à l'entrée. A la fin du premier essai, les cyclones et les filtres furent enlevés, et un second essai semblable au premier fut effectué. Après refroidissement dans des recettes étanches, les différents produits ont été échantillonnés, analysés chimiquement et passés au tube *Davis*. Des résultats identiques ont été trouvés sur les deux marches à condition que l'appareillage soit en équilibre au début du premier essai.

\*  
\*\*

## C — Analyses au tube *Davis* (\*\*)

On a constaté, dans le cas des minerais français, que l'importance de la prise d'échantillon et le mode opératoire influençaient grandement les résultats de l'essai au tube *Davis*. Ceci est montré dans le *tableau 4* qui présente les résultats d'essais au tube *Davis*, effectués sur divers échantillons partiellement réduits en employant deux méthodes différentes.

### Méthode A.

Un échantillon de 25 g est soumis à une agitation de 105 périodes par min, pendant 15 min, avec un débit d'eau de 400 cm<sup>3</sup>/min.

### Méthode B.

La prise d'échantillon est ramenée à 10 g et l'agitation du tube à 80 périodes par min; durée 15 min. Débit d'eau réduit à 175 cm<sup>3</sup>/min.

Ainsi, dans la méthode B, l'agitation et le lavage sont nettement plus ménagés que dans la méthode A. Le *tableau 4* montre que, dans tous les cas, la récupération du fer dans le concentrat est plus importante avec la méthode B qu'avec la méthode A, alors que la teneur en fer est sensiblement égale pour les deux méthodes. On voit aussi que les résultats donnés par la méthode B sont comparables à ceux des essais *Steffensen*. Pour cette raison, la méthode B a été retenue comme méthode standard pour les minerais français.

Il est intéressant de noter que les deux méthodes A et B ont été essayées sur quelques échantillons américains de minerai de fer pauvre (après leur réduction à l'état magnétique) et qu'elles avaient donné toutes deux des résultats comparables. Ceci tendrait à indiquer que les minerais français, après réduction, sont plus faiblement magnétiques que les minerais réduits américains.

Il est encore intéressant de noter que les chercheurs français ont relevé dans la littérature que les analyses au tube *Davis* et l'interprétation des résultats doivent être faits avec discernement lorsque l'on travaille sur les minerais français. (Voir « Note sur le problème d'enrichissement du minerai de fer » par P. E. Henry).

Le travail analytique effectué sur les échantillons pyrophoriques complètement réduits (c'est-à-dire réduction jusqu'à l'éponge de fer) demande un mode opératoire légèrement différent du standard.

Un échantillon de 10 g de minerai réduit est préparé en atmosphère d'azote et versé dans l'eau. Cet échantillon brut de 10 g est alors broyé sous l'eau jusqu'à la finesse désirable (habituellement tamis 100 mailles: 0,15 mm) puis soumis à l'essai standard *Davis* (méthode B).

Les concentrats et les stériles provenant de la séparation *Davis* sont séchés et pesés, avec dosage du fer. Généralement, les concentrats devenaient pyrophoriques au séchage avec légère oxydation. Aussi, la teneur

(\*) C'est-à-dire 1,2 mm d'entremailles; cf. le tableau de correspondance p. 28.

(\*\*) La description du tube *Davis* est donnée p. 29.

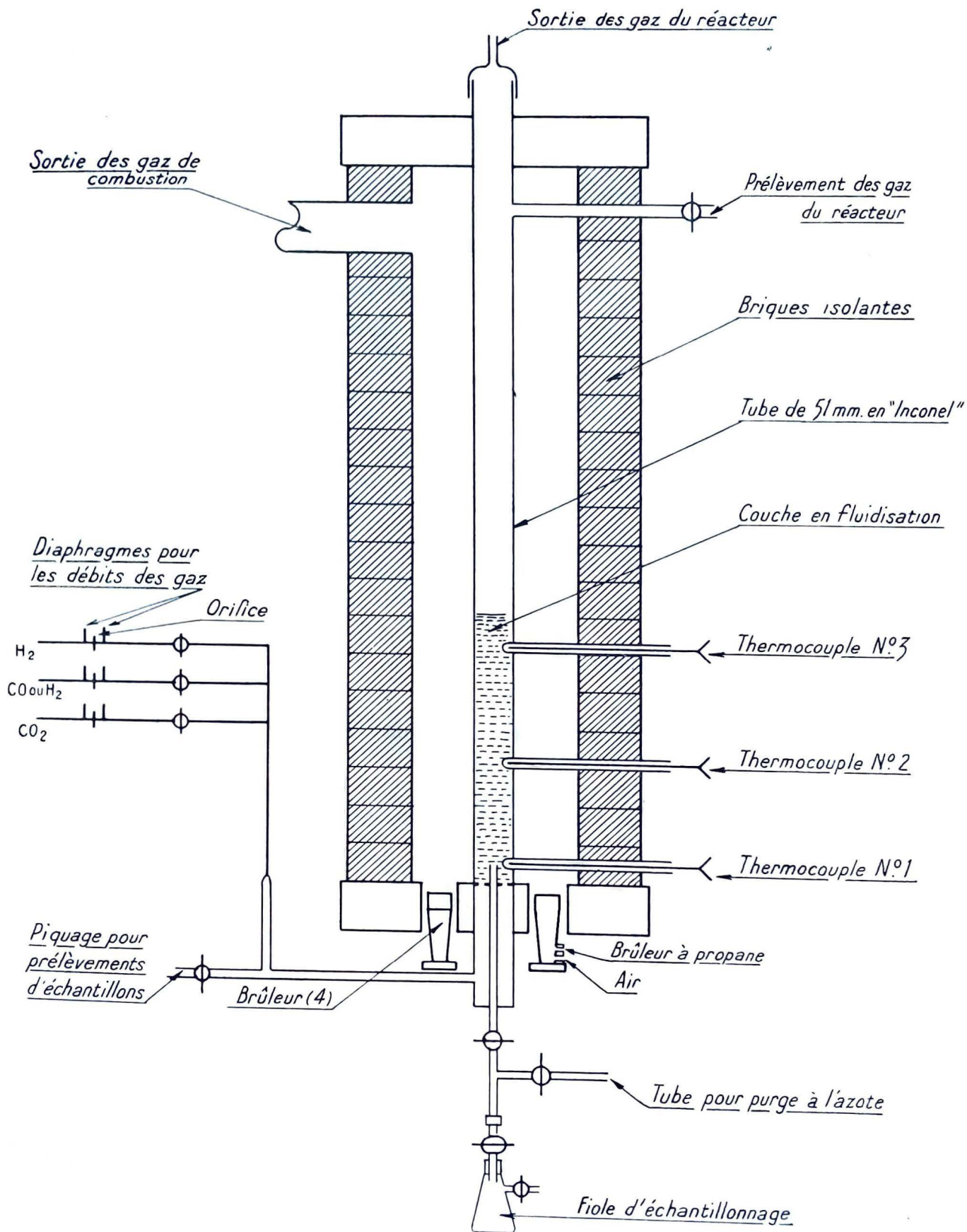


Fig. 3. — Schéma du réacteur Fluosolids de 102 mm de diamètre (essais en marche continue).

en fer des concentrats est-elle moins élevée qu'elle aurait du l'être. Toutefois, les valeurs du « fer récupéré » sont correctes puisqu'elles ont été calculées à partir du poids et de la teneur en fer du concentrat et du stérile contenus dans chaque essai. C'est-à-dire que ces valeurs ne font intervenir que des données analytiques à l'exclusion du poids initial et de l'analyse de l'échantillon grillé lui-même.

\*  
\* \*

#### D — Essais au Séparateur Steffensen (\*)

Quelques essais ont été effectués sur de petits séparateurs magnétiques *Steffensen*, type laboratoire, afin de se rapprocher des conditions industrielles de l'enrichissement mieux que ne le permettent les analyses au tube *Davis*.

Pour ces essais, on disposait de deux séparateurs *Steffensen* ayant chacun un tambour de 30 cm de diamètre sur 14 cm de largeur. Sur l'un de ces séparateurs (réf. n° 1) le tambour tournait dans une chambre munie d'un déversoir latéral pour l'évacuation de la partie fine des stériles. Les parties plus grosses du stérile se déposent au fond de la chambre et s'écoulent à travers un tube jusque dans une recette fermée. La seule eau de lavage employée dans ce séparateur était celle introduite avec la charge solide.

Sur l'autre séparateur *Steffensen* de laboratoire (réf. n° 2) la chambre était divisée en deux compartiments, de telle sorte que l'eau introduite au fond de chacun d'eux puisse être évacuée par un tube d'écoulement, effectuant un lavage des solides en deux temps et à contre-courant. Ce séparateur paraît donner une meilleure concentration sur le minerai D et D2 (\*\*\*) que le séparateur n° 1.

Les appareils *Steffensen* ont travaillé sur des échantillons de 500 à 1000 g. Dans un premier passage on produisait un concentrat et un stérile primaires. Le concentrat primaire était alors repassé deux fois dans le séparateur. Les trois stériles recueillis étaient mélangés et formaient le stérile définitif. Pour tous les essais, les séparateurs *Steffensen* ont travaillé sur courant constant de 2,0 ampères. En général, les essais *Steffensen* ont donné des résultats au moins égaux, et souvent supérieurs à ceux du tube *Davis*.

\*  
\* \*

### 3. — Méthodes d'analyses et de calculs

#### A — Analyse du fer ferreux

Pour déterminer le degré de réduction des échantillons grillés, on a effectué les analyses de fer total et de fer ferreux. Dans le cas de ces échantillons, le degré de réduction a toujours été exprimé par le rapport  $Fe^{++}/Fe$ .

La détermination du fer ferreux est faite comme suit : Placer un prélèvement de 0,5 g dans un Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup>. Ajouter 50 cm<sup>3</sup> d'acide sulfurique normal et 20 cm<sup>3</sup> d'acide chlorhydrique concentré. Boucher le flacon, le bouchon devant être muni d'un tube de caoutchouc prolongé par un tube de verre. Faire déboucher le tube dans un bécher contenant 250 à 300 cm<sup>3</sup> d'eau chargée de 50 à 60 g de bicarbonate de soude. Mettre l'Erlenmeyer sur une plaque chauffante et laisser bouillir pendant une heure. Le bécher contenant le bicarbonate n'est pas chauffé, mais conservé à température ambiante. Son rôle est d'empêcher l'air d'accéder à l'échantillon pour éviter la transformation de fer ferreux en fer ferrique. Après chauffage, laisser refroidir lentement dans un courant d'eau en conservant le montage (une partie de la solution de bicarbonate est aspirée dans l'Erlenmeyer en raison du vide causé par le refroidissement). Après refroidissement, laver l'échantillon dans un bécher de 600 cm<sup>3</sup>. Ajouter 30 cm<sup>3</sup> d'une solution de Zimmermann-Reinhart et compléter le volume jusqu'à 450-500 cm<sup>3</sup> avec de l'eau froide et titrer avec une solution de permanganate standard décimormal.

\*  
\* \*

#### B — Perte en poids dans l'hydrogène

Pour déterminer le degré de réduction des échantillons prélevés pendant les essais de réduction complète, nous avons mesuré leur perte de poids dans un courant d'hydrogène (pour les calculs, cf. Section V. 3 F).

(\*) La description du séparateur *Steffensen* est donnée p. 28.  
(\*\*) Minerai de Soumont (Calvados).

### Mode opératoire :

Un échantillon de 2 à 3 g des produits pyrophoriques et réduits est introduit dans un petit tube taré sous une atmosphère d'azote. Le tube est alors fermé et pesé. Puis, l'échantillon est versé dans une petite nacelle tarée, laquelle est introduite dans le tube d'un four chauffant. Le four est porté à 1000°C sous courant d'hydrogène. L'échantillon est maintenu dans le four jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement de vapeur d'eau. Le tube est alors retiré du four et refroidi par arrosage d'eau. La nacelle, avec l'échantillon complètement réduit et fondu, est retirée et pesée.

La perte dans le courant d'hydrogène est égale à la perte en poids de l'échantillon au cours de ce traitement, et comprend le  $\text{CO}_2$  provenant de la décomposition des carbonates.

\*  
\*\*

### C — Gain de poids dans l'oxygène

Des essais de gain de poids dans l'oxygène ont été faits sur les échantillons provenant de la réduction complète; les résultats de ces analyses ont été utilisés dans le calcul du degré de réduction (cf. section V, 3F).

Un échantillon de 2 à 3 g des produits réduits et pyrophoriques est introduit dans un petit tube taré en atmosphère d'azote. Ce tube est bouché et pesé; puis l'échantillon est versé dans une nacelle tarée que l'on introduit dans le tube d'un four chauffant. Le four est porté à 1000°C sous courant d'oxygène. Le gaz sortant du tube traverse un tube garni de desséchants pour retenir la vapeur d'eau, puis traverse un tube taré garni d'ascarite (amiante sodée) pour retenir le  $\text{CO}_2$ . Le  $\text{CO}_2$  dans le gaz provient à la fois de la décomposition des carbonates et de la combustion du carbone. La période de chauffage dure de une à trois heures. Le tube est ensuite enlevé du four et refroidi par arrosage d'eau. La nacelle contenant l'échantillon complètement oxydé est retirée et pesée. On pèse également le tube d'ascarite.

On appelle « augmentation de poids dans l'oxygène » l'augmentation totale de poids de l'échantillon pendant la période d'oxydation. Pour être utilisable, ce résultat doit être corrigé du dégagement de  $\text{CO}_2$  dû à la décomposition des carbonates et du dégagement de  $\text{CO}_2$  dû à l'oxydation du carbone. Le poids de  $\text{CO}_2$  dégagé est donné par la pesée du tube d'ascarite (pour les calculs, cf. Section V, 3F).

\*  
\*\*

### D — Dosages de $\text{CO}_2$

Des dosages de  $\text{CO}_2$  par attaque acide ont été faits sur les échantillons de minerai réduit jusqu'au fer métal afin de déterminer et d'effectuer la correction correspondante sur les résultats obtenus dans les essais de perte de poids dans l'hydrogène et de gain de poids dans l'oxygène.

On fait dégager le  $\text{CO}_2$  par attaque chlorhydrique. Le  $\text{CO}_2$  est alors reçu dans un absorbeur, puis pesé.

L'appareillage, à travers lequel est aspiré un courant d'air d'un débit d'environ 200  $\text{cm}^3/\text{min}$ , est successivement composé des parties suivantes :

- 1°) - un absorbeur à solution de potasse pour décarbonater en grande partie le courant d'air ;
- 2°) - un tube d'ascarite pour achever la décarbonatation du courant d'air ;
- 3°) - un ensemble pour la décomposition du carbonate comprenant :
  - une ampoule à robinet pour introduction de l'acide ;
  - une fiole de décomposition des carbonates, avec tubulure latérale vers le condenseur (tous les joints sont en verre rodé) ;
  - un condenseur pour retenir la plus grande partie de l'eau et des vapeurs acides produites au cours de la douce ébullition de la liqueur d'attaque ;
- 4°) - un tube de zinc contenant de la grenaille de zinc calibrée au tamis n° 20 (0.83 mm) ; cette grenaille de zinc est destinée à fixer les vapeurs acides ;
- 5°) - un tube à boules contenant un acide sulfurique à 94 %, de manière à retenir la plus grande partie de la vapeur d'eau encore présente ;
- 6°) - un absorbeur garni de  $\text{CaSO}_4$  pour fixer l'humidité qui a échappé à l'absorbeur précédent ;
- 7°) - un absorbeur de  $\text{CO}_2$  garni d'ascarite (granules d'amiante sodée) puis de  $\text{CaSO}_4$ , le courant gazeux traversant d'abord la couche d'ascarite.

Après pesée, l'échantillon est placé dans la fiole d'attaque et délayé dans 20 à 30  $\text{cm}^3$  d'eau. L'acide est

versé dans l'ampoule, robinet fermé. L'absorbant de CO<sub>2</sub> est mis en place à la fin de l'appareillage, puis relié à la source de vide. Après avoir réglé modérément la circulation de l'air, on laisse couler l'acide. Quand la réaction de décomposition paraît terminée, on chauffe, puis on maintient l'ébullition douce pendant 15 min. L'augmentation de poids de l'absorbant d'ascarite donne le CO<sub>2</sub> dégagé.

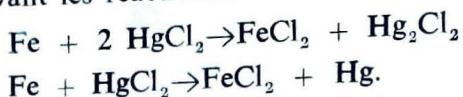
\*  
\*\*

### E — Dosage du fer métal

La méthode employée est celle dite « au chlorure mercurique » recommandée par le Bureau of Mines pour la détermination du fer métal dans le fer spongieux.

La description complète de cette méthode est donnée dans un Rapport de recherches du Bureau of Mines R. I. 3824, page 7, « Determination of metallic iron and oxygen in sponge iron ».

Dans cette méthode, l'échantillon en épreuve est traité par une solution chaude de chlorure mercurique, l'ion métal se dissolvant suivant les réactions :



On filtre pour séparer le chlorure mercurique, le mercure et les autres matières non dissoutes. Le fer ferreux est ensuite titré par une solution oxydante standard.

Cette méthode est recommandée pour des échantillons plus fins que le tamis n° 65 (0,2 mm). Comme nos échantillons étaient plus grossiers (1,2 mm), le temps de décomposition fut porté de 1 à 10 min. Toutefois, même dans ces conditions, les dosages de fer ont donné dans tous les cas des résultats plus faibles que ceux qui auraient été déduits des essais de perte dans l'hydrogène et de gain dans l'oxygène.

Les analyses de fer métal faites par cette méthode n'ont pas été utilisées dans le calcul du degré de réduction (cf. Section V, 3F de ce Rapport).

\*  
\*\*

### F — Calcul du degré de réduction et de la teneur en C et CO<sub>2</sub> des échantillons réduits jusqu'au fer métal

Les déterminations de perte dans l'hydrogène, de gain de poids dans l'oxygène et de CO<sub>2</sub> faites sur les échantillons réduits jusqu'au fer métal ont été utilisées pour le calcul du degré de réduction, de la teneur en carbone et de la teneur en CO<sub>2</sub>. La méthode de calcul est illustrée par l'exemple ci-après :

Essai 24. Echantillon correspondant à un grillage de 60 min (cf. tableau 36).

Perte de poids dans l'hydrogène à 1.000°C .....		6,6 %
{ Gain de poids dans l'oxygène à 1.000°C .....		16,8 %
{ CO <sub>2</sub> éliminé au chauffage dans l'oxygène à 1.000°C .....		4,2 %
CO <sub>2</sub> libéré par attaque acide .....		0,5 %
Fer total .....		55,5 %
a) CO <sub>2</sub> produit par combustion du carbone : 4,2 — 0,5 = .....		3,7 %
Teneur en carbone : $3,7 \times \frac{12}{44} =$ .....		1,0 %
b) Gain dans l'oxygène à 1.000°C .....		16,8 %
auquel il convient d'ajouter :		
CO <sub>2</sub> provenant des carbonates .....		0,5 %
Carbone .....		1,0 %
		18,3 % ... 18,3 %
c) Perte dans l'hydrogène à 1.000°C .....		6,6 %
à retrancher :		
le CO <sub>2</sub> provenant des carbonates .....		0,5 %
		6,1 % ... 6,1 %

Remarque : On suppose que l'hydrogène ne réagit pas sur le carbone à 1.000°C.



d) Fer total dans l'échantillon .....	55,5 %
Oxygène lié à 55,5 % de fer pour former $Fe_2O_3 = 55,5 \times \frac{48}{111,6} = 23,8$ % .....	23,8 %
Oxygène fixé par le fer pendant l'oxydation .....	18,3 %
Oxygène perdu par les oxydes de fer pendant la réduction dans l'hydrogène .....	6,1 %
Total.....	24,4 % ... 24,4 %

Degré de réduction du fer dans l'échantillon sur la base du gain de poids dans l'oxygène :

$$\frac{18,3}{23,8} \times 100 = \dots\dots\dots 77 \%$$

Degré de réduction du fer dans l'échantillon sur la base de perte de poids dans l'hydrogène :

$$\frac{23,8 - 6,1}{23,8} \times 100 = \dots\dots\dots 74,5 \%$$

Degré de réduction du fer dans l'échantillon : 74,5 à 77 %.

\*  
\* \*

## VI. — DETAILS DES ESSAIS ET DISCUSSION DES RESULTATS

Les détails des essais sont portés dans les *tableaux 7 à 49* annexés au présent rapport. Nous donnons ci-après un tableau indiquant les numéros des essais classés par essais similaires sur les divers minerais.

Mineral	A	C	C2	D	D2	E	F	G
Essais de grillage magnétisant avec réduction partielle .....	7-10	15-19	23-27	30-34	37-38	42-44	45	47-49
Essais de réduction partielle précédés d'une oxydation préalable du minerai ....	11-12	20	—	35	39	—	—	—
Essais de surréduction suivis d'une réoxydation à 300°C.	13	—	—	—	40	—	46	—
Essais de réduction totale (jusqu'au fer métal) .....	14	21-22	28-29	36	41	—	—	—

Le *tableau 2* donne un résumé des meilleurs résultats obtenus au cours des essais d'enrichissement par réduction ménagée. On remarquera que ces résultats d'enrichissement optimum sont à peine supérieurs à la plupart des autres essais (cf. *tableaux 17 et 15*) bien que ceux-ci aient été effectués dans des conditions différentes.

Le *tableau 3* donne les meilleurs résultats d'enrichissement obtenus au cours des essais de réduction totale (jusqu'au fer métal). Là aussi, quelques-uns de ces résultats ne sont qu'à peine supérieurs à ceux obtenus dans des conditions de réduction très différentes (cf. *tableaux 28 et 29*).

Le *tableau 4* permet de comparer les résultats obtenus au tube *Davis* en utilisant les différentes méthodes. (cf. Section V, 2 C).

Le *tableau 5* présente une comparaison entre le fer à l'état de fer ferreux dans les produits grillés préalablement réduits et dans les stériles obtenus par traitement de ces mêmes produits au tube *Davis*. A l'exception du minerai D, à base de carbonate de fer (minerai de Soumont), il y a moins de fer ferreux dans les stériles du tube *Davis* que dans le minerai grillé tout venant. Dans certains cas, moins de 33 % du fer présent dans les stériles est à l'état de fer ferreux, et, de ce fait, ce fer peut ne pas être magnétique ( $Fe_3O_4 = 33$  % de fer à l'état de fer ferreux). Ceci est susceptible d'expliquer, en partie, les pertes élevées en fer dans les stériles provenant de certains minerais, bien que ces minerais aient été surréduits avant toute séparation magnétique.

Le *tableau 6* donne les teneurs en  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , CaO et P de deux concentrats obtenus au tube *Davis* et

préparés à partir du minerai C partiellement réduit (Mont-St-Martin, siliceux, couche L5). Ces analyses montrent que la concentration magnétique élimine la silice et la chaux d'une façon nette, mais que la teneur en phosphore n'est que légèrement diminuée. Par contre, la teneur en alumine augmente dans le concentrat. Aucune analyse de ce genre n'a été faite sur les minerais autres que C, puisque les conditions fixées pour l'enrichissement n'ont été réalisées que sur ce seul minerai (plus de 50 % de fer dans le concentrat avec une récupération du fer supérieure à 90 %).

#### Minerai A — Moulaine siliceux

On voit sur le *tableau 10* que le minerai A subit une autoréduction par simple chauffage dans une atmosphère inerte. Ce phénomène avait été précédemment indiqué sur ce minerai. Dans ces conditions, cette réduction spontanée du minerai peut être attribuée à la présence de corps réducteurs tels que la pyrite. Des essais d'oxydation préalable à la réduction, pour enlever ce carbone organique, n'ont pas donné de meilleurs résultats que la réduction partielle directe (cf. *tableaux 8 et 12*).

La réduction du minerai à l'état de fer métallique, avant concentration magnétique, fait passer la récupération du fer de 72 à 80/90 % (cf. *tableaux 8 et 14*).

#### Minerais C et C2 — Mont-St-Martin, couche L5, siliceux

Il est intéressant de noter que, dans le cas du minerai C, on arrive à un degré de réduction acceptable, dans des conditions largement variables pour la température et la composition des gaz. Par exemple, une bonne réduction peut être obtenue avec un gaz faiblement réducteur à 760°C pendant 60 min, ou avec un gaz fortement réducteur à 600°C pendant 30 min (cf. *tableaux 15 et 16*).

Tous les résultats d'enrichissement sans exception obtenus sur les minerais C et C2 sont meilleurs à l'appareil *Steffensen* qu'au tube *Davis* (cf. *tableaux 17, 18 et 25*). Ces indications montrent que le lavage au tube *Davis* est probablement trop violent.

Il est à noter que l'optimum des résultats obtenus sur minerai C2 est meilleur que l'optimum des essais sur minerai C.

Minerai	Concentrat		
	Teneur en fer %	Récupération du fer %	Tableaux de référence
C .....	54,9	94,5	17
C2 .....	54,6	90,3	24

Cette différence paraît imputable à la variation de la teneur en fer des deux échantillons, soit 34,05 % de fer sur l'échantillon C2, et 40,7 % de fer sur l'échantillon C.

Dans la réduction en marche continue du minerai C2, l'effet de court-circuit du minerai circulant à travers le lit fluidisé, sans y séjourner, peut être combattu en relevant de 600 à 650°C la température de réduction, et en portant le temps de séjour de 35 à 44 min (voir *tableaux 27 et 24, 25 et 26*).

La réduction du minerai C à l'état métallique avant l'enrichissement magnétique a pour effet d'augmenter la teneur en fer du concentrat et le pourcentage de fer récupéré (cf. *tableaux 2 et 3*).

Dans le cas du minerai C2, seule la teneur en fer du concentrat est relevée, mais la récupération du fer n'est pas modifiée de façon sensible.

#### Minerais D et D2 — Soumont

En raison de leur teneur en carbonate de fer, les minerais D et D2 sont en grande partie autoréducteurs (cf. *tableau 34*). Ils n'exigent qu'une faible quantité de gaz de réduction pour être partiellement réduits et permettre un enrichissement optimum (*tableau 33*).

Il est à noter que l'optimum de concentration obtenu sur le lot D2 (5 t) n'a pas été aussi bon que l'optimum obtenu sur l'échantillon préliminaire D (cf. *tableau 2*). Ceci paraît imputable à la moindre teneur en fer de l'échantillon D2 (36,7 % de fer) alors que l'échantillon D en contient 38,2 %.

Les *tableaux 2 et 3* montrent que la réduction complète des minerais D et D2 à l'état métallique avant tout enrichissement magnétique relève nettement la teneur en fer du concentrat (\*), tandis que la récupération du fer n'est qu'à peine augmentée.

*Minerai E — Micheville, calcaire pauvre*

Le travail sur le minerai E a été abandonné après trois essais car c'est un minerai pauvre dont la composition en fait une charge auto-fondante dans le haut fourneau.

*Minerai F — Micheville siliceux*

Les trois premiers essais sur le minerai F n'ont pas conduit à un concentrat à 50 % de fer pour une récupération de 90 %. Les essais n'ont donc pas été poursuivis sur ce minerai.

*Minerai G — Tucquegnieux couche grise*

Bien que l'enrichissement sur minerai broyé à 55 mailles (environ 0,2 mm) donne un concentrat à 51,8 % de fer avec une récupération de 87,5 % de fer (*tableau 49*), nous avons estimé que ces résultats étaient trop voisins de la limite pour justifier un travail plus important.

Comme le minerai E, le minerai G présente la composition d'un minerai auto-fondant dans le haut fourneau.

\*  
\*\*

## VII. — REFERENCES

Cahiers *Fluosolids* n° 109 et 131.

## VIII. — TABLEAUX SYNOPTIQUES

Les résultats détaillés sont donnés dans les *tableaux 2 à 49*, cf. pages 32 et suivantes.

signé : T.D. HEATH.

---

*Nous faisons précéder les tableaux de résultats d'une table de correspondance entre les numéros des tamis Tyler et l'ouverture des mailles, ainsi que de la description du tube Davis et du séparateur magnétique Jeffrey-Steffensen, pages 28, 29 et 30.*

---

(\*) Pour la raison rappelée dans le rapport général, page 13.

## CORRESPONDANCE ENTRE LES NUMEROS DES TAMIS TYLER ET L'OUVERTURE DES MAILLES (\*)

Le tamis Tyler « 200 » est défini par une ouverture de 0,0029 inch = 74  $\mu$ .

L'épaisseur du fil est de 0,0021 inch = 53  $\mu$ .

N° du tamis	Ouverture, en mm
10	1,65
14	1,17
20	0,83
32	0,49
42	0,35
48	0,29
60	0,25
80	0,17
100	0,15
115	0,12
150	0,10
170	0,09
200	0,07
250	0,06
325	0,04

\*  
\* \*

### TUBE DAVIS

C'est un séparateur magnétique de laboratoire qui ne peut traiter que quelques grammes de minerai. On en trouvera un schéma sur la *figure 4*.

Le minerai est introduit dans le tube du séparateur et la fraction magnétique est retenue par le champ très puissant et très divergent créé entre les pointes des pièces polaires.

Afin de débarrasser ce concentrat magnétique des grains de stérile qu'il a entraînés, on le soumet à une agitation prolongée dans un courant d'eau. Cette agitation est obtenue en animant le tube d'un mouvement hélicoïdal ; la « houpe » de concentrat magnétique, qui tend à rester immobile par rapport aux pièces polaires, est cependant entraînée, au moins en partie, par le mouvement du tube, ce qui l'agite dans le courant d'eau qui peut ainsi la débarrasser des particules non magnétiques.

On sépare donc :

- d'une part, les composés ferromagnétiques, magnétite ou fer métal, qui sont retenus dans le tube
- et d'autre part, les autres minéraux qui sont entraînés par le courant d'eau.

\*  
\* \*

### SEPARATEUR MAGNETIQUE JEFFREY-STEFFENSEN

On trouvera sur la *figure 5* le schéma d'un séparateur magnétique Jeffrey-Steffensen à trois tambours. Il existe un modèle plus petit qui est construit exactement comme le modèle de la *figure 5* à ceci près qu'il ne comporte qu'une des trois sections et un seul tambour.

Dans les deux appareils, le minerai broyé entraîné par le courant d'eau arrive sous un tambour ; les particules magnétiques sont alors attirées par les pièces polaires, elles adhèrent au tambour tournant qui les entraîne jusqu'à leur décharge au-delà de la dernière pièce polaire. Au cours de cette rotation, le concentrat magnétique est débarrassé du stérile et des grains mixtes qu'il a pu entraîner grâce à l'agitation obtenue par leur passage devant des pièces polaires de polarité alternée et par le lavage produit par une arrivée d'eau à contre-courant.

Le petit modèle a été utilisé, en laboratoire, pour traiter 500 à 1000 g de minerai grillé, en marche continue.

(\*) Cf. J. H. Perry, *Chemical Engineers' Handbook*, p. 963 et 964.

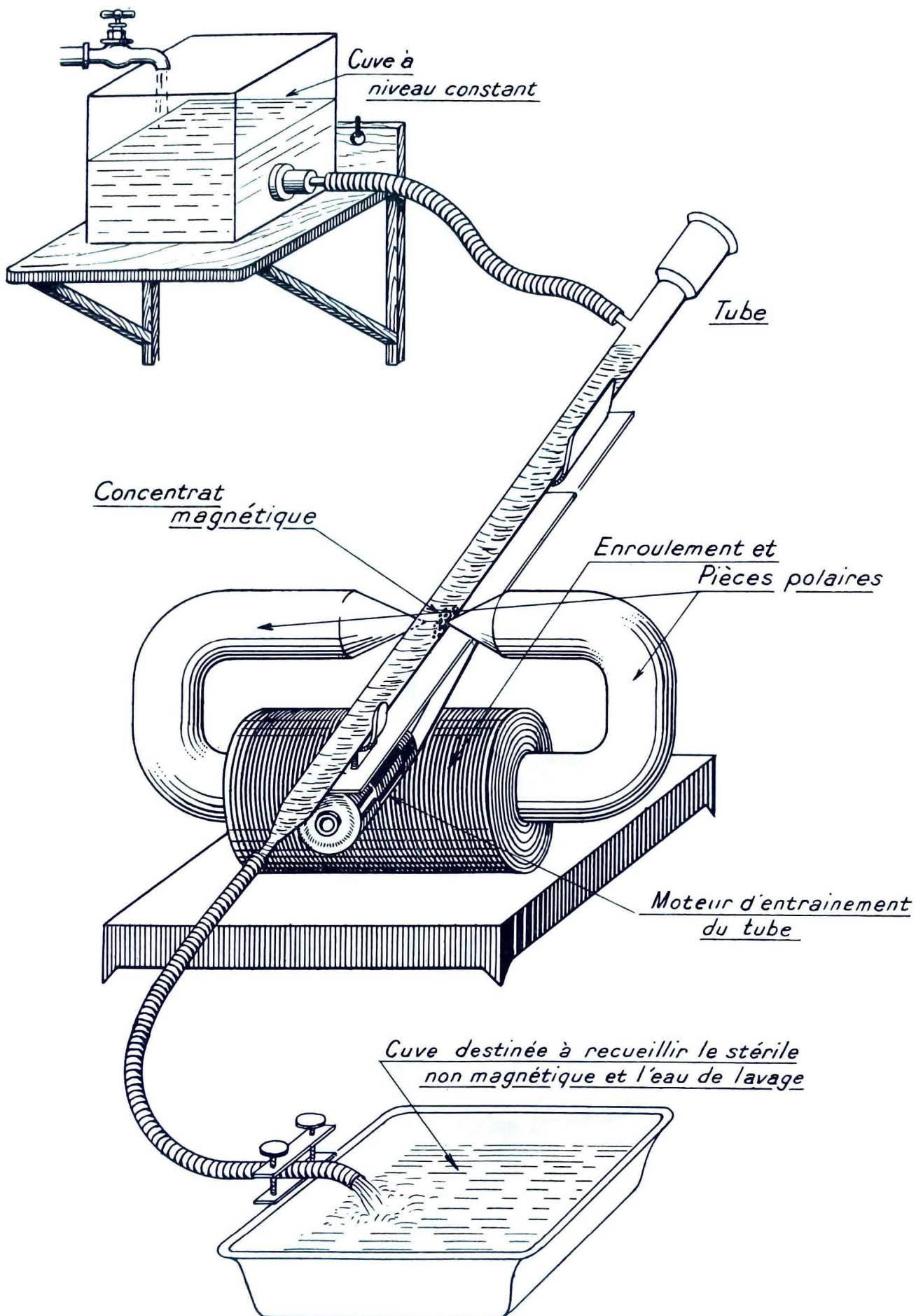


Fig. 4. — Schéma de montage du tube Davis.

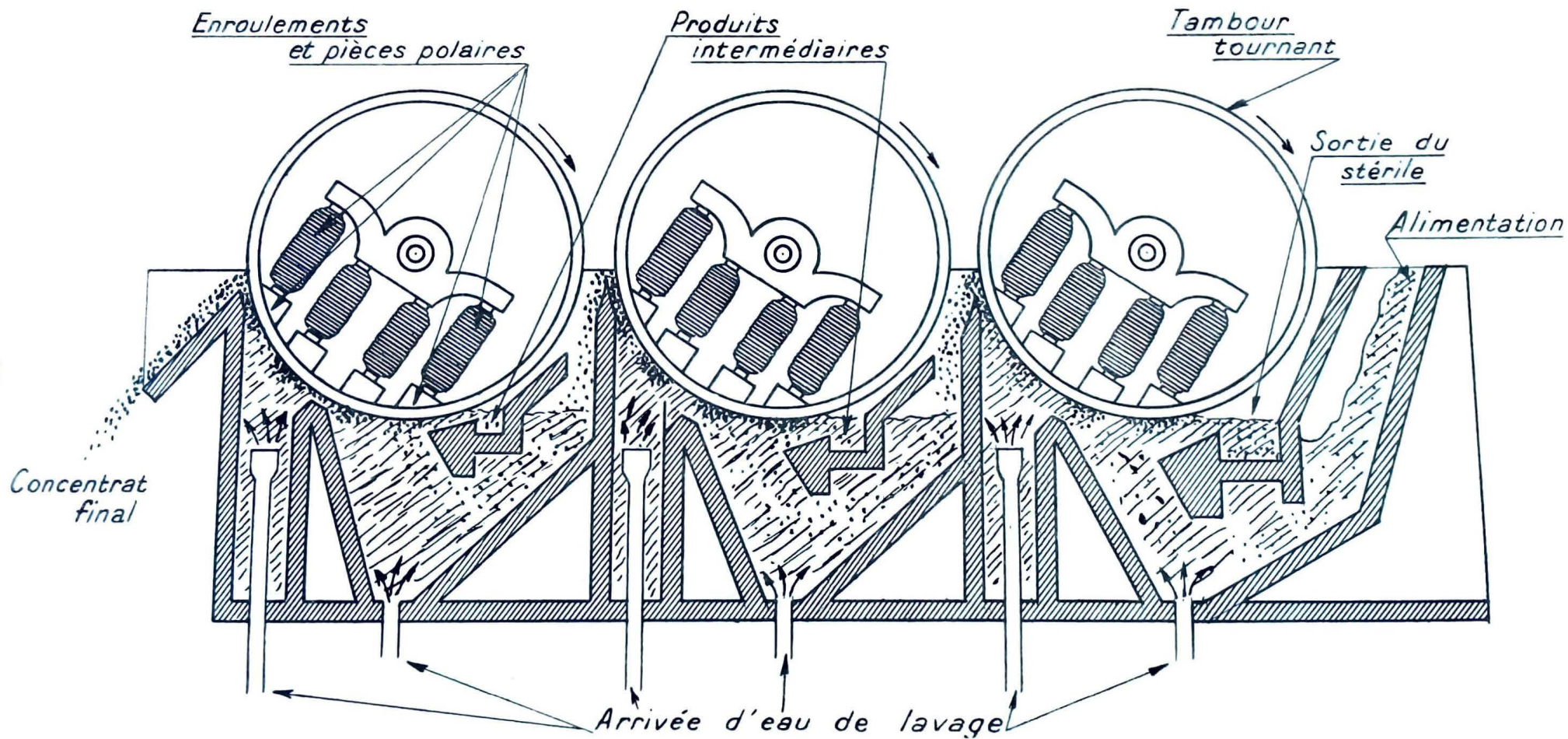


Fig. 5. — Schéma d'un séparateur magnétique Jeffrey-Steffensen.

VIII. — PRESENTATION DETAILLEE DES RESULTATS  
EN TABLEAUX SYNOPTIQUES

---

*N.B.* — Le *tableau 1* n'est pas reproduit, car il est identique au tableau d'identification des minerais de la page 10.

---

TABLEAU 2  
Tableau récapitulatif des meilleurs essais de réduction partielle suivis de concentration magnétique

Lettre repère du minéral	Référence des tableaux	Conditions de la réduction			Essai de séparation magnétique	Degré de finesse	Résultat des essais de concentration						
		Température °C	Gaz de réduction %	Durée min			Minéral grillé		Concentrat			Stérile	
							Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	% en poids	Fe %	Fer récupéré %	% en poids	Fe %
A	7	760	CO <sub>2</sub> 40,0 CO 5,1 N <sub>2</sub> 54,9	60	tube Davis	< 100	41,3	43,1	61,5	52,3	76,5	38,5	25,9
C	17	600	CO <sub>2</sub> 3,2 CO 24,8 H <sub>2</sub> 12,2 N <sub>2</sub> 59,8	30	tube Davis Steffensen	< 100	45,6	36,4	68,9	57,2	89,3	31,1	15,2
						< 100	»	»	76,1	54,9	94,5	23,9	10,4
C2	24	600	CO <sub>2</sub> 3,2 CO 12,8 H <sub>2</sub> 12,0 N <sub>2</sub> 72,0	35	Steffensen	< 100	35,4	39,6	59,4	54,6	90,3	40,6	8,8
D	33	700	CO <sub>2</sub> 48,0 CO 2,8 N <sub>2</sub> 49,2	120	tube Davis Steffensen	< 100	49,5	40,3	84,5	51,9	89,8	15,5	32,4
						< 100	»	»	88,0	52,1	93,4	12,0	27,3
D2	38	700	CO <sub>2</sub> 44,0 CO 2,0 N <sub>2</sub> 54,0	120	Steffensen	< 100	44,3	48,4	85,4	47,5	90,0	14,6	31,3
E	43	600	CO <sub>2</sub> 2,4 CO 22,8 H <sub>2</sub> 9,6 N <sub>2</sub> 65,2	30	tube Davis	< 100	18,8	44,7	22,5	52,2	58,2	77,4	11,0
F	46	600	CO <sub>2</sub> 3,6 CO 20,4 H <sub>2</sub> 4,0 N <sub>2</sub> 72,0	60 (surréduit)	tube Davis	< 100	33,5	61,5	52,3	50,4	82,0	47,7	12,0
G	47	600	CO <sub>2</sub> 4,0 CO 24,0 H <sub>2</sub> 9,0 N <sub>2</sub> 63,0	5	tube Davis	< 100	35,0	34,8	51,4	55,4	84,0	48,6	13,6

Note 1 — Les essais au tube Davis ont été faits dans un tube standard sur échantillon de 10 g.  
Note 2 — Les essais de concentration à l'appareil Steffensen ont été faits dans un tambour de 30 cm de diamètre sur 14 cm de largeur : prélèvement d'environ 1000 g.



TABLEAU 3

Tableau récapitulatif des meilleurs essais de réduction totale suivis de concentration magnétique

Lettre repère du minéral	Tableau de référence	Conditions de la réduction			Essai de séparation magnétique	Degré de finesse	Résultat des essais de concentration					
		Température °C	Gaz de réduction	Durée min			Minéral grillé degré de réduction %	Concentrat			Stérile	
								% en poids	Fe %	Fer récupéré %	% en poids	Fe %
A	14	700	CO 76 % H <sub>2</sub> 24 %	180	Tube Davis	< 100	82 - 91	74,9	53,3	90,6	25,1	16,6
C	22	700	CO 76 % H <sub>2</sub> 24 %	240	Tube Davis	< 100	74 - 81	75,4	64,1	95,6	24,6	12,9
C2	28	800	CO 66 % H <sub>2</sub> 34 %	240	Tube Davis	< 100	77 - 83	53,5	66,6	90,0	46,5	8,6
D	36	700	CO 68 % H <sub>2</sub> 32 %	180	Tube Davis	< 100	—	76,2	61,6	94,0	13,8	22,1
D2	41	700	CO 76 % H <sub>2</sub> 24 %	240	Tube Davis	< 100	63 - 80	83,4	54,8	94,4	16,6	16,8

Note 1 — Les concentrats obtenus au tube Davis ont été légèrement oxydés pendant le séchage : leur teneur en fer s'en trouve abaissée. Les % de fer récupérés dans le concentrat sont basés sur les poids du concentrat et de stérile et leur détermination n'est pas affectée par l'oxydation de ce concentrat au cours du séchage.

Note 2 — Les minerais grillés à 700°C étaient complètement pyrophoriques ; les minerais grillés à 800°C l'étaient que légèrement.

TABLEAU 4

Comparaison des résultats obtenus au tube Davis en utilisant les différentes méthodes (cf. section V, 2 C)

Méthode tube Davis	Poids de l'échantillon g	Vitesse d'agitation périodes/min	Courant d'eau cm <sup>3</sup> /min	Temps min
A	25	105	400	15
B	10	80	175	15

Mineral	Tableau de référence	Echantillon temps min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Mineral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
							Concentrat			Stérile	
					Fe %	$100 \times \frac{Fe^{++}}{Fe}$	Fe %	% en poids	Fer récupéré %	% en poids	Fe %
A	7	60	A	< 100	41,3	43,1	58,0	52,9	74,9	42,0	26,9
»	»	»	B	< 100	»	»	61,5	52,3	76,5	38,5	25,9
C	15	60	A	< 200	45,4	37,5	58,4	60,2	77,0	41,6	25,3
»	»	»	B	< 200	»	»	72,0	59,3	92,8	28,0	11,8
C	16	30	B	< 100	44,9	39,0	74,9	57,3	95,0	25,1	9,1
D	30	180	A	< 100	48,9	49,0	67,5	56,0	77,5	32,5	34,1
»	»	»	B	< 100	»	»	75,0	56,6	85,8	25,0	28,1
E	42	60	A	< 100	20,5	40,0	11,4	57,8	33,4	88,6	15,0
»	»	»	B	< 100	»	»	18,5	58,6	51,2	81,5	12,7

Comparaison des résultats obtenus au tube Davis, méthode B, et des résultats de concentration au séparateur Steffensen

Mineral	Tableau de référence	Granulométrie	Appareil	Mineral grillé tout venant		Résultats de concentration				
						Concentrat			Stérile	
				Fe %	$100 \times \frac{Fe^{++}}{Fe}$	Fe %	% en poids	Fer récupéré %	% en poids	Fe %
C	17	< 100	Tube Davis	45,6	36,4	68,9	57,2	89,3	31,1	15,2
»	»	< 100	Steffensen	»	»	76,1	54,9	94,5	23,9	10,4
D	32	< 100	Tube Davis	49,7	43,7	83,1	51,8	90,0	16,9	27,9
»	»	< 100	Steffensen	»	»	89,9	50,1	89,8	10,1	50,1

**TABLEAU 5**

**Comparaison entre le fer ferreux dans le minerai grillé tout venant  
et le fer ferreux dans les stériles du tube Davis**

Minerai	Tableaux de référence	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
		Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Stérile		Concentrat		
				Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	% en poids	Fe %	% de fer récupéré
A	7	41,3	43,1	25,9	37,8	61,5	52,3	76,5
C	16	44,9	39,0	9,1	28,6	74,9	57,3	95,0
D	31	48,8	44,9	30,5	69,2	86,0	51,9	91,1
E	43	18,8	44,7	11,0	25,4	22,5	52,2	58,2
F	47	33,7	44,0	18,5	23,2	43,3	52,9	68,5
G	47	36,1	51,8	11,0	33,6	53,8	54,2	85,0

$$\text{Dans } Fe_3O_4, \quad \frac{Fe^{++}}{Fe} = 33 \%$$

**TABLEAU 6**

**Analyse du minerai grillé tout venant et des concentrats obtenus au tube Davis  
dans le cas du minerai C (Mont-St-Martin, couche L 5)**

	Fe %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	P %
Minerai grillé tout venant préparé à partir du minerai C .....	46,6	21,8	5,85	2,75	0,67
Concentrat (cf. tableau 15; prélèvement au bout de 60 min) .....	59,3	6,5	6,7	1,3	0,53
Concentrat (cf. tableau 16; prélèvement au bout de 30 min) .....	58,1	7,3	6,9	0,99	0,47

**TABLEAU 7**

*Minerai* : A, Longwy, Moulaine.

*Essai* : 1 B.

*Type de l'essai* : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Marche discontinue.

*Température de réduction* : 760°C.

*Gaz réducteurs* : CO<sub>2</sub> : 40 %

O<sub>2</sub> : 0,4 %

CO : 5,1 %

N<sub>2</sub> : 54,5 %

*Débit des gaz* : 14 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 38 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minerai* : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> / Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
15	A	< 200	40,6	13,8	42,1	51,1	49,5	57,9	38,0
30	»	< 200	40,8	28,4	53,0	51,5	66,9	47,0	28,5
60	»	< 200	41,5	45,0	54,9	52,3	69,9	45,1	27,6
		< 100	41,3	43,1	58,0	52,9	74,9	42,0	26,9
		essai de contrôle	»	»	61,5	52,3	76,5	38,5	25,9
120	»	< 200	41,7	52,4	43,1	55,8	58,6	56,9	30,1
		< 100	41,5	51,1	48,8	54,7	65,4	51,2	27,6
180	»	< 200	41,1	51,7	40,5	56,6	56,0	59,5	30,3

*Note 1* — Conditions de la méthode A du tube Davis (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 25 g

agitation de 105 périodes/min

débit d'eau de 400 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min

**TABLEAU 8**

*Mineral* : A, Longwy, Moulaine.

*Essai* : 7 A.

*Type de l'essai* : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

*Température de réduction* : 600°C.

*Gaz réducteurs* : CO<sub>2</sub> : 4,1 %

CO : 20,8 %

H<sub>2</sub> : 9,2 %

N<sub>2</sub> : 65,9 %

*Débit des gaz* : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 38 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de mineral* : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulo- métrie	Mineral grille tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> Fe %	Concentrat			Stérile	
					%	Fe %	% de fer récupéré	%	Fe %
5	A	< 100	40,3	49,5	60,6	48,5	74,7	39,4	25,9
10	»	»	40,8	60,0	29,4	55,0	40,0	70,6	34,3
20	»	»	41,0	68,5	32,2	54,4	43,5	67,8	33,3
30	»	»	41,2	73,5	30,2	53,7	41,0	69,8	33,6
45	»	»	41,5	75,5	30,8	53,5	43,0	69,2	31,7

*Note 1* — Conditions de la méthode A du tube Davis (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 25 g

agitation de 105 périodes/min

débit d'eau de 400 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

*Note 2* — Tous les échantillons obtenus au cours de cet essai étaient pyrophoriques (après refroidissement, ils s'échauffaient à nouveau par exposition à l'air). Les échantillons ont été stabilisés par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.

**TABLEAU 9**

Minerai : A, Longwy, Moulaine.

Essai : II.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 450°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 3,2 %

CO : 24,8 %

H<sub>2</sub> : 9,8 %

N<sub>2</sub> : 62,2 %

Débit des gaz : 20,1 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> Fe %	Concentrat			Stérile	
					%	Fe %	%	%	Fe %
5	B	< 100	36,8	45,7	37,1	48,3	49,6	62,9	29,0
10	»	»	—	—	33,3	—	—	66,7	—
20	»	»	37,5	49,5	27,7	53,5	40,5	72,3	30,2
30	»	»	—	—	25,9	—	—	74,1	—
45	} pas d'essai au tube <i>Davis</i>								
60									

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis* (cf. Section V, 2C) :  
 échantillon de 10 g  
 agitation de 80 périodes/min  
 débit d'eau de 175 cm<sup>3</sup>/min  
 durée : 15 min

Note 2 — Tous les échantillons provenant de cet essai étaient pyrophoriques. Ces échantillons ont été stabilisés par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.

**TABLEAU 10**

*Minerai* : A, Longwy, Moulaine.

*Essai* : 7.

*Type de l'essai* : Traitement au réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, chauffage en atmosphère d'azote. Marche discontinue.

*Température de réduction* : 600°C.

*Gaz de traitement* : N<sub>2</sub> : 100 %.

*Vitesse conventionnelle* : 38 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minerai* : 2.000 g.

Durée du traitement min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> %	Concentrat			Stérile	
					%	Fe %	%	%	Fe %
60	A	< 100	40,6	30,2	55,9	49,0	67,7	44,1	29,6
	»	< 48	40,7	31,8	71,0	42,0	77,0	29,0	31,1
	»	< 14	42,9	29,8	81,0	45,4	86,0	19,0	31,8

*Note 1* — Conditions de la méthode A du tube *Davis* (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 25 g

agitation de 105 périodes/min

débit d'eau de 400 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

**TABLEAU 11**

Minerai : A, Longwy, Moulaine.

Essai : 6.

Type de l'essai : Traitement dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Charge oxydée au préalable par circulation d'air pendant 30 min à 800°C, puis réduite à 760°C. Marche discontinue.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 38 %  
CO : 6,8 %  
N<sub>2</sub> : 55,2 %

Débit des gaz : Air : 13,5 l/min à 20°C, pression normale.  
Gaz réducteurs : 14,0 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
15	A	< 200	41,9	13,9	4,05	54,1	5,4	95,9	40,3
30	»	»	42,4	31,6	4,85	54,4	6,4	95,1	40,8
60	»	»	41,5	44,0	15,7	55,1	20,9	84,3	38,9
120	»	»	41,7	53,7	20,6	57,4	28,4	79,4	37,6
180	»	»	41,4	56,5	28,8	57,5	40,4	71,2	34,6

Note 1 — Conditions de la méthode A du tube Davis (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 25 g

agitation de 105 périodes/min

débit d'eau de 400 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.



TABLEAU 12

Mineral : A. Longwy, Moulaine.

Essai : 13.

Type de l'essai : Traitement dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Charge oxydée au préalable par circulation d'air à 600°C pendant une heure et demie, puis réduite à 600°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 59,2 %

CO : 40,8 %

Débit des gaz : Air : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Gaz réducteurs : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de mineral : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulo- métrie	Mineral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> %	Concentrat			Stérile	
					%	Fe %	% de fer récupéré	%	Fe %
0	—	—	38,7	0,93	—	—	—	—	—
15	B	< 100	40,8	46,3	55,5	52,7	71,2	44,5	26,5
30	»	»	41,7	55,5	45,2	54,3	58,8	54,8	31,5
60	»	»	42,3	59,2	42,2	54,6	55,0	57,8	32,7
120	»	»	42,7	61,5	40,9	54,7	53,0	59,1	33,7
150	»	»	40,7	61,5	31,5	54,7	45,0	68,5	30,8

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau de 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Les échantillons obtenus au cours de cet essai étaient légèrement pyrophoriques.

**TABLEAU 13**

*Minéral* : A, Longwy, Moulaine.

*Essai* : 28.

*Type de l'essai* : Traitement dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Réduction à 600°C pendant 45 min, avec :

CO<sub>2</sub> : 3,8 %

CO : 22,2 %

H<sub>2</sub> : 10,4 %

N<sub>2</sub> : 63,6 %

suivie d'une réoxydation par l'air à 300°C. (La charge a été refroidie de 600 à 300°C dans un courant d'azote).

*Débit des gaz* : Gaz réducteurs : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Air : 25,3 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 38 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minéral* : 2.000 g.

Durée du traitement min	Méthode tube Davis	Granulo- métrie	Minéral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> %	Concentrat			Stérile	
					%	Fe %	%	%	Fe %
réduction : 45 min	B	< 100	41,7	74,8	55,5	52,8	71,7	44,5	26,0
oxydation :									
15 min	B	»	41,6	46,0	57,1	50,2	71,5	42,9	26,8
30 min	»	»	41,2	43,0	62,1	49,2	76,1	37,9	25,4
45 min	»	»	41,1	41,1	59,3	50,4	74,0	40,7	25,9
60 min	»	»	41,1	42,5	57,6	51,5	73,5	42,4	25,6

*Note 1* — Conditions de la méthode B du tube Davis (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau de 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min

**TABLEAU 14**

Minerai : A. Longwy, Moulaine.

Essai : 33.

Type de l'essai : Réduction complète dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Réduction poussée jusqu'à l'éponge de fer. Marche discontinue.

Température de réduction : 700°C

Gaz réducteurs : CO : 76 %  
                   H<sub>2</sub> : 24 % } Gaz de procédé *Wiberg*.

Débit des gaz : 14,9 l/min à 20°C, pression normale

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Analyse des échantillons réduits							
	Perte dans l'hydrogène à 1.000°C %	Gain dans l'oxygène à 1.000°C %	Dégagement de CO <sub>2</sub> à 1.000°C %	CO <sub>2</sub> par attaque acide %	Fe %	Eléments calculés		
						CO <sub>2</sub> des carbonates %	C %	Degré de réduction %
60	9,4	—	—	2,6	—	2,6	—	—
120	8,9	—	—	2,9	—	2,9	—	—
180	8,7	12,5	12,3	3,2	41,5	3,2	2,48	82 - 91
240	8,6	12,5	13,7	3,0	43,3	3,0	2,92	70 - 99

Note 1 — Cf. Section V, 3F pour la méthode de calculs.

Note 2 — Le carbone dans les échantillons provient probablement de la décomposition de CO.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Concentrat			Stérile	
			% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
60	B	< 100	60,0	56,1	78,1	40,0	23,5
120	»	»	66,8	55,3	84,0	33,2	21,1
180	»	»	74,9	53,4	90,6	25,1	16,6
240	»	»	60,0	53,3	78,9	40,0	19,7

TABLEAU 15

Minéral : C. Mont-Saint-Martin.

Essai : 2.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 760°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 40 %

CO : 11 %

N<sub>2</sub> : 49 %

Débit des gaz : 14,0 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minéral : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Minéral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> / Fe %	Concentrat			Stérile	
					%	Fe %	% de fer récupéré	%	Fe %
15	A	< 200	44,8	14,3	13,7	58,4	18,1	86,3	42,0
30	A	»	45,3	23,8	39,9	58,8	52,2	60,1	35,7
60	A	»	45,4	37,5	58,4	60,2	77,0	41,6	25,3
»	B	»	»	»	72,0	59,3	92,8	28,0	11,8
120	A	»	45,2	40,3	55,1	60,2	73,5	44,9	26,5
180	A	»	45,6	41,9	57,2	60,5	76,0	42,8	25,6

Note 1 — Conditions des méthodes A et B du tube Davis : cf. Section V, 2C.

Méthode	Echantillon g	Agitation périodes par min	Débit d'eau cm <sup>3</sup> par min	Durée min
A	25	105	400	15
B	10	80	175	15

Analyse du concentrat obtenu à partir de l'échantillon prélevé à la 60<sup>e</sup> minute :

Fe : 59,3 %  
P : 0,53 %  
SiO<sub>2</sub> : 6,5 %  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 6,7 %  
CaO : 1,3 %

**TABLEAU 16**

Mineral : C, Mont-Saint-Martin.

Essai : 8.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 600°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 1,6 %  
 CO : 23,2 %  
 H<sub>2</sub> : 9,6 %  
 N<sub>2</sub> : 65,6 %

Débit des gaz : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de mineral : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Mineral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> %	Concentrat			Stérile	
					%	Fe %	% de fer récupéré	%	Fe %
5	B	< 100	45,0	22,2	45,0	59,8	60,0	55,0	32,7
10	»	»	44,9	31,9	69,0	57,7	88,8	31,0	16,1
20	»	»	45,2	36,8	70,5	56,4	88,9	29,5	17,0
30	»	»	44,9	39,0	72,3	58,1	93,5	27,7	10,5
		essai de contrôle	»	»	74,9	57,3	95,0	25,1	9,1

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis* (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 10 g  
 agitation de 80 périodes/min  
 débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min  
 durée : 15 min.

Note 2 — Tous les échantillons obtenus étaient pyrophoriques. Ils ont été stabilisés par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.

Note 3 — Analyse du concentrat obtenu à partir de l'échantillon prélevé à la 30<sup>e</sup> minute :

Fe : 58,1 %  
 P : 0,47 %  
 SiO<sub>2</sub> : 7,3 %  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 6,9 %  
 CaO : 0,99 %

**TABLEAU 17**

Minerai : C, Mont-Saint-Martin.

Essai : 16.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, minerai grillé étant passé dans un appareil *Steffensen* pour concentration magnétique. Marche discontinue.

Température de réduction : 600°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 3,2 %  
CO : 24,8 %  
H<sub>2</sub> : 12,2 %  
N<sub>2</sub> : 59,8 %

Débit des gaz : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Durée de la réduction : 30 min.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Essai de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration				
		Fe %	Fe <sup>++</sup> / Fe %	Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Tube <i>Davis</i> .....	< 100	45,6	36,4	68,9	57,2	89,3	31,1	15,2
Séparateur <i>Steffensen</i> .....	< 100	»	»	76,1	54,9	94,5	23,9	10,4

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis* (cf. Section V, 2C) :  
échantillon de 10 g  
agitation de 80 périodes/min  
débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min  
durée : 15 min.

Note 2 — Conditions de l'essai *Steffensen* :  
1.050 g  
2 A  
3 passages du concentrat.

L'essai a été fait dans le séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. 1) avec un bac à compartiment unique (c'est-à-dire sans lavage complémentaire après essai).

Note 3 — L'échantillon provenant de cet essai était pyrophorique et a été stabilisé par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.

TABLEAU 18

Minerai : C, Mont-Saint-Martin.

Essai : 23.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire de 102 mm de diamètre, marche discontinue. Une partie du produit traité a été envoyée à la *Dings Magnetic Separator Company and Eriez Co.*

Température de la réduction : 600°C.

Durée de la réduction : 35 min.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 2,4 %

CO : 25,6 %

H<sub>2</sub> : 7,0 %

N<sub>2</sub> : 65,0 %

Débit des gaz : 62,9 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 9.000 g.

Essai de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration				
		Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Tube <i>Davis</i> .....	< 100	49,5	43,0	84,5	51,9	89,8	15,5	32,4
Séparateur <i>Steffensen</i> .....	< 100	»	»	76,1	55,9	95,0	23,9	9,6

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis*.

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Conditions de l'essai *Steffensen* :

460 g

2 A

3 passages du concentrat.

L'essai a été fait dans le séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. 1) avec un bac à compartiment unique (c'est-à-dire sans lavage complémentaire après essai).

**TABEAU 19**

Minerai : C, Mont-Saint-Martin.

Essai : 12.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 450°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 3,6 %

CO : 24,0 %

H<sub>2</sub> : 9,8 %

N<sub>2</sub> : 62,6 %

Débit des gaz : 20,1 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
5	B	< 100	42,1	11,6	9,5	52,9	12,1	90,5	40,1
10	»	»	42,4	15,1	31,1	56,8	42,1	68,9	35,3
20	»	»	43,0	24,2	58,5	56,0	77,0	41,5	23,5
30	»	»	43,1	28,4	65,3	56,5	86,9	34,7	16,1
45	»	»	42,9	28,7	64,6	56,1	86,5	35,4	15,8
60	»	»	45,2	32,4	68,5	56,7	89,6	31,5	17,4

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Tous les échantillons étaient pyrophoriques. Ils ont été stabilisés par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.



TABLEAU 20

Minerai : C, Mont-Saint-Martin.

Essai : 14.

Type de l'essai : Traitement dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Charge oxydée au préalable par circulation d'air à 600°C pendant 60 min, puis réduite à 600°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 59,8 %  
CO : 40,2 %

Débit des gaz : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Gaz réducteurs : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
0	—	—	43,8	0,8	—	—	—	—	—
15	B	< 100	45,0	30,8	56,4	59,1	74,7	43,6	25,5
30	»	»	45,6	31,6	79,8	53,2	95,0	20,2	11,1
60	»	»	45,6	31,6	74,0	57,2	93,5	26,0	11,5
120	»	»	45,3	30,2	46,2	58,4	60,5	53,8	32,7
180	»	»	46,3	34,0	70,0	58,5	92,0	30,0	12,0

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Tous les échantillons étaient pyrophoriques. Ils ont été stabilisés par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.

TABLEAU 21

Minerai : C, Mont-Saint-Martin.

Essai : 22.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Marche discontinue. Réduction complète jusqu'à l'éponge de fer.

Température de réduction : 700°C.

Gaz réducteur : H<sub>2</sub> : 100 %.

Débit des gaz : 14,9 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Analyse des échantillons réduits							
	Perte dans l'hydrogène à 1.000°C %	Gain dans l'oxygène à 1.000°C %	Dégagement de CO <sub>2</sub> à 1.000°C %	CO <sub>2</sub> par attaque acide %	Fe %	Éléments calculés		
						CO <sub>2</sub> des carbonates %	C %	Degré de réduction %
60	9,9	—	—	0,4	—	0,4	—	—
120	4,3	—	—	0,9	—	0,9	—	—
180	3,0	20,4	1,8	0,8	50,8	0,8	0,27	90 - 96
240	2,7	21,1	1,6	1,2			0,10	93 - 100

Note 1 — cf. Section V, 3F pour la méthode de calculs.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulo-métrie	Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Concentrat			Stérile	
			% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
60	B	< 100	73,2	61,3	94,5	26,5	10,1
120	»	»	79,1	58,1	96,3	20,9	8,5
180	»	»	80,9	56,7	95,7	19,1	11,6
240	»	»	85,2	56,6	98,4	14,8	5,4

Note 1 — Les concentrats au tube Davis ont subi une réoxydation au séchage (cf. Section V, 2C).

TABLEAU 22

Minerai : C, Mont-Saint-Martin.

Essai : 31.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue. Réduction complète jusqu'à l'éponge de fer.

Température de réduction : 700°C.

Gaz réducteurs : CO : 76 %  
H<sub>2</sub> : 24 % } Gaz de procédé *Wiberg*.

Débit des gaz : 14,9 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Analyse des échantillons réduits									
	Perte dans l'hydrogène à 1.000°C %	Gain dans l'oxygène à 1.000°C %	Dégagement de CO <sub>2</sub> à 1.000°C %	CO <sub>2</sub> par attaque acide %	Fe %	Fe métal %	Insolubles %	Éléments calculés		
								CO <sub>2</sub> des carbonates %	C %	Degré de réduction %
60	11,7	—	—	2,0	—	11,8	25,9	2,0	—	—
120	9,7	—	—	2,0	—	14,1	28,5	2,0	—	—
180	8,6	9,6	4,3	1,5	51,8	17,8	27,1	1,5	0,76	53 - 63
240	8,45	12,4	13,5	2,7	52,1	16,1	30,0	2,7	2,94	74 - 81

Note 1 — Pour les calculs : cf. Section V, 3F.

Note 2 — Le carbone dans les échantillons provient probablement de la décomposition de CO.

Note 3 — Proportion d'insolubles dans le minerai brut (calciné à 700°C) = 22,0 %.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulométrie	Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Concentrat			Stérile	
			% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
60	B	< 100	69,7	65,0	95,4	31,3	7,7
120	»	»	72,5	64,4	93,6	27,5	11,4
180	»	»	73,9	64,0	92,5	26,1	15,0
240	»	»	75,4	64,1	95,6	24,6	12,9

TABLEAU 23

Mineral : C2, Mont-Saint-Martin.

Essai : 43.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 102 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 650°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 4,4 %

CO : 10,0 %

H<sub>2</sub> : 10,2 %

Débit des gaz : 42,2 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 30,5 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de mineral : 10.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Mineral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
15	B	< 100	37,1	32,1	53,7	57,3	83,5	46,3	12,9
30	»	»	36,6	40,4	55,9	57,5	87,0	44,1	11,0
45	»	»	36,2	42,5	51,7	57,8	83,7	48,3	12,1
60	»	»	35,8	48,6	51,7	56,2	82,1	48,3	13,2

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis* :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

**TABLEAU 24**

*Minerai* : C2. Mont-Saint-Martin.

*Essai* : 35.

*Type de l'essai* : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 102 mm, marche discontinue. Essai de production de minerai grillé pour un essai de concentration à l'appareil *Steffensen*.

*Température de réduction* : 600°C.

*Gaz réducteurs* : CO<sub>2</sub> : 3,2 %

CO : 12,8 %

H<sub>2</sub> : 12,0 %

N<sub>2</sub> : 72,0 %

*Durée de la réduction* : 35 min.

*Débit des gaz* : 50,4 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 30,5 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minerai* : 12.000 g.

Essai de concentration	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration				
		Fe %	$\frac{\text{Fe}^{++}}{\text{Fe}}$ %	Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Séparateur <i>Steffensen</i> .....	< 100	35,4	39,6	59,4	54,6	90,3	40,6	8,8

*Note 1* — Conditions de la séparation *Steffensen* :

échantillon de 1.180 g

2 A

3 passages de concentrat.

L'essai a été fait dans un séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. 1) avec un bac à compartiment unique (c'est-à-dire sans lavage complémentaire après essai).

TABLEAU 25

Minerai : C2, Mont-Saint-Martin.

Essai : 40.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 102 mm, marche continue.

Température de réduction : 600°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 5,6 %

CO : 12,0 %

H<sub>2</sub> : 15,2 %

N<sub>2</sub> : 67,2 %

Allure d'alimentation : 250 g/min.

Hauteur de la couche : 1,80 m.

Temps moyen de séjour du minerai : environ 44 min.

Débit des gaz : 44,7 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 30,5 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Repère de l'échantillon	Appareil de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
A	<i>Steffensen</i> .....	< 100	—	—	59,5	53,0	86,5	40,5	12,1
A	Tube <i>Davis</i> .....	< 100	37,3	37,6	52,3	57,5	83,0	47,7	13,0
B	Tube <i>Davis</i> .....	< 100	37,5	38,4	52,0	58,2	82,0	48,0	13,7

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Conditions de la séparation Steffensen :

800 g

2 A

3 passages de concentrat.

L'échantillon A a été constitué par un mélange du produit normal de recette, plus les fines du cyclone et les fines retenues par la boîte filtrante, tous produits recueillis pendant la première demi-heure de marche. L'échantillon B a été constitué dans les mêmes conditions à partir des produits recueillis dans la seconde demi-heure de marche.

TABLEAU 26

Minerai : C2, Mont-Saint-Martin.

Essai : 41.

Type de l'essai : Réduction continue dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 102 mm.

Température de réduction : 600°C.

Hauteur de la couche : 1,80 m.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 5,4 %

CO : 11,4 %

H<sub>2</sub> : 15,2 %

N<sub>2</sub> : 68,0 %

Allure d'alimentation : 200 g/min.

Temps moyen de séjour du minerai : environ 58 min

Débit des gaz : 44,7 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 30,5 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Repère de l'échantillon	Appareil de concentration	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant	Résultat des essais de concentration				
				Concentrat			Stérile	
			Fe %	% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
B	<i>Steffensen</i>	< 100	38,5	60,7	54,8	86,2	39,3	13,6

Note 1 — Conditions de l'essai *Steffensen* :

échantillon de 900 g

2 A

3 passages de concentrat.

L'essai a été fait dans le séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. n° 1) avec un bac à compartiment unique.

Note 2 — L'échantillon B a été constitué par le mélange du produit normal de recette, plus les fines du cyclone et les fines retenues par la boîte filtrante, tous produits recueillis pendant la dernière moitié de l'essai.

TABLEAU 27

Minerai : C2, Mont-Saint-Martin.

Essai : 42.

Type de l'essai : Réduction continue dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 102 mm.

Température de réduction : 650°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 4,8 %

CO : 11,2 %

H<sub>2</sub> : 10,5 %

N<sub>2</sub> : 73,5 %

Hauteur de la couche : 1,80 m.

Débit d'alimentation : 250 g/min (0,4 t/j).

Temps moyen de séjour du minerai : environ 44 min.

Débit des gaz : 42,2 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 30,5 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Repère de l'échantillon	Appareil de concentration	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant  Fe %	Résultat des essais de concentration				
				Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
B	<i>Steffensen</i>	< 100	38,1	62,5	54,3	89,3	37,5	11,0

Note 1 — Conditions de l'essai *Steffensen* :

échantillon de 900 g

2 A

3 passages de concentrat.

L'essai a été fait dans le séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. 1) avec un bac à compartiment unique.

Note 2 — L'échantillon B a été constitué par le mélange du produit normal de recette, plus les fines du cyclone et les fines retenues par la boîte filtrante, tous produits recueillis pendant la dernière moitié de l'essai.



TABLEAU 28

Minerai : C2, Mont-Saint-Martin.

Essai : 37.

Type de l'essai : Réduction complète dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm.  
Réduction poussée jusqu'à l'éponge de fer. Marche discontinue.

Température de réduction : 800°C.

Gaz réducteurs : CO : 66 %  
H<sub>2</sub> : 34 % } Gaz de procédé *Wiberg*

Débit des gaz : 10,8 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 30,5 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Analyse des échantillons réduits									
	Perte dans l'hydrogène à 1.000°C %	Gain dans l'oxygène à 1.000°C %	Dégagement de CO <sub>2</sub> à 1.000°C %	CO <sub>2</sub> par attaque acide %	Fe %	Fe métal %	Insolubles %	Éléments calculés		
								CO <sub>2</sub> des carbonates %	C %	Degré de réduction %
60	11,4	—	—	3,6	—	—	—	3,6	—	—
120	3,4	—	—	0,8	42,7	12,2	35,2	0,8	—	—
180	3,9	9,5	5,4	0,4	41,6	11,8	35,6	0,4	1,37	63 - 81
240	4,5	11,8	9,2	0,4	41,1	2,8	36,0	0,4	2,4	77 - 83

Note 1 — Pour les calculs : cf. Section V, 3F.

Note 2 — Le carbone dans les échantillons provient probablement de la décomposition de CO.

Note 3 — Proportion d'insolubles dans le minerai brut (calciné à 800°C) : 25,1 %.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulométrie	Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Concentrat			Stérile	
			% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
60	B	< 100	47,0	69,7	84,0	53,0	11,8
120	»	»	46,6	68,3	86,9	53,4	9,1
180	»	»	52,9	68,3	88,7	47,1	9,8
240	»	»	53,5	66,6	90,0	46,5	8,6

TABLEAU 29

Mineral : C2, Mont-Saint-Martin.

Essai : 38.

Type de l'essai : Réduction complète dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm.  
Réduction poussée jusqu'à l'éponge de fer. Marche discontinue.

Température de réduction : 900°C.

Gaz réducteurs : CO : 68 %  
H<sub>2</sub> : 32 % } Gaz de procédé *Wiberg*.

Débit des gaz : 9,9 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 30,5 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de mineral : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Analyse des échantillons réduits									
	Perte dans l'hydrogène à 1.000°C %	Gain dans l'oxygène à 1.000°C %	Dégagement de CO <sub>2</sub> à 1.000°C %	CO <sub>2</sub> par attaque acide %	Fe %	Fe métal %	Insolubles %	Eléments calculés		
								CO <sub>2</sub> des carbonates %	C %	Degré de réduction %
60	4,8	—	—	0,4	—	—	—	—	—	—
120	2,0	15,3	0,66	0,2	44,3	18,3	37,2	0,4	—	—
								0,2	0,12	83-91

Note 1 — Pour les calculs : cf. Section V, 3F.

Note 2 — Charge retirée du réacteur après 2 à 3 h de réduction. Pas de collage.

Note 3 — Proportion d'insolubles dans le mineral brut (calciné à 900°C) : 27,3 %.

Durée de la réduction min	Granulométrie	Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
		Concentrat			Stérile	
		% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
60	< 100	43,9	73,3	83,3	56,1	11,5
120	»	46,8	73,0	90,0	53,2	7,3

TABLEAU 30

Minerai : D, Soumont.

Essai : 4.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 760°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 39,0 %

CO : 10,6 %

N<sub>2</sub> : 50,4 %.

Débit des gaz : 14,0 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction	Méthode tube Davis	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> / Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
15	A	< 200	48,3	31,9	56,7	53,7	64,5	43,3	38,5
30	»	»	48,5	39,0	53,7	55,3	62,0	46,3	39,5
60	»	»	49,1	43,0	58,6	56,3	67,9	41,4	37,9
120	»	»	48,8	46,5	54,8	57,3	64,7	45,2	37,8
180	»	»	48,8	45,7	62,5	57,1	72,7	37,5	35,7
	»	< 100	»	»	67,5	56,0	77,5	32,5	34,1
	B	»	»	»	75,0	56,5	85,8	25,0	28,1

Note 1 — Conditions des méthodes A et B du tube Davis : cf. Section V, 2C.

Méthode	Echantillon g	Agitation périodes par min	Débit d'eau cm <sup>3</sup> par min	Durée min
A	25	105	400	15
B	10	80	175	15

**TABLEAU 31**

*Minerai* : D, Soumont.

*Essai* : 15.

*Type de l'essai* : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

*Température de réduction* : 600°C.

*Gaz réducteurs* : CO<sub>2</sub> : 48,6 %

CO : 3,0 %

N<sub>2</sub> : 48,4 %.

*Débit des gaz* : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 38 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minerai* : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
15	B	< 100	49,3	45,5	78,4	52,6	79,5	31,6	33,7
30	»	»	47,5	46,3	82,1	53,2	87,5	17,9	34,9
60	»	»	49,4	44,3	84,5	52,2	89,2	15,5	34,7
120	»	»	48,8	44,9	86,0	51,9	91,1	14,0	30,5
180	»	»	49,5	43,2	82,0	52,8	87,5	18,0	34,3

*Note 1* — Conditions de la méthode B du tube *Davis* :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

**TABLEAU 32**

Minerai : D, Soumont.

Essai : 18.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, le minerai grillé étant passé dans un appareil *Steffensen* pour concentration magnétique, marche discontinue.

Température de réduction : 700°C.

Durée de la réduction : 120 min.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 43,6 %

CO : 3,6 %

N<sub>2</sub> : 52,8 %.

Débit des gaz : 14,9 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Essai de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration				
		Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Tube <i>Davis</i> .....	< 100	49,7	43,7	83,1	51,8	90,0	16,9	27,9
Séparateur <i>Steffensen</i> .....	»	»	»	89,9	50,1	89,8	10,1	50,1

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis* :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Conditions de l'essai *Steffensen* :

échantillon de 490 g

2 A

3 passages de concentrat.

L'essai a été fait dans un séparateur *Steffensen* de 30 cm (réf. 1) avec un bac à compartiment unique (c'est-à-dire sans lavage complémentaire après essai).

**TABLEAU 33**

Minerai : D, Soumont.

Essai : 26.

Type de l'essai : Répétition de l'essai 18 (voir tableau 32) pour faire une autre séparation à l'appareil Steffensen.

Température de réduction : 700°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 48 %

CO : 2,8 %

N<sub>2</sub> : 49,2 %.

Débit des gaz : 14,0 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Essai de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration				
		Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Tube Davis .....	< 100	49,5	43,0	84,5	51,9	89,8	15,5	32,4
Séparateur Steffensen .....	»	»	»	88,0	52,1	93,4	12,0	27,3

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Conditions de l'essai Steffensen :

échantillon de 682 g

2 A

3 passages de concentrat.

L'essai a été fait dans le séparateur Steffensen de 30 cm de diamètre (réf. 1) avec un bac à compartiment unique (c'est-à-dire sans lavage complémentaire après essai).

TABLEAU 34

Mineral : D, Soumont.

Essai : Glo-Bar Tests.

Type de l'essai : Petits échantillons chauffés en creusets fermés, dans un four type Glo-Bar.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Température °C	Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulo- métrie	Mineral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
				Fe %	Fe <sup>++</sup> %	Concentrat			Stérile	
						% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
600	15	A	< 200	43,5	70,2	18,5	50,6	22,2	81,5	40,2
	30	A	»	49,1	49,5	59,0	52,2	65,2	41,0	39,9
	60	A	»	49,3	44,7	66,5	52,6	71,5	33,5	41,7
700	15	A	»	44,9	59,9	33,6	49,8	37,7	66,4	41,7
	30	A	»	47,5	48,2	54,5	52,5	60,5	45,5	40,9
	60	A	»	49,0	44,5	62,5	56,7	71,8	37,6	37,1

Note 1 — Conditions de la méthode A du tube Davis (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 25 g

agitation de 105 périodes/min

débit d'eau : 400 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

TABLEAU 35

Minerai : D, Soumont.

Essai : 20.

Type de l'essai : Traitement dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Charge oxydée au préalable par circulation d'air à 600°C pendant 30 min, puis réduite à 600°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 39,6 %  
CO : 1,8 %  
N<sub>2</sub> : 58,6 %.

Débit des gaz : Air : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Gaz réducteurs : 16,6 l/min à 20°C, pression normale

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Mineral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
0	B	< 100	48,5	13,4	—	—	—	—	—
15	»	»	49,5	21,0	82,4	51,0	88,1	17,6	32,0
30	»	»	48,9	30,3	82,2	51,6	87,5	17,8	34,3
60	»	»	49,8	37,2	84,9	51,7	89,6	15,1	34,5
120	»	»	49,4	39,5	86,0	51,1	90,3	14,0	34,3

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Analyse du minerai ayant subi la préoxydation :

Fe : 48,5 %

$\frac{Fe^{++}}{Fe}$  : 13,4 %

Fe sous forme de FeCO<sub>3</sub> : 1,0 %.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO
Analyse des concentrats mélangés .....	16,1	7,1	2,6
Analyse des stériles mélangés .....	28,6	13,0	4,8



TABLEAU 36

Minerai : D, Soumont.

Essai : 24.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue. Réduction complète jusqu'à l'éponge de fer.

Température de réduction : 700°C.

Gaz réducteurs : CO : 68 %  
H<sub>2</sub> : 32 % } Gaz de procédé *Wiberg*

Débit des gaz : 14,0 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Analyse des échantillons réduits

Durée de la réduction min	Analyse des échantillons réduits							
	Perte dans l'hydrogène à 1.000°C %	Gain dans l'oxygène à 1.000°C %	Dégagement de CO <sub>2</sub> à 1.000°C %	CO <sub>2</sub> par attaque acide %	Fe %	Eléments calculés		
						CO <sub>2</sub> des carbonates %	C %	Degré de réduction %
60	6,6	16,8	4,2	0,5	55,5	0,5	1,01	74 - 77
120	8,0	—	—	0,4	—	0,4	—	—
180	8,8	—	—	0,4	—	—	—	—
240	8,5	12,9	18,0	2,7	53,7	2,7	4,16	75 - 86

Note 1 — Pour les calculs : cf. Section V, 3F.

Analyse des produits séparés au tube *Davis*

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulométrie	Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Concentrat			Stérile	
			% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
60	B	< 100	82,0	56,1	90,5	18,0	26,9
120	»	»	73,0	63,3	87,0	27,0	25,8
180	»	»	76,2	61,6	94,0	13,8	22,1
240	»	»	78,5	59,7	90,5	21,5	22,7

**TABLEAU 37**

Minerai : D2, Soumont.

Essai : 34.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, minerai grillé étant passé dans un appareil *Steffensen* pour concentration magnétique.

Température de réduction : 700°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 50 %

CO : 2,0 %

N<sub>2</sub> : 48,0 %.

Durée de la réduction : 120 min.

Débit des gaz : 14,9 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Essai de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration			
		Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérilisé % en poids
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	
Séparateur <i>Steffensen</i> .....	< 100	—	—	92,1	47,5	95,3	7,85

Note 1 — Conditions de la séparation *Steffensen* :

échantillon de 700 g

2 A

3 passages du concentrat.

L'essai a été fait dans un séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. 2) avec deux compartiments permettant un lavage complémentaire après essai.

TABLEAU 38

Minerai : D2, Soumont.

Essai : 39.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 102 mm, marche discontinue. Le produit traité a été envoyé en grande partie à la *Dings Magnetic Separator Company*.

Température de réduction : 700°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 44 %

CO : 2 %

N<sub>2</sub> : 54 %.

Durée de la réduction : 120 min.

Débit des gaz : 54,1 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 9.000 g.

Essai de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Résultat des essais de concentration				
		Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Séparateur Steffensen .....	< 100	44,3	48,4	85,4	47,5	90,0	14,6	31,3

Note 1 — Cf. essai 34 (tableau 37) pour essai semblable.

Note 2 — Conditions de l'essai Steffensen :

échantillon de 1.090 g

2 A

3 passages de concentrat.

L'essai a été fait dans un séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. 2) avec un bac à deux compartiments permettant un lavage complémentaire après essai.

**TABLEAU 39**

*Minerai* : D2, Soumont.

*Essai* : 29.

*Type de l'essai* : Traitement dans réacteur *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, charge oxydée au préalable par circulation d'air à 600°C pendant 30 min, puis réduite à 600°C.

*Gaz réducteurs* : CO<sub>2</sub> : 48 %

CO : 2,8 %

N<sub>2</sub> : 49,2 %.

*Débit des gaz* : Air : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

Gaz réducteurs : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 38 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minerai* : 2.000 g.

Durée du traitement min	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
		Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
				% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Minerai préoxydé .... puis réduit	< 100	44,8	4,9					
pendant 15 min	»	44,5	9,7	62,5	51,7	72,0	37,5	33,2
pendant 30 min	»	45,0	20,0	72,0	50,5	80,8	28,0	31,6
pendant 60 min	»	44,8	28,6	77,4	50,6	85,8	22,6	28,7
pendant 120 min	»	45,0	34,6	71,5	51,3	81,0	28,5	29,8

*Note 1* — Conditions de la méthode B du tube *Davis* :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

TABLEAU 40

Mineral : D2, Soumont.

Essai : 30.

Type de l'essai : Essai *Fluosolids* en discontinu. Réduction de 2.000 g de mineral à 700°C pendant 120 min avec :

CO<sub>2</sub> : 50 %

CO : 3 %

N<sub>2</sub> : 47 %.

puis oxydation du mineral réduit à l'air à 300°C. (La charge a été refroidie de 700°C à 300°C en atmosphère d'azote).

Débit des gaz : Gaz réducteurs : 14,9 l/min à 20°C, pression normale.

Air : 25,3 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Durée du traitement min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Mineral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Mineral réduit pendant 120 min	B	< 100	46,2	43,5	82,7	50,0	89,3	17,3	29,1
puis réoxydé									
pendant 15 min	»	»	45,8	24,2	79,1	49,9	86,3	20,9	30,0
pendant 30 min	»	»	45,3	23,1	79,5	49,3	87,0	20,5	28,9
pendant 45 min	»	»	45,7	22,3	78,0	48,5	85,5	22,0	29,7
pendant 60 min	»	»	44,8	22,7	75,8	49,3	84,4	24,2	28,9

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis* :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

**TABEAU 41**

Minéral : D2, Soumont

Essai : 32.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue. Réduction complète jusqu'à l'éponge de fer.

Température de réduction : 700°C.

Gaz réducteurs : CO : 76 %  
                   H<sub>2</sub> : 24 % } Gaz de procédé *Wiberg*.

Débit des gaz : 14,9 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minéral : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Analyse des échantillons réduits							
	Perte dans l'hydrogène à 1.000°C %	Gain dans l'oxygène à 1.000°C %	Degagement de CO <sub>2</sub> à 1.000°C %	CO <sub>2</sub> par attaque acide %	Fe %	Eléments calculés		
						CO <sub>2</sub> des carbonates %	C %	Degré de réduction %
60	6,9	14,4	4,9	0,6	50,4	0,6	1,17	71-75
120	7,2	—	—	0,5	—	0,5	—	—
180	8,3	—	—	0,5	—	0,5	—	—
240	8,3	12,6	14,5	0,5	49,2	0,5	3,82	63-80

Note 1 — Pour les calculs, cf. Section V, 3F.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo-métrie	Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Concentrat			Stérile	
			% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
60	B	< 100	72,3	55,3	85,2	27,7	24,3
120	»	»	75,5	60,9	89,5	24,5	22,2
180	»	»	79,4	57,6	92,0	20,6	19,6
240	»	»	83,4	54,8	94,4	16,6	16,8

TABLEAU 42

Minerai : E, Micheville, calcaire pauvre.

Essai : 5.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche  
discontinue.

Température de réduction : 760°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 40,0 %

CO : 11,2 %

N<sub>2</sub> : 48,8 %.

Débit des gaz : 10,1 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 27,4 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
15	A	< 200	20,2	28,2	9,0	55,8	26,4	91,0	15,4
30	»	»	20,4	40,6	17,0	56,9	47,9	83,0	12,7
60	»	»	20,2	40,5	19,9	56,0	55,2	80,1	11,3
»	»	< 100	»	»	11,4	57,8	33,4	88,6	15,0
»	B	»	»	»	18,5	58,6	51,2	81,5	12,7
120	A	< 200	20,4	43,0	16,0	57,6	46,0	84,1	12,9
180	»	»	20,2	43,6	13,7	57,6	39,8	86,3	13,9

Note 1 — Pour les méthodes A et B du tube *Davis*, cf. Section V, 2C.

## TABLEAU 43

*Minéral* : E, Micheville, calcaire pauvre.

*Essai* : 9.

*Type de l'essai* : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

*Température de réduction* : 600°C.

*Gaz réducteurs* : CO<sub>2</sub> : 2,4 %

CO : 22,8 %

H<sub>2</sub> : 9,6 %

N<sub>2</sub> : 65,2 %.

*Débit des gaz* : 12,0 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 27,4 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minéral* : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Minéral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat		Stérile		
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
5	B	< 100	18,9	20,1	15,1	49,1	39,5	84,9	13,4
10	»	»	18,9	29,6	19,4	51,1	51,9	80,6	11,4
20	»	»	18,8	41,0	15,9	49,5	42,3	84,1	12,8
30	»	»	18,8	44,7	22,5	52,2	58,2	77,4	11,0
45	»	»	20,5	45,8	17,9	55,4	52,5	82,1	10,9

*Note 1* — Conditions de la méthode B du tube Davis (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

*Note 2* — Tous les échantillons obtenus étaient pyrophoriques. Ils ont été stabilisés par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.



**TABLEAU 44**

Minerai : F, Micheville, siliceux.

Essai : 3.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm. Marche discontinue.

Température de réduction : 760°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 43 %

CO : 8,6 %

N<sub>2</sub> : 48,4 %.

Débit des gaz : 12,3 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 33,4 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulométrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> / Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
15	A	< 200	35,2	15,1	10,5	56,6	17,4	89,5	31,1
30	»	»	34,8	23,8	26,2	56,9	44,8	73,8	25,0
60	»	»	34,3	36,2	36,6	57,4	61,6	63,4	20,6
60	»	< 100	34,3	36,2	39,2	56,6	65,1	60,8	19,5
120	»	< 200	34,1	43,5	24,4	57,8	41,5	75,6	26,3
180	»	»	34,2	44,7	30,3	57,5	51,3	69,7	23,7

Note 1 — Conditions de la méthode A du tube *Davis* (cf. Section V, 2C) :

échantillon de 25 g

agitation de 105 périodes/min

débit d'eau : 400 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

TABLEAU 45

Minerai : F, Micheville, siliceux.

Essai : 10.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 600°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 2,4 %

CO : 24,0 %

H<sub>2</sub> : 9,6 %

N<sub>2</sub> : 64,0 %.

Débit des gaz : 14,6 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 33,4 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube <i>Davis</i>	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube <i>Davis</i>				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
5	B	< 100	33,0	10,9	7,15	57,5	12,9	92,8	30,1
10	»	»	33,4	27,0	26,9	57,2	46,5	73,1	24,2
20	»	»	33,6	37,0	34,6	54,9	60,6	65,4	18,8
30	»	»	33,7	44,0	43,3	52,9	68,5	56,7	18,5
45	»	»	33,7	49,5	46,2	48,8	67,9	53,8	19,9

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube *Davis* :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

Note 2 — Tous les échantillons obtenus étaient pyrophoriques. Ils ont été stabilisés par expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote.

TABLEAU 46

Minéral : F, Micheville, siliceux.

Essai : 21.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue. Une charge de 2.000 g de minéral a été réduite à 600°C pendant 60 min avec :

CO<sub>2</sub> : 3,6 %

CO : 20,4 %

H<sub>2</sub> : 4,0 %

N<sub>2</sub> : 72,0 %.

puis soumise à une réoxydation par l'air à 300°C. Entre 600°C et 300°C, la charge de minéral a été refroidie par fluidisation en atmosphère d'azote.

Débit des gaz : Gaz réducteurs : 14,6 l/min à 20°C, pression normale.  
Air : 21,5 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 33,4 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minéral : 2.000 g.

Durée du traitement min	Méthode tube Davis	Granulométrie	Minéral grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> / Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Minéral réduit pendant 60 min	B	< 100	33,5	61,5	52,3	50,4	82,0	47,7	12,0
puis réoxydé pendant 15 min	»	»	33,7	15,7	52,4	53,6	80,1	47,6	14,6
pendant 30 min	»	»	33,6	9,8	54,9	49,1	84,3	45,1	11,1
pendant 45 min	»	»	33,4	8,4	51,3	52,7	80,4	48,7	13,5
pendant 60 min	»	»	32,8	8,25	46,3	54,0	77,5	53,7	13,5

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g

agitation de 80 périodes/min

débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min

durée : 15 min.

**TABLEAU 47**

*Minerai* : G, Tucquegnieux.

*Essai* : 17.

*Type de l'essai* : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

*Température de réduction* : 600°C.

*Gaz réducteurs* : CO<sub>2</sub> : 4 %  
 CO : 24,0 %  
 H<sub>2</sub> : 9,0 %  
 N<sub>2</sub> : 63,0 %.

*Débit des gaz* : 16,6 l/min à 20°C, pression normale.

*Vitesse conventionnelle* : 38 cm/sec.

*Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

*Charge de minerai* : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
5	B	< 100	35,0	34,8	51,4	55,4	84,0	48,6	13,6
10	»	»	35,5	42,0	46,2	57,4	75,0	53,8	16,5
20	»	»	35,9	48,0	49,8	57,3	79,5	50,2	14,8
30	»	»	36,1	51,8	53,8	54,2	85,0	46,2	11,0
45	»	»	35,9	62,7	53,0	54,5	83,5	47,0	12,2

*Note 1* — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g  
 agitation de 80 périodes/min  
 débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min  
 durée : 15 min.

TABLEAU 48

Minerai : G, Tucquegnieux.

Essai : 19.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 51 mm, marche discontinue.

Température de réduction : 760°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 40,5 %  
CO : 11,2 %  
N<sub>2</sub> : 48,3 %.

Débit des gaz : 14,0 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 2.000 g.

Durée de la réduction min	Méthode tube Davis	Granulo- métrie	Minerai grillé tout venant		Analyse des produits séparés au tube Davis				
			Fe %	$\frac{Fe^{++}}{Fe}$ %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
			36,9	35,0	61,0	49,7	83,8	39,0	15,2
15	B	< 100	36,8	40,5	51,9	58,4	82,1	48,1	13,7
30	»	»	37,1	44,5	46,1	58,6	74,0	53,9	17,6
60	»	»	36,9	45,5	45,1	59,9	73,0	54,9	18,5
120	»	»	36,6	46,2	46,5	58,8	74,8	53,5	17,3
180	»	»							

Note 1 — Conditions de la méthode B du tube Davis :

échantillon de 10 g  
agitation de 80 périodes/min  
débit d'eau : 175 cm<sup>3</sup>/min  
durée : 15 min.

## TABLEAU 49

Minerai : G, Tucquegnieux.

Essai : 36.

Type de l'essai : Réduction dans réacteur standard *Fluosolids*, modèle de laboratoire, diamètre 102 mm, le minerai grillé étant passé dans un appareil *Steffensen* pour concentration magnétique. Marche discontinue.

Température de réduction : 760°C.

Gaz réducteurs : CO<sub>2</sub> : 39,6 %

CO : 8,0 %

N<sub>2</sub> : 52,4 %.

Durée de la réduction : 15 min.

Débit des gaz : 47,0 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 38 cm/sec.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge de minerai : 9.000 g.

Essai de concentration	Granulométrie	Minerai grillé tout venant Fe %	Résultat des essais de concentration				
			Concentrat			Stérile	
			% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
Séparateur <i>Steffensen</i> ..	< 65	36,1	61,0	51,8	87,5	39,0	11,6

Note 1 — Conditions de l'essai *Steffensen* :

échantillon de 1.180 g

2 A

3 passages du concentrat.

L'essai a été fait dans le séparateur *Steffensen* de 30 cm de diamètre (réf. 1) avec un bac à compartiment unique (c'est-à-dire sans lavage complémentaire après essai).

**ANNEXE II**

---

**D O R R    C O M P A N Y**  
**LABORATOIRE DE WESTPORT**

---

**RAPPORT DE RECHERCHES N° 2**

---

**GRILLAGE MAGNÉTISANT ET CONCENTRATION**  
**DU**  
**MINERAI DE FER FRANÇAIS C2**  
**(Mont-Saint-Martin, "siliceux, couche L 5")**

**par**

**T. D. HEATH**

---

*26 Juillet 1950*

# SOMMAIRE

---

I — INTRODUCTION .....	83
II — ANALYSE DU MINERAI BRUT .....	86
III — RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ET CONCLUSIONS .....	86
IV — RECOMMANDATIONS .....	93
V — TECHNIQUES EMPLOYÉES	
1. Préparation des échantillons de minerai .....	93
2. Procédés de réduction et de concentration magnétique .....	93
3. Méthode d'analyse du fer ferreux .....	93
VI — DÉTAIL DES ESSAIS ET DISCUSSION DES RÉSULTATS	
1. Grillage magnétisant du Minerai C 2	
a) Premiers essais de réduction en marche discontinue .....	93
b) Premiers essais de réduction en marche continue .....	94
c) Réduction et préparation du minerai pour les essais de concentration en installation-pilote .....	94
d) Entraînement et pertes de poussières .....	95
2. Concentration du Minerai C 2 après grillage magnétisant	
a) Essais préliminaires à l'appareil <i>Steffensen</i> .....	95
b) Essais en installation-pilote .....	96
VII — RÉFÉRENCES .....	96
VIII — ECHANTILLONS .....	97
IX — DOCUMENTS COMPLÉMENTAIRES .....	98



## I. — INTRODUCTION

Les essais préliminaires effectués sur le minerai français C2 (Mont-Saint-Martin « siliceux couche L5 » fourni par la Société des Aciéries de Longwy) ayant montré que ce minerai pouvait être réduit en marche continue ou discontinue dans un réacteur *Fluosolids*, puis concentré après broyage et séparation magnétique humide pour donner un concentrat final à plus de 50 % de fer, avec une récupération du fer d'environ 90 %, il fut décidé que des essais complémentaires seraient réalisés sur ce minerai à l'échelle semi-industrielle.

Le programme d'essais à effectuer sur ce minerai a été en conséquence complété comme suit : 5 tonnes de minerai C2 ont été réduits à Westport dans un petit réacteur continu *Fluosolids*. Le minerai réduit fut alors séparé en quatre lots, chacun d'entre eux devant être traité dans une installation-pilote de concentration magnétique appartenant à une société différente.

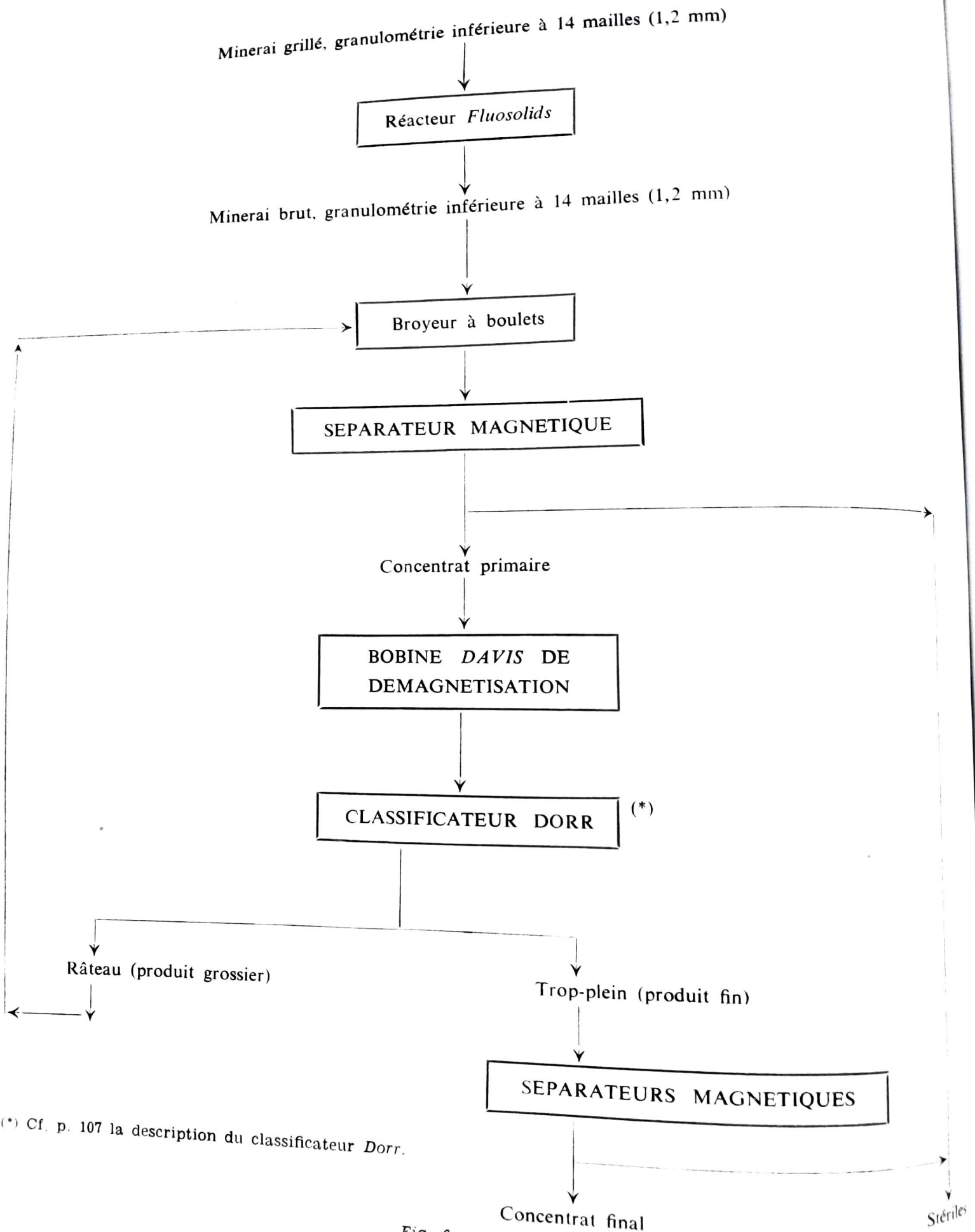
Le premier lot de minerai fut envoyé à la *Hardinge Company* qui devait le broyer à sec jusqu'à une granulométrie inférieure à 100 mailles, puis envoyer le produit broyé à la *Eriez Manufacturing Company* laquelle, à son tour, devait opérer la concentration du minerai grillé sur séparateurs magnétiques à sec.

Le deuxième lot de minerai grillé fut envoyé à la *Bethlehem Steel Co*, laquelle devait le concentrer dans sa grande installation-pilote par broyage humide et concentration magnétique humide sur séparateurs magnétiques *Steffensen*.

Le troisième lot de minerai fut broyé humide jusqu'à une granulométrie inférieure à 100 mailles par la *Dorr Co* et envoyé à la *Dings Magnetic Separator Co* pour concentration magnétique humide sur un séparateur magnétique *Crockett*.

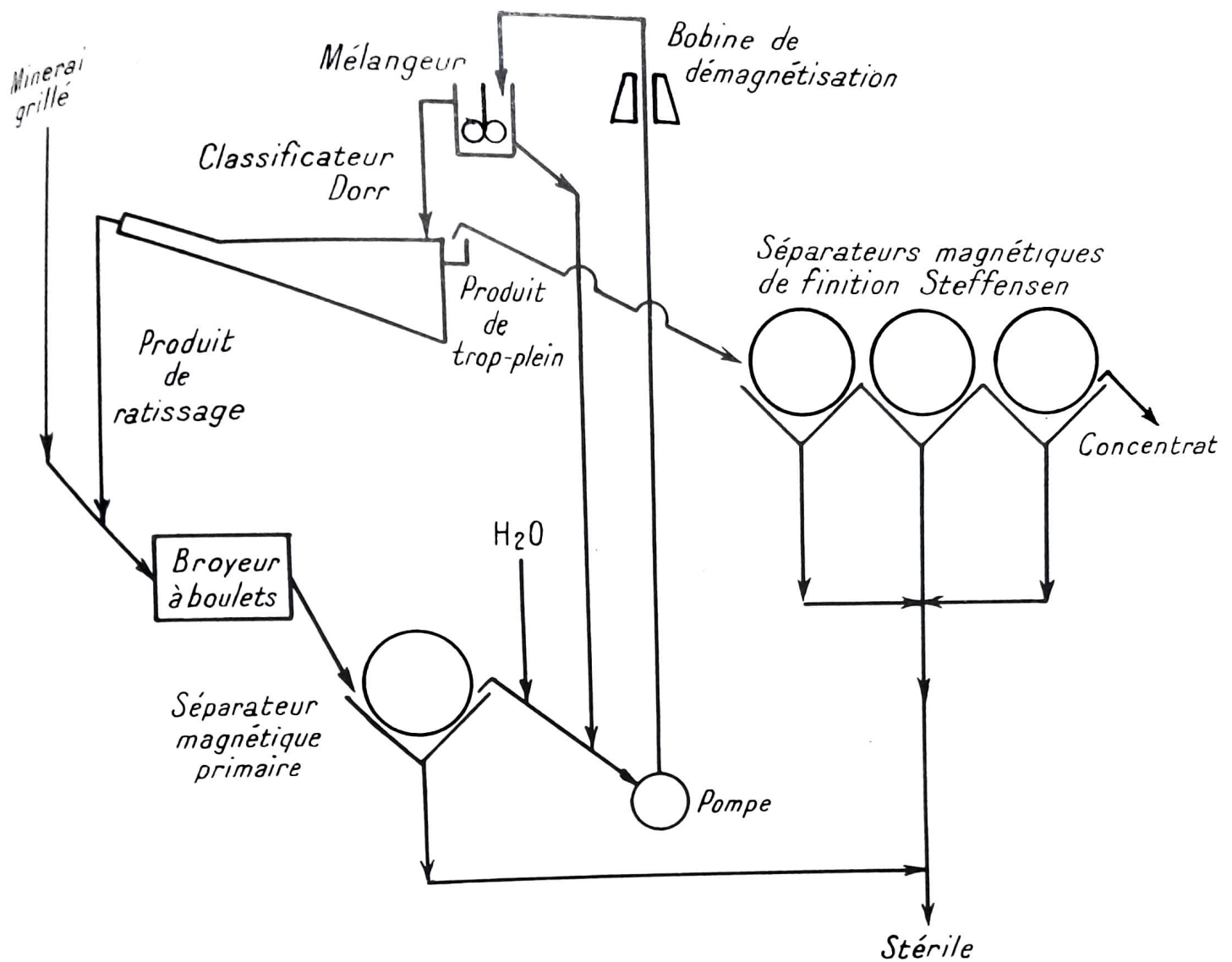
Le dernier lot de minerai fut conservé par la *Dorr Co* pour essais dans une installation-pilote de concentration magnétique. Cette installation est représentée deux fois :

- fig. 6, schéma A, sans représentation des appareils
- fig. 7, schéma 1, avec représentation des appareils.



(\*) Cf. p. 107 la description du classificateur Dorr.

Fig. 6. — Schéma A.  
Concentration magnétique, Schéma sans représentation des appareils.



*Description de l'équipement :*

- Broyeur à boulets *Hardinge* de 350 mm.
- Séparateur magnétique primaire, tambour de 90 cm de diamètre et 19 cm de largeur.
- Séparateur magnétique *Steffensen*, tambour de 30 cm de diamètre et 14 cm de largeur.
- Bobine de démagnétisation *Davis*, mise à disposition par E.W. Davis, de l'Université de Minnesota.
- Pompe de la *Dorr C°*, taille n° 1.
- Turbo-mélangeur de laboratoire, dans un réservoir de 19 l.
- Classificateur *Dorr* de 200 mm.

*Note :* Une fraction du produit fin a été recyclée du mélangeur à la pompe afin de régulariser la composition et l'écoulement de ce produit fin au classificateur.

Fig. 7. — Schéma 1.

Concentration magnétique. Schéma avec représentation des appareils.

## II. — ANALYSE DU MINERAI BRUT

Cinq tonnes de minerai de Mont-Saint-Martin « siliceux, couche L5 » (Aciéries de Longwy) furent reçues à Westport le 13 février 1950. Ce lot a été référencé « Minerai C2 ».

Ces 5 t de minerai C2 étaient tout d'abord destinées à être traitées en unité-pilote. Toutefois, un lot de 500 kg environ en fut distrait, dont une partie a été employée aux essais préliminaires de réduction dont il est rendu compte dans le Rapport n° 1.

L'analyse chimique du lot principal de minerai C2 est rappelée ci-après (tableau A).

TABLEAU A

Constituants	%
Fer (soluble dans l'acide) .....	34,05
Fer (insoluble dans l'acide) .....	0,65
Fe ferreux .....	2,3
SiO <sub>2</sub> .....	21,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,2
CaO .....	7,0
P .....	0,70
Mn .....	0,22
CO <sub>2</sub> (libéré par attaque acide) .....	5,6
Humidité par chauffage à 110°C .....	0,95
Perte au feu à 1.000°C .....	14,0

\*  
\*\*

## III. — RESUME DES RESULTATS ET CONCLUSIONS

### 1° — Grillage magnétisant du minerai C 2

— a) Des essais de réduction continue, effectués dans l'appareillage de laboratoire *Fluosolids* (cf. Section VI, I, du présent Rapport) ont montré que le minerai C2 pouvait être réduit à l'état de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> en donnant un concentrat à 54 % de fer avec une récupération de 92 % du fer. Ce résultat a été obtenu dans des conditions de grillage réducteur facilement transposables dans un réacteur à large échelle.

Voici un exemple des conditions dans lesquelles la réduction du minerai est susceptible d'être opérée :

— *Température* : 650°C.

— *Composition des gaz* : CO : 13,8 %

CO<sub>2</sub> : 4,8 %

H<sub>2</sub> : 13,8 %

CH<sub>4</sub> : 0,4 %

N<sub>2</sub> : 67,2 %.

— *Relation entre le volume de gaz réducteurs et le poids de minerai* : environ 200 l (20°C, pression normale) par kg de minerai traité.

— *Durée du traitement* : environ 54 min

— *Epaisseur de la couche fluidisée* : 1,80 m

— *Granulométrie* : plus fin que le tamis de 14 mailles.

— *Vitesse conventionnelle des gaz* : 30 cm/sec.

— b) Les résultats préliminaires obtenus sur des entraînements de poussières (cf. Section VI, Id du présent Rapport) montrent qu'au cours de l'opération en réacteur *Fluosolids*, sur minerai C2 de granulométrie inférieure à 14 mailles, il y a environ 13 à 14 % de la charge du four entraîné dans les cyclones. Des cyclones efficaces permettent de retourner la plus grande partie de cette charge au four, en sorte que la perte nette en poussières n'exécède pas 2 %.

— c) Les essais de grillage magnétisant sur minerai C2, conduits dans les conditions sous a), montrent que le minerai, refroidi à 20°C en atmosphère réductrice, est légèrement pyrophorique, c'est-à-dire qu'il présente un léger dégagement de chaleur à l'exposition à l'air. Toutefois, cette légère réoxydation est si peu importante qu'elle n'affecte pas la concentration ultérieure du minerai (cf. Section VI 1 d et tableau B du présent rapport).

— d) Environ 5 t de minerai C2 ont été réduites par grillage magnétisant dans un réacteur *Fluosolids* de laboratoire, continu, de 102 mm de diamètre, afin de produire une quantité suffisante de minerai grillé pour les essais de concentration en unité-pilote. La réduction a été faite dans les conditions indiquées sous a). Des détails complémentaires sont donnés tableau 1, p. 105.

\*  
\* \*

## 2° — Concentration du minerai C 2

a) Des essais de concentration préliminaires ont été faits à l'appareil *Steffensen* sur minerai réduit C2. Ils ont montré que le broyage optimum pour les essais de concentration du minerai réduit C2 était la granulométrie de 48 mailles, voire même une granulométrie plus forte (tableau B).

b) Trois essais de concentration ont été faits en unité-pilote sur le minerai réduit C2 dont les résultats sont résumés au tableau C. Dans les essais 2 et 3, pour lesquels la concentration fut faite aux granulométries de 48 et de 14 mailles respectivement, des résultats presque identiques ont été obtenus dans les deux cas. Les concentrats titrent 52 à 54 % de fer, et les récupérations du fer sont de 92,4 et 92,5 %. Dans l'essai 1, pour lequel la concentration a été faite sur un minerai broyé à moins de 100 mailles, le concentrat final tient 53 % de fer, mais la récupération du fer n'est que de 89,1 %. Ces résultats confirment les essais préliminaires à l'appareil *Steffensen* : le broyage optimum pour les essais de concentration correspond à la granulométrie 48 mailles, ou à une granulométrie supérieure, en ce qui concerne le minerai grillé C2.

c) Dans les essais 1 et 2 de concentration en unité-pilote (cf. tableau C), il a été trouvé que le minerai était suffisamment concentré, en parcourant le circuit de broyage, de concentration et de classement du schéma 1 (fig. 7) (cf. aussi schéma A, fig. 6), et qu'il n'était pas nécessaire de procéder à une nouvelle opération de concentration. Une partie du concentrat primaire retirée à l'écoulement du Classificateur Dorr au cours de l'essai 1 a finalement subi une nouvelle concentration (essai 1 A). Cette pratique a fait tomber la récupération du fer de 89,1 % à 75,3 % (cf. tableau C).

Une particularité du minerai grillé C2 est qu'il ne présente pas de caractéristiques magnétiques aussi marquées que les magnétites artificielles obtenues à partir des minerais américains. Aussi, ce minerai grillé est-il sensible aux conditions d'agitation et de lavage pendant la séparation magnétique.

d) Dans les essais de concentration 1 et 2 en unité-pilote [cf. tableau C et schéma 1 (fig. 7)], aucun inconvénient ne fut remarqué au cours de la démagnétisation du concentrat primaire, démagnétisation poussée jusqu'au point où le concentrat était susceptible de passer avec succès dans l'appareil standard Dorr de classement des minerais. Les analyses granulométriques correspondantes des essais 1 et 2 sont données dans les graphiques des figures 8 et 9. Elles montrent que, dans les deux cas, les essais de classement sont extrêmement satisfaisants.

e) Des essais de classement et de concentration ont été faits par la Dorr C° sur d'autres minerais de fer français pauvres. Dans quelques-uns de ces essais, un cyclone de classement (appelé *Dorrclone*) a été employé avec succès pour le classement du concentrat magnétique primaire [cf. schéma 1 (fig. 7)], sans démagnétisation préalable. Puisque le minerai C2 paraît être moins magnétique que les minerais expérimentés au préalable à la Dorr C°, il est probable que l'ensemble composé d'une bobine de démagnétisation Davis et d'un classificateur Dorr pourrait être avantageusement remplacé par le *Dorrclone* à l'échelle semi-industrielle.

\*  
\* \*

**TABLEAU B**  
Essais de concentration à l'appareil Steffensen du minerai grillé C 2

Repère de l'expérience	N° de l'essai au cours duquel a été obtenu le minerai grillé	Granulométrie	Mineral grillé tout venant		Résultats de l'essai Steffensen				
			Fe %	Fe <sup>++</sup> / Fe %	Concentrat			Stérile	
					% en poids	Fe %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
1	46	< 14	—	—	62,8	52,9	80,3	37,2	10,7
2	»	< 35	—	—	69,2	52,9	93,5	30,8	8,4
3	»	< 48	38,5	34,2	64,1	55,1	90,5	35,9	10,4
4	»	< 48	38,6	34,0	67,2	54,0	92,5	32,8	9,1
5	»	< 65	41,7	33,2	58,4	57,6	85,5	41,6	13,7
6	»	< 65	38,9	34,0	56,8	55,6	82,0	43,2	15,9
7	»	< 100	41,7	33,2	63,6	54,6	88,7	36,4	12,2
8	»	< 100	38,9	34,0	56,4	56,3	81,4	43,6	16,7
9	»	< 150	38,5	34,2	59,4	53,6	84,0	40,6	15,1
10	45	< 65	38,9	36,0	56,5	56,4	83,6	43,5	14,3
11	»	< 100	38,9	36,0	60,8	55,5	88,5	39,2	11,5
12	42 B	< 48	37,7	35,0	60,8	53,5	89,5	39,2	9,8
13	»	< 65	37,7	35,0	56,5	55,9	84,5	43,5	13,3

Analyse granulométrique (*) des échantillons provenant de l'essai N°	3	4	5	6	7	8	9
Numéro du tamis: 65	39,9	37,6	0,6	1,8	—	—	—
100	65,1	64,0	25,4	38,1	—	5,8	1,1
150	76,4	76,4	43,5	56,5	13,9	26,2	2,6
200	82,0	80,0	56,5	69,3	33,8	46,3	17,1

(\*) Il s'agit des « refus » au tamis indiqué.

Note 1 — Les essais nos 42 B, 45 et 46 ont été faits dans les mêmes conditions opératoires. Au cours de l'essai n° 46, 5 t de minerai ont été grillées pour les essais de concentration en unité-pilote (p. 105).

Note 2 — Le minerai grillé provenant de l'essai n° 42 B (cf. essais 12 et 13 ci-dessus) a été refroidi et soigneusement stabilisé, en évitant toute élévation de température, par des expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote. Les minerais grillés obtenus dans les essais 45 et 46 ont été exposés à l'air après refroidissement. On a noté un léger dégagement de chaleur.

**TABLEAU C**

**Résumé des résultats des essais de concentration effectués sur le minerai C 2 en unité-pilote**

Expé- rience en unité- pilote	Schéma de référence  (5)	Propor- tion passant au tamis de 100 mailles  %	Minerai grillé tout venant		Résultats des essais de concentration					
			Fe  %	SiO <sub>2</sub>  %	Concentrat				Stériles mélangés	
					% en poids	Fe %	SiO <sub>2</sub> %	% de fer récupéré	% en poids	Fe %
1 (1)	2	0,75	37,4	23,6	60,7	52,9	8,3	89,1	39,3	10,0
1 A (2)	2	0,75	37,4	23,6	47,5	56,5	5,6	75,3	52,5	16,9
2 (3)	3	17,8	37,8	24,6	64,2	54,0	8,1	92,4	35,8	8,1
3 (4)	4	79,2	—	—	64,5	52,0	10,6	92,5	35,5	7,8

(1) L'essai n° 1 a été fait suivant le schéma 1 de la figure 7 (p. 85), sans concentration magnétique de finition. Le concentrat de cet essai est simplement le produit obtenu au déversoir de l'appareil de classement (schéma 2).

(2) L'essai 1 A est le même que l'essai 1, mais avec une concentration terminale effectuée sur le produit de classement précédent, aux séparateurs magnétiques de finition [cf. schémas 1 (fig. 7) et 2].

(3) L'essai n° 2 est semblable à l'essai n° 1. Il a été exécuté conformément au schéma 1, sans concentration magnétique finale. Le concentrat obtenu dans cet essai est simplement le produit d'écoulement de l'appareil de classement (schéma 3).

(4) Le minerai grillé C 2 (plus fin que la granulométrie 14 mailles) a été concentré aux appareils magnétiques de finition sans avoir subi ni broyage, ni classement (schémas 1 et 4).

(5) Schéma 2, cf. pages 99, 100 et 101,

Schéma 3, cf. pages 102 et 103,

Schéma 4, cf. page 104.

**TABLEAU D**  
**Résumé des résultats des essais de classement en appareil-pilote sur le minerai C 2**

Essai en appareil- pilote	Proportion de solide			Rapport produit de râteau  produit de trop-plein	N° de la figure	Analyse granulométrique			
	Charge  %	Produit de trop-plein  %	Produit de râteau  %			Tamis  n°	Refus cumulés		
							Charge  %	Produit de trop-plein  %	Produit de râteau  %
1 et 1 A	49,0	23,5	71,0	3,9	7	48	1,0	—	1,7
						65	8,4	—	11,8
						100	21,5	0,75	27,7
						150	36,6	2,8	46,7
						200	57,9	10,4	69,5
						325	—	28,8	—
2	54,3	43,7	71,0	1,1	8	48	1,8	0,6	3,0
						65	14,0	6,4	23,8
						100	34,4	17,8	50,9
						150	49,8	32,3	68,2
						200	63,7	44,7	79,5
						325	—	67,6	—



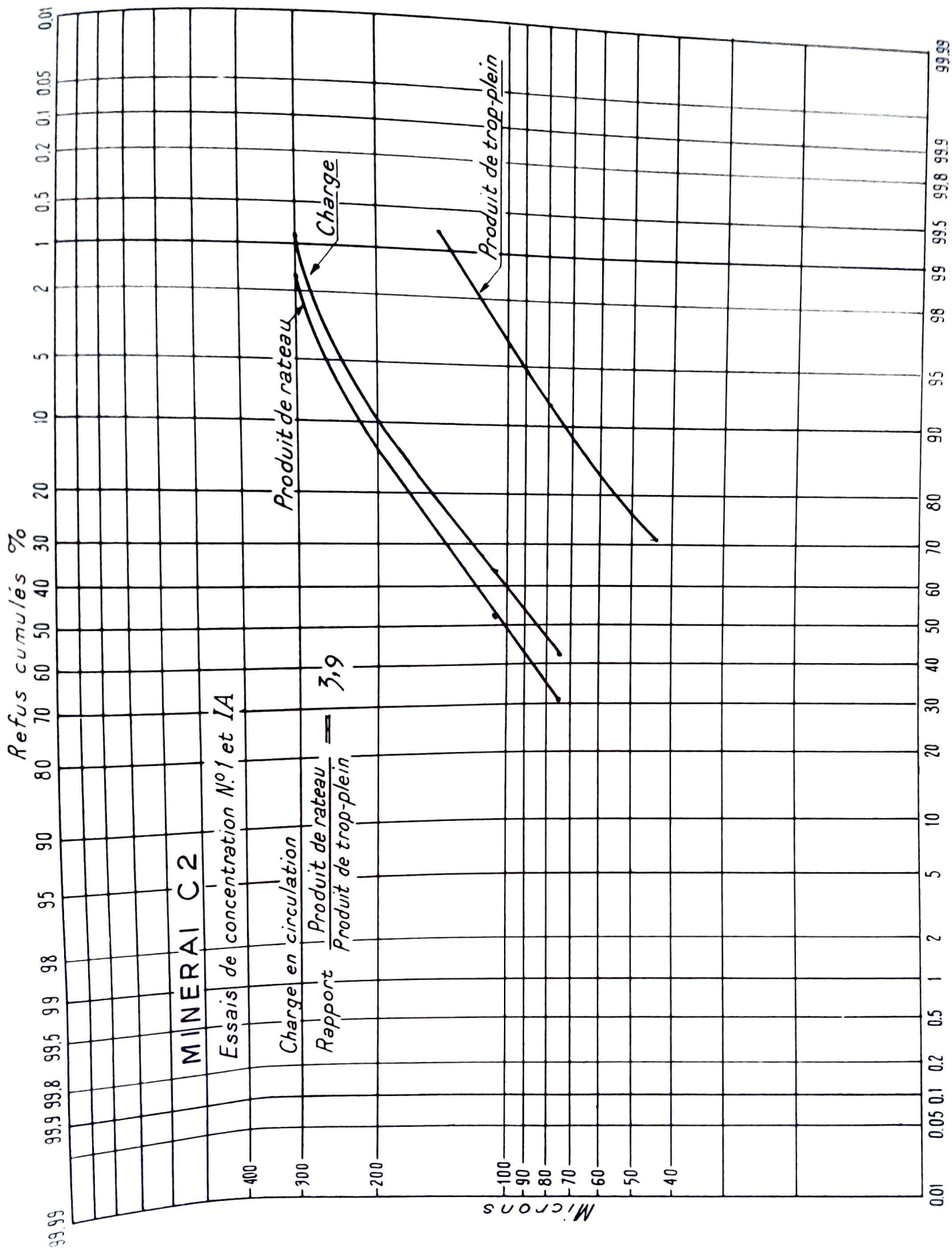


Fig. 8. — Essais de concentration nos 1 et 1 A sur mineral C2.

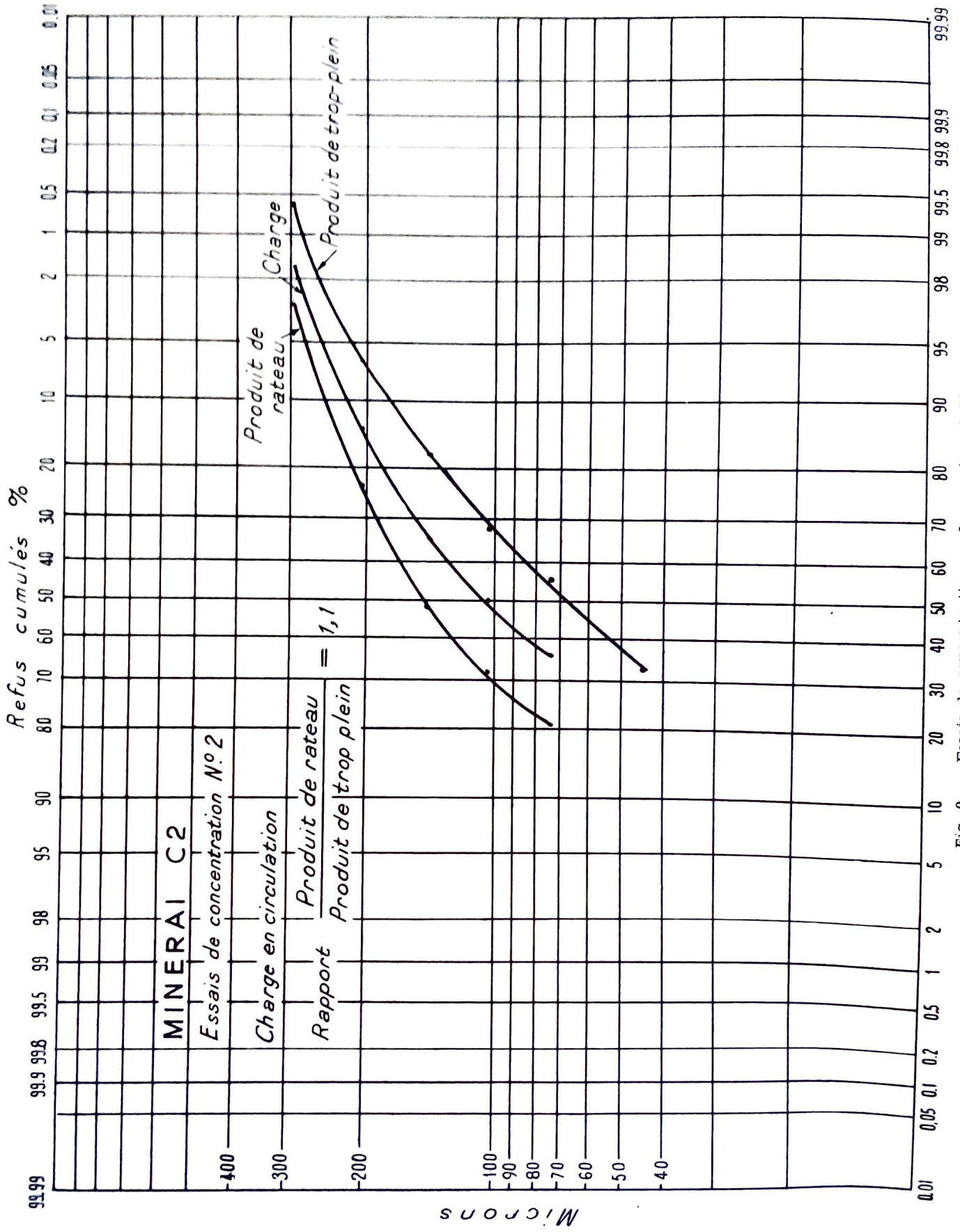


Fig. 9. — Essais de concentration n° 2 sur mineral C2.

## IV. — RECOMMANDATIONS

Cf. Rapport général, p. 13.

\*  
\*\*

## V. — TECHNIQUES EMPLOYEES

### 1° — Préparation des échantillons de minerai

Avant réduction, le lot de 5 t de minerai C 2 a été broyé à sec et passé au crible de 14 mailles. Le broyage a été effectué dans un broyeur à boulets suivi d'un broyeur à marteaux, l'un et l'autre montés en circuit avec le crible de 14 mailles.

\*  
\*\*

### 2° — Procédés de réduction et de concentration magnétique

#### a) Essais discontinus à l'appareil Fluosolids.

Les conditions du grillage magnétisant en marche discontinue sont intégralement données p. 18 du Rapport de recherches n° 1 (annexe I).

#### b) Essais continus à l'appareil Fluosolids.

Les conditions en marche continue sont données p. 19 du Rapport de recherches n° 1 (annexe I).

#### c) Essais de concentration à l'appareil Steffensen.

Afin de fixer les idées sur la granulométrie à laquelle devrait être ramené le minerai C 2 pour obtenir une concentration optimum, des essais de concentration préliminaires ont été faits sur du minerai sec, de granulométries diverses. L'appareil utilisé pour ces essais est un séparateur *Steffensen* de laboratoire (cf. rapport 1), muni d'un tambour de 30 cm de diamètre, sur 14 cm de largeur. La séparation s'effectue dans un bac à chambre unique, avec déversoir de trop plein latéral pour la décharge du stérile fin. Les particules les plus grosses du stérile se déposent dans le fond du bac et sont éliminées par un tube d'écoulement. Il n'y a pas eu d'eau de lavage employée.

Pour chaque essai à l'appareil *Steffensen*, on employait environ 500 à 1.000 g de produit. L'échantillon en épreuve était amené à la granulométrie désirable par broyage dans un broyeur à disques avec tamisage discontinu. L'échantillon était alors passé à l'appareil *Steffensen* pour séparation en un concentrat et un stérile primaires. Le concentrat primaire était repassé au séparateur pour nettoyage final. Les trois stériles résultant de chaque essai étaient mélangés et broyés pour former le stérile total reconstitué. Dans tous les essais, le séparateur *Steffensen* fonctionnait sur courant de 2 A.

\*  
\*\*

### 3° — Méthode d'analyse du fer ferreux

Cf. p. 22 du Rapport n° 1.

\*  
\*\*

## VI. — DETAIL DES ESSAIS ET DISCUSSION DES RESULTATS

### 1° — Grillage magnétisant du minerai C 2

#### a) Premiers essais de réduction en marche discontinue.

Tous les essais de réduction en marche discontinue qui ont été faits sur le minerai C 2 ont déjà fait l'objet d'un compte rendu dans le Rapport n° 1 (cf. p. 26, et 54 et 55). Il en est de même pour les premiers essais sur le minerai C (cf. p. 26, et 46 à 50).

Les essais discontinus ont montré que les résultats obtenus par grillage magnétisant du lot C 2 n'étaient pas aussi satisfaisants que l'optimum atteint au grillage magnétisant du minerai C.

Concentrat				
Minerai	Teneur en fer	%	Fer récupéré	Référence
	%	en poids	%	
C	54,9	76,1	94,5	Rapport n° 1 (annexe I), p. 48
C 2	54,6	59,4	90,3	Rapport n° 1 (annexe I), p. 55

Ces résultats peuvent être attribués à la faible teneur en fer du minerai C 2 (34,05 % de Fe) alors que le minerai C en contient davantage (40,7 % de Fe).

Les essais de grillage magnétisant discontinus ont montré sur le minerai C 2 qu'une réduction acceptable pouvait être obtenue dans des conditions complètement différentes de composition et de température des gaz. Par exemple, une bonne réduction a été obtenue avec un gaz à faible pouvoir réducteur (CO : 11 % ; CO<sub>2</sub> : 40 % ; N<sub>2</sub> : 49 %) à 760°C, pendant 60 min, et avec un gaz à fort pouvoir réducteur (CO<sub>2</sub> : 1,6 % ; CO : 23,2 % ; H<sub>2</sub> : 9,6 % ; N<sub>2</sub> : 65,6 %) à 600°C, pendant 30 min [cf. p. 46 et 47 du Rapport n° 1 (annexe I)].

\*  
\*\*

b) *Premiers essais de réduction en marche continue.*

Les résultats des trois premiers grillages magnétisants sur minerai C 2 sont consignés dans le Rapport n° 1 (cf. p. 26, et 56 à 58).

Les essais de réduction discontinus sur minerai C 2 ont montré qu'un optimum pouvait être obtenu à 600°C, en traitant le minerai pendant 35 min, avec un gaz de composition approchée (CO<sub>2</sub> : 3,2 % ; CO : 12,8 % ; H<sub>2</sub> : 12,0 % ; N<sub>2</sub> : 72 %) (cf. p. 55 du Rapport n° 1).

Dans les essais continus, il a été trouvé que, pour obtenir des résultats analogues, on devait vaincre la difficulté provenant de ce que certains grains de minerai traversaient rapidement la masse fluidisée en la court-circuitant. Cet effet de court-circuit a été surmonté en portant la température de réduction de 600 à 650°C et la durée de séjour moyenne de 35 à 44 min (cf. p. 55 et 58 du Rapport n° 1).

On n'a effectué que deux essais préliminaires de réduction sur le minerai C 2 (essais 45 et 46). Pour ces essais, des conditions très voisines de celles de l'essai 42 ont été adoptées (cf. p. 58). Dans les essais 45 et 46, le gaz réducteur a été produit à partir d'un gazogène, tandis que dans l'essai 42 le gaz a été préparé par mélange des constituants à partir de bouteilles de gaz. Des détails sur les essais 45 et 46 sont donnés dans le *tableau 1* à la fin de ce Rapport, page 105.

L'essai 45 fut essentiellement un essai de contrôle, pour vérifier que les conditions de réduction choisies pour la marche sur 5 t de minerai C 2 (essai 46) produiraient un minerai grillé tout venant de qualité correcte pour les essais de concentration. C'est pourquoi les propriétés pyrophoriques du minerai grillé ont été examinées au cours de l'essai 45 pour voir si l'exposition du minerai à l'air n'était pas susceptible de provoquer une réoxydation indésirable de la masse. Environ 9 kg de minerai grillé furent refroidis à température ambiante, dans un réservoir étanche en atmosphère de gaz réducteurs et à l'abri de l'air. Après refroidissement, le produit a été versé en tas à l'air libre. On a constaté un léger échauffement du minerai, ce qui correspond sans aucun doute à une faible réoxydation. Le minerai a été ensuite refroidi, et des échantillons furent alors broyés et passés au séparateur magnétique *Steffensen*. Les résultats obtenus sont sensiblement les mêmes sur ce produit et sur l'échantillon 42 B qui avait été rendu stable à l'air par des expositions alternées en atmosphères d'air et d'azote (cf. *tableau B*, p. 17, essais de concentration *Steffensen*).

\*  
\*\*

c) *Réduction et préparation du minerai pour les essais de concentration en installation-pilote.*

Au cours de l'essai 46 (cf. *tableau 1*) il a été traité environ 4.000 kg de minerai C 2 : broyage, pour obtenir un produit plus fin que le tamis de 14 mailles, puis grillage magnétisant dans deux réacteurs continus de laboratoire de 102 mm de diamètre afin de produire la charge suffisante aux essais de concentration

en appareil-pilote (\*). Le gaz réducteur pour cet essai a été obtenu par combustion partielle de bouteilles de propane dans un générateur *Exogas* de la *Westinghouse Electric Corp.* de puissance 7.000 l/h. Avant de passer à la marche de production, un essai préliminaire (essai n° 45) a été fait dans les conditions mêmes de production, les échantillons de minerai grillé étant concentrés sur appareil *Steffensen* (cf. *tableaux 1 et B* du présent Rapport).

Suivant instructions reçues de M. Henry, les 3.300 kg de minerai grillé au cours de l'essai 46 ont été soigneusement mélangés et répartis en quatre lots :

- environ 900 kg ont été envoyés à la *Hardinge C°*, qui devait les broyer à sec jusqu'à une granulométrie inférieure à 100 mailles, puis envoyer le produit broyé à la *Eriez Manufacturing C°* à Erie, Pennsylvanie, laquelle, à son tour, devait opérer la concentration du minerai grillé sur séparateurs magnétiques ;
- environ 1.300 kg de minerai grillé furent envoyés à la *Bethlehem Steel C°*, laquelle devait en assurer le broyage et effectuer des essais de concentration magnétique humide sur sa grande installation-pilote dotée de séparateurs magnétiques *Steffensen* ;
- enfin 90 kg furent broyés « humide » jusqu'à une granulométrie inférieure à 100 mailles par les soins de la *Dorr C°*. Le broyage a été fait dans un broyeur à boulets *Hardinge*, monté dans un circuit avec un crible de 65 mailles. Le produit a été ensuite envoyé à la *Dings Magnetic Separator C°*, pour concentration magnétique par voie humide, sur un séparateur magnétique *Crockett*.

Le minerai restant fut conservé par la *Dorr C°*, pour essais dans une installation-pilote de concentration, suivant schéma A du présent Rapport.

\*  
\* \*

#### d) *Entraînement et pertes de poussières.*

Les seuls résultats valables sur les entraînements et pertes de poussières par traitement de minerai C 2 à l'appareil *Fluosolids* ont été obtenus au cours de l'essai 40 (\*\*). Nous rappelons que dans cet essai la réduction a été effectuée à 600°C avec une vitesse des gaz de 30,4 cm/sec et un débit de 178 l par kg de minerai. Les produits se sont répartis comme suit :

— Produit de trop plein .....	86,5 %
— Produit de cyclone .....	13,0 %
— Produit de boîte filtrante .....	0,5 %.

En pratique, le produit de cyclone serait recyclé au four. Le produit recueilli à la boîte filtrante, c'est-à-dire celui qui a échappé au cyclone, devrait être considéré comme perdu, à moins d'installer un système de récupération du type manche filtrante.

D'après les résultats précédents, l'entraînement des poussières est d'environ 26 g par 100 l de gaz chauds.

\*  
\* \*

## 2° — Concentration du minerai réduit C 2

### a) *Essais préliminaires à l'appareil Steffensen.*

Des échantillons de minerai réduit préparés dans des conditions analogues au cours des essais 42, 45 et 46 ont été broyés à diverses dimensions et passés à l'appareil *Steffensen* pour déterminer le broyage susceptible de mieux convenir à la concentration. Les résultats de tous ces essais sont résumés dans le *tableau B* du présent Rapport.

En bref, les résultats indiquent que le broyage optimum, eu égard à la richesse du concentrat et à l'importance de la récupération de fer, correspond à la granulométrie 48 mailles, ou à un produit moins fin. Dans la plupart des essais au cours desquels l'échantillon a été réduit à une finesse plus grande que la granulométrie 48 mailles, la récupération de fer dans le concentrat final a été inférieure à 85 % et s'est révélée de ce fait insuffisante. Tandis que dans les essais de concentration effectués sur une matière moins fine que la granulométrie 48, on a trouvé des récupérations de fer d'environ 90 %.

Les résultats du *tableau B* montrent également que la teneur en fer du concentrat ne varie pas sensiblement avec la finesse du broyage. En fait, les échantillons de 14 mailles ont donné des concentrats à 53 % de fer, tandis que les échantillons réduits à une finesse inférieure à 65 mailles n'ont donné que des concentrats à 56 % de fer environ.

(\*) La description et le schéma de l'appareil sont donnés p. 20 et 21 du Rapport n° 1.

(\*\*) Cf. p. 56 du Rapport n° 1.

### b) Essais en installation-pilote.

Bien que les essais préliminaires à l'appareil *Steffensen* aient montré que la granulométrie optimum pour le minerai réduit C2 correspondait à la maille 48, l'essai de concentration dans le premier appareil-pilote a été effectué sur minerai broyé à la granulométrie 100 (cf. *schéma 2*). Cette granulométrie a été adoptée afin de pouvoir comparer les résultats obtenus à ceux des concentrations effectuées par voies humide et sèche sur les installations de l'*Eriez Manufacturing Co*, de la *Bethlehem Steel Co*, et de la *Dings Magnetic Separator Co* qui avaient accepté de travailler sur minerai broyé à la maille 100.

Pour le deuxième essai de concentration en appareil-pilote (cf. *schéma 3*) l'opération a été faite sur le minerai à la granulométrie 48, tandis que pour le troisième essai, l'opération a été faite sur minerai grillé tout venant sans broyage, à la granulométrie 14.

La *Dorr Co* a recommandé que les essais de concentration aux granulométries 48 et 100 soient faits suivant le *schéma 1* (\*). Le principal avantage de ce schéma est que le séparateur magnétique est placé de façon telle dans le circuit de broyage et de classement que la séparation magnétique élimine des stériles de la plus grosse dimension possible; d'où il résulte une économie de broyage. Le *schéma 1* est particulièrement recommandable pour la concentration sur produit plus fin que la granulométrie 100. Pour la concentration des produits de granulométrie 48 ou moins fine, le *schéma 1* pourrait être avantageusement modifié en envoyant la charge d'alimentation directement au séparateur primaire et non au broyeur à boulets. Dans le *schéma 1*, le concentrat obtenu au séparateur primaire et qui repasse dans le circuit de broyage et de classement est extrêmement magnétique. De ce fait, les particules forment des agrégats et se déposent si rapidement que leur classement devient impossible dans un classificateur hydraulique standard, à moins qu'elles ne soient démagnétisées au préalable. Une bobine de démagnétisation a été montée dans le circuit. Elle a été réalisée par E.W. Davis à l'Université de Minnesota, et c'est la seule bobine qui ait donné satisfaction à la *Dorr Co*. La bobine Davis a démagnétisé rapidement le minerai C2, au cours des essais de concentration 1 et 2, et le classement des produits a pu être effectué dans de bonnes conditions au classificateur *Dorr* standard (cf. *fig. 8 et 9*).

Des essais préliminaires effectués sur du minerai magnétique ont montré que dans certains cas le cyclone de classement de la *Dorr Co* (le *Dorrclone*) était suffisant pour assurer le classement du concentrat magnétique primaire, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à la démagnétisation. Le *Dorrclone* de la plus petite dimension a une capacité trop grande pour avoir pu être utilisé au cours des essais de concentration à petite échelle qui ont été faits sur du minerai C2. Toutefois, nous recommandons que l'essai en soit fait au cours des essais de concentration magnétique effectués à large échelle sur les minerais grillés. Dans l'opération-pilote suivant le *schéma 1*, on a pris soin de mettre le système en équilibre avant le début d'un essai. Cette précaution a exigé jusqu'à six heures d'opérations préliminaires. Chacun des essais proprement dits a duré de une à trois heures, avec concentration de 90 à 180 kg de minerai grillé.

Le produit de trop-plein à sa sortie du classificateur a été stocké en fûts où il décantait naturellement, et les stériles primaires ont été recueillis dans un fût de bois.

Dans les essais de concentration 1 et 2 sur minerai broyé aux granulométries de 100 et de 48 mailles respectivement (cf. *schémas 2 et 3*) on a observé que les produits de trop-plein sortant du classificateur étaient déjà concentrés à 53 et 54 % de fer, la récupération totale en fer s'élevant à 89-93 % (cf. *tableau C*, p. 89 du rapport). Ces résultats ont été obtenus sans la séparation secondaire figurant au *schéma 1*. Une séparation du fer en dessous du minimum de 90 %. Toutefois, une partie de ce concentrat de trop-plein, en traitement final obtenu titrait 56,5 % de fer, mais avec une récupération de 75,3 % seulement (cf. *essai 1 A*, *tableau C*, de ce rapport).

Dans l'essai de concentration 3 (cf. *schéma 4*) le minerai réduit C2 a été traité à l'appareil de concentration finale du *schéma 1*, mais sans circulation dans le circuit de broyage et de classement. Le minerai grillé fut concentré directement à la granulométrie de 14 mailles.

\*  
\*\*

## VII. — REFERENCES

*Cahiers Fluosolids 109 et 134.*

(\*) Cf. p. 85 du présent rapport.

### VIII. — ECHANTILLONS

Les échantillons suivants, obtenus au cours des essais de concentration 1, 2 et 3 ont été préparés pour être envoyés à l'IRSID sur sa demande :

N° de l'essai de concentration	Nature du prélèvement	Analyse	
		Fe %	SiO <sub>2</sub> %
—	Mineral brut, échantillon C 2 non réduit .....	34,0 (1)	21,4 (1)
1	Mineral grillé C 2, charge .....	37,4	23,6
»	Produit de sortie du broyeur à boulets .....	49,3	12,7
»	Stérile primaire .....	10,0	50,0
»	Classificateur, charge .....	54,7	8,0
»	» produit de râteau .....	54,9	8,0
»	» produit de trop-plein .....	52,9	8,3
1 et 1 A	Concentrat final .....	56,5	5,6
1 et 1 A	Tous stériles mélangés .....	37,6	18,6
2	Mineral grillé C 2, charge .....	37,8	24,6
»	Produit de sortie du broyeur à boulets .....	42,5	20,2
»	Stérile primaire .....	8,1	43,0
»	Classificateur, charge .....	54,2	9,2
»	» produit de trop-plein .....	54,0	8,1
»	» produit de râteau .....	54,7	9,3
3	Concentrat final .....	52,0	10,6
»	Tous stériles mélangés .....	7,8	49,5

(1) Cette valeur a été obtenue sur un échantillon moyen de mineral C 2. L'échantillon sur un prélèvement à la pelle pourrait donner des résultats légèrement différents en fer et silice.

En plus des échantillons précédents, il reste un lot d'environ 90 kg de mineral grillé C 2. Cet échantillon est gardé dans un fût métallique de 30 gallons, repéré A 195.

THE WESTPORT MILL  
Signé : T.D. HEATH.

\*  
\* \*

## IX. — DOCUMENTS COMPLEMENTAIRES JOINTS AU RAPPORT - ANNEXE II

---

— Schéma 2 — Essais de concentration nos 1 et 1 A.....	99
— Schéma 3 — Essai de concentration n° 2 sur minerai C 2 .....	102
— Schéma 4 — Essai de concentration n° 3 sur minerai C 2 .....	104
— Tableau 1 — Détail des conditions du grillage magnétisant .....	105
— Classificateur Dorr .....	106



## SCHEMA 2

### Essais de concentration n<sup>os</sup> 1 et 1 A sur minerai C 2

Minerai grillé tout venant, ex-lot C 2 (granulométrie < 14 mailles)

% en poids : 100  
teneur en Fe : 37,4 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 23,6 %

**BROYEUR A BOULETS**

Produit de sortie, décharge

% en poids : 337,3  
teneur en Fe : 49,3 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 12,7 %

**SEPARATION MAGNETIQUE PRIMAIRE**

Concentrat primaire

Stérile primaire

% en poids : 39,3  
teneur en Fe : 10,0 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 50,0 %

**BOBINE DE DEMAGNETISATION**

Charge au classificateur

% en poids : 298  
teneur en Fe : 54,7 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 8,0 %

**CLASSIFICATEUR DORR**

Produit de râteau

% en poids : 237,3  
teneur en Fe : 54,9 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 8,0 %

Produit de trop-plein

% en poids : 60,7  
teneur en Fe : 52,9 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 8,3 %  
% de Fe récupéré : 89,1

**CONCENTRATION FINALE**  
3 passages dans séparateur de 90 cm de diamètre

Concentrat final

% en poids : 47,5  
teneur en Fe : 56,5 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 5,6 %  
% de Fe récupéré : 75,3

Mélange des stériles  
des trois passages

% en poids : 13,2  
teneur en Fe : 37,6 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 18,6 %

Tous stériles, y compris  
le stérile primaire  
(éléments calculés)

% en poids : 52,5  
teneur en Fe : 16,9 %  
teneur en SiO<sub>2</sub> : 42,2 %

**SCHEMA 2 (suite)**

Essais de concentration n<sup>os</sup> 1 et 1 A sur produit C 2

Tableau des analyses granulométriques

Tamis N°	Refus cumulés, en %					
	Minerai grillé C 2	Produit de décharge du broyeur à boulets	Stériles primaires	Classificateur. Charge	Classificateur. Produit de râteau	Classificateur. Produit de trop-plein
20	1,2				(voir fig. 7)	
28	5,6					
35	12,4		1,7		rat/tp = 3,9 (1)	
48	25,6	1,5	6,8	1,0	1,7	
65	58,7	14,4	20,2	8,4	11,8	
100	75,0	21,7	38,7	21,5	27,7	0,75
150	81,2	38,5	53,3	36,6	46,7	2,8
200	86,0	49,5	66,3	57,9	69,5	10,4
325	—	64,5	—	—	—	28,8

(1)  $\frac{\text{produit de râteau}}{\text{produit de trop-plein}} = 3,9$

Tamis N°	Refus cumulés, en %		
	Concentrat final	Mélange des trois stériles de la concentration finale	Tous stériles mélangés
35			
48			1,3
65			5,1
100		1,1	15,4
150	2,6	3,5	29,9
200	11,1	8,1	42,0
325	49,3	14,9	53,3
		—	—

**SCHEMA 2 (suite)**  
**Essais de concentration n<sup>os</sup> 1 et 1 A sur minerai C 2**  
**Données opératoires de l'installation-pilote**

---

*Description schématique de l'installation-pilote et de l'équipement : voir schéma 1 (fig. 9).*

*Broyeur à boulets : charge fraîche : 60 kg/h.*

*Séparateur magnétique primaire :*

Vitesse du tambour : 14 tours/min.

Courant dans les enroulements : 6 A, à travers chacun des deux circuits.

Ecoulement d'eau pour la décharge du concentrat : 1,9 l/min.

*Démagnétisation :*

La bobine de démagnétisation *Davis* a été mise en œuvre conformément aux instructions de M. E.W. Davis, de l'Université de Minnesota.

*Recirculation et mélange :*

Le blocage de la pompe par les produits magnétiques a été grandement évité en recyclant dans le circuit de pompage la charge démagnétisée et préparée pour le classificateur. Le débit de ce recyclage était d'environ 945 l de suspension de minerai dans l'eau par heure. Le produit recyclé n'était en aucun moment en contact avec des éléments magnétiques.

*Classificateur :*

Vitesse du râteau : 16 coups à la min .

Alimentation du classificateur en charge solide : 175 kg/h.

$$\text{Rapport } \frac{\text{solide de râteau}}{\text{solide de trop-plein}} = \frac{3,9}{1}$$

Classificateur : proportion de matières solides dans la charge	: 49,0 %
proportion de matières solides dans le produit de trop-plein	: 23,5 %
proportion de matières solides dans le produit de râteau	: 71,0 %.

*Concentrat magnétique final (tambour de 90 cm) :*

Vitesse du tambour : 10 tours/min.

Courant à travers les bobines : 6 A. à travers chacun des deux circuits montés sur chaque passage.

Nombre de passages (charge et concentrat) : 3.

Débit de solide à l'alimentation : 34 à 68 kg/h.

\*  
\* \*

**SCHEMA 3**  
**Essai de concentration n° 2, sur minerai C 2**

Minerai grillé tout venant, ex lot C 2 (granulométrie < 14 mailles)

% en poids : 100  
 teneur en Fe : 38,8 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 24,6 %

**BROYEUR A BOULETS**

Produit de sortie, décharge

% en poids : 170,5  
 teneur en Fe : 42,5 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 20,2 %

**SEPARATION MAGNETIQUE PRIMAIRE**

Concentrat primaire

Stérile primaire :

% en poids : 35,8  
 teneur en Fe : 8,1 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 43,0 %

**BOBINE DE DEMAGNETISATION**

Charge au classificateur

% en poids : 134,7  
 teneur en Fe : 54,2 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 9,2 %

**CLASSIFICATEUR DORR**

Produit de râteau

% en poids : 70,5  
 teneur en Fe : 54,7 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 9,3 %

Produit de trop-plein

% en poids : 64,2  
 teneur en Fe : 54,0 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 8,1 %  
 % de fer récupéré : 92,4

**SCHEMA 3 (suite)**

**Essai de concentration n° 2, sur minerai C 2**

**Tableau des analyses granulométriques**

Tamis N°	Refus cumulés, en %					
	Minerai grillé C 2	Produit de décharge du broyeur à boulets	Stériles primaires	Classificateur. Charge	Classificateur. Produit de râteau	Classificateur. Produit de trop-plein
20	0,7				(voir fig. 8)	
28	5,2				produit de râteau	
35	10,9				produit de trop-plein	
48	22,2	2,4	1,1	1,8	3,0	0,6
65	57,5	15,6	23,1	14,0	23,8	6,4
100	76,0	36,5	44,5	34,4	50,9	17,8
150	82,3	53,0	60,6	49,8	68,2	32,3
200	86,8	65,3	69,8	63,7	79,5	44,7
325	—	—	—	—	—	67,6

**Données opératoires de l'installation-pilote**

*Description schématique de l'installation-pilote et de l'équipement : voir Schéma 1 (fig. 9).*

*Broyeur à boulets : charge fraîche : 90 kg/h.*

*Séparateur magnétique primaire :*

Vitesse du tambour : 14 tours/min.

Courant dans les enroulements : 6 A à travers chacun des deux circuits.

Ecoulement d'eau pour la décharge du concentrat : 1,9 l/min.

*Démagnétisation :*

La bobine de démagnétisation *Davis* a été mise en œuvre conformément aux instructions de M. E.W. Davis, de l'Université de Minnesota.

*Recirculation et mélange :*

Le blocage de la pompe par les produits magnétiques a été grandement évité en recyclant dans le circuit de pompage la charge démagnétisée et préparée pour le classificateur. Le débit de ce recyclage était d'environ 945 l de suspension de minerai dans l'eau par heure. Le produit recyclé n'était en aucun moment en contact avec des éléments magnétiques.

*Classificateur :*

L'essai a été effectué dans la moitié seulement du classificateur *Dorr* de 200 mm.

Alimentation du classificateur en charge solide : 120 kg/h.

$$\text{Rapport} \frac{\text{solide de râteau}}{\text{solide de trop-plein}} = \frac{1,1}{1}$$

Classificateur : proportion de matières solides dans la charge : 54,3 %  
 proportion de matières solides dans le produit de trop-plein : 43,7 %  
 proportion de matières solides dans le produit de râteau : 71,0 %.

## SCHEMA 4

### Essai de concentration n° 3, sur minerai C 2

Minerai grillé tout venant, ex lot C 2 (granulométrie < 14 mailles)

% en poids : 100  
 teneur en Fe : 36,4 % (teneur calculée)  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 24,4 % (teneur calculée)

**CONCENTRATION MAGNETIQUE**  
trois passages dans un tambour de 90 cm de diamètre

Concentrat final

% en poids : 64,5  
 teneur en Fe : 52,0 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 10,6 %  
 % de Fe récupéré : 92,5

Mélange des stériles  
des trois passages

% en poids : 35,5  
 teneur en Fe : 7,8 %  
 teneur en SiO<sub>2</sub> : 49,5 %

### Analyses granulométriques

N° du tamis	Refus cumulés, en %		
	Minerai grillé C 2 charge (éléments calculés)	Concentrat final	Mélange de tous stériles
20	1,0	0,5	1,9
28	5,6	4,0	8,6
35	12,5	8,9	19,0
48	26,0	19,6	37,7
65	61,4	60,0	63,9
100	79,2	80,0	77,5
150	85,6	86,1	84,5
200	88,6	88,4	89,0

### Description schématique de l'installation-pilote et de l'équipement

Le seul élément d'équipement mis en place a été un séparateur magnétique avec tambour de 90 cm de diamètre. Celui-ci était un appareil identique à celui figurant au schéma I (fig. 9).

*Concentration magnétique :*

*L'alimentation du minerai réduit, de granulométrie 14 mailles, était faite par voie humide au séparateur magnétique.*

*Vitesse de rotation du tambour : 10 tours/min.*

*Courant dans les enroulements : 6 A à travers chacun des deux circuits, sur chaque passage.*

*Nombre de passages (charge et concentrat) : 3.*

*Débit d'alimentation de minerai solide : 34 à 68 kg/h.*

# TABLEAU I

## Détail des conditions du grillage magnétisant

---

Minerai : C 2 (Mont-Saint-Martin).

Essais : 45 et 46.

Type de l'essai : Réduction continue dans un réacteur « Fluosolids », modèle de laboratoire, diamètre 102 mm.  
*Essai 45* : essai de réglage. *Essai 46* : essai de réduction des 5 t de minerai C 2 nécessaires aux essais de concentration magnétique.

Température de réduction : 650°C.

Gaz réducteurs (produits par un gazogène Westinghouse Exogas) :

CO <sub>2</sub>	: 4,8 %
CO	: 13,8 %
H <sub>2</sub>	: 13,8 %
CH <sub>4</sub>	: 0,4 %
N <sub>2</sub>	: 67,7 %.

Allure d'alimentation : 212 g/min.

Hauteur de la couche : 1,80 m.

Temps moyen de séjour du minerai : 54 min environ.

Débit des gaz : 42,2 l/min à 20°C, pression normale.

Vitesse conventionnelle : 30,5 cm/sec.

Capacité calorifique des gaz réducteurs admis au réacteur par tonne de minerai traité : 134 thermies.

Capacité calorifique du propane admis au générateur par tonne de minerai traité : 246 thermies.

Granulométrie : plus fin que le tamis de 14 mailles.

Charge totale admise aux réacteurs : 4.032 kg.

Minerai grillé total : 3.342 kg.

Analyse du minerai grillé :

teneur en Fe	: 37,4 %
rapport $\frac{Fe^{++}}{Fe}$	: 34,0 %
teneur en SiO <sub>2</sub>	: 24,0 %
perte au feu à 1.000°C	: 4,75 %.

Produits : Les produits de trop-plein du réacteur, les produits recueillis au cyclone et dans la chambre filtrante ont été mélangés sans être pesés séparément. Le mélange a été homogénéisé avant d'être réparti en quatre lots différents pour les essais de concentration.

Essais de concentration Steffensen sur ce produit : cf. tableau B du présent rapport, page 88.

Essais de concentration en installation-pilote sur ce produit :  
 cf. tableaux C et D, figures 8 et 9 et schémas 1 à 4 du présent rapport, pages 85 et suivantes.

Note. — Le minerai grillé a été refroidi à température ambiante dans un récipient étanche, après quoi il fut exposé à l'air, où un léger dégagement de chaleur a été constaté, signe de réoxydation. Les essais de concentration Steffensen ont été faits sur le produit réoxydé.

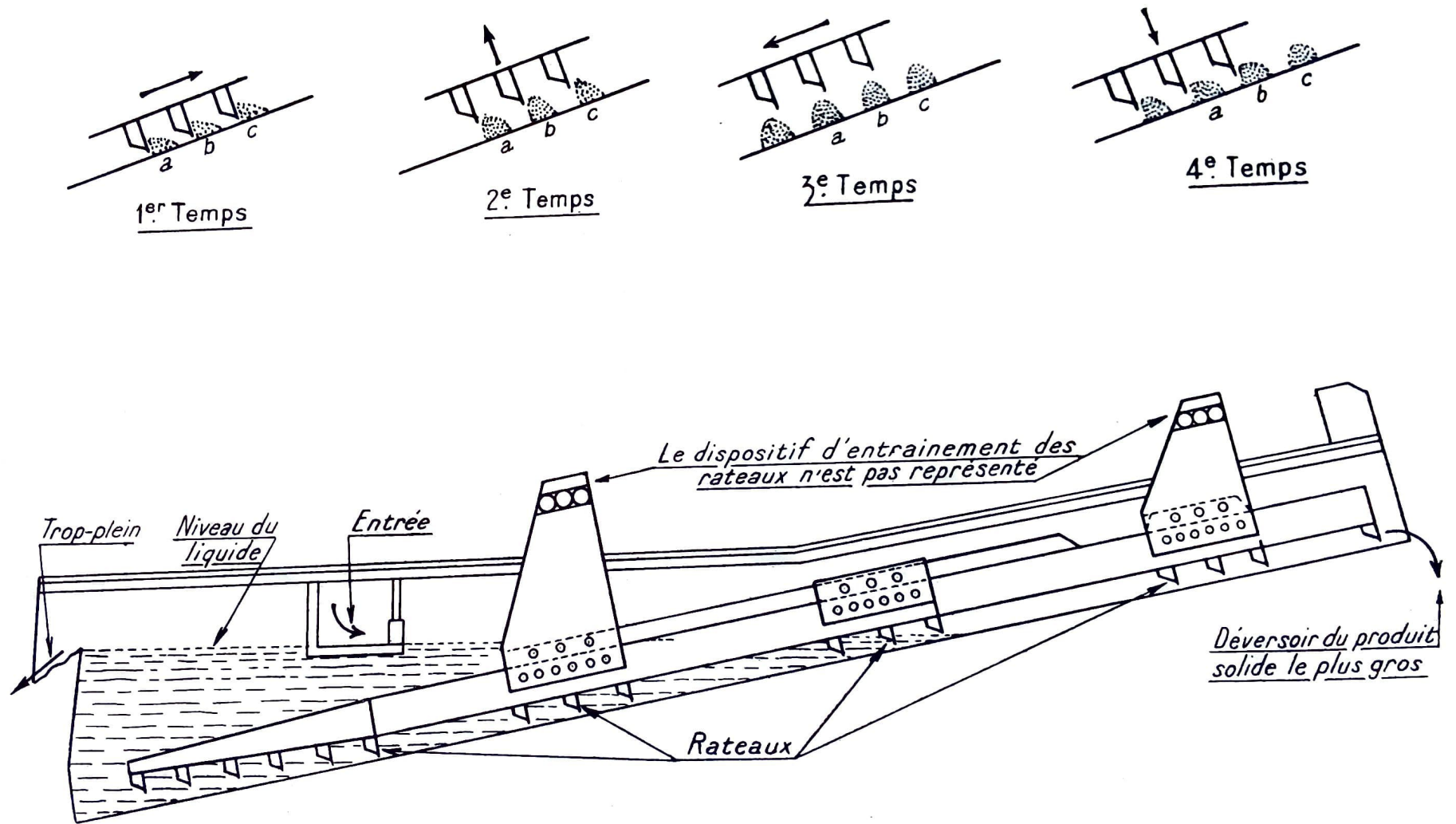


Fig. 10. — Classificateur Dorr.



## CLASSIFICATEUR DORR

---

Le classificateur *Dorr* (fig. 10) est essentiellement composé d'un bassin incliné où l'on envoie le minerai broyé entraîné par un courant d'eau.

Les particules les plus grosses et les plus lourdes de la phase solide se déposent plus rapidement que les autres au fond du bassin ; elles sont alors remontées jusqu'à l'orifice supérieur de déversement par les râteaux dont le mouvement est représenté schématiquement sur la *figure 10*.

La fraction la plus fine et la plus légère du minerai n'a pas le temps de se déposer au fond du classificateur et est entraînée par le courant d'eau qui l'évacue par le trop-plein.

On peut réaliser grâce à cet appareil une coupure à une maille déterminée pour un minerai donné ; si l'on a un mélange de minéraux de poids spécifiques différents, la coupure est effectuée à des dimensions différentes pour chacun des divers minéraux. On peut modifier la dimension de la coupure ainsi réalisée en agissant sur la vitesse des râteaux, le débit d'eau et la pente de l'appareil.

---

