

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

(B) DDC. 20. 220

11650

TABLE DE MATIERES

	<u>page</u>
<u>1. Introduction</u>	1
<u>2. Prestation</u>	2
<u>3. Travaux effectués</u>	3
<u>4. Résultats</u>	5
<u>4.1 Caractéristiques minéralogiques des minérais</u>	5
<u>4.1.1 Echantillons étudiés</u>	5
<u>4.1.2 Type de minérai et genèse des gisements de Goto et Kouroudiako</u>	5
<u>4.1.3 Caractéristique minéralogique des carottes étudiées</u>	9
<u>4.1.3.1. Carottage Goto A (GO.A)</u>	9
<u>4.1.3.2. Carottage Kouroudiako A (KDA)</u>	11
<u>4.1.3.3. Carottage Kouroudiako B (KDB)</u>	14
<u>4.2 Composition chimique des minérais</u>	17
<u>4.3 Essais de traitement</u>	18
<u>4.3.1 Programme des essais</u>	18
<u>4.3.1.1 Etudes fondamentales sur des échantillons typiques</u>	18
<u>4.3.1.2 Essais DTT de tous les échantillons</u>	18
<u>4.3.1.3 Essais de laboratoire de séparation magnétique par voie humide</u>	18
<u>4.3.1.4 Essais semi-industriels</u>	19
<u>4.3.1.5 Broyabilité</u>	19
<u>4.3.1.6 Flottation</u>	19
<u>4.3.2 Exécution et résultats des essais</u>	20
<u>4.3.2.1 Essais sur des échantillons typiques</u>	20
<u>4.3.2.1.1 Etudes de l'efficacité du "cobbing" magnétique</u>	20
<u>4.3.2.1.2 Essais "tube-Davis" des échantillons typiques ...</u>	21
<u>4.3.2.2 Essais "tube-Davis" de tous les échantillons de traitement</u>	23

	<u>page</u>
4.3.2.3 Essais de séparation magnétique par voie humide (de laboratoire)....	24
4.3.2.4 Essais semi-industriels de sépara- tion magnétique et broyabilité du mineraï	25
4.3.2.5 Flottation	26
4.3.2.6 Analyse chimique du concentré	30
4.3.3 Flow-sheet et résumé des résultats des essais	31
<u>4.4 Jugement général de la susceptibilité à la prépara-</u> <u>tion en raison de la composition minéralogique</u>	34
<u>4.5 Essais de pelletisation</u>	38
4.5.1 Réalisation des essais	38
4.5.2 Résultats des essais et discussion	39
<u>4.6 Estimation approximative des frais d'investissement</u> <u>et d'exploitation</u>	43
4.6.1 Installation de concassage	46
4.6.1.1 Plan de fonctionnement	46
4.6.1.2 Description	47
4.6.1.3 Plan de disposition	48
4.6.1.4 Liste des équipements	49
4.6.1.5 Frais d'investissement et d'explo- tation	50
4.6.2 Stock de mineraï brut	51
4.6.2.1 Description	51
4.6.2.2 Liste des équipements	52
4.6.2.3 Frais d'investissement et d'explo- tation	53
4.6.3 Installation de traitement	54
4.6.3.1 Plan de fonctionnement	54
4.6.3.2 Description	55
4.6.3.3 Liste des équipements	59
4.6.3.3.1 Section de prébroyage ...	59
4.6.3.3.2 Séparation magnétique ...	59

	<u>page</u>
4.6.3.3.3 Flottation et traitement ultérieur du concentré ...	60
4.6.3.3.4 Epaississement des effluents	60
4.6.3.4 Frais d'investissement et d'exploitation	61
4.6.4 Stock de "pellet-feed"	62
4.6.4.1 Description	62
4.6.4.2 Liste des équipements	63
4.6.4.3 Frais d'investissement et d'exploitation	64
4.6.5 Poste de broyage secondaire	65
4.6.5.1 Description	65
4.6.5.2 Liste des équipements	67
4.6.5.3 Frais d'investissement et d'exploitation	68
4.6.6 Installation de pelletisation	69
4.6.6.1 Plan de fonctionnement	69
4.6.6.2 Description	70
4.6.6.3 Liste des équipements	73
4.6.6.4 Frais d'investissement et d'exploitation	75
<u>5. Recommandations pour le développement ultérieur du projet</u>	76

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

R E S U M E

R é s u m é

Dans le cadre de l'accord conclu entre :

le Ministère du Développement Industriel
Direction des Mines et de la Géologie
DAKAR (Sénégal),

le Bureau de Recherches Géologiques et Minières
PARIS (France)

et Fried. Krupp GmbH Krupp Industrie-und Stahlbau
RHEINHAUSEN (R.F.A.)

ont été effectués :

des études minéralogiques
des essais de traitement
des essais de pelletisation
et une estimation grossière des frais
d'investissement et des frais purement
d'exploitation,

dans le but d'étudier les possibilités d'une utilisation du gisement
de minerai de fer de Falémé (Sénégal).

Pour l'exécution des travaux repris ci-dessus on a eu la
disposition de carottes en provenance des trous de sondage

Goto-A

KDA - KDNA

et KDB (1966) + KDB (1967).

Minéralogie

A en juger d'après les études minéralogiques, il s'agit d'un minerai de magnétite magmatogène d'un genèse contacto-métagénétique. Une faible martitisation de la zone enveloppante des amas de minerai est présente.

Le minerai est caractérisé par une paragénèse minérale et contient en majorité de la magnétite et des quantités secondaires de sulfures qui se présentent en tant que pyrite, pyrrhotine et chalcopyrite. La plupart des cristaux magnétiques (granulométrie de 0,02 à 1,5 mm) est entrelacée avec des agrégats de minerai relativement purs atteignant une grandeur de plusieurs cm. La pyrrhotine, qui est généralement grossière dans les grains individuels et les agrégats, déplace - en grande partie - les silicates, mais elle ne parvient guère à déplacer la magnétite. La chalcopyrite se présente dans les grains fins ou agrégats (0,01 à 1,4 mm pour Goto-A), avec pyrrhotine ou pyrite, mais ses quantités sont considérablement inférieures à la pyrrhotine et la pyrite.

La roche mère de ce gisement est composée de granite et diorite qui ont transformé en silicate calcaire les amas rocheux de carbonate.

Traitement

Les essais de traitement démontrent que le minerai avec une teneur moyenne en fer d'env. 46 - 48 % peut être enrichi par voie magnétique. La gangue prépondérant grossière - mais aussi enchevêtrée dans le minerai de fer dans les cristaux de magnétite de structure zonale - avant tout sous forme de silicates peut être séparée, pour la plupart, par voie magnétique (après désagrégation à < 0,1 mm). La teneur en fer des concentrés est comprise entre 65 et 69; le rendement pondéral dans le concentré final serait d'env. 53 %.

La séparation dans une large mesure de la chalcopyrite et la pyrite enchevêtrées se fait dans la même étape, par contre la séparation magnétique de la pyrrhotine magnétique n'est pas possible.

La teneur en soufre du concentré magnétique provenant des carottes Goto-A est plus de 2 % et pour KDA et KDB < 1 %; une réduction de la teneur en soufre par la flottation, avant la pelletisation du concentré, fera l'objet d'une étude au cours de la phase suivante des travaux de projet. Le schéma de traitement proposé comprend le pré-concassage, le broyage primaire (autogène) à < 0,5 à < 1 mm, la séparation magnétique "Rougher", le broyage du préconcentré à < 0,1 mm, la séparation magnétique "Cleaner" et la flottation du concentré "Cleaner" pour la réduction de la teneur en soufre.

Pelletisation

Au cours des essais de pelletisation, on a étudié la production de pellets pour l'utilisation dans les hauts fourneaux et pour la réduction directe. Le concentré produit par la séparation magnétique a dû être broyé, avant la pelletisation, à une finesse convenable.

La qualité des pellets verts produits a donné satisfaction; toutefois, les pellets durcis ont montré pendant les premiers essais (températures de brûlement 1.100 - 1.320°C) une résistance à l'écrasement qui n'est pas satisfaisante ce qui est causé sans aucun doute par la haute teneur en soufre (2,2 - 2,6 %) du concentré magnétique. La résistance à l'écrasement et la résistance ISO au trommel normalisé des pellets ont pu être améliorées dans une large mesure par une modification du schéma de brûlement. Le schéma de brûlement prévoit une désulfuration avant le durcissement proprement dit des pellets. La résistance à froid à l'écrasement des pellets produits par le concentré magnétique (teneur en S: 2,2 %) était d'env. 207 kg/P; de même, on a constaté une amélioration des valeurs de la résistance ISO au trommel normalisé. Il paraît possible d'obtenir une amélioration ultérieure de la qualité des pellets au moyen d'une optimisation ultérieure du procédé de brûlement.

Les pellets à une teneur en soufre relativement basse (0,3 - 0,9 %) produits à partir du concentré magnétique montrent une très bonne résistance à l'écrasement (360 - 370 kg/P) et une bonne qualité des pellets.

Les études métallurgiques des pellets ont montré des comportements de réduction relativement favorables.

Estimation des frais

Une estimation grossière des frais d'investissement et d'exploitation pour les éléments suivants de l'installation :

préconcassage
stockage du minerai brut
traitement
stockage des concentrés
broyage secondaire du concentré
et pelletisation

a donné les résultats suivants :

frais d'investissement	DM 773 340 000,--
frais d'exploitation	DM 18,78/t de pellets

Ces frais d'investissement et d'exploitation comprennent la flottation des concentrés magnétiques qui sert à réduire la teneur de fer suffisante, économiquement exploitable et ayant des teneurs en soufre réduites de manière que le soufre n'atteigne dans les concentrés qu'un degré justifiable et éliminable par la pelletisation, la flottation peut être supprimée. Alors, on économise environ :

Investissements pour traitement	: DM 23 400 000,--
Frais de service pour traitement	: DM 1,44 t/pellets.

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

1

I N T R O D U C T I O N

1. Introduction

Au mois de septembre 1973, un accord a été conclu entre le Ministère du Développement Industriel - Direction des Mines et de la Géologie, DAKAR (République du Sénégal), le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), PARIS (France) et Fried. Krupp GmbH, Krupp Industrie- und Stahlbau, Rohstoff-technik (KIS), RHEINHAUSEN (République Fédérale d'Allemagne) visant à l'examen des possibilités d'exploitation des minerais primaires à moyenne teneur du gisement de minerai de fer de Falémé/Sénégal dans une première étude et - si possible - de la production de concentrés de fer négociables à partir de ces minerais.

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

2

P R E S T A T I O N S

2. Prestations

Dans le cadre de la présente étude, on était convenu de la division suivante des travaux à effectuer :

KIS RHEINHAUSEN effectuera les prestations et travaux suivants après remise d'échantillons de carottage en provenance du gisement de minerai de fer de Falémé :

- recherches minéralo-microscopiques et radiographiques
- essais de traitement semi-industriels et de laboratoire
- analyses chimiques de minerais bruts et concentrés
- essais de pelletisation sur les concentrés produits
- établissement d'un schéma de traitement et d'un plan des machines pour la production des concentrés et la pelletisation
- estimation des frais d'investissement et d'exploitation pour l'unité de traitement
- détermination des besoins en énergie, eau et réactifs pour le traitement et la pelletisation

Les résultats obtenus des recherches et essais seront remis au donneur d'ordre à DAKAR env. 5 mois après réception du matériel d'essai à RHEINHAUSEN.

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

3

T R A V A U X E F F E C T U E S

3. Travaux effectués

Dans le but de permettre à KIS d'effectuer les prestations reprises sous le rep. 2, on a remis à KIS, par le truchement de BRGM, les carottes provenant de gisement de minerai de fer Falémé - qui avaient été recoupées au cours de la prospection de minerai de cuivre dans le gisement de Falémé.

Le matériel de carottage - sous forme de carottes diminuées de moitié (voir tableaux Annexes n° 1-1 jusqu'à 1-3) - à un poids total de 914 kg , provenant du gisement de minerais de Goto et Kouroudiako, est parvenu à KIS RHEINHAUSEN, au cours de la première décade de janvier 1974. Les carottes proviennent des 3 sondages suivants :

Goto A	(GOA)
Kouroudiako A	(KDA et KDNA)
Kouroudiako B	(KDB/66 et KDB/67)

Les carottages soumis proviennent des profondeurs suivantes :

Goto A	38,98 - 162,85 m
KDA + KDNA	0,0 - 361,07 m
KDB/66 + KDB/67	46,2 - 435,40 m

Après l'analyse géologique-pétrographique des carottes et une sélection de 30 carottes pour les recherches minéralogiques, on a effectué la division du matériel de carottage en 14 essais de traitement. La division des trajectoires de carottage en 14 échantillons de traitement est relevée dans les tableaux n° 1-1 jusqu'à 1-3).

4.1

CARACTERISTIQUES MINERALOGIQUES DES MINERAIS

4. Résultats

4.1 Caractéristiques minéralogiques des minérais

4.1.1 Echantillons étudiés

Pour l'étude microscopique et radiographique des pré-sentes carottes provenant des gisements de minerai de fer Goto et Kouroudiako, on a choisi au total 30 carottes, soit 14 échantillons du carottage Goto A (GO.A), 12 échantillons de celui de Kouroudiako A (KDNA et KDA) et 4 échantillons du carottage Kouroudiako B (KDB).

Tous les 30 échantillons, les minérais comme les roches furent d'abord soumis à une analyse de diffraction des rayons pour constater leur composition minéralogique. On a étudié au microscope 13 échantillons de section polie du carottage Goto A, 2 échantillons en couche mince du carottage Kouroudiako A, 9 échantillons de section polie et 4 échantillons en couche mince de Kouroudiako B. Provenance des échantillons (profondeur de forage) et genre des recherches sont indiqués au tableau annexe n° 2-1.

Pour rendre la description des échantillons plus claire on joint à ce rapport 24 micrographies, dont 13 sont pour les échantillons Goto A, 7 pour Kouroudiako A et 4 pour Kouroudiako B. (voir annexe tableau 2-2-1 et micrographies annexes n° 2-2-2 jusqu'à 2-2-25).

4.1.2 Type de minerai et genèse des gisements de Goto et Kouroudiako

D'après l'étude des échantillons de carottage et des coupes de forage et d'après les résultats des essais radiologiques et microscopiques, on doit considérer les minérais des deux gisements comme minérais de magnétite magmatogènes de genèse à contact métasomatique (type de minerai Marcona - Pérou; Las Truchas - Mexique). Ce type de minerai a d'une part une paragenèse minérale caractéristique, d'autre part, il possède des corps minéralisés très irréguliers à la suite d'une minéralisation assez inhomogène.

La forme, la grandeur et le degré de pureté des corps de minerai dépendent surtout de l'éloignement de la source de magma et de l'intensité de la métasomatose initiale surtout des sédiments calcaires par les minéraux métalliques, surtout de magnétite, mais aussi par les sulfures en forme de pyrite, pyrrhotine et de chalcopyrite.

Les échantillons du carottage Goto A montrent le plus grand spectre de formation par contact métasomatique. Par contre, les échantillons des deux carottages Kouroudiako signaleraient par leur composition en minéral et leur structure un éloignement plus grand des gisements du contact d'intrusion. L'intensité de la substitution de la gangue et celle de la formation de magnétite semblent moins fortes à Kouroudiako qu'à Goto et les amas sondés de minerai sont dûment plus petits, ce qui documente un changement fréquent des sections de minerai et de roche.

Même dans les différentes coupes de sondage, on peut distinguer encore des différences caractéristiques qui sont dues à l'éloignement des minerais du contact d'intrusion et qui se montrent par la prédominance de pyrite dans la zone supérieure du gisement et par l'accroissement de la pyrrhotine suivant la profondeur.

Les roches mères de ce genre de gisements seraient granite et diorite qui ont transformé les roches de carbonates initiales en roches de silicates et de skarn plus ou moins minéralisées (voir annexe micrographie 2-2-12). Les restes de carbonates en forme de dolomie furent observés encore dans le carottage Kouroudiako B.

Les roches effusives d'andésite, qui ont provoqué des transformations de nature hydrothermale dans les silicates de contact d'une intensité variée, seraient plus récentes que la formation de minerai.

Dans les présentes coupes de sondage, la martitisation de la magnétite, à observer dans presque tous les gisements de minerai de fer africains dans les zones supérieures des gisements, est faible et est en plus d'une intensité variée.

Ceci confirme la thèse d'une dénudation nuancée dans les époques géologiques précédentes des calottes martitisées des corps de minerai et admet que la formation de martite n'est pas due à une décomposition superficielle de l'histoire géologique récente. Les indices d'une faible décomposition superficielle générale sont à considérer comme une formation de goethite sporadique et comme une décomposition des silicates et des sulfures.

En ce qui concerne la succession des formations de minéraux, on constate que les silicates de contact, diopside-hedenbergite, biotite (phlogopite), actinolite et epidote, ainsi que quartz et titanite sont plus âgés que la magnétite et celle-ci est plus âgée que la minéralisation des sulfures, de pyrite, de pyrrhotine et de chalcopyrite.

Dans la magnétite, on peut distinguer d'après la structure 2 formes : une plus ancienne, ayant des grains grossiers d'une structure zonale et inclusion de silicates, et une plus récente ayant des grains fins mais libre d'inclusions,

A part des hétérogénéités locales, on a le schéma suivant concernant la séquence de ségrégation en considérant que la formation la plus ancienne est en haut et la plus récente est en bas.

1. Phase primaire de formation

Silicates de contact :

Diopside-hedenbergite

Biotite (phlogopite),

Epidote et quartz et titanite.

Minéraux métalliques

Magnétite

Pyrrhotine

Pyrite, chalcopyrite

2. Phase secondaire de formation

(Transformations minérales intérieures en liaison avec les intrusions d'andésite et la tectonique)

Transformation des minéraux de contact :

Diopside en actinolite

Actinolite et biotite en chlorite

Pyrrohotine en pyrite

Calcite, dolomie, sidérite et marcasite très souvent comme minéraux secondaires se trouvant en fissures

3. Martitisation

Transformation de magnétite en martite

Dénudation étendue des calottes martitisées

4. Altérations de la décomposition

Lessivage des silicates de contact et des sulfures et formation de goethite

Transformation de la hornblende en talc et calcite

Transformation de la chalcopyrite en covellite.

4.1.3 Caractéristique minéralogique des carottes étudiées

4.1.3.1 Carottage Goto A (GO.A)

L'amas de minerai magnétique primaire, sondé à Goto A entre 39 m et 163 m montre en section polie (voir micrographies annexes n° 2-2-2 jusqu'à 2-2-14) un minerai souillé plus au moins par silicates et sulfides.

La structure du mineraï est partout irrégulière, les grains de la magnétite sont entre arrondis et anguleux; les cristaux de magnétite inclus dans la masse de base sont entre hypidiomorphes et idiomorphes.

La majeure partie des cristaux de magnétite ayant des grains de 0,02 à 1,5 mm est soudée en agrégats de mineraï de plusieurs centimètres relativement purs (voir microographies annexes n° 2-2-4; 2-2-5; 2-2-7; 2-2-9; 2-2-11 et 2-2-13).

L'impression de couleur de la magnétite grise au microscope et noirâtre à l'oeil nu peut signifier une teneur de manganèse en cristaux mixtes.

Frappants sont les grands grains de magnétite ronds d'une structure zonale concentrique (voir microographies annexes n° 2-2-3; 2-2-4; 2-2-5; 2-2-13) dont la structure zonale est rendue claire par inclusion de silicates très fins et par des pores.

A leurs bords, la liaison des grains de mineraï n'est pas très fixe (voir microographies annexes n° 2-2-4; 2-2-7; 2-2-10).

Une partie des grains de magnétite comporte souvent des inclusions fines et très fines de pyroxène et de hornblende (voir microographies annexes n° 2-2-3; 2-2-4; 2-2-5; 2-2-7; 2-2-8; 2-2-9; 2-2-10).

Les grains et les agrégats de mineraï sont souvent soudés irrégulièrement à une gangue silicatique (surtout diopsidé-hedenbergite, biotite-phlogopite et actinolite qui forment avec les différents cristaux de 0,01 à 0,2 mm des agrégats irréguliers d'une portée de quelques mm et cm (voir microographies annexes n° 2-2-2; 2-2-4; 2-2-6; 2-2-7).

Ordonnées suivant la fréquence, les sulfures se présentent sous forme de pyrrhotine, de pyrite et de chalcopyrite. La pyrrhotine qui est souvent grossière est en forme de grains individuels ou d'agrégats (allant jusqu'à quelques mm) supplante très fréquemment les silicates mais ne substitue pas à la magnétite (voir microographies annexes n° 2-2-3; 2-2-4; 2-2-5; 2-2-7).

On peut distinguer clairement deux genres de pyrite : le premier hypidiomorphe ordinairement en grains individuels grossiers (voir micrographies annexes n° 2-2-5 et 2-2-10) d'une surface lisse et qui sont certainement de nature primaire, le deuxième des grains de mineraï et agrégats d'une surface rugueuse et poreuse partiellement en structure lamellaire provenant de la pyrrhotine (voir micrographies annexes n° 2-2-8 et 2-2-9).

La chalcopyrite se présente généralement sous forme de petits grains ou agrégats (0,01 - 1,4 mm) en compagnie de pyrrhotine ou de pyrite (voir micrographies annexes n° 2-2-5; 2-2-10; 2-2-11).

En ce qui concerne la quantité, elle se place largement derrière la pyrrhotine et la pyrite.

4.1.3.2 Carottage Kouroudiako A (KDA)

La suite de mineraï et de roches constatée par le sondage KDA démontre des différences apparentes par rapport à celle de Goto. En effet, la métasomatose de contact, au moins dans la zone du carottage KDA, n'a pas eu manifestement la même intensité que dans la zone de carottage de GotoA. Par ce fait, la substitution des roches par la magnétite est moins extensive et les dimensions des amas de mineraï sont par conséquent visiblement moins grandes. Même dans les sections de mineraï de magnétite elles-mêmes, la proportion en silicates de contact est visiblement plus grande.

Frappant à Kouroudiako est aussi la grande participation d'une roche éruptive intermédiaire marquée par la teneur intrusive en SiO₂. Cette roche est à considérer comme feldspath porphyrique d'andésite comportant du quartz (voir micrographie annexe n° 2-2-18).

Une autre différence est que suivant le carottage A de Kouroudiako et contrairement à celui de Goto, une partie de la calotte plus ou moins martitisée, avec un mélange de mineraï magnétite/hématite, est restée intacte avant l'érosion.

Comme une autre caractéristique on constate que la pyrrhotine de Kouroudiako qu'on ne peut séparer magnétiquement n'est pas le minéral sulfuré le plus répandu mais la pyrite.

Enfin, dans la zone de carottage KDA, seuls les deux amas de minerai supérieurs se trouvent à une profondeur allant jusqu'à environ 60 m et peuvent être exploités à ciel ouvert.

Dans le petitamas supérieur de minerai entre 10 et 27 m de profondeur, la magnétite primaire est, comme nous l'avions indiqué, transformée en partie considérable en martite/hématite et la teneur en martite diminue clairement au fur et à mesure que la profondeur augmente.

La granulométrie des cristaux de magnétite/martite ayant une structure allotriomorphe varie entre 0,01 et 0,5 mm; les cristaux individuels sont en grande partie soudés en agrégats de quelques mm ou cm.

Les formes de la martitisation sont différentes (voir microographies annexes n° 2-2-15 et 2-2-16). La martitisation n'a touché en partie que le bord des cristaux des larges lamelles et en partie elle traverse en plans et irrégulièrement les cristaux de magnétite; souvent elle suit les faces de l'octaèdre de la magnétite et forme alors le grillage typique de la martite.

En outre, les agrégats grenus de minerai sont enchevêtrés avec des concentrations d'hématite et de goethite qui seraient originaires d'hydrates de fer-gels, dont la formation est due à la décomposition dans la zone de désagrégation.

Le quartz n'est maintenu que sporadiquement dans les agrégats (0,05 - 0,7 mm).

Les silicates et les sulfures sont décomposés et disparus dans les amas de minerai jusqu'aux petits résiduels.

Du point de vue génétique, il s'agit ici de la base d'une ancienne zone de martitisation déjà très dénudée et qui fut exposée plus tard à une faible désagrégation et, entre autres, à des conditions atmosphériques différentes.

Le deuxième amas de minerai sondé entre 39 et 60 m se compose de magnétite primaire avec encore des faibles indices de martitisation (voir micrographie annexe n° 2-2-17). Une structure zonale s'est presque toujours développée dans les cristaux de magnétite formée métasomatiquement par contact. Mais celle-ci n'est guère distinguée par des inclusions comme à Goto; elle révèle plutôt de légères différences dans la couleur de réflexion des cristaux.

Les magnétites ayant une granulométrie de 0,01 - 1 mm forment des grands agrégats qui sont souvent purs (voir micrographie annexe n° 2-2-19).

La liaison des grains est en générale peu étroite, elle relâche davantage à la suite de la faible désagrégation (voir micrographie annexe n° 2-2-17).

Dans l'échantillon étudié (voir micrographie annexe n° 2-2-17) la plus importante gangue est le quartz qui se trouve dans des poches et schlierens entre les agrégats de magnétite. Quelques fois, le quartz révèle des phénomènes de dissolution. L'enchevêtrement est de bon naturel.

Sur les sulfures, on peut observer de la pyrite, de la pyrrhotine et de la chalcopyrite (citées suivant la fréquence) en grains de 0,01 à 1,5 mm et en agrégats plus grands (voir micrographie annexe n° 2-2-17).

Par endroits, la chalcopyrite ($CuFeS_2$) est transformée en covellite (CuS) en forme de taches fines.

Dans cet amas de minerai, on trouve aussi des silicates surtout pyroxène, hornblende et biotite, comme ceux qu'on a constatés dans le carottage plus profond.

Les amas de minerai constatés dans les profondeurs du carottage, à savoir :

83 -	86 m
132 -	143 m
155 -	162 m
177 -	186 m
215 -	280 m
300 -	310 m
340 -	355 m

seraient peu intéressants du point de vue économique d'exploitation minière à cause de leur emplacement très profond.

Les échantillons de ces amas de minerai examinés au microscope révèlent la même composition minéralogique que les autres amas. La gangue principale est quelques fois le quartz et parfois le silicate.

On observe aussi des cristaux de goethite en forme de filets radiaux à 160 m de profondeur et qui trahissent des influences de désagrégation (voir micrographie annexe n° 2-2-19).

Sur les sulfures, on observe également de la pyrite, de la pyrrhotine et de la chalcopyrite (voir microographies annexes n° 2-2-19 jusqu'à 2-2-21).

4.1.3.3 Carottage Kouroudiako B (KDB)

La suite de minerai et de roches constatée par le sondage KDB est semblable à celle qu'on a constatée à KDA, car même ici la substitution de la suite initiale des sédiments par des solutions contenant du minerai a été moins intense.

L'amas supérieur de minerai qu'on a sondé entre 40 et 95 m montre une grande partie de roches encaissantes non substituées. Ici l'échantillon contient 15 % moins de Fe que les autres amas de minerai examinés.

La base de cette zone de minéralisation se trouvant à 95 m correspondrait aussi à la profondeur qu'on peut atteindre en exploitant à ciel ouvert. Les autres amas de minerai qu'on a constatés entre 205 et 387 m de profondeur ne sont pas à la portée d'une exploitation à ciel ouvert.

La zone supérieure minéralisée qu'on aura intérêt à exploiter, entre 40 et 95 m ne montre qu'une martitisation très faible (voir micrographie annexe n° 2-2-22) et à considérer ainsi comme la partie basale, ménagée de l'érosion, d'une calotte martitisée. Cet amas de minerai ressemble ainsi plus à celui du carottage Goto A qu'au minerai du carottage Kouroudiako B qui est plus martitisé.

La magnétite est très souvent en grands agrégats (atteignant parfois quelques cm) qui a des grains assez grands enchevêtrés aux silicates et aux sulfures. Les inclusions de silicate qu'on peut observer souvent dans la magnétite sont peu importantes du point de vue quantité et poids et n'influencent pas l'effet d'enrichissement.

La gangue de silicate et carbonate est composée d'agrégats de talc avec des restes de hornblende et de particules entremêlées de calcite. Talc et calcite proviennent de la hornblende décomposée.

Dans le forage KDB comme dans celui de KDA la pyrite semble être le plus important minéral sulfuré qui montre parfois la substitution des anciens silicates en forme de listeaux.

Les petits grains de chalcopyrite sont liés de préférence à la pyrite.

Dans les échantillons de minerai, examinés au microscope des amas de minerai inférieurs de ce sondage, on trouve par endroits une structure particulière en forme de lattes grossières (structure ophite des diabases ou basaltes) des cristaux de magnétite (voir micrographie annexe n° 2-2-24) qui prouve une substitution en forme de lattes des silicates par la magnétite.

L'enchevêtrement des sulfures est ici, comme dans les autres échantillons décrits, assez grossier et de bon naturel. Parfois, on rencontre ici de la marcassite comme un autre minerai sulfuré (voir micrographie annexe n° 2-2-24). La pyrrhotine est manifestement en dégression mais il semble qu'une partie de la pyrite provient de la pyrrhotine.

La micrographie annexe n° 2-2-25 d'amas de minerai du plus profond carottage montre un enchevêtrement très étroit, ordinairement rare, de magnétite, de silicate et de sulfure. Des structures en forme de lattes et de filigrane des cristaux de magnétite et de pyrite révèlent que leur formation après la substitution de la hornblende.

On a observé ici également de la sidérite comme un autre minéral de fer remplissant les fissures.

La dolomie dans la gangue montre l'ancien caractère carbonique des sédiments substitués.

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

4.2

COMPOSITION CHIMIQUE DES MINERAIS

Toutefois, dans certaines conditions l'on peut s'attendre à une dilution du minerai brut, dans l'exploitation à ciel ouvert, quant à sa teneur en fer, causée par des amas de roches stériles extraites avec le minerai; dans ce cas un "cobbing" magnétique avec une granulométrie supérieure d'env. 5 - 10 mm, pour la décharge des séparations suivantes, pourrait s'avérer efficace, mais l'(in)efficacité ne se montre qu'au moment où le gisement est exploré par un réseau de sondages et où des essais ont été faits.

4.3.2.1.2 Essais "tube-Davis" des échantillons typiques

Après que, pour les présents échantillons de carottage, l'enrichissement magnétique s'est avéré mal approprié, des essais "tube Davis" devaient fournir des informations au sujet de l'enrichissement et rendement de minerai de fer. A l'aide d'une variation de l'intensité d'attraction magnétique de l'appareil, on a étudié en plus si de cette façon le rendement en sulfure ferreux magnétique dans le concentré magnétique peut être influencé.

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

4.2

COMPOSITION CHIMIQUE DES MINERAIS

4.2 Composition chimique des minerais

La composition chimique des minerais peut être caractérisée à l'aide des analyses de 2 échantillons mélangés :

	<u>GOTO A</u> (%)	<u>KDA + KDB</u> (%)
Fe tot.	46,6	47,4
Fe ²⁺	23,0	15,4
Fe ³⁺	23,6	32,0
Fe HCl-sol.	46,1	44,6
Mn	0,02	0,02
P	0,032	0,048
S	2,1	2,4
SiO ₂	16,4	16,3
Al ₂ O ₃	2,3	3,2
TiO ₂	0,12	0,14
CaO	4,4	3,6
MgO	7,4	2,7
Na ₂ O	0,12	0,97
K ₂ O	1,25	0,10
Cu	0,058	0,072
Zn	0,004	0,005
Pb	0,004	0,004
Cr	0,004	0,011
V	<0,01	0,01
As	0,006	0,009
Ni	0,007	0,016

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

4.3

ESSAIS DE TRAITEMENT

4.3 Essais de traitement

4.3.1 Programme des essais

Les études de traitement ont été effectuées d'après le plan suivant.

4.3.1.1 Etudes fondamentales sur des échantillons typiques

Ces études comportent le concassage des carottes < 12 mm, l'examen de l'efficacité d'un cobbing magnétique par des essais de séparation magnétique par un séparateur magnétique permanent à sec (ϕ 315 mm, 200 mm de largeur du séparateur, 120.000 a/m à la surface du tambour) à des granulométries de limites supérieures (dans la quantité en question) de 12; 8; 3,15 et 1,6 mm, l'exécution d'essais "tube Davis" (DTT) aux granulométries < 1 et < 0,5 mm et - dans le but de simuler les séparateurs magnétiques "Cleaner" - des essais d'épuration ultérieure du concentré DTT < 0,5 mm aux granulométries < 0,1; < 0,06 et < 0,04 mm. Dans les deux essais de séparation DTT l'intensité du champ magnétique oscillait entre 100.000 a/m (350 m/a) et 48.000 a/m (175 m/a).

4.3.1.2 Essais DTT de tous les échantillons

En raison des résultats obtenus des essais sur des échantillons typiques, on a fait des essais "tube-Davis-Rougher" :
- dans le but de caractériser le comportement de traitement
- après désintégration 0,5 mm, sur tous les échantillons de carottage et des essais "Cleaner", après broyage du concentré "Rougher" < 0,1 mm.

4.3.1.3 Essais de laboratoire de séparation magnétique par voie humide

Afin d'appuyer les résultats obtenus dans les essais DTT, on a fait sur tous les échantillons, selon le même schéma que pour les essais DTT, des essais de laboratoire dans un séparateur magnétique par voie humide (200 mm ϕ , 60 mm de largeur de travail, 72.000 a/m à la surface du tambour).

4.3.1.4 Essais semi-industriels

Après la caractérisation du comportement de triage des échantillons dans un séparateur magnétique de laboratoire par voie humide, on a fait - afin de déterminer les flux de quantités à escompter - un essai sur un échantillon mélangé, également selon le schéma des essais DTT, dans un séparateur magnétique par voie humide à l'échelle industrielle (600 mm \varnothing , 300 mm de largeur de travail, 64.000 a/m à la surface du tambour).

4.3.1.5 Broyabilité

Pour l'étude des unités de broyage, on a déterminé - également sur un échantillon mélangé - un "Work Index" d'après "Bond"; ensuite les besoins en énergie pour le broyage secondaire de $< 0,5$ à $< 0,1$ mm ont été déterminés.

4.3.1.6 Flottation

Comme les essais de séparation magnétique ont montré que la teneur en soufre n'a pu être diminuée aux valeurs escomptées normalement, on a fait quelques essais de laboratoire de flottation dans le but d'examiner leur aptitude à la séparation des sulfures

4.3.2 Exécution et résultats des essais

4.3.2.1 Essais sur des échantillons typiques

Les trajectoires de carottes remis ont été divisés en échantillons typiques qui ont été composés avec roches et gangue, en raison de la répartition des minéraux métalliques oxydés et sulfurés et des enchevêtements visibles à l'oeil nu.

4.3.2.1.1 Etudes de l'efficacité du "cobbing" magnétique

Les études de l'efficacité du cobbing magnétique ont été faites (voir § 4.3.1.1) dans un séparateur magnétique permanent de 315 mm de Ø et 200 mm de largeur de travail. Les résultats et le schéma d'étude retenu ont été relevés dans les annexes 4-1-1 à 4-1-4. Au cours des premiers essais sur des échantillons provenant du sondage Goto A, on a reséparé le concentré magnétique et les déblais magnétiques; puisque l'on disposait des résultats d'analyse des produits de tri, on a renoncé à l'épuration ultérieure des concentrés magnétiques dans les essais sur les échantillons des sondages KDA et KDB. Le schéma représenté dans les annexes 4-1-3 et 4-1-4 devrait, pour raisons d'efficacité, être utilisé aussi pour la séparation "cobber" dans la grande industrie, au cas où celui-ci se montrerait efficace, sur base de la composition du minerai brut.

Les résultats des études de carottages n'admettent pas le recours à une séparation "cobber", puisque dans le cas le plus favorable, le pourcentage en poids de seulement env. 17 % en poids du minerai brut peut être refusé en tant que matière non-magnétique; en règle générale, la séparation préliminaire des déblais ne s'avère rentable qu'à une répulsion de 25 à 30 % en poids de la quantité alimentée.

Toutefois, dans certaines conditions l'on peut s'attendre à une dilution du minerai brut, dans l'exploitation à ciel ouvert, quant à sa teneur en fer, causée par des amas de roches stériles extraites avec le minerai; dans ce cas un "cobbing" magnétique avec une granulométrie supérieure d'env. 5 - 10 mm, pour la décharge des séparations suivantes, pourrait s'avérer efficace, mais l'(in)efficacité ne se montre qu'au moment où le gisement est exploré par un réseau de sondages et où des essais ont été faits.

4.3.2.1.2 Essais "tube-Davis" des échantillons typiques

Après que, pour les présents échantillons de carottage, l'enrichissement magnétique s'est avéré mal approprié, des essais "tube Davis" devaient fournir des informations au sujet de l'enrichissement et rendement de minerai de fer. A l'aide d'une variation de l'intensité d'attraction magnétique de l'appareil, on a étudié en plus si de cette façon le rendement en sulfure ferreux magnétique dans le concentré magnétique peut être influencé.

Les résultats repris dans les annexes 4-2-1 à 4-2-4 montrent qu'après la désintégration préalable 0,5 mm - à l'exception de l'échantillon KDB n° 2 - plus de 25 % en poids de la matière alimentée peuvent être repoussés. La teneur en fer du concentré magnétique peut être enrichie jusqu'à > 63 % de cette façon. Pour l'échantillon KDB n° 2, 17 % en poids seulement peuvent être repoussés dans les déblais et la teneur en fer dans le concentré magnétique est enrichie à seulement 54 % à peine.

Les essais DTT sur le concentré soumis au broyage secondaire de la première séparation montrent une indépendance importante des résultats d'essai par rapport à la finesse de désintégration; cela signifie que les enchevêtements sont largement désintégrés en cas d'un broyage < 0,1 mm.

Pour le schéma retenu, la teneur en fer peut être enrichie > 65 % dans tous les échantillons, même > 68 % dans les échantillons Goto A et KDA. Le rendement en fer s'élève à env. 97 % pour les échantillons Goto A, à env. 90 % pour KDA et à env. 86 % pour KDB.

Les études montrent également que la teneur en cuivre et phosphore des minerais provenant de tous les sondages peut être diminuée à < 0,01 - 0,02 % pour le cuivre et à < 0,01 % pour le phosphore; cette réduction est à considérer comme très bonne; le minerai peut être estimé pauvre en phosphore en particulier pour ce qui concerne la teneur en phosphore.

La teneur en soufre du minerai peut être réduite, pour quelques échantillons seulement, au moyen du triage magnétique; pour les sondages KDA et KDB où la teneur en soufre dans le minerai de départ pourra être réduite de 2,5 - 3 % à 0,2 - 0,3 %. Dans la zone supérieure (échantillon 1) du sondage Goto A, on observe pratiquement pas de changement de la teneur en soufre par suite du traitement magnétique; dans l'échantillon n° 6 extrait d'une plus grande profondeur, la teneur en soufre est enrichie même de 3,3 % à 5,3 - 5,4 %. Ces constatations peuvent être motivées par le fait que dans les sondages KDA et KDB la teneur en soufre est préféablement liée à la pyrite qui peut être séparée (en tant que matière faiblement magnétique) dans la séparation magnétique, tandis que dans le sondage Goto A le soufre est préféablement lié aux minerais pyrite et pyrrhotine. La pyrrhotine présente, outre la magnétite, une particulièrement haute susceptibilité magnétique. Les résultats des essais montrent que la pyrrhotine ne peut être séparée par une réduction de l'intensité d'attraction magnétique; seul le procédé de la flottation est à même d'assurer la séparation de la pyrrhotine.

Il est à signaler pour les études que la teneur en cuivre - qui dans les minerais bruts est d'env. 0,05 - 0,06 % - est enrichie à 0,1 - 0,2 % dans les déblais de la séparation magnétique "Rougher". Etant donné que tous les frais de traitement pour broyage et séparation magnétique doivent être ajoutés aux minerais de fer, les déblais de séparation magnétique ne sont pas chargés de frais, et pour cette raison on devait examiner si l'extraction de cuivre des déblais de séparateur magnétique - p.ex. par la flottation - est rentable.

4.3.2.2 Essais "tube-Davis" de tous les échantillons de traitement

Les carottes remises étaient donc divisées en 14 échantillons de traitement (voir ci-dessus). En raison des résultats des échantillons typiques il semble être efficace de séparer les échantillons, qui n'avaient pas été analysés jusqu'ici, - après le broyage < 0,5 mm - dans un tube "Davis" à une force de champ de 350 ma et de soumettre à une séparation secondaire, après le broyage < 0,1 mm, le concentré magnétique de cette séparation, également à 350 ma.

Les résultats obtenus de ces études sont repris dans les annexes 4-2-5 à 4-2-7. Le rendement en pour-cents en concentré magnétique épuré ultérieurement, pour le trou de sondage Goto A, est compris entre 60 et 67 % sur toute l'étendue en profondeur du trou. La teneur en fer dans le concentré est enrichie d'env. 46 % dans le minerai brut à 68,5, en moyenne à env. 69 %; le rendement en fer est toujours d'env. 95 %. Les informations concernant la teneur en cuivre et en soufre - qui ont été fournies sur base des résultats des échantillons typiques - se confirment entièrement.

Les résultats des recherches DTT sur des échantillons du trou de sondage KDA ont été relevés dans l'annexe 4-2-6. A l'exception de l'échantillon 1 - qui a été transformé largement en martite-hématite et qui, en raison de sa teneur en fer d'env. 64 %, peut être considéré comme minerai riche, pour lequel tout traitement ultérieur est inutile, étant donné sa teneur en fer - les études des échantillons 2 - 4 fournissent la confirmation des informations données pour l'échantillon typique. Le pourcentage en poids en concentré < 0,1 mm est compris entre 53 et 73 % et cela signifie qu'il se trouve dans une plus grande étendue que pour le trou de sondage Goto A. La teneur en fer peut être enrichie de 67 à 69 à un rendement en fer de plus de 85 %. Les résultats des carottes KDB (voir annexe 4-2-7) confirment aussi les résultats des échantillons typiques.

4.3.2.3 Essais de séparation magnétique par voie humide (de laboratoire)

A l'appui des essais de traitement fournis par les essais DTT, les 14 échantillons ont été étudiés dans un séparateur magnétique permanent par voie humide de 200 mm de ø de tambour et 60 mm de largeur de travail (le schéma d'essais était le même que celui utilisé pour les essais DTT; il est donné graphiquement par l'annexe 4-3-2-2).

Dans le but de caractériser la granulométrie de l'alimentation du séparateur "Rougher" et "Cleaner", on a fait des analyses granulométriques de quelques échantillons caractéristiques de cette série d'essais (voir annexe 4-3-1).

Les résultats des analyses dans le séparateur de laboratoire pour le trou de sondage Goto A sont fournis par les annexes 4-3-2-1 à 4-3-2-6; ceux pour les échantillons KDA et KDB sont donnés par les annexes 4-3-3-1 à 4-3-3-4 et 4-3-4-1 à 4-3-4-4. Un résumé admettant la comparaison avec les essais DTT est repris dans l'annexe 4-3-5.

La qualité du concentré pour ce qui concerne la teneur en fer, soufre, phosphore et cuivre ne diffère pas considérablement des concentrés DTT; en tous les cas des teneurs en fer > 65 %, en moyenne même plus de 67 %, peuvent être atteintes. La teneur en phosphore est de < 0,004 %, la teneur en cuivre de 0,01 %; concernant la teneur en soufre est valable ce qui a été dit sous le rep. 4.3.2.1.2.

Naturellement le rendement en fer est quelque peu inférieur aux essais DTT puisque des conditions de séparation idéales peuvent être ajustées dans les tubes "Davis", tandis que le séparateur magnétique permanent de laboratoire doit être considéré comme séparateur technique avec ses égarés inévitables. Le rendement des échantillons Goto A peut être indiqué en moyenne à 93 - 94 %, celui des échantillons KDA inaltérés à env. 82 % et celui de l'échantillon KDB exploitable à 82 % également.

4.3.2.4 Essais semi-industriels de séparation magnétique et broyabilité du minerai

Afin d'élaborer les premières données pour le projet d'une unité de traitement, on a fait des essais de broyage et de séparation magnétique sur un échantillon mélangé en provenance du trou de sondage Goto A. L'essai "Bond" fait afin de déterminer la broyabilité du minerai a fourni comme résultat un "work index" de 12,8 kWh/t; cela signifie que pour le broyage du minerai à une valeur D_{80} estimée de l'alimentation de 250 mm et une valeur D_{80} de l'alimentation "Rougher" de 0,315 mm, on a besoin de 6,9 kWh/t.

Les essais de séparation magnétique étaient faits dans un séparateur magnétique permanent par voie humide de 600 mm de \varnothing et 300 mm de largeur de travail; les résultats sont fournis, en forme détaillée, par les annexes 4-4-1 à 4-4-3.

Ces annexes révèlent qu'une détérioration concernant la qualité du concentré en comparaison avec les essais faits sur une plus petite échelle ne n'est pas présentée; seul le rendement en fer est réduit à env. 80 %, mais ce résultat ne peut être considéré comme optimal, étant donné que l'essai à grande échelle a été fait sur env. 200 kg de matière, mais cette quantité ne suffit pas pour l'optimisation de l'ajustage du séparateur. On peut escompter qu'à un ajustage optimal, les mêmes rendements seront atteints que pour les essais du séparateur magnétique par voie humide de laboratoire.

Pour le broyage ultérieur du concentré "Rougher" à la finesse nécessaire pour le séparateur "Cleaner" seront nécessaires (voir annexe 4-4-2) 12,5 kWh/t finesse de l'alimentation du "Cleaner" 95 % < 0,1 mm.

4.3.2.5. Flottation

Afin d'étudier l'aptitude à la flottation pour la séparation du minerai sulfuré pyrrhotine, on a fait des essais de flottation de laboratoire; pour les essais on a eu recours aux cellules "Agitair" avec ventilation indépendante. Le volume de cellule était de 1,5 l, l'air de flottation était varié entre 15 - 60 cm³/cm² de surface de cellule et minute. Le pourcentage en matières solides était pour tous les essais, pendant la flottation, de 30 %; les réactifs étaient conditionnés, avant chaque essai de flottation, sans addition d'air pendant 3 - 6 minutes.

Pour la flottation de pyrrhotine, on a utilisé en général les schémas suivants :

- flottation dans de la pulpe faiblement acide (pH 6 - 6,5 ajustage par H_2SO_4), utilisation de xanthate isopropylique de soude en tant que collecteur (éventuellement la flottation pourrait être appuyée par l'adjonction de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$). Les quantités collectrices se montent, en général, à 100 - 300 g/t, les doses d'activation à 250 - 2.000 g/t.
- flottation dans la pulpe acide (pH 4 - 5), utilisation de xanthate amylique de potassium.
- flottation dans de la pulpe basique (pH 10) dont la concentration en ions hydrogène est ajustée à l'aide de NaOH ou Na_2CO_3 .

On a étudié, dans les essais, l'aptitude des trois voies. On a découvert que le résultat de flottation dans la pulpe acide était meilleur que celui de la pulpe basique. En plus, les études ont montré que les surfaces des sulfures oxydent très facilement et pour cette raison la pyrrhotine devient très lente de flottation. Par conséquent, chaque charge n'était broyée qu'immédiatement avant l'essai de flottation, mais même en cas d'un broyage aussitôt avant la flottation, le comportement à la flottation de la pyrrhotine n'était pas satisfaisant et par conséquent, on a ajouté, au cours du broyage déjà, les réactifs et activateurs ou moyens de sulfuration réglant le pH afin de réaliser la plus grande efficacité possible des réactifs.

Au cours des essais, on a étudié les variations suivantes des schémas de réactifs :

type de collecteur	xanthate isopropylique de soude
	xanthate isopropylique de potassium
	xanthate amylique de potassium
	mélange de x.i. de potassium et phosocrésole B
quantité de collecteur	50 - 500 g/t
quantité d'activateur	50 - 5.000 g/t, CuSO ₄ · 5H ₂ O
influence d'un moyen de sulfuration	500 g/t, Na ₂ S
pH de la pulpe	3 - 12

D'un total de 18 essais, les conditions reprises ci-dessous s'avèraient les plus favorables :

1.000 g/t CuSO₄ · 5H₂O

500 g/t de xanthate amylique de potassium

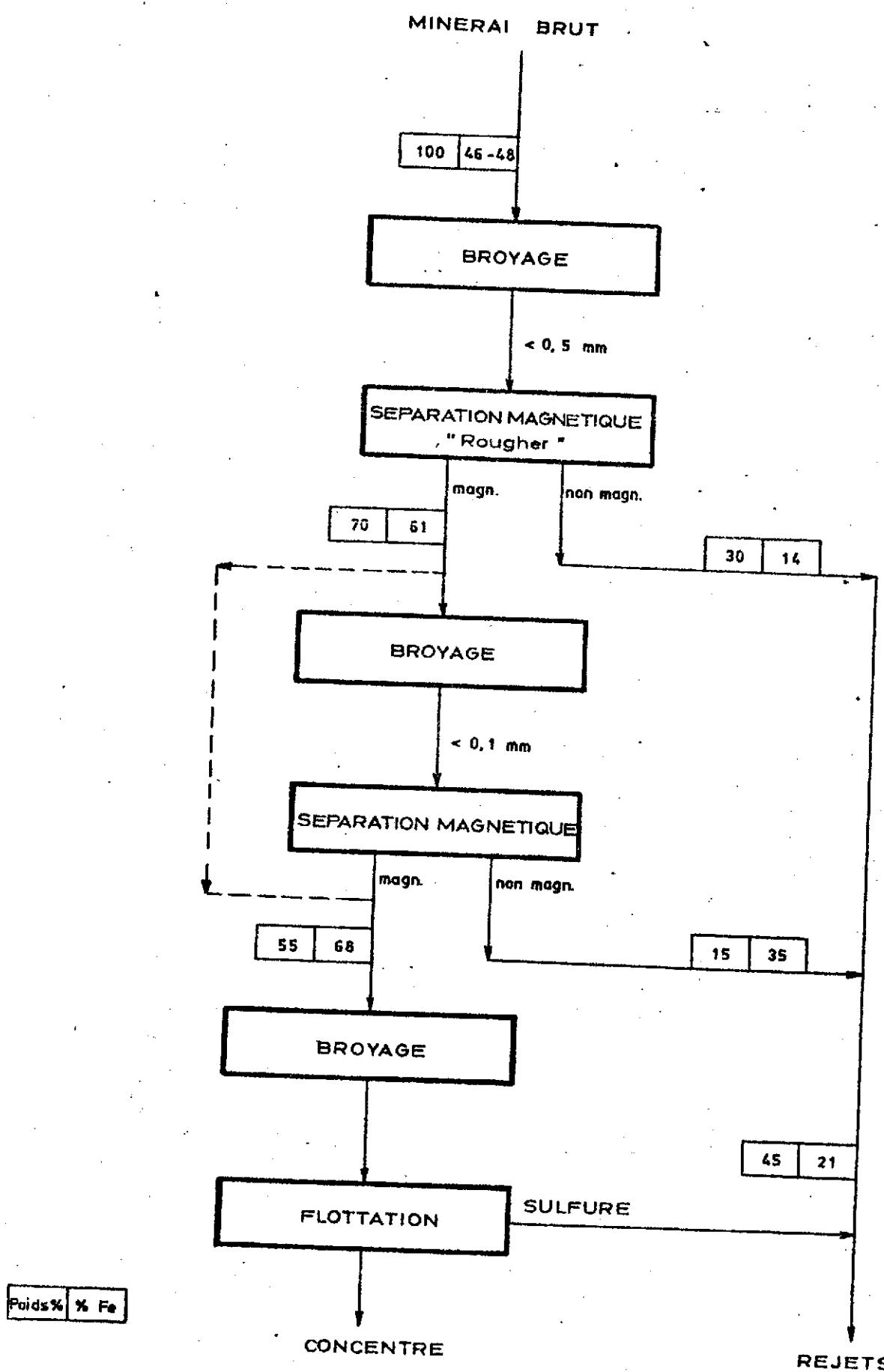
50 g/t d'huile de pin

pH 4,5 (ajusté déjà au cours du broyage par l'adjonction d'H₂SO₄).

Après un temps de conditionnement de 3 mn, et un temps de flottation de 4 mn, on a obtenu le résultat suivant :

	% en poids	teneur en S	répartition d'S
écume de sulfure	9,3	19,1	71,0
concentré oxydique	90,7	0,8	29,0
alimentation	100,0	2,5	100,0

Etant donné que ce résultat ne fournit pas entière satisfaction, on devra faire des analyses fondamentales de flottation pendant la 2ème phase; ces analyses auront pour but, soit d'empêcher l'oxydation des surfaces des sulfures, soit de chercher des collecteurs de flottation présentant une bonne absorbabilité à des surfaces oxydées. La flottation est effectuée, pour ce qui concerne les oxydes de fer, en tant que flottation indirecte, c'est-à-dire que les sulfures ferreux sont produits dans l'écume et les oxydes de fer restent dans le résidu de flottation.

Schéma de traitement et résultats d'essais

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

4.4

JUGEMENT GENERAL DE LA
SUSCEPTIBILITE A LA PREPARATION
EN RAISON DE LA COMPOSITION MINERALOGIQUE

4.4 Jugement général de la susceptibilité à la préparation en raison de la composition minéralogique

Le jugement suivant des possibilités de produire des concentrés vendables de minerai de fer à partir des minerais primaires de Falémé ne peut être valable, en premier lieu, que pour les échantillons de carotte provenant des 3 carottages Goto A et Kouroudiako A et B qui ont été étudiés. Ceux-ci peuvent être considérés comme des échantillons typiques démontrant la nature et le degré d'enchevêtrement du minerai de fer avec des roches encaissantes, minerais en gangue et sulfures.

Les résultats positifs obtenus dans les premiers essais devront être confirmés par d'autres essais sur des échantillons de minerai de plus grandes dimensions qui - quant au contenu quantitatif des composants - correspondent à une moyenne plus représentative et qui, en conséquence, donneront des informations valables relatives à la teneur en Fe, au pourcentage en poids et à la valeur du rendement que l'on peut attendre dans le concentré.

Un enrichissement des minerais primaires de Falémé jusqu'à des concentrés supérieurs dépend dans la plus grande mesure du bon résultat d'une élimination poussée le plus loin possible - mais cependant efficace et rentable - des composants suivants :

- les roches incluses entre et dans les corps de magnétite
- la gangue enchevêtrée de façon fine, avec le minerai magnétiteux
- les sulfures imbriqués, de façon relativement grossière, avec le minerai magnétiteux
- au cas où se trouveraient, dans les minerais situés à proximité de la surface, de plus grands pourcentages importants d'après les quantités de magnétite plus ou moins transformée en martite/hématite - ce qui ne sera établi qu'après la sélection définitive des minerais à considérer pour l'industrie minière - le schéma de préparation devrait être conforme à un tel minerai mélangé.

A en juger d'après les résultats obtenus jusqu'ici, on peut constater ce qui suit quant aux chances de succès pour la séparation de différents composants des roches stériles et des sulfures des oxydes ferriques :

Toutes les roches non magnétiques incluses dans les amas de minerai de magnétite comme skarn, andésite, diorite etc., et aussi une partie des composants de gangue enchevêtrés comme silicates, quartz, carbonate, etc. peuvent être séparés par aimant à faible tension après le broyage du tout-venant à 1 mm.

L'emploi préalable d'une manière économique d'une phase de séparation magnétique COBBER après un concassage plus grossier p. ex. à 5 mm, dépend de la proportion des roches stériles dans le tout-venant et ne serait rentable que si le poids des roches dans le tout-venant est de 25 - 30 %.

La gangue - qui est principalement grosse, mais aussi d'imbrication fine (en particulier dans les cristaux de magnétite d'une structure zonale) et qui se présente avant tout en forme de silicates - peut être séparée par voie magnétique pour la plupart après la désagrégation du minerai à 0,1 mm. Dans tous les minerais de Falémé concentrés à l'aide du tube "Davis", les teneurs en fer étaient, après la désagrégation à 0,1 mm, comprises entre 65 et 70 %. Les inclusions de silicates les plus fins dans la magnétite sont quantitativement peu importantes et elles n'exercent aucune influence adverse sur la qualité du concentré.

Au cours des essais, on a étudié les variations suivantes des schémas de réactifs :

type de collecteur	xanthate isopropylique de soude
	xanthate isopropylique de potassium
	xanthate amylique de potassium
	mélange de x.i. de potassium et phosocrésole B
quantité de collecteur	50 - 500 g/t
quantité d'activeur	50 - 5.000 g/t, CuSO ₄ · 5H ₂ O
influence d'un moyen de sulfuration	500 g/t, Na ₂ S
pH de la pulpe	3 - 12

D'un total de 18 essais, les conditions reprises ci-dessous s'avèraient les plus favorables :

1.000 g/t CuSO₄ · 5H₂O

500 g/t de xanthate amylique de potassium

50 g/t d'huile de pin

pH 4,5 (ajusté déjà au cours du broyage par l'adjonction d'H₂SO₄).

Après un temps de conditionnement de 3 mn, et un temps de flottation de 4 mn, on a obtenu le résultat suivant :

	% en poids	teneur en S	répartition d'S
écume de sulfure	9,3	19,1	71,0
concentré oxydique	90,7	0,8	29,0
alimentation	100,0	2,5	100,0

Etant donné que ce résultat ne fournit pas entière satisfaction, on devra faire des analyses fondamentales de flottation pendant la 2ème phase; ces analyses auront pour but, soit d'empêcher l'oxydation des surfaces des sulfures, soit de chercher des collecteurs de flottation présentant une bonne absorbabilité à des surfaces oxydées. La flottation est effectuée, pour ce qui concerne les oxydes de fer, en tant que flottation indirecte, c'est-à-dire que les sulfures ferreux sont produits dans l'écume et les oxydes de fer restent dans le résidu de flottation.

4.3.2.6. Analyse chimique du concentré

Analyse chimique complète du concentré mixte de Goto A-1 à Goto A-6 obtenue par essais de séparation magnétique de laboratoire (annexes 4-3-2-1 à 4-3-2-6; § 4.3.2.3)

Fe _{tot.}	68,6	%
Fe ²⁺	29,9	%
Fe ³⁺	38,7	%
SiO ₂	1,59	%
Al ₂ O ₃	0,25	%
CaO	0,25	%
MgO	0,85	%
P	0,006	%
S	2,29	%
Mn	0,05	%
Cu	0,018	%
Ni	0,002	%
Na ₂ O	0,04	%
K ₂ O	0,14	%
Perte au feu	2,41	%

Ce concentré a été utilisé pour exécuter les essais de pelletisation 1 et 2 (voir § 4.5).

4.2.3 Flow-sheet et résumé des résultats des essais

En raison des études, le flow-sheet pour le traitement du minerai de fer est proposé sur la page suivante.

Le minerai brut, amené à l'unité de traitement à la granulométrie < 300 mm, est broyé, autogène et en circuit fermé, à la finesse de 0,5 - 1 mm; on doit déterminer, par des essais ultérieurs, si ce broyage sera par voie humide ou sèche. Le matériau broyé passe à un séparateur magnétique "Rougher", il est préconcentré et ensuite broyé dans un broyeur à cylindres. La finesse du matériau fini de ce broyage sera d'env. < 0,1 mm. Le matériau broyé est alimenté dans un séparateur magnétique "Cleaner"; la séparation doit se faire en 2 étages. Ensuite, le concentré "Cleaner" est donné à la flottation pour la séparation des sulfures ferreux magnétiques (des études ultérieures devront fournir des informations quant au dimensionnement de celui-ci).

Les déblais des séparateurs magnétiques "Rougher" et "Cleaner" ainsi que l'écume de la flottation sont amenés à un étang de rejets après la séparation des quantités grossières et l'épaisseur des schlamms fins. Le résidu de la flottation est le concentré final de minerai de fer de l'unité de traitement.

Les résultats des essais de traitement sur les échantillons de minerai Goto A sont fournis par le tableau ci-dessous (afin d'en assurer une meilleure netteté, les résultats sont donnés sous forme d'un flow-sheet).

Enrichissement	Produit	Poids	Fe	Rendement
		(%)	(%)	(%)
Séparation magnétique "Rougher"	Concentré "Rougher"	70	61	91
	Produits de queue "Rougher"	30	14	9
	Minerai brut	100	46-48	100
Séparation magnétique "Cleaner"	Concentré "Cleaner"	55	68	80
	Produits de queue "Cleaner"	15	35	11
	Concentrés "Rougher"	70	61	91

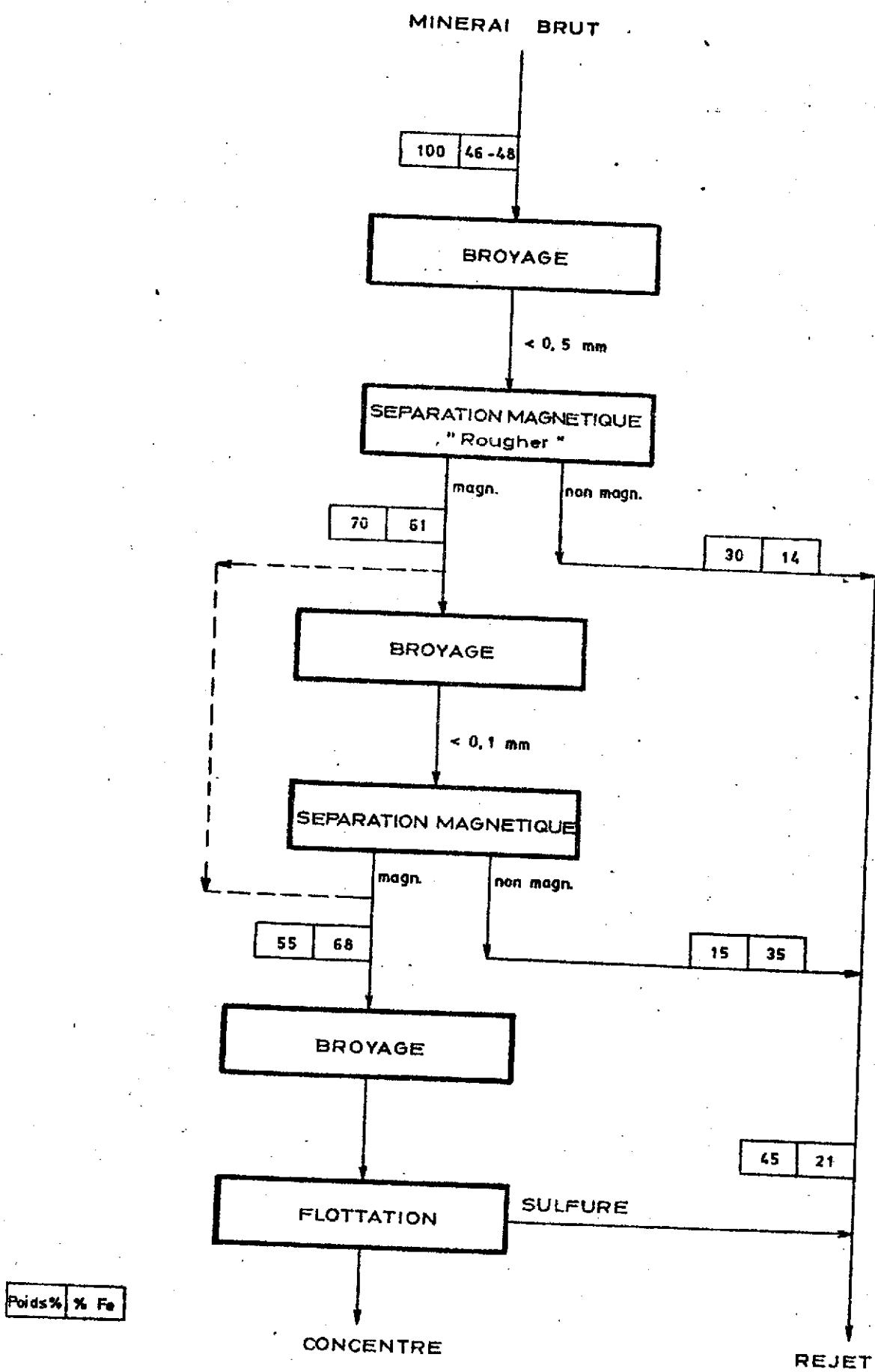
Le concentré magnétique "Cleaner" comprend env.

2,5 % S

0,01 % P

0,01 % Cu

La teneur en soufre pourrait être réduite à env. 1 % par la flottation; pour une réduction ultérieure il faut des essais de flottation d'une plus grande envergure.

Schéma de traitement et résultats d'essais

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

4.4

JUGEMENT GENERAL DE LA
SUSCEPTIBILITE A LA PREPARATION
EN RAISON DE LA COMPOSITION MINERALOGIQUE

4.4 Jugement général de la susceptibilité à la préparation en raison de la composition minéralogique

Le jugement suivant des possibilités de produire des concentrés vendables de minerai de fer à partir des minerais primaires de Falémé ne peut être valable, en premier lieu, que pour les échantillons de carotte provenant des 3 carottages Goto A et Kouroudiako A et B qui ont été étudiés. Ceux-ci peuvent être considérés comme des échantillons typiques démontrant la nature et le degré d'enchevêtrement du minerai de fer avec des roches encaissantes, minerais en gangue et sulfures.

Les résultats positifs obtenus dans les premiers essais devront être confirmés par d'autres essais sur des échantillons de minerai de plus grandes dimensions qui - quant au contenu quantitatif des composants - correspondent à une moyenne plus représentative et qui, en conséquence, donneront des informations valables relatives à la teneur en Fe, au pourcentage en poids et à la valeur du rendement que l'on peut attendre dans le concentré.

Un enrichissement des minerais primaires de Falémé jusqu'à des concentrés supérieurs dépend dans la plus grande mesure du bon résultat d'une élimination poussée le plus loin possible - mais cependant efficace et rentable - des composants suivants :

- les roches incluses entre et dans les corps de magnétite
- la gangue enchevêtrée de façon fine, avec le minerai magnétiteux
- les sulfures imbriqués, de façon relativement grossière, avec le minerai magnétiteux
- au cas où se trouveraient, dans les minerais situés à proximité de la surface, de plus grands pourcentages importants d'après les quantités de magnétite plus ou moins transformée en martite/hématite - ce qui ne sera établi qu'après la sélection définitive des minerais à considérer pour l'industrie minière - le schéma de préparation devrait être conforme à un tel minerai mélangé.

A en juger d'après les résultats obtenus jusqu'ici, on peut constater ce qui suit quant aux chances de succès pour la séparation de différents composants des roches stériles et des sulfures des oxydes ferriques :

Toutes les roches non magnétiques incluses dans les amas de minerai de magnétite comme skarn, andésite, diorite etc., et aussi une partie des composants de gangue enchevêtrés comme silicates, quartz, carbonate, etc. peuvent être séparés par aimant à faible tension après le broyage du tout-venant à 1 mm.

L'emploi préalable d'une manière économique d'une phase de séparation magnétique COBBER après un concassage plus grossier p. ex. à 5 mm, dépend de la proportion des roches stériles dans le tout-venant et ne serait rentable que si le poids des roches dans le tout-venant est de 25 - 30 %.

La gangue - qui est principalement grosse, mais aussi d'imbrication fine (en particulier dans les cristaux de magnétite d'une structure zonale) et qui se présente avant tout en forme de silicates - peut être séparée par voie magnétique pour la plupart après la désagrégation du minerai à 0,1 mm. Dans tous les minerais de Falémé concentrés à l'aide du tube "Davis", les teneurs en fer étaient, après la désagrégation à 0,1 mm, comprises entre 65 et 70 %. Les inclusions de silicates les plus fins dans la magnétite sont quantitativement peu importantes et elles n'exercent aucune influence adverse sur la qualité du concentré.

Au cours du même processus, on réussit aussi à réaliser la séparation importante des composants de pyrite et de chalcopyrite qui sont principalement imbriqués d'une façon grossière; par contre, la séparation magnétique de la pyrrhotine (FeS) magnétique elle-même n'est pas possible et le sulfure ferreux est même enrichi dans le minerai concentré. Par conséquent, la flottation consécutive s'impose pour l'élimination la plus importante possible du soufre.

L'élimination autant que possible du soufre avant l'agglomération du concentré devrait être examinée au cours de la prochaine phase du projet dans des essais plus étendus.

Dans les échantillons de minerai en question de Goto et Kouroudiako, le traitement du point de vue préparation des minerais partiellement martitisés ne se représente pas en tant que problème; la seule partie du minerai supérieur d'env. 6 m d'épaisseur et fortement martitisée dans le carottage Kouroudiako A peut être considérée comme minerai riche avec un contenu de plus que 63 % en Fe. Les autres échantillons qui ne sont martitisés que faiblement, en provenance des carottages Kouroudiako A et B ne montrent pas, à la désagrégation plus favorable du point de vue préparation à 0,1 mm, de diminution importante du rendement en fer par dégagement et séparation de la martite paramagnétique.

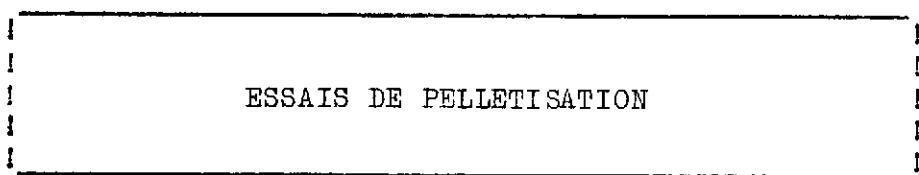
Le phosphore dans le minerai primaire étant de 0,03 %, peut être réduit à la préparation à un ordre de grandeur de 0,01 % seulement.

Pour conclure, on peut constater que le minerai primaire de Falémé peut être enrichi en forme de concentrés riches en fer en employant une simple séparation magnétique de faible tension. Les résiduels comme phosphore et cuivre, non désirables du point de vue métallurgique, sont très réduits ou faibles.

On espère que le soufre se trouvant dans la pyrrhotine, qui est à son tour mélangée au concentré magnétique, puisse être diminué à la flottation et que le soufre restant encore dans le concentré après la flottation se laisse évaporer à la suite de l'agglomération nécessaire.

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

4.5



4.5 Essais de pelletisation

4.5.1 Réalisation des essais

Pour la réalisation des essais de pelletisation, on a eu recours aux concentrés suivants ayant des teneurs en soufre différentes :

Essai	Concentré	Provenance	Teneur en soufre
1-2	concentré mélangé Goto A 1-6 (analyse; rep. 4.3.2.6)	essais de séparation magnétique de laboratoire	2,3 %
3	concentré Goto A à partir d'échantillons mélangés 1-6	essais de séparation magnétique semi-industriels	2,6 %
4	concentré mélangé KDA 1+2+3	essais de séparation magnétique de laboratoire	0,3 %
5	concentré mélangé KDB 1+2+3 (1966) + KDB 1 (1967)	essais de séparation magnétique de laboratoire	0,9 %
6	KDA 4	essais de séparation magnétique de laboratoire	2,2 %

4.5.2 Résultats des essais et discussion

Pour l'essai 1 0,7 % de bentonite-wyoming en tant que liant et 3 % de poudre de quartz en tant qu'agent de broyage ont été ajoutés au concentré. Une addition de SiO_2 s'impose parce que l'on devrait tenter d'obtenir dans les pellets de haut fourneau une teneur en acide silicique de 4,5 - 5 % SiO_2 . Pour l'essai 2 on a utilisé la bentonite-wyoming pour ajouter; dans ce cas le but n'était pas de produire des pellets pour l'utilisation dans les hauts fourneaux, mais pour la réduction directe devant présenter une teneur en gangue la plus basse possible.

Les résultats des essais de pelletisation 1,2 et 3 sont représentés dans l'annexe 5-1. La teneur en soufre du concentré Goto-A est d'env. 2,3 % - 2,6 %.

Le concentré fourni avait une surface spécifique (d'après Blaine) d'env. $1.400 \text{ cm}^2/\text{gr}$; on a dû le broyer avant la pelletisation. Les essais de pelletisation exécutés après le broyage ont pu être effectués sans difficultés; les qualités de pellets verts peuvent être considérés comme satisfaisants. Au cours de deux essais de brûlement on a réalisé des températures de 1.320°C . L'analyse des pellets obtenus a donné pour résultat que dans les deux cas la résistance à l'écrasement et la résistance ISO au trommel normalisé ne sont pas suffisantes; les pellets étaient magnétiques après le durcissement oxydant. Une configuration pailleuse se présentait à l'oeil nu, dont le bord extérieur d'env. 1 - 2 mm d'épaisseur donnait l'aspect normal; une zone caillouteuse et fortement enchevêtrée d'env. 1 - 2 mm d'épaisseur suivait et au noyau les pellets étaient partiellement creux. Sans aucun doute cette apparition est causée par la haute teneur en soufre dans le concentré du départ.

Dans l'essai 3 le durcissement a été réalisé à une température réduite à 1.250°C. Le résultat de cet essai - 3 % de poudre de quartz a été ajoutée au concentré - est aussi relevé dans l'annexe 5-1. La résistance à froid à l'écrasement a été améliorée jusqu'à 118 kg/P et la résistance ISO au trommel normalisé des pellets brûlés jusqu'à 89,2 % en poids + 6,3 mm, mais malgré cela les pellets ne répondent pas aux exigences d'aujourd'hui. A l'oeil nu se présentait à peu près la même chose que pour les pellets des essais 1 et 2.

Ensuite on a effectué des essais en petit à des températures de durcissement réduites ultérieurement. Les résultats obtenus étaient :

Temp. de durcissement °C	Résistance à froid à l'écrasement des pellets durcis en kp/pellet		Remarques	
	moyenne	min.	max.	
1.250	125	47	220	pellets poreux
1.200	108	42	185	et coquillés
1.150	75	22	131	
1.100	70	18	130	pellets émoussés

En aucun cas on a réussi à obtenir de hautes valeurs de résistance à l'écrasement; même lorsqu'une désulfuration importante se produirait au cours du durcissement, les pellets ne peuvent être qualifiés de satisfaisants qualitativement en raison de leur nature physique. On ne peut s'attendre à de considérables améliorations que lorsque la teneur en soufre du concentré serait réduite sensiblement.

Pour cette raison, les essais 4 et 5 (annexe 5-2) ont été exécutés sur des concentrés dont les teneurs en soufre étaient inférieures (essai n° 4 à env. 0,3 % et essai n° 5 à env. 0,9 % de soufre); on a aussi apporté une modification du schéma de brûlement prévoyant une désulfuration avant le durcissement proprement dit du pellets.

Afin de déterminer l'influence de cette mesure sur les qualités des pellets, on a utilisé, dans un autre essai (n° 6), à nouveau un concentré à une plus haute teneur en soufre (voir rep. 4.5.1).

L'annexe 5-2 montre que l'on a réalisé de très bonnes valeurs de résistance des pellets brûlés, dans les essais 4 et 5 (p. ex. les résistances à froid à l'écrasement étaient d'env. 360 - 370 kg/P). Pour la résistance ISO au trommel normalisé on a trouvé 95,7 - 97,7 % poids + 6,3 mm.

L'essai 6 sur le concentré KDA 4 avec env. 2,2 % de soufre a donné le résultat de 97,2 % en poids + 6,3 mm et ça signifie qu'en comparaison avec les essais 1 et 2 une considérable amélioration des qualités physiques des pellets produits - même à de hautes teneurs en soufre dans le concentré - s'est produite. Il semble possible de réaliser une amélioration de la qualité des pellets au moyen d'une optimisation ultérieure du procédé de brûlement.

Une analyse chimique des pellets produits des essais 4, 5 et 6 n'est pas disponible à présent, mais la détermination de la composition chimique des pellets de l'essai 1 de la première série a montré :

Fe _{tot.}	65,5	%
SiO ₂	4,9	%
S	0,082	%

On peut supposer que la désulfuration, pour l'essai 6 aussi, est dans le même ordre de grandeur. Pour les pellets des essais 4 et 5 on s'attend de toute façon à une plus basse teneur en soufre, étant donné que les teneurs en soufre dans le concentré de départ étaient considérablement plus basses ici.

Des analyses métallurgiques ont été exécutées sur les pellets de l'essai 5; la mesureation de la réductibilité et du comportement réduction de pression/amollissement a montré que la vitesse de réduction de 1,0 %/min. peut être considérée comme relativement favorable. La pression différentielle a été comme étant de 18,5 mm de colonne d'eau à un degré de réduction de 80 %; ce chiffre est suffisant, mais il peut être amélioré.

La détermination de la décomposition granulométrique dans la zone des basses températures a donné le résultat une résistance à la décomposition de 26,3 % en poids + 6,3 mm et une abrasion de 4,6 % en poids - 0,5 mm (le premier chiffre peut être amélioré).

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

4.6

ESTIMATION APPROXIMATIVE DES FRAIS
D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

4.6 Estimation approximative des frais d'investissement et d'exploitation

Les résultats obtenus des essais de traitement démontrent que les minerais de Falémé peuvent être enrichis, après le broyage à <0,1 mm, au moyen d'une séparation magnétique à champ faible, obtenant ainsi des concentrés à haute teneur en fer dont les teneurs résiduelles en éléments nocifs du point de vue métallurgie en forme de phosphore et cuivre sont faibles. Le concentré magnétique contient env. 2 % de soufre (lié à la pyrrhotine) qui - d'après les essais faits jusqu'ici - a pu être réduit jusqu'à env. 1 % par la flottation; la possibilité d'une réduction ultérieure de la teneur en soufre doit faire l'objet d'un examen approfondi au cours de la phase suivante des travaux. Toutefois, le pourcentage de soufre se trouvant encore dans le concentré après la flottation peut être volatilisé dans une large mesure pendant la pelletisation des concentrés.

On peut s'attendre à la possibilité d'une amélioration de la qualité des pellets après la réduction de la teneur en soufre du pellet-feed.

Le projet décrit ci-après a été élaboré pour une production de

10 millions

de pellets. La proportion "minéral brut : concentré" atteint, d'après les résultats obtenus, la valeur favorable de 1,9 : 1, c'est-à-dire que l'étude du projet est basée sur un débit de

19 millions

de tonnes de minéral brut.

Les frais d'investissement et d'exploitation estimés dans le présent compte-rendu se réfèrent aux parties suivantes du projet :

l'installation de concassage primaire
le parc de stockage du minerai brut
l'installation de traitement
le parc de stockage des pellet-feed
l'installation de broyage secondaire
l'installation de pelletisation.

Autant que possible, les frais d'exploitation sont basés sur les conditions africaines; il s'agit de purs comprenant frais purement d'exploitation :

les pièces de rechange et d'usure
pour le maintien des machines
l'énergie
l'eau
les réactifs et matériel d'appoint
le personnel
mais non pas les frais administratifs.

Les prix suivants - à vérifier selon les conditions locales - ont été à l'origine pour la détermination des frais d'exploitation :

courant électrique : DM 0,055/kwh
eau : DM 0,08/m³.

Les prix de base des matériels d'appoint ont été repris dans la partie respective de l'installation.

Au cas où cette base changerait, la rentabilité du projet devait faire l'objet d'un examen nouveau.

Récapitulation des frais d'investissement

	Millions de DM
Installation de concassage	12,24
Parc de stockage du minerai brut	5,72
Installation de traitement	425,30
Parc de stockage du pellet-feed	5,25
Installation de broyage secondaire	75,43
Installation de pelletisation	<u>249,40</u>
Au total	773,34

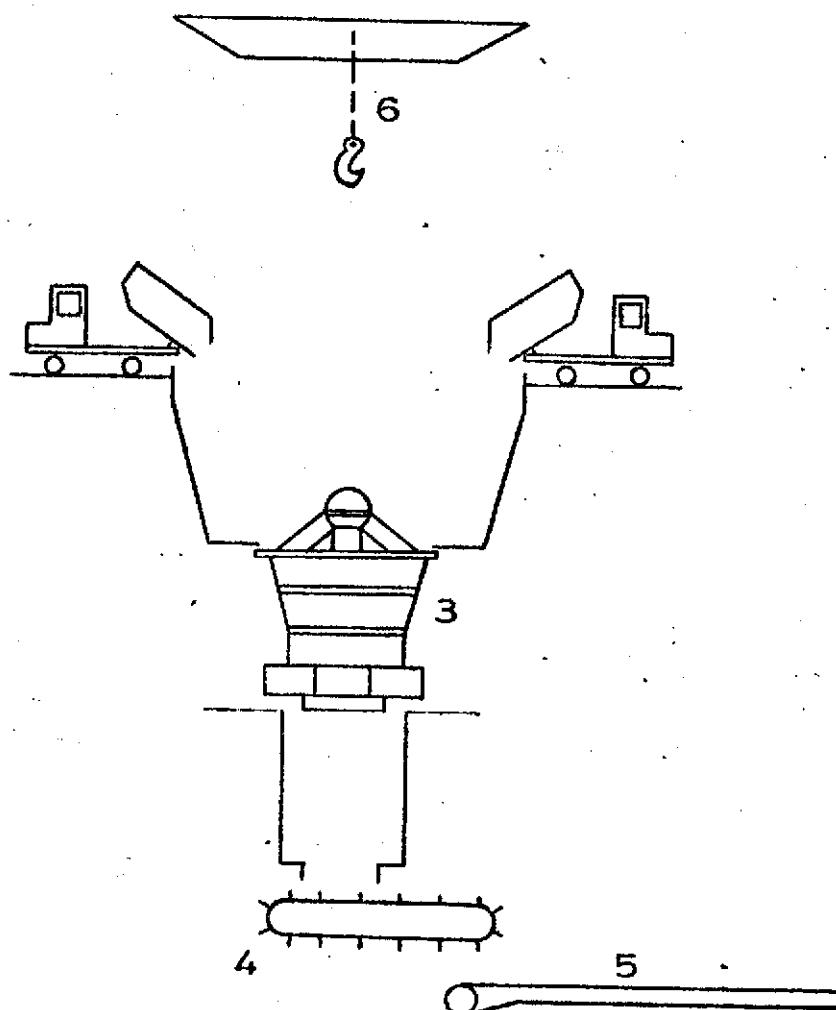
Récapitulation des frais purement d'exploitation

	DM/t minerai brut	DM/t Pellet
Concassage	0,11	0,22
Stockage	0,02	0,04
Traitement	4,48	8,52
Stockage du pellet-feed		0,03
Broyage secondaire		2,14
Pelletisation		7,83
Au total		18,78

4.6.1 Installation de concassage

4.6.1.1 Plan de fonctionnement

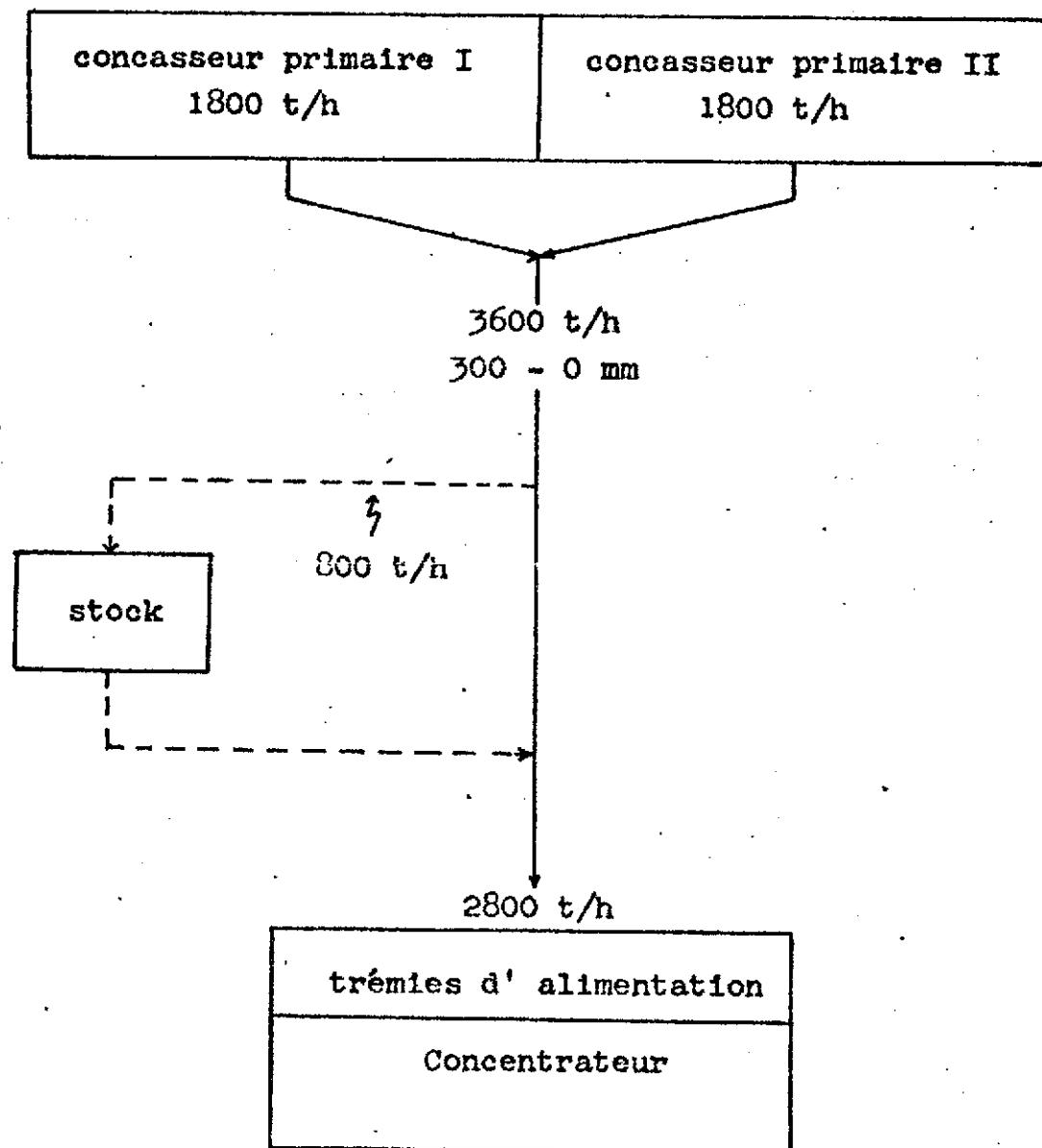
Minerai brut	19×10^6 t/an
Plan de fonctionnement	300 jours/an
	6 jours/semaine
	24 heures/jour
	7200 heures/an
Disponibilité	85 %
Durée de fonctionnement (nette)	6100 heures/an
Débit voulu	3200 t/h
Système prévu	2 systèmes de 1800 t/h chacun

4.6.1.2 Description

- 3 Concasseur primaire
- 4 Alimentateur à tabliers métalliques
- 5 Transporteur
- 6 Ponts roulants

L'unité de concassage primaire comprend 2 concasseurs giratoires alimentés, à l'aide de camions, de matière en provenance d'une mine à ciel ouvert. Le minerai concassé <300 mm est déchargé par un transporteur à tabliers métalliques et amené au concentrateur ou au stock de minerai brut.

4.6.1.3 Plan de dispositon



4.6.1.4 Liste des équipements

Rep.	Equipements	Quantité
3	concasseur primaire (concasseur giratoire type 54-80 HD)	2
4	alimentateur à tabliers métalliques largeur 2,4 m	2
5	transporteur	2
6	ponts roulants (pont principal 60 t pont auxiliaire 10 t)	1 2
7	capteur de poussière	2
8	bascule	2

4.6.1.5 Frais d'investissement et d'exploitation

Les frais d'investissement et d'exploitation pour l'installation de préconcassage sont estimés comme suit :

investissement DM 12.240.000,--

frais purement d'exploitation :

par tonne de minerai brut	DM	0,11
par tonne de concentré	DM	0,22

4.6.2 Stock de minerai brut

4.6.2.1 Description

On a prévu entre le préconcasseur et le concentrateur un stock de minerai brut servant de terril intermédiaire au cas où les préconcasseurs feraient défaut pendant une courte période - ce qui imposerait un détournement du flux de matière - et dans le but d'assurer l'alimentation du concentrateur les dimanches.

Le minerai déchargé par les préconcasseurs est transporté, à l'aide d'une bande de convoyage, au stacker-reclaimer à roue-pelle dont la pelle déverse la matière, au débit de 3600 t/h, sur le parc de stockage (capacité 150 000 t).

La roue-pelle reprend le minerai et le déverse sur des transporteurs qui l'amènent, aussi au débit de 3600 t/h, au concentrateur.

4.6.2.2 Liste des équipements

1 stacker-reclaimer à roue-pelle (3600 t/h)
550 m de transporteurs à courroie
150 m de ponts intermédiaires à bande
empierrement de routes et du parc de stockage

4.6.2.3 Frais d'investissement et d'exploitation

Les investissements pour les équipements relevés sous rep. 4.6.2.2 sont élevés à :

DM 5.720.000,--

Frais purement d'exploitation

par tonne de minerai brut	DM	0,02
par tonne de concentré	DM	0,04

4.6.3 Installation de traitement

4.6.3.1 Plan de fonctionnement

Temps de travail	52 semaines/an
	20 postes/semaine
	8 heures/poste
Disponibilité	85 %
Temps de travail net	7070 heures
Minerai brut	19×10^6 t/an
Débit voulu	2690 t/h
Débit offert	2800 t/h
Nombre de systèmes	8
Débit théorique par système	350 t/h

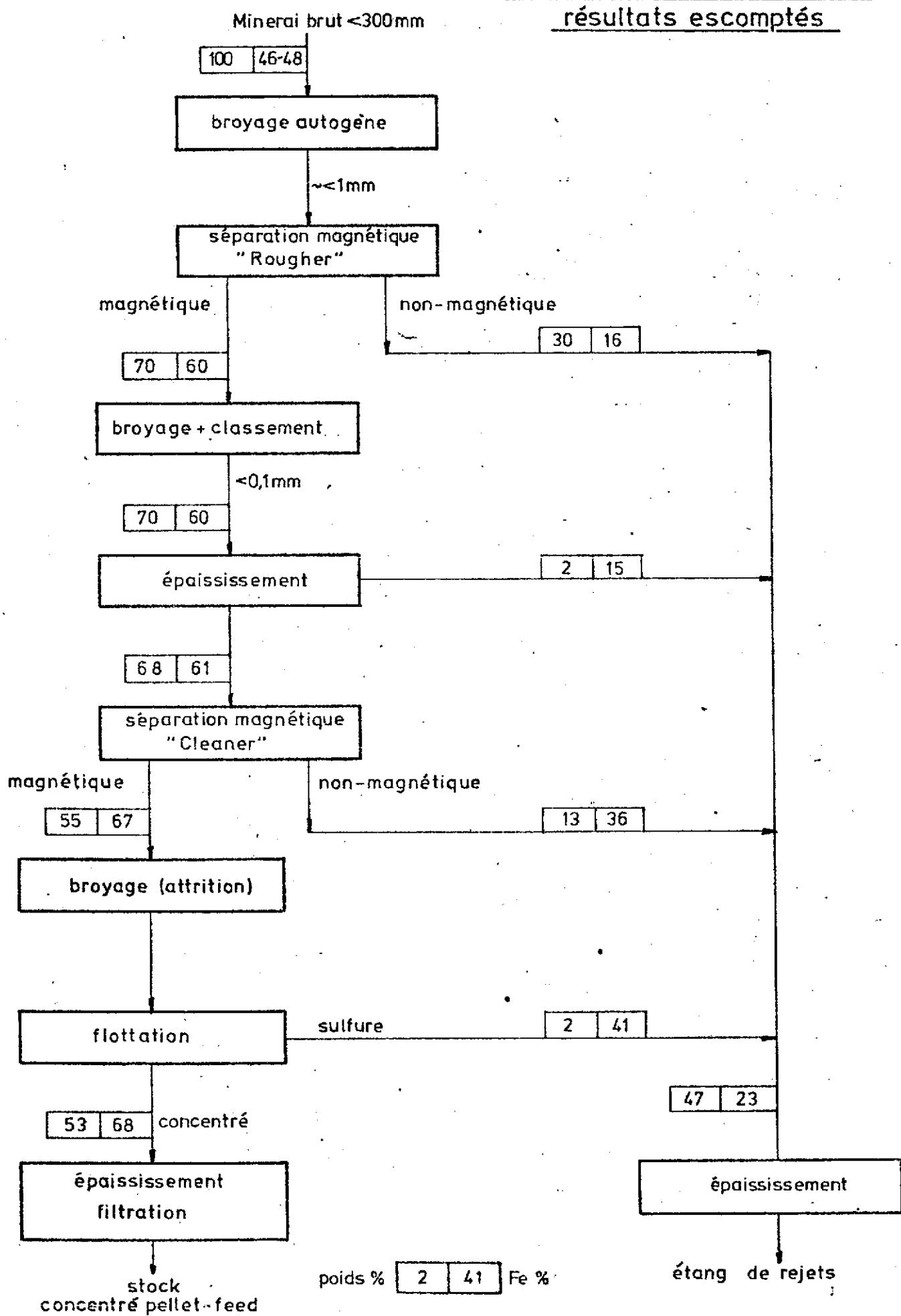
4.6.3.2 Description

A en juger d'après les essais effectués, le minerai peut être enrichi par un procédé décrit ci-dessous (schéma : page suivante). Les quantités inscrites proviennent principalement des résultats obtenus des essais sur le minerai du type Goto-A. Quelques quantités dans le schéma de traitement ont été inscrites en raison de notre expérience qui devait être confirmée par les travaux de recherche de la phase suivante.

Partant du schéma de traitement élaboré, on a mis au point un flowsheet représenté dans la page suivante; la détermination du flow-sheet définitif exige d'autres recherches dont les résultats sont à confirmer au cours de la phase finale des recherches pilotes.

L'unité, conçue pour un débit de 2800 t/h de minerai brut, comprend 8 systèmes identiques. Depuis le parc de stockage, le minerai brut est déversé dans la trémie 16 par un transporteur réversible 15. L'alimentation dans le broyeur autogène 18 depuis la trémie de minerai brut se fait par les transporteurs à tabliers métalliques 17. La matière broyée est alimentée dans le crible 20 qui fonctionne en circulation avec le broyeur par la pompe 19.

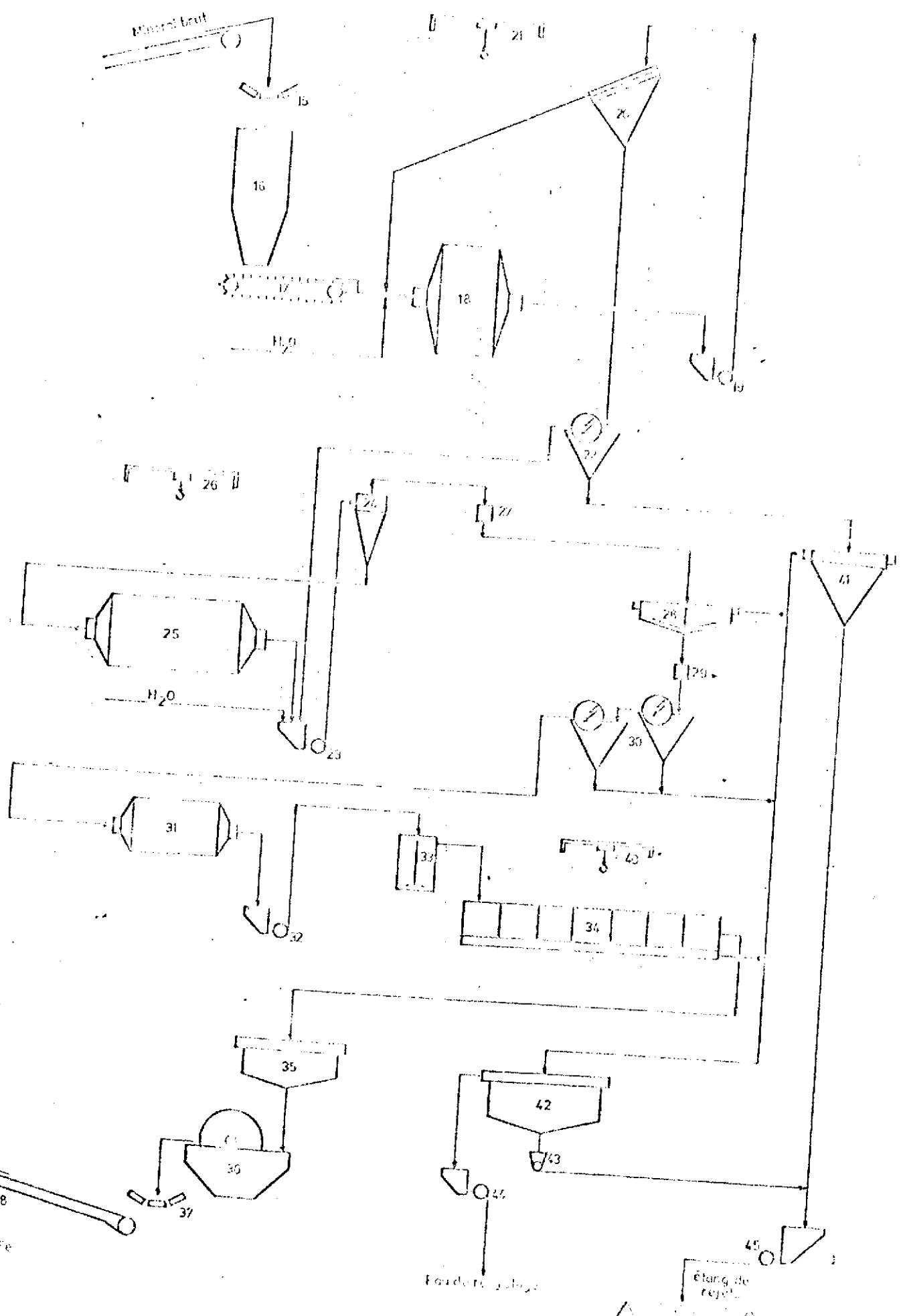
La matière acceptée par le crible ≤ 1 mm est préenrichie dans un séparateur magnétique "Rougher" 22 et la matière évacuée du séparateur est épaisse, avec la matière évacuée de l'autre partie de l'installation, et éloignée.

Schéma de traitement et
résultats escomptés


Le concentré "Rougher" est broyé à une finesse d'env. 95 % < 0,1 mm dans le broyeur à boulets 25 qui fonctionne en circulation avec le cyclone 24. Les fines du cyclone passent par les bobines à aimanter 27 dans l'épaisseur 28. Après la désaimantation, la pulpe épaisse est alimentée dans le séparateur magnétique "Cleaner" 30, en passant par la bobine de désaimantation 29. Le concentré magnétique à haute teneur en soufre est broyé dans le broyeur à boulets 31, en guise de traitement pour la flottation, dans le but de réaliser des surfaces fraîches pour un meilleur fonctionnement des réactifs de flottation; la matière évacuée du broyeur est pompée dans l'unité de flottation qui comprend un conditionneur 33, unité de flottation "Rougher" et 2 unités de flottation "Scavenger". Le concentré de minerai de fer (résidu de cellules) est amené à l'épaisseur 35 et filtré dans le filtre rotatif à disques 36; le tourteau de filtration est transporté, au moyen d'un transporteur collecteur 39, à un terril de concentrés. La matière évacuée du séparateur magnétique et de l'unité de flottation est épaisse dans 3 épaisseurs ø 75 mm. La matière ~~de l'épaisseur~~ est évacuée par les pompes à membrane 43 et éloignée vers l'étang de rejets par les pompes centrifuges 45. Le refus de l'épaisseur est retourné à l'installation, en tant qu'eau industrielle, à l'aide de la pompe 44.

La consommation en eau dans l'installation de traitement est d'env. 1 m³ par tonne de minerai brut.

Schéma de l'installation de Traitement.



4.6.3.3 Liste des équipements

4.6.3.3.1 Section de prébroyage

Rep.	Machine	Nombre
15	transporteur réversible largeur 1,4 m	1
16	trémie en béton pour le minerai concassé, capacité : 1500 t	8
17	alimentateur à tabliers métalliques largeur 0,8 m	16
18	broyeur autogène 32' x 12'	8
19	pompe	16
20	tamis 2200 x 5700 mm	16
21	pont roulant de 60 t	1

4.6.3.3.2 Séparation magnétique

Rep.	Machine	Nombre
22	séparateur magnétique "Rougher" 800 mm Ø x 2400 mm	40
23	pompe	24
24	cyclone	128
25	broyeur à boulets Ø 4,4 m x 8,8	16
26	grue de 50 t	1
27	bobine d'aimantation	256
28	épaisseur	8
29	bobine de désaimantation	72
30	séparateur magnétique "Cleaner"	80

4.6.3.3.3 Flottation et traitement ultérieur du concentré

Rep.	Machine	Nombre
31	broyeur à boulets ϕ 3 m x 3,8 m	8
32	pompe	24
33	conditionneur	8
34	unité de flottation	
35	épaississeur du concentré	8
36	filtre du concentré	32
37	transporteur collecteur de concentré	1
38	transporteur de concentré	1
40	grue	1

4.6.3.3.4 Epaississement des effluents

Rep.	Machine	Nombre
41	cône épaississeur	8
42	épaississeur ϕ 75 m	3
43	pompe pour la matière aspirée de l'épaississeur	24
44	pompe pour l'eau de recyclage	12
45	pompe	5

4.6.3.4 Frais d'investissement et d'exploitation

Les frais d'investissement et d'exploitation de l'installation traitement sont estimés à :

DM 425.300.000,--

Frais purement d'exploitation :

par tonne de minerai brut	DM 4,48
par tonne de concentré	DM 8,52

Pour le calcul des frais d'exploitation nous nous sommes basés sur la consommation suivante de réactifs - qui sera confirmée au cours de la phase suivante des essais - dans l'installation de flottation :

xanthate amylique de potassium 250 gr par t
d'alimentation
dans la flottation

CuSO₄ 500 gr par t
d'alimentation
dans la flottation

4.6.4 Stock de "pellet-feed"

4.6.4.1 Description

Un parc de stockage pour 100.000 t de concentrés en pellets est prévu avant l'unité de pelletisation.

La quantité de 1500 t de concentré est alimentée par heure, à l'aide d'un transporteur, dans l'installation de broyage secondaire. Les broyages secondaires et les unités de pelletisation étant étudiées pour le débit de 1400 t/h, le concentré est - temporairement - stocké dans le parc de stockage. Si nécessaire, 2 chargeurs à benne frontale reprennent le concentré et le déversent dans un chariot-trémie et de là il est déchargé pour être alimenté dans l'installation de pelletisation.

4.6.4.2 Liste des équipements

1 transporteur à tabliers métalliques
600 m de transporteurs à courroie
2 chariots-trémies
2 chargeurs à benne frontale 4 m³
370 m de ponts intermédiaires à bande
3 tours de transfert
fondation et empierrement des routes et du parc
de stockage

4.6.4.3 Frais d'investissement et d'exploitation

Les frais d'investissement et d'exploitation pour l'installation de transport du concentré pellet-feed depuis l'unité de traitement à l'unité de pelletisation et l'établissement du parc de stockage sont estimés à :

DM 5.250.000,--

Frais purement d'exploitation

par tonne de concentré DM 0,03

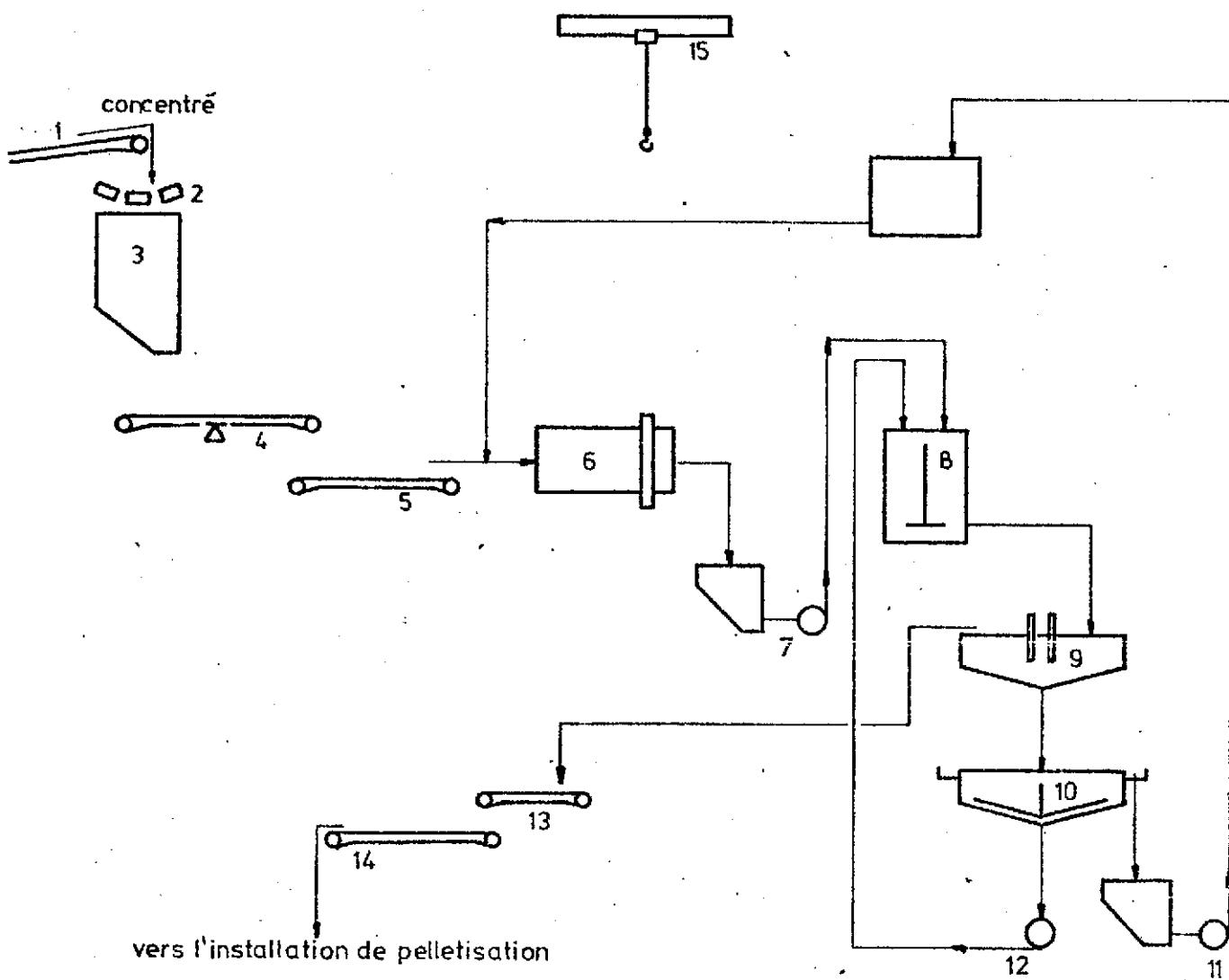
4.6.5 Poste de broyage secondaire

4.6.5.1 Description

Les quantités reprises ci-dessus de concentrés sont transportées, à partir du stock à pellets, à l'installation de broyage secondaire comportant, elle, essentiellement les unités de broyage et de filtration; l'installation de broyage secondaire comprend 3 postes.

Le plan d'exploitation de l'installation de broyage secondaire est presque semblable à celui de l'installation de pelletisation.

Le concentré transporté par le transporteur 1 (voir le flow-sheet) à partir du stock est déversé par le transporteur réversible 2 - qui assure la transportation aux installations de pelletisation - dans la trémie 3 pour être évacué de celle-ci, par l'alimentateur 4 (au débit de 1400 t/h) et ensuite il est amené, à l'aide du transporteur 5, au broyeur à cylindres 6 où en même temps de l'eau est ajoutée. Le concentré broyé d'env. 1800 - 2000 Blaine est pompé par 7 dans le réservoir 8 et transporté au filtre 9. Le filtrat, avec de l'eau et de la pulpe de l'installation, est transporté à l'épaisseur 10 où la matière acceptée est recyclée en tant qu'eau industrielle, tandis que la matière aspirée est amenée au réservoir 8. Le tourneau de filtration déversé sur le transporteur 13 est déchargé, par un système de transporteurs à courroie 14, au poste de pelletisation. La consommation en eau dans l'installation de broyage secondaire est d'env. 0,05 m³/t de "Pellet-feed".

Flow-sheet de l'équipement de broyage secondaire du concentré.

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1 transporteur à courroie | 9 filtre |
| 2 transporteur réversible | 10 épaisseur |
| 3 trémie | 11 pompe |
| 4 alimentateur à courroie avec balance | 12 pompe |
| 5 alimentateur à courroie | 13 transporteur à courroie |
| 6 broyeur à boulets | 14 système de transporteurs |
| 7 pompe | 15 pont roulant |
| 8 malaxeur | |

4.6.5.2 Liste des équipements

Rep.	Equipement	Nombre
1	transporteur à courroie	1
2	transporteur reversible	1
3	trémie	12
4	alimentateur à courroie avec balance	12
5	alimentateur à courroie	12
6	broyeur à boulets 4,4 x 8,8 m	12
7	pompe	6
8	malaxeur	12
9	filtre (avec accessoires)	48
10	épaisseur ø 20 M	3
11	pompe	6
12	pompe	6
13	transporteur à courroie	3
14	système de transporteurs avec déviation de secours	3
15	pont roulant de 50 t	1

4.6.5.3 Frais d'investissement et d'exploitation

Les frais d'investissement de 3 systèmes pour le broyage secondaire du concentré sont estimés à :

DM 75.430.000,--

Frais purement d'exploitation

par tonne de concentré ou
de pellets

DM 2,14

4.6.6 Installation de pelletisation

4.6.6.1 Plan de fonctionnement

Service	350 jours/an 7 jours/semaine 24 heures/jour
Disponibilité	85 %
Durée de travail nette	7.140 heures/an
Production de pellets	10×10^6 t/an
Débit voulu	1.400 t/h 3 systèmes de 470 t/h par système

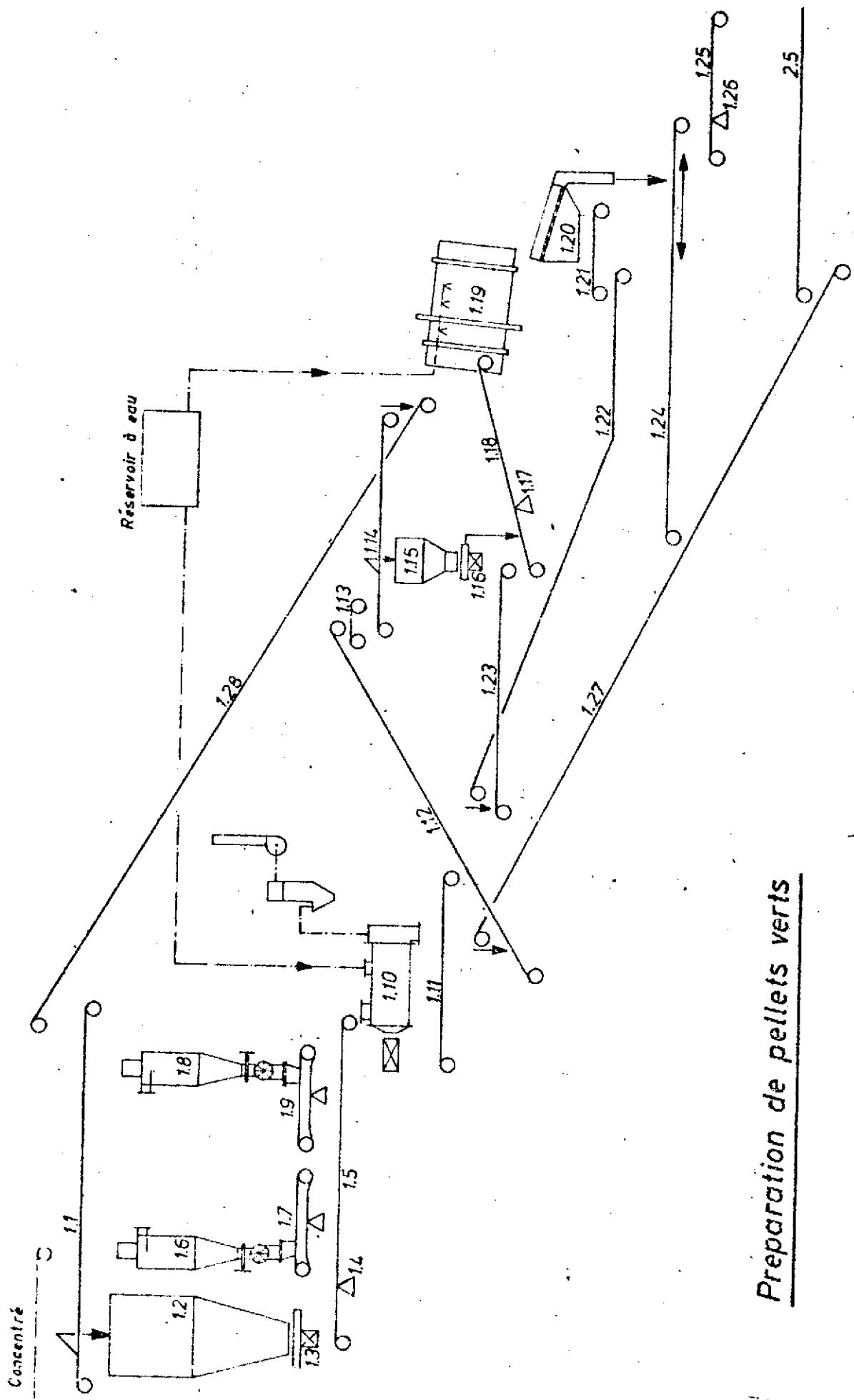
4.6.6.2 Description

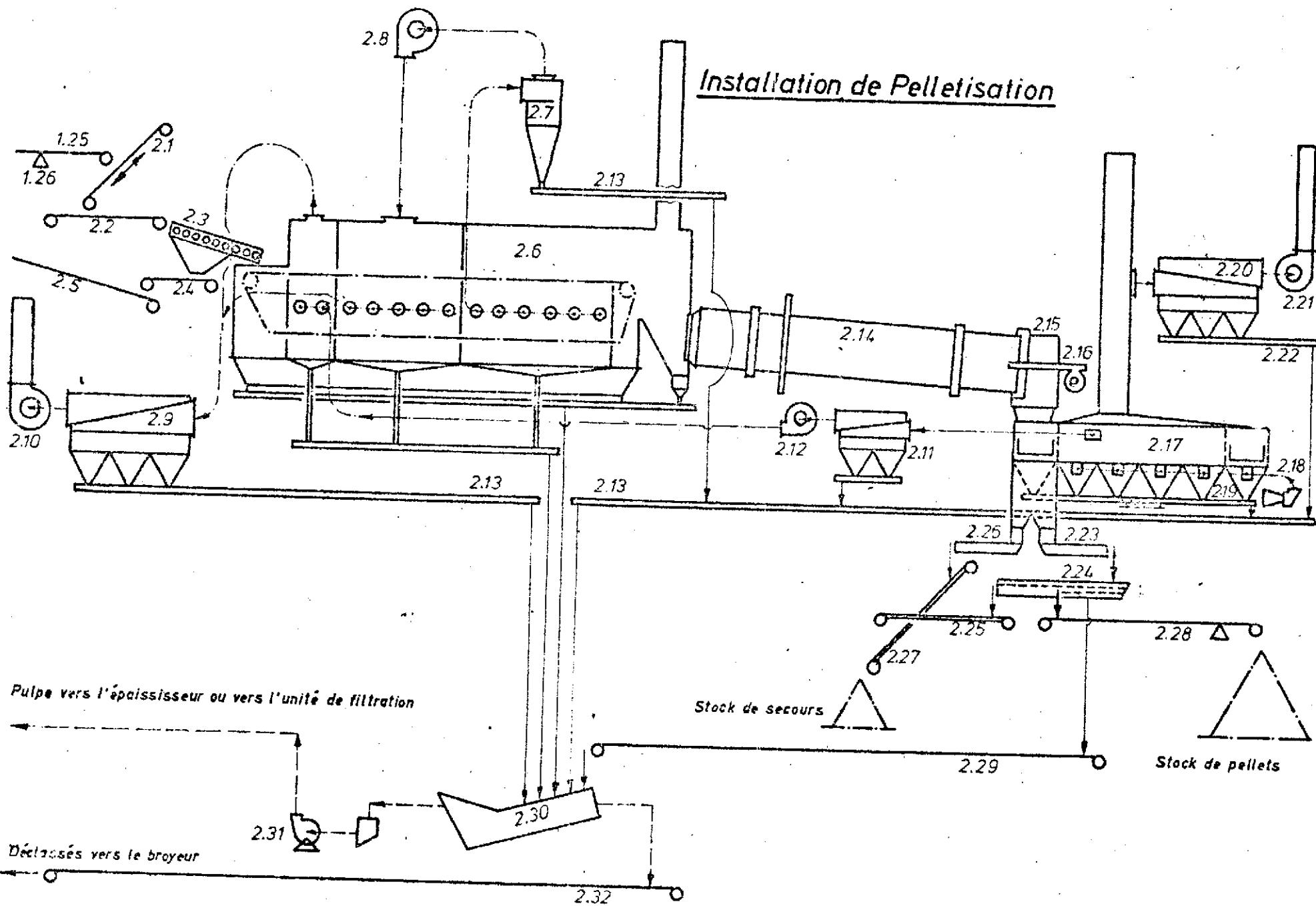
Le concentré, broyé à env. 70 % < 0,04 mm (env. 1.800 - 2.000 Blaine) dans l'installation de broyage secondaire, est transporté, en tant que tourteau de filtration, à l'installation de pelletisation.

L'étude est basée sur le procédé de pelletisation en four de grillage et se réfère - sauf mentions contraires - à une unité d'une capacité annuelle d'env. 3,3 millions tonnes de pellets.

Le procédé est expliqué par les flow-sheets dans les pages suivantes et ceux-ci démontrent que le procédé comporte essentiellement :

- poste d'alimentation et mélange
- poste de pelletisation
- poste de préchauffage
- poste de durcissement
- poste de refroidissement
- poste de criblage





4.6.6.3 Liste des équipements

Rep.	Equipement	Nombre pour 1 unité
1.1	distributeur, transporteurs, 1600 mm	1
1.2	trémie du concentré 300 m ³	3
1.3	distributeur Ø 2,7 m	3
1.4	balance	3
1.5	transporteur à courroie 1000 mm	3
1.6	silo à bentonite	3
1.7	alimentateur	3
1.8	silo à poudre de quartz	3
1.9	alimentateur	3
1.10	malaxeur	3
1.11	transporteur	1
1.12	transporteur	1
1.13	transporteur	1
1.14	transporteur	1
1.15	trémie-doseuse	6
1.16	distributeur Ø 2,7 m	6
1.17	balance	6
1.18	transporteur	6
1.19	tambour à pelletiser Ø 3,6 x 9,8 m	6
1.20	crible	6
1.21	transporteur	6
1.22	transporteur	6
1.23	transporteur	6
1.24	transporteur	6
1.25	transporteur	2
1.26	balance	2
1.27	transporteur	1
1.28	transporteur	1

Rep.	Equipement	Nombre pour 1 unité
2.1	distributeur, transporteur à courroie	1
2.2	alimentateur à courroie	1
2.3	alimentateur à rouleaux	1
2.4	transporteur	2
2.5	transporteur	1
2.6	grille de préchauffage 210 m ²	1
2.7	capteur de poussière intermédiaire	2
2.8	ventilateur à gaz chaud	2
2.9	capteur de poussière de gaz brûlé	2
2.10	ventilateur de gaz brûlé	2
2.11	capteur de poussière intermédiaire	2
2.12	ventilateur "updraft"	2
2.13	transporteur à chaîne	
2.14	four rotatif Ø 6,8 m x 42 m	1
2.15	tête de four	1
2.16	brûleur	1
2.17	refroidisseur circulaire 220 m ²	1
2.18	ventilateur d'air de refroidissement	5
2.19	vibrant	
2.20	capteur de poussière d'air d'évacuation	1
2.21	ventilateur à air d'évacuation	
2.22	transporteur à chaîne	
2.23	vibrant	11
2.24	goulotte d'alimentation du tamis	1
2.25	transporteur à tabliers métalliques	1
2.26	vibrant	1
2.27	transporteur à tabliers métalliques	1
2.28	transporteur	1
2.29	transporteur	1
2.30	classificateur spiral	1
2.31	pompe à pulpe	2
2.32	transporteur	1
3.0	réfractaires	

4.6.6.4 Frais d'investissement et d'exploitation

Les frais d'investissement pour les 3 unités de pelletisation sont estimés à :

DM 249.400.000,--

Frais purement d'exploitation	DM 7,83/t Pellet
-------------------------------	------------------

Les frais d'exploitation ont été calculés sur la base des données suivantes. Les consommations en matériel seront confirmées au cours de la phase suivante des études.

	Consommation	Prix/unité
Combustible, huile lourde	15 l/t de pellets	DM 0,20/l
Energie électrique	25 kWh/t de pellets	DM 0,055/kWh
Eau	0,3 m ³ /t de pellets	DM 0,08/m ³
Bentonite	0,7 %	DM 180,--/t
Poudre de quartz	3 %	DM 20,--/t

Les frais d'exploitation ont été déterminés pour la production de pellets pouvant être réduits dans un haut fourneau (additif : quartz).

RECOMMANDATIONS POUR LE
DEVELOPPEMENT ULTERIEUR DU PROJET

5. Recommandations pour le développement ultérieur du projet

Selon les résultats de la présente étude - qui sont, en général, positifs - le développement ultérieur du projet de minerai de fer de Falémé, soit une étude de faisibilité, comportant un examen approfondi des conditions techniques et économiques de l'exploitation des minerais secondaires riches ainsi que des minerais primaires après le traitement et la pelletisation, est à recommander.

Comme jusqu'ici une exploration de gisement de Falémé ayant pour but spécial la détection de présence de minerai de fer n'a pas été effectuée, l'exécution de travaux techniques d'exploration - sondages, recherches de galeries, prélèvement d'échantillons et recherches ultérieures et essais dans la première phase de l'étude de faisibilité pour la détermination des qualités de minerai escomptées, des réserves de minerai et de la durée d'exploitation de la mine est absolument indispensable.

Il ne sera possible de sélectionner les gisements les mieux convenants parmi les occurrences dispersées de Falémé qu'après la disponibilité des résultats obtenus au cours de la première phase, dans le but d'examiner pendant la 2ème phase la possibilité technique d'exécution du projet - en particulier du point de vue économie - depuis l'extraction de minerai jusqu'à l'embarquement dans le port de l'Atlantique et la vente des produits.

Un programme détaillé établi par les partenaires du groupe d'études pour les travaux d'exploration et d'essai de la première étude et pour les travaux dans le cadre de l'étude de faisabilité proprement dite de la 2ème phase devra être soumis au Ministère du Développement Industriel, Direction des Mines et de la Géologie, à DAKAR (République du Sénégal), après remise du présent compte-rendu.

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

I

Liste des annexes

LISTE DES ANNEXES

Liste des annexes

N°	Représentation	Sujet
(1)		Annexes aux carottes pour les études
1-1	Tableau	Carottes Goto-A (1967)
1-2	Tableau	Carottes Kouroudiakhame A (KDNA) et Kouroudiako A (KDA) (1966)
1-3	Tableau	Carottes Kouroudiako B (KDB) (1966 et 1967)
(2)		Annexes à la minéralogie des minérais et des roches
2-1	Tableau	Echantillons de carottage étudiés minéralogiquement
(2-2)		Microphotos
2-2-1		Micrographie des minéraux signification des signes
2-2-2	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 39 m
2-2-3	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 47 m
2-2-4	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 61 m
2-2-5	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 67 m
2-2-6	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 96 m
2-2-7	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 115 m (1)
2-2-8	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 115 m (2)

Liste des annexes

N°	Représentation	Sujet
2-2-9	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 135 m (1)
2-2-10	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 135 m (2)
2-2-11	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 145 m
2-2-12	Microphoto	Couche mince, carotte skarn de Goto Carottage GO.A - 146 m
2-2-13	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Goto Carottage GO.A - 157 m
2-2-14	Microphoto	Couche mince, carotte skarn de Goto Carottage GO.A - 162,5 m
2-2-15	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.A. - 11,5 m
2-2-16	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite/martite de Kouroudiako Carottage K.D.A. - 23,2 m
2-2-17	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.A. - 55 m
2-2-18	Microphoto	Couche mince, carottage roches d'andésite de Kouroudiako Carottage K.D.A. - 129 m
2-2-19	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.A. - 160,2 m
2-2-20	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite/andésite de Kouroudiako Carottage K.D.A. - 265,3 m
2-2-21	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.A. - 359,4 m

Liste des annexes

N°	Représentation	Sujet
2-2-22	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.B. - 70,2 m
2-2-23	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.B. - 214,4 m
2-2-24	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.B. - 372 m
2-2-25	Microphoto	Section polie, carotte mineraï de magnétite de Kouroudiako Carottage K.D.B. - 428,5 m
3	Tableau	Composition chimique des minérais
(4)		Annexes : essais de traitement
(4-1)		Annexes : séparation magnétique sèche "Cobbing"
4-1-1	Tableau	Séparation magnétique sèche - "Cobbing" Echantillon Goto A-1
4-1-2	Tableau	Séparation magnétique sèche - "Cobbing" Echantillon Goto A-6
4-1-3	Tableau	Séparation magnétique sèche - "Cobbing" Echantillon KDA-2
4-1-4	Tableau	Séparation magnétique sèche - "Cobbing" Echantillon KDB-2
(4-2)		Annexes : Test Davis Tube
4-2-1	Tableau	Test Davis Tube Echantillon Goto A-1
4-2-2	Tableau	Test Davis Tube Echantillon Goto A-6
4-2-3	Tableau	Test Davis Tube Echantillon KDA-2

Liste des annexes

N°	Représentation	Sujet
4-2-4	Tableau	Test Davis Tube Echantillon KDB-2
4-2-5	Tableau	Test Davis Tube Sondage Goto A
4-2-6	Tableau	Test Davis Tube Sondage KDA
4-2-7	Tableau	Test Davis Tube Sondage KDB
(4-3)		Annexes : essais laboratoire de séparation magnétique humide
4-3-1	Tableau	Analyses granulométriques de l'alimentation du séparateur magnétique des essais de laboratoire
(4-3-2)		Annexes : essais laboratoire de séparation magnétique humide, sondage Goto A
4-3-2-1	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon Goto A-1
4-3-2-2	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon Goto A-2
4-3-2-3	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon Goto A-3
4-3-2-4	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon Goto A-4
4-3-2-5	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon Goto A-5
4-3-2-6	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon Goto A-6
(4-3-3)		Annexes : essais laboratoire de séparation magnétique humide, Sondage KDA
4-3-3-1	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDA-1
4-3-3-2	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDA-2

Liste des annexes

N°	Représentation	Sujet
4-3-3-3	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDA-3
4-3-3-4	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDA-4
(4-3-4)		Annexes : essais laboratoire de séparation magnétique humide Sondage KDB
4-3-4-1	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDB (1966) - 1
4-3-4-2	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDB (1966) - 2
4-3-4-3	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDB (1966) - 3
4-3-4-4	Tableau	Séparation magnétique humide Echantillon KDB (1967) - 1
4-3-5	Tableau	Résumé des résultats des essais de laboratoire en séparation magnétique
(4-4)		Annexes : essais semi-technique de séparation magnétique
4-4-1	Tableau	Séparation magnétique "Rougher" Sondage Goto A
4-4-2	Tableau	Essai de broyage Broyage secondaire du concentré "Rougher" Sondage Goto A
4-4-3	Tableau	Séparation magnétique "Cleaner" Sondage Goto A
(5)		Annexes : résultats des essais de pelletisation
5-1	Tableau	Résultats des essais 1, 2 et 3 de pelletisation
5-2	Tableau	Résultats des essais 4, 5 et 6 de pelletisation

FRIED KRUPP GMBH

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 1 - 1

Carottes Goto-A

(1967)

Provenant de	Caisse N°	Profondeur du trou de sondage m	N° d'échantillon pour les essais de traitement	Poids total de l'échantillon de traitement kg
	2	38,98 - 46,97		
	3	46,97 - 55,06	1	env. 48
	4	55,06 - 60,62		
	5	60,62 - 66,75		
	6	66,75 - 72,75	2	env. 48
	7	72,75 - 78,76		
	8	78,76 - 84,80		
	9	84,80 - 90,80		
	10	90,80 - 97,00	3	env. 59
	11	97,00 - 102,97		
Goto-A	12	102,97 - 109,08		
	13	109,08 - 114,95	4	env. 45
	14	114,95 - 120,85		
	15	120,85 - 124,84		
	16	124,84 - 132,85	5	env. 45
	17	132,85 - 138,83		
	18	138,83 - 144,83		
	19	144,83 - 150,80		
	20	150,80 - 156,80	6	env. 51
	21	156,80 - 162,85		

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 1 - 2

Carottes Kouroudiakhama A (KDNA) et Kouroudiako A (KDA)
(1966)

Provenant de	Caisse N°	Profondeur du trou de sondage m	N° d'échantillon pour les essais de traitement	Poids total de l'échantillon de traitement kg
KDNA Kourou- diakhama	1	9,40 - 15,60	1	9
	2	15,60 - 22,50		
	3	22,50 - 29,75		
	5	36,48 - 43,26		
	6	43,10 - 49,60	2	env. 27
	7	49,60 - 55,30		
	8	55,30 - 61,69		
	12	80,20 - 86,88		
KDA Kourou- diako	19	127,80 - 134,60		
	20	134,60 - 141,45	3	62
	21	141,45 - 147,97		
	23	154,36 - 161,16		
	35	245,60 - 254,42		
	36	254,42 - 263,82		
	37	263,82 - 273,00		
	38	273,00 - 279,98	4	47
	45	333,96 - 343,00		
	46	343,00 - 351,94		
	47	351,94 - 361,07		

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 1 - 3

Carottes Kouroudiako B (KDB)
(1966 et 1967)

Provenant de	Caisse N°	Profondeur du trou de sondage m	N° d'échantillon pour les essais de traitement	Poids total de l'échantillon de traitement kg
	3	46,20 - 52,02		
	6	68,00 - 77,77	1	25
	7	77,77 - 87,92		
	20	208,92 - 219,04		
KDB	21	219,04 - 229,00		
Kourou-diako	25	258,87 - 269,25	2	18
	28	289,32 - 299,10		
	29	299,10 - 309,15		
	34	349,18 - 359,10		
	35	359,10 - 369,01	3	36
	36	369,01 - 379,00		
	37	379,00 - 388,90		
KDB	1	408,05 - 415,35		
Kourou-diako	2	415,35 - 425,33	1	25
	3	425,33 - 435,40		

(suite de l'annexe 2 - 1)

N°	Provenant de	Profondeur de sondage m	Section polie	Couche mince	Analyse pour rayons X	Photo Annexe N°
20		83,0	+			-
21		129,0		+		2-2-18
22	Kourou-diako	160,2	+			2-2-19
23	A	250,0	+			2-2-20
24	(KDA)	265,3	+	+		-
25		334,2		+		-
26		359,4	+			2-2-21
27	Kourou-diako	70,2	+			2-2-22
28		214,4	+			2-2-23
29	B	372,0	+			2-2-24
30	(KDB)	428,5	+			2-2-25

FRIED KRUPP GMBH

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe

2 - 1

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Echantillons de carottage étudiés
minéralogiquement

N°	Provenant de	Profondeur de sondage m	Section polie	Couche mince	Analyse pour rayons X	Photo Annexe N°
1	Goto A (GOA)	39,0	+		+	2-2-2
2		47,0	+		+	2-2-3
3		61,0	+		+	2-2-4
4		67,0	+		+	2-2-5
5		96,0	+		+	2-2-6
6		115,0	+		+	2-2-7
7		124,0	+		+	-
8		135,0	+		+	2-2-9
9		141,0	+		+	2-2-10
10		145,0	+		+	2-2-11
11		146,0		+	+	2-2-12
12		157,0	+		+	2-2-13
13		158,0	+		+	-
14		162,5	+	+	+	2-2-14
15	Kourou-diakhama A (KDHA)	11,5	+			2-2-15
16		23,2	+			2-2-16
17		36,7		+		-
18		40,0	+			-
19		55,0	+			2-2-17

(suite)

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 1

Micrographie des minéraux

Signification des signes

M = Magnétite

Mt = Martite

G = Goethite

Py = Pyrrhotine

P = Pyrite

X = Pyrite provenant de pyrrhotine

Ch = Chalcopyrite

Mc = Marcasite

H = Hornblende

E = Epidote

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 2

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 39 m

Agrégats de magnétite (gris clair) d'une forme irrégulière avec hornblende grenue (gris sombre) barrée. Dans les agrégats de hornblende presque libres de minerai, il y a inclusions d'autre silicate - probablement epidote (désignée en partie par "E").

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 3

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A.A - 47 m

De grands grains de magnétite (gris clair) arrondis d'une structure nettement zonale avec des inclusions de silicate (noir) en grains très fins disposés concentriquement, mastiqués par des grains de magnétite plus fins très souvent compacts (gris clair). En bas de la photo pyrrhotine (blanche) aux bords des grains et dans les interstices de la magnétite. En bas à gauche, une partie de la masse de base silicatique en grains relativement grossiers (biotite, hornblende, pyroxène).

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 4

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 61 m

Magnétite (gris moyen) en forme de grains plus grossiers individuels avec des silicates inclus zonalement (noirs) ou en forme d'agrégats plus fins de hypidiomorphène presque libres d'inclusions. Entre la magnétite il y a de la pyrrhotine dont les grains sont relativement grossiers (blanc gris) qui ne forme qu'isolément des inclusions de grains fins dans la magnétite. La masse intermédiaire silicatique du minerai est pyroxène grenue (gris sombre) et biotite (noire). En bas à gauche, un grain de pyrite est pénétré de biotite (noire).

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 5

[0,5 mm]

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 67 m

Concentration sulfurée en grains grossiers en forme de pyrrhotine (Py), pyrite (P) et chalcopyrite (Ch) entre des grains de magnétite (gris moyen) très souvent en structure zonale avec de nombreuses petites inclusions de silicate (noir) et pyrrhotine (blanche).

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 6

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 96 m

Grand agrégat arrondi de pyroxène grenu (gris moyen), en bas on trouve de la biotite (gris sombre) en forme de listeaux de parquet. Dans la partie de gauche de la photo, il y a un mélange de cristaux de pyroxène et de biotite entremêlés à des agrégats de magnétite.

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEgal
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 7

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 115 m (1)

Agrégats de magnétite grenue (gris moyen) libre de sulfure mais contenant du silicate (noir). Au milieu de la photo du silicate (noir) avec de la pyrrhotine (blanche).

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

! PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
! ETUDE DE TRAITEMENT

! Annexes 2 - 2 - 8

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte
Minerai de Magnétite de Goto
Carottage GO.A. - 115 m (2)

Magnétite en grains grossiers (gris moyen) avec concentration en sulfure provenant de la pyrrhotine (gris clair) transformée intensivement et en partie lamellairement en pyrite (blanche) ayant une surface poreuse.

x 104

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 9

[0,5 mm]

Micrographie, Section Polie, Carotte

Mineral de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 135 m (1)

Agrégat de magnétite (gris moyen) en grains hétérogènes brisés cataclastiquement, comprenant des inclusions de silicates (noires). A droite une partie de pyrite (blanche) provenant de pyrrhotine avec des filets d'inclusions grossiers d'actinolithe.

FRIED KRUPP GMBH	PROJET DE MINERAIS DE FER FALEME - SENEGAL	Annexe 2 - 2 - 10
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU	ETUDE DE TRAITEMENT	

[0,5 mm]

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 135 m (2)

Magnétite en grands grains (gris moyen) avec des inclusions de silicate (noir) à côté de sulfure (blanc) soit des grains de pyrite primaire (P) d'une surface lisse, chalcopyrite (Ch) et en partie des pseudomorphoses lamellaires de pyrite en pyrrhotine (X). La pyrite secondaire montre une relief ayant des pores fins. Le minerai n'est sollicité cataclastiquement que peu.

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEgal
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 11

[0,5 mm]

Micrographie, Section Polie, Carotte

Mineral de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 145 m

Un agrégat grenu de magnétite (à gauche) avec du silicate isolé en grains plus fins (noirs) et des inclusions de pyrrhotine (blanc-noir) en contact avec un grand agrégat grenu de pyrrhotine enchevêtré grossièrement avec de la magnétite (grise), de chalcopyrite (blanche) et des silicates (noirs).

FRIED KRUPP GMBH	PROJET DE MINERAIS DE FER FALEME - SENEGAL	Annexe 2 - 2 - 12
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU	ETUDE DE TRAITEMENT	

{ 0,1 mm

Micrographie, Couche Mince, Carotte

Skarn de Goto

Carottage GO.A. - 146 m

Agrégat holocrystallin en phlogopite avec des grains inclus de diopside et d'épidote (grains clairs d'un relief élevé). Les minéraux métalliques sont noirs dans la photo.

x 90

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 13

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Goto

Carottage GO.A. - 157 m

Agrégat de magnétite en grains plus grossiers (gris) qui est en partie d'une structure zonale incluant des particules très fines de silicate (noires). Au milieu il y a un agrégat de silicate plus grand (noir) et de la pyrrhotine (blanche) qui remplit en général les interstices se trouvant entre les grains de magnétite et qui se présente ici et là dans la magnétite en forme d'inclusions très fines (blanches)

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 14

0,5 mm

Micrographie, Couche Mince, Carotte

Skarn de Goto

Carottage G0,A. - 162,5 m

Agrégats de pyrrhotine en grains irréguliers et en partie maillés (blanc gris) et chalcopyrite (blanche) très enchevêtrée avec la masse de base silicatique (noire). A gauche un grand grain de magnétite (gris). Le skarn comprenant biotite, (phlogopite), pyroxène (diopside-hédenbergite), hornblende (actinolithe) contient en répartition irrégulière pyrrhotine, pyrite chalcopyrite et magnétite.

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 15

0,1 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte
Minerai de Magnétite de Kouroudiako
Carottage K.D.A. - 11,5 m

Des grains de magnétite (gris sombre) entre arrondis et hypidiomorphes plus fortement transformés en martite/hématite (blanchâtre). La formation de martite a entouré les grains de magnétite de rebords irréguliers, tandis qu'elle suit à l'intérieur nettement des structures lamellaires cristallographiques. Entre les grains de martite/magnétite il y a des grains de goethite (gris clairs). Les pores se montrent noirs.

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 16

0,1 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte
Minerai de Magnétite/Martite de Kouroudiako
Carottage K.D.A. ~ 23,2 m

Les grains de magnétite (gris sombre) perforés par des listeaux de hématite sont plus fortement martitisés depuis les bords et les fissures (blancs). Les pores et les fissures se montrent noirs.

x 350

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 17

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte
Mineral de Magnétite de Kouroudiako
Carottage K.D.A. - 55 m

Des grains de magnétite irréguliers et hypidiomorphes (gris moyen) avec Chalcopyrite (blanche) et quartz (noir). La photo montre un endroit de carottage riche en chalcopyrite. Les pores se montrent noirs comme le quartz.

x 53

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 18

0,5 m

Micrographie, Couche Mince, Carottage

Roches d'Andésite de Kouroudiako

Carottage K.D.A. - 129 m

Prépondéramment un phénocristal-plagioclase (andésine) maclé suivant la loi de l'albite dans une masse de base de grains fins en andésine, phlogopite, chlorite et calcite.

Le phénocristal d'andésine est transformé en partie en calcite.

x 36
x nic

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 19

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Kouroudiako

Carottage K.D.A. - 160,2 m

Agrégat en grains de magnétite (gris moyen) de forme allotriomorphe jusque hypidiomorphe avec un grain renfermé de pyrite (blanche) et un agrégat de goethite (gris clair) en forme de filet radial. Les inclusions de quartz se montrent noires dans la section polie comme les pores.

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 20

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte
Minerai de Magnétite/Andésite de Kouroudiako
Carottage K.D.A. - 265,3 m

Agrégats en grains irréguliers de magnétite (gris clair) avec des silicates de grains fins (noirs et gris sombre) en contact avec une gangue (andésite) libre de minerai. Dans la magnétite, il y a un agrégat de pyrite (blanche).

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 21

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte
Minerai de Magnétite de Kouroudiako
Carottage K.D.A. - 359,4 m

Masse de base compacte en magnétite (gris sombre) avec des poches de silicate (noir), des agrégats irréguliers de pyrite (blancs) et de nombreux cristaux de pyrrhotine (gris clair) qui avec leurs contours en forme de listeaux indiquent un refoulement de silicate. Les pores sont noirs comme les silicates.

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 22

[0,5 m]

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerais de Magnétite de Kouroudiako

Carottage K.D.B. - 70,2 m

Agrégats de magnétite (gris clair) montrant de nombreuses fissures capillaires depuis lesquelles s'effectua ici et là une martitisation (blanche) en forme de filigrane. La magnétite est enchevêtrée avec des agrégats de talc-hornblende-calcite qui sont en partie irréguliers, en partie en forme de listeaux et en partie refoulés par de la pyrite (blanche). En haut, il y a un grand agrégat de pyrite (blanche) au bord d'une fissure de calcite. Les pores sont noirs comme les silicates.

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 23

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Kouroudiako

Carottage K.D.B. - 214,4 m

La masse de base est en grains de magnétite allo-triomorphes étroitement dentés, entremêlés à des agrégats de hornblende de forme irrégulièr(e) (noirs) ainsi qu'à une concentration de pyrite (blanche) en grains assez grossiers, qui montrent des inclusions très fines de chalcopyrite. Les pores sont noirs comme les silicates.

FRIED KRUPP GMBH

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 2 - 2 - 24

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

0,5 mm

Micrographie, Section Polie, Carotte

Minerai de Magnétite de Kouroudiako

Carottage K.D.B. - 372 m

Magnétite (gris moyen) généralement en forme de listeaux (refoulement des cristaux de silicate par magnétite). Dans les interstices, il y a de la pyrite (blanche) et de petits grains de chalcopyrite (Ch) ainsi que des agrégats de marcasite (Mc). La gangue (gris sombre) est ici dolomite seulement.

FRIED KRUPP GMBH	PROJET DE MINERAIS DE FER	Annexe 2 - 2 - 25
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU	FALEME - SENEGAL	
	ETUDE DE TRAITEMENT	

0,5 mm



Micrographie, Section Polie, Carotte

Mineral de Magnétite de Kouroudiako

Carottage K.D.B. - 428,5 m

Agrégat de magnétite (gris moyen) généralement en grains très fins et hornblende finement enchevêtrée, dans la moitié inférieure de la photo. Dans la moitié supérieure, la pyrite blanche représente la masse intermédiaire des particules de la magnétite.

FRIED KRUPP GMBH

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe

3

Composition chimique des minérais

	<u>GOTO A</u> (%)	<u>KDA + KDB</u> (%)
Fe tot.	46,6	47,4
Fe ²⁺	23,0	15,4
Fe ³⁺	23,6	32,0
Fe HCl-sol.	46,1	44,6
Mn	0,02	0,02
P	0,032	0,048
S	2,1	2,4
SiO ₂	16,4	16,3
Al ₂ O ₃	2,3	3,2
TiO ₂	0,12	0,14
CaO	4,4	3,6
MgO	7,4	2,7
Na ₂ O	0,12	0,97
K ₂ O	1,25	0,10
Cu	0,058	0,072
Zn	0,004	0,005
Pb	0,004	0,004
Cr	0,004	0,011
V	0,01	0,01
As	0,006	0,009
Ni	0,007	0,016



Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-1-1

Séparation Magnétique Sèche - Cobbing

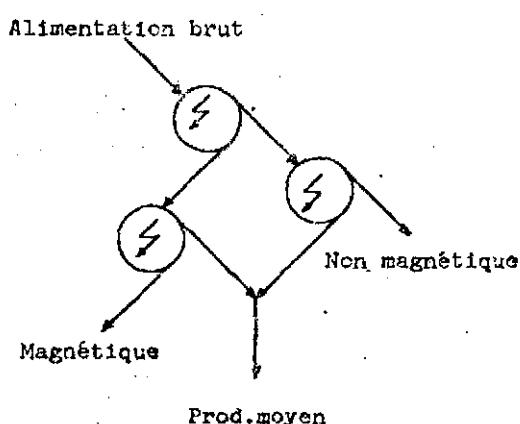
Sondage : Goto A

Echantillon: 1

Séparateur : magnétique permanent PTW 03/02, 315 mm Ø x 200 mm

Finasse de broyage	No. d'essai	Fraction	Poids %	Fe-total		Fe _{HCl-sol.} %	S %	P %	Cu %
				%	Récup. v/o				
< 5 mm	10/11/12	Magnétique	93,1	49,0	98,6	48,4	1,5	0,03	0,05
		Prod.moyen	2,8	10,2	0,6	9,1	2,7	0,07	0,10
		Non magnétique	4,1	8,6	0,8	7,0	3,8	0,07	0,13
		≥ Alim.brut	100,0	46,3	100,0	45,6	1,6	0,03	0,05
< 3,15 mm	4/5/6	Magnétique	90,7	50,2	98,3	49,6	1,4	0,03	0,04
		Prod.moyen	2,9	9,4	0,6	8,0	2,3	0,08	0,08
		Non magnétique	6,4	8,0	1,1	6,2	3,6	0,08	0,12
		≥ Alim.brut	100,0	46,3	100,0	45,6	1,6	0,03	0,05

Schéma d'essai de séparation:





FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-1-2

Séparation Magnétique Sèche - Cobbing

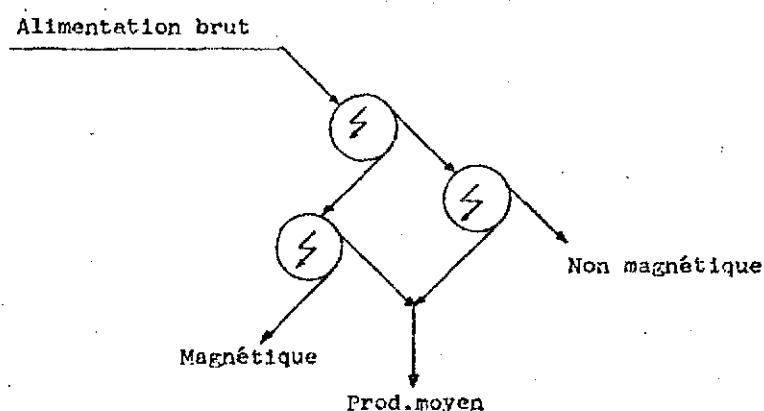
Sondage : Goto A

Echantillon: 6

Séparateur : magnétique permanent PTW 03/02, 315 mm Ø x 200 mm

Finesse de broyage	No. d'essai	Fraction	Poids v/o	Fe-total		Fe ²⁺ HCl-sol. %	S %	P %	Cu %
				%	Récup. %				
< 5 mm	7/8/9	Magnétique	87,3	47,1	97,5	46,7	3,5	0,03	0,05
		Prod.moyen	3,6	13,3	1,1	11,4	4,3	0,15	0,12
		Non magnétique	9,1	6,6	1,4	5,0	0,7	0,15	0,08
		≤ Alim.brut	100,0	42,2	100,0	41,6	3,3	0,05	0,06
< 3,15 mm	1/2/3	Magnétique	84,8	48,3	97,2	47,9	3,6	0,04	0,06
		Prod.moyen	3,5	12,6	1,0	11,3	4,2	0,12	0,13
		Non magnétique	11,7	6,5	1,8	5,0	0,8	0,14	0,08
		≤ Alim.brut	100,0	42,2	100,0	41,6	3,3	0,05	0,06

Schéma d'essai de séparation:



Séparation Magnétique Sèche - Cobbing

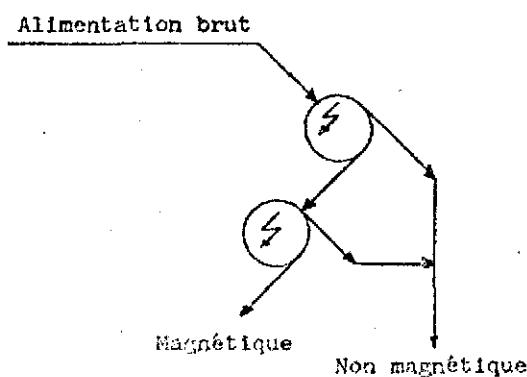
Sondage : KDA

Echantillon: 2

Séparateur : magnétique permanent PTW 03/02, 315 mm Ø x 200 mm

Finesse de broyage	No. d'essai	Fraction	Poids %	Fe-total		Fe _{HCl-sol.} %	S %	P %	Cu %
				%	Récup. %				
< 12 mm	51/56	Magnétique	83,0	65,2	95,5	63,6	2,5	0,02	0,08
		Non magnétique	17,0	15,0	4,5	14,4	2,5	0,08	0,06
		Σ Alim.brut	100,0	56,7	100,0	55,2	2,5	0,03	0,08
< 8 mm	52/57	Magnétique	83,0	65,5	95,9		2,4		
		Non magnétique	17,0	13,7	4,1		3,2		
		Σ Alim.brut	100,0	56,7	100,0		2,5		
< 5 mm	53/58	Magnétique	83,0	65,6	96,0		2,1		
		Non magnétique	17,0	13,2	4,0		4,6		
		Σ Alim.brut	100,0	56,7	100,0		2,5		
< 3,15 mm	54/59	Magnétique	82,7	65,8	96,0		1,8		
		Non magnétique	17,3	13,0	4,0		6,0		
		Σ Alim.brut	100,0	56,7	100,0		2,5		
< 1,6 mm	55/60	Magnétique	82,4	65,7	95,5	64,1	1,4	0,02	0,05
		Non magnétique	17,6	14,5	4,5	13,5	7,7	0,07	0,21
		Σ Alim.brut	100,0	56,7	100,0	55,2	2,5	0,03	0,08

Schéma d'essai de séparation:





Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-1-4

Séparation Magnétique Sèche - Cobbing

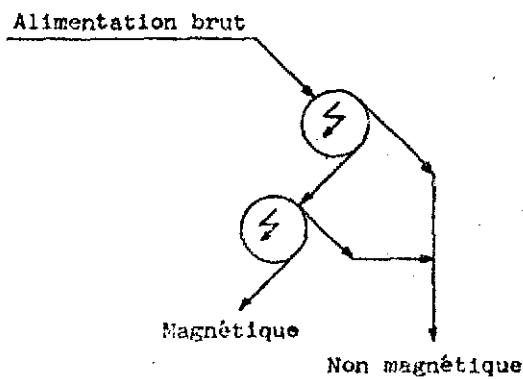
Sondage : KDB

Echantillon: 2

Séparateur : magnétique permanent PTW 03/02, 315 mm Ø x 200 mm

Finesse de broyage	No. d'essai	Fraction	Poids %	Fe-total		Fe _{HCl-sol.} %	S %	P %	Cu %
				%	Récap. %				
< 12 mm	41/46	Magnétique	88,0	53,0	98,2	52,0	2,8	0,03	0,06
		Non magnétique	12,0	7,2	1,8	7,0	4,7	0,10	0,08
		Σ Alim.brut	100,0	47,5	100,0	46,6	3,0	0,04	0,06
< 8 mm	42/47	Magnétique	88,2	53,1	98,6		2,8		
		Non magnétique	11,8	5,6	1,4		4,5		
		Σ Alim.brut	100,0	47,5	100,0		3,0		
< 5 mm	43/48	Magnétique	87,6	53,0	97,7		2,7		
		Non magnétique	12,4	8,7	2,3		5,3		
		Σ Alim.brut	100,0	47,5	100,0		3,0		
< 3,15 mm	44/49	Magnétique	86,7	53,2	97,1		2,5		
		Non magnétique	13,3	10,2	2,9		6,4		
		Σ Alim.brut	100,0	47,5	100,0		3,0		
< 1,6 mm	45/50	Magnétique	85,7	53,4	96,4	52,8	2,2	0,04	0,05
		Non magnétique	14,3	12,1	3,6	9,6	8,0	0,06	0,13
		Σ Alim.brut	100,0	47,5	100,0	46,6	3,0	0,04	0,06

Schéma d'essai de séparation:





Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-2-1

Test Davis Tube

Sondage : Goto A

Echantillon: 1

Finesse de broyage	Excitation magnétique	N° d'essai	Fraction	Poids %	Fe-total		S %	P %	Cu %
					%	Récup. v/o			
< 1 mm	350 mA	13	Magnétique	75,3	61,1	99,4	1,6	0,02	0,02
			Non magnétique	24,7	1,2	0,6	1,78	0,07	0,13
			Σ Alim.brut	100,0	46,3	100,0	1,64	0,03	0,05
	260 mA	17	Magnétique	76,4	59,4	98,0	1,5	0,01	0,02
			Non magnétique	23,6	3,9	2,0	2,11	0,11	0,13
			Σ Alim.brut	100,0	46,3	100,0	1,64	0,03	0,05
< 0,5 mm	350 mA	14/21/22	Magnétique	72,5	62,9	98,5	1,6	0,01	0,02
			Non magnétique	27,5	2,5	1,5	1,75	0,09	0,11
			Σ Alim.brut	100,0	46,3	100,0	1,64	0,03	0,05
	260 mA	18	Magnétique	71,0	63,3	97,1	1,6	0,01	0,02
			Non magnétique	29,0	4,7	2,9	1,75	0,09	0,11
			Σ Alim.brut	100,0	46,3	100,0	1,64	0,03	0,05
< 0,1 mm	170 mA	25/26	Magnétique	72,8	61,8	97,2	1,8		
			Non magnétique	27,2	4,8	2,8			
			Σ Alim.brut	100,0	46,3	100,0			
	350 mA	29/32	Magnétique	65,0	69,1	97,0	1,5		
			Non magnétique	7,5	9,2	1,5	2,4		
			Σ magn. 14/21/22	72,5	62,9	98,5	1,6		
< 0,06 mm	350 mA	30/33	Magnétique	63,9	69,8	96,3	1,8		
			Non magnétique	8,6	11,6	2,2			
			Σ magn. 14/21/22	72,5	62,9	98,5			
	170 mA	93/94	Magnétique	64,1	69,6	96,4	1,6		
			Non magnétique	8,4	11,8	2,1	2,0		
			Σ magn. 14/21/22	72,5	62,9	98,5	1,6		
< 0,04 mm	350 mA	31/34	Magnétique	64,2	70,1	97,2	1,7	0,005	0,01
			Non magnétique	8,3	7,2	1,3			
			Σ magna. 14/21/22	72,5	62,9	98,5			

v/o = par rapport au minerai brut

 FRIED KRUPP GMBH KRUPP INDUSTRIE- UND STAHLBAU	Projet de Minerai de Fer Falémé - Sénégal Etude de Traitement	Annexe 4-2-2
--	--	---------------------

Test Davis Tube

Sondage : Goto A

Echantillon: 6

Finesse de broyage	Excitation magnétique	No. d'essai	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
					%	Récup. v/o			
< 1 mm	350 mA	15	Magnétique	68,4	61,3	99,4	4,8	0,01	0,04
			Non magnétique	31,6	0,8	0,6	0,14		0,10
			Σ Alim. brut	100,0	42,2	100,0	3,33		0,06
	260 mA	19	Magnétique	68,1	59,7	96,4	4,7	0,01	0,04
			Non magnétique	31,9	4,8	3,6	0,4		0,10
			Σ Alim. brut	100,0	42,2	100,0	3,33		0,06
< 0,5 mm	350 mA	16	Magnétique	65,3	63,7	98,6	5,0	0,01	0,03
			Non magnétique	34,7	1,7	1,4			0,12
			Σ Alim. brut	100,0	42,2	100,0	3,33		0,06
	260 mA	20	Magnétique	64,0	63,7	96,7	5,1	0,01	0,03
			Non magnétique	36,0	3,9	3,3			0,11
			Σ Alim. brut	100,0	42,2	100,0	3,33		0,06
< 0,1 mm	170 mA	27/28	Magnétique	63,5	63,4	95,4	5,1		
			Non magnétique	36,5	5,3	4,6			
			Σ Alim. brut	100,0	42,2	100,0	3,33		
	350 mA	35/38	Magnétique	59,6	68,5	97,0	5,3		
			Non magnétique	5,7	13,5	1,6			
			Σ magn. 16	65,3	63,7	98,6	5,0		
< 0,06 mm	350 mA	36/39	Magnétique	59,2	69,2	97,1	5,5		
			Non magnétique	6,1	10,8	1,5			
			Σ magn. 16	65,3	63,7	98,6	5,0		
	170 mA	95/96	Magnétique	57,5	69,6	94,8	4,7		
			Non magnétique	7,8	20,5	3,8			
			Σ magn. 16	65,3	63,7	98,6	5,0		
< 0,04 mm	350 mA	37/40	Magnétique	59,0	69,1	96,6	5,4	0,005	0,02
			Non magnétique	6,3	13,1	2,0			
			Σ magn. 16	65,3	63,7	98,6	5,0		

v/o = par rapport au minerai brut



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-2-3

Test Davis Tube

Sondage : KDA

Echantillon: 2

Finesse de broyage	Excitation magnétique	No. d'essai	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
					%	Récup. v/o			
<0,5 mm	350 mA	97/98	Magnétique	77,3	67,5	92,0	0,8		0,02
			Non magnétique	22,7	20,1	8,0	8,5		0,30
			Σ Alim. brut	100,0	56,7	100,0	2,5		0,08
<0,1 mm	350 mA	99/100	Magnétique	73,5	69,7	90,3	0,3		
			Non magnétique	3,8	25,4	1,7	11,4		
			Σ magn. 97/98	77,3	67,5	92,0	0,8		
<0,06 mm	350 mA	101/102	Magnétique	72,8	70,1	90,0	0,3		
			Non magnétique	4,5	24,9	2,0	9,5		
			Σ magn. 97/98	77,3	67,5	92,0	0,8		
<0,04 mm	350 mA	103/104	Magnétique	72,1	70,4	89,5	0,2	<0,004	0,01
			Non magnétique	5,2	27,3	2,5	9,4		
			Σ magn. 97/98	77,3	67,5	92,0	0,8		

v/o = par rapport au minerai brut



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE- UND STAHLBAU

Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4 - 2 - 4

T. 2, F
Essais Davis Tube

Sondage KDB
Échantillon: 2

Degré de broyage	Excitation magnétique	N° d'essai	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
					%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	350 mA	67/68	Magnétique	83,1	53,6	93,8	2,1		0,03
			Non magnétique	16,9	17,4	6,2	7,4		0,22
			Σ Alim. brut.	100,0	47,5	100,0	3,0		0,06
< 0,1 mm	350 mA	107/108	Magnétique	62,9	65,1	86,2	0,5		
			Non magnétique	20,2	17,8	7,6	7,1		
			Σ magn. 67/68	83,1	53,6	93,8	2,1		
< 0,06 mm	350 mA	109/110	Magnétique	60,1	66,8	84,5	0,3		
			Non magnétique	23,0	19,1	9,3	6,9		
			Σ magn. 67/68	83,1	53,6	93,8	2,1		
< 0,04 mm	350 mA	111/112	Magnétique	59,2	67,1	83,8	0,3	< 0,005	0,01
			Non magnétique	23,9	20,0	10,0	6,7		
			Σ magn. 67/68	83,1	53,6	93,8	2,1		

v/o = par rapport au minerai brut



FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Projet de Mineral de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-2-5

Test Davis Tube

Sondage: Goto A

Echantillon	Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	Cu %
				%	Récup. v/o		
1	< 0,5 mm	Magnétique 1	72,5	62,9	98,5	1,6	0,02
		Non magnétique 1	27,5	2,5	1,5	1,7	0,11
		Alim.brut	100,0	46,3	100,0	1,6	0,05
	< 0,1 mm	Magnétique 2	65,0	69,1	97,0	1,5	
		Non magnétique 2	7,5	9,2	1,5		
		Magnétique 1	72,5	62,9	98,5		
2	< 0,5 mm	Magnétique 1	73,1	63,6	95,5	2,5	0,03
		Non magnétique	26,9	8,2	4,5	3,2	0,14
		Alim.brut	100,0	48,7	100,0	2,7	0,06
	< 0,1 mm	Magnétique 2	66,6	69,0	94,4	2,6	0,01
		Non magnétique 2	6,5	8,3	1,1		
		Magnétique 1	73,1	63,6	95,5		
3	< 0,5 mm	Magnétique 1	70,0	63,1	97,1	2,2	0,02
		Non magnétique 1	30,0	4,4	2,9		0,12
		Alim.brut	100,0	45,5	100,0	2,2	0,05
	< 0,1 mm	Magnétique 2	62,6	69,9	96,2	2,2	0,01
		Non magnétique 2	7,4	5,6	0,9		
		Magnétique 1	70,0	63,1	97,1		
4	< 0,5 mm	Magnétique 1	72,9	64,2	96,9	2,2	0,02
		Non magnétique 1	27,1	5,5	3,1	1,5	0,16
		Alim.brut	100,0	48,3	100,0	2,0	0,05
	< 0,1 mm	Magnétique 2	65,8	70,0	95,4	2,2	0,01
		Non magnétique 2	7,1	10,4	1,5		
		Magnétique 1	72,9	64,2	96,9		
5	< 0,5 mm	Magnétique 1	72,2	62,7	96,1	3,0	0,03
		Non magnétique 1	27,8	6,6	3,9	2,3	0,19
		Alim.brut	100,0	47,1	100,0	2,8	0,07
	< 0,1 mm	Magnétique 2	64,0	69,8	94,8	3,1	0,01
		Non magnétique 2	8,2	7,3	1,3		
		Magnétique 1	72,2	62,7	96,1		
6	< 0,5 mm	Magnétique 1	65,3	63,7	98,6	5,0	0,03
		Non magnétique 1	34,7	1,7	1,4	0,1	0,12
		Alim.brut	100,0	42,2	100,0	3,3	0,06
	< 0,1 mm	Magnétique 2	59,6	68,5	97,0	5,3	
		Non magnétique 2	5,7	13,5	1,6		
		Magnétique 1	65,3	63,7	98,6	5,0	



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Projet de Mineral de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-2-6

Test Davis Tube

Sondage: KDA

Echantillon	Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	Cu %
				%	Récup. v/o		
1	< 0,5 mm	Magnétique 1	45,1	67,9	48,1	0,7	0,03
		Non magnétique 1	54,9	60,1	51,9	5,3	0,12
		Alim.brut	100,0	63,6	100,0	3,2	0,08
	< 0,1 mm	Magnétique 2	33,6	69,1	36,5	0,6	0,02
		Non magnétique 2	11,5	64,4	11,6		
		Magnétique 1	45,1	67,9	48,1		
2	< 0,5 mm	Magnétique 1	77,3	67,5	92,0	0,8	0,02
		Non magnétique 1	22,7	20,1	8,0	8,5	0,30
		Alim.brut	100,0	56,7	100,0	2,5	0,08
	< 0,1 mm	Magnétique 2	73,5	69,7	90,3	0,3	
		Non magnétique 2	3,8	25,4	1,7	11,4	
		Magnétique 1	77,3	67,5	92,0	0,8	
3	< 0,5 mm	Magnétique 1	59,2	64,2	90,3	1,2	0,02
		Non magnétique 1	40,8	10,0	9,7	5,1	0,08
		Alim.brut	100,0	42,1	100,0	2,8	0,04
	< 0,1 mm	Magnétique 2	53,5	68,8	87,5	0,1	0,01
		Non magnétique 2	5,7	21,0	2,8		
		Magnétique 1	59,2	64,2	90,3		
4	< 0,5 mm	Magnétique 1	69,9	61,4	89,1	2,9	0,04
		Non magnétique 1	30,1	17,5	10,9	8,9	0,15
		Alim.brut	100,0	48,2	100,0	4,7	0,07
	< 0,1 mm	Magnétique 2	61,6	67,4	86,2	2,3	0,01
		Non magnétique 2	8,3	16,9	2,9		
		Magnétique 1	69,9	61,4	89,1		



Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-2-7

Test Davis Tube

Sondage: KDP

Echantillon	Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	Cu %
				%	Récup. v/o		
1 (1966)	< 0,5 mm	Magnétique 1	49,8	54,2	85,7	0,9	0,03
		Non magnétique 1	50,2	9,0	14,3	3,7	0,04
		Alim.brut	100,0	31,5	100,0	2,3	0,04
	< 0,1 mm	Magnétique 2	38,8	66,5	81,9	0,2	0,01
		Non magnétique 2	11,0	10,8	3,8		
		Magnétique 1	49,8	54,2	85,7		
2 (1966)	< 0,5 mm	Magnétique 1	83,1	53,6	93,8	2,1	0,03
		Non magnétique 1	16,9	17,4	6,2	7,4	0,22
		Alim.brut	100,0	47,5	100,0	3,0	0,06
	< 0,1 mm	Magnétique 2	62,9	65,1	86,2	0,5	
		Non magnétique 2	20,2	17,8	7,6	7,1	
		Magnétique 1	83,1	53,6	93,8	2,1	
3 (1966)	< 0,5 mm	Magnétique 1	72,4	62,2	91,9	1,6	0,02
		Non magnétique 1	27,6	14,4	8,1	6,3	0,12
		Alim.brut	100,0	49,0	100,0	2,9	0,05
	< 0,1 mm	Magnétique 2	63,2	68,2	88,0	0,3	0,01
		Non magnétique 2	9,2	21,0	3,9		
		Magnétique 1	72,4	62,2	91,9		
1 (1967)	< 0,5 mm	Magnétique 1	67,1	59,0	85,0	4,0	0,07
		Non magnétique 1	32,9	21,3	15,0	11,0	0,33
		Alim.brut	100,0	46,6	100,0	6,3	0,16
	< 0,1 mm	Magnétique 2	55,9	65,8	79,0	3,0	0,03
		Non magnétique 2	11,2	25,1	6,0		
		Magnétique 1	67,1	59,0	85,0		

Analyses granulométriques de l'alimentation
du séparateur magnétique des essais de laboratoire

Alimentation de la séparation magnétique "Rougher", <0,5 mm :

Echantillon	Goto A-1		Goto A-6		KDA-2		KDB-2	
Poids	%	± %	%	± %	%	± %	%	± %
Granulométrie, mm								
0,5 - 0,3	35,1	100,0	35,6	100,0	28,7	100,0	36,7	100,0
0,3 - 0,1	32,2	64,9	32,6	64,4	38,9	71,3	28,5	63,3
0,1 - 0,06	13,1	32,7	13,1	31,8	12,3	32,4	8,2	34,8
0,06 - 0,04	5,1	19,6	4,9	18,7	4,8	20,1	5,4	26,6
- 0,04	14,5	14,5	13,8	13,8	15,3	15,3	21,2	21,2

Alimentation de la séparation magnétique "Cleaner", <0,1 mm :

Echantillon	Goto A-6		KDB-1		KDB-2	
Poids	%	± %	%	± %	%	± %
Granulométrie, mm						
0,1 - 0,06			8,7	100,0	6,7	100,0
0,06 - 0,04			7,7	91,3	11,3	93,3
- 0,04			83,6	83,6	82,0	82,0



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE- UND STAHLBAU

Projet de Minéral de Fer Falémé - Sénégal

Etude de Traitement

Annexe 4-3-2-1

Séparation Magnétique Humide

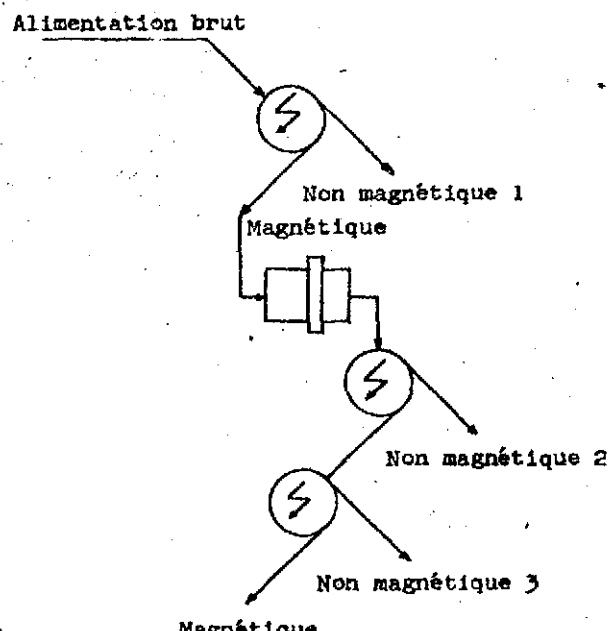
Sondage : Goto A

Echantillon : 1

Séparateur : magnétique permanent 200 mm Ø x 60 mm

Finesse de broyage	No. d'essai	Fraction	Poids v/o	Fe-total		Fe-HCl-sol. %	S %	P %	Cu %
				%	Récup. v/o				
< 0,5 mm	83/84	Magnétique	76,4	58,8	97,0		1,6		
		Non magn. 1	23,6	5,8	3,0				
		Σ Alim. brut	100,0	46,3	100,0				
< 0,1 mm	85/86/87	Magnétique	65,1	67,8	95,3		1,6	0,004	0,01
		Non magn. 2	8,2	6,9	1,2		1,7	0,079	0,12
		3	3,1	7,8	0,5		2,0	0,071	0,12
		Σ magn. 83/84	76,4	58,8	97,0		1,6	0,015	0,03

Schéma d'essai de séparation:



v/o = par rapport au minerai brut

Séparation Magnétique Humide

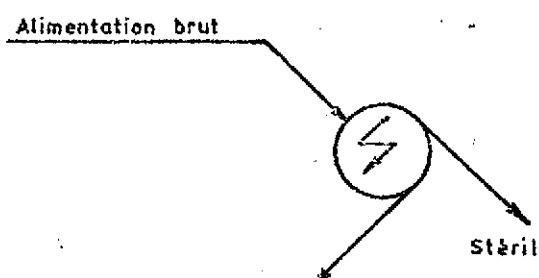
Sondage : Goto A

Echantillon: 2

No. d'essai : 129/130

Separateur : magnétique permanent 200 mm Ø x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
<0,5 mm	Cone.Rougher	76,4	61,6	96,7	2,7		
	Stérile	23,6	6,8	3,3	2,6		
	≤ Alim.brut	100,0	48,7	100,0	2,7		
<0,1 mm	Cone.Cleaner	67,0	68,0	93,6	2,3	<0,004	0,01
	Non magnétique	9,4	16,0	3,1			
	≤ Conc.Rougher	76,4	61,6	96,7			



v/o = par rapport au minerai brut

Conc. Cleaner

Non magnétique

FRIED KRUPP GMBH

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 2 - 3

Séparation Magnétique Humide

Sondage : Goto A

Echantillon : 3

N° d'essai : 131/132

Séparateur : magnétique permanent 200 mm Ø x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
<0,5 mm	Conc. Rougher	72,8	60,4	96,6	2,3		
	Stérile	27,2	5,6	3,4	1,9		
	Σ Alim. brut	100,0	45,5	100,0	2,2		
<0,1 mm	Conc. Cleaner	61,0	68,4	91,7	2,1	<0,004	0,01
	Non magnétique	11,8	19,0	4,9			
	Σ Conc.Rougher	72,8	60,4	96,6			

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH	PROJET DE MINERAI DE FER FALEME - SENEGAL	Annexe 4 - 3 - 2 - 4
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU	ETUDE DE TRAITEMENT	

Séparation Magnétique Humide

Sondage : Goto A
 Echantillon : 4
 N° d'essai : 133/134
 Séparateur : magnétique permanent 200 mm ϕ x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
<0,5 mm	Conc. Rougher	76,6	61,3	97,2	2,1		
	stérile	23,4	5,7	2,8	1,7		
Σ		Alim. brut	100,0	48,3	100,0	2,0	
<0,1 mm	Conc. Cleaner	66,2	68,4	93,7	2,1	<0,004	0,01
	Non magnétique	10,4	16,1	3,5			
Σ		Conc. Rougher	76,6	61,3	97,2		

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGLAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 2 - 5

Séparation Magnétique Humide

Sondage : Goto A

Échantillon : 5

N° d'essai : 135/136

Séparateur : magnétique permanent 200 mm ϕ x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
<0,5 mm	Conc. Rougher	76,5	59,6	96,8	3,0		
	Stérile	23,5	6,4	3,2	2,2		
	Σ Alim. brut	100,0	47,1	100,0	2,8		
<0,1 mm	Conc. Cleaner	65,0	68,3	94,3	2,4	<0,004	0,01
	Non magnétique	11,5	10,4	2,5			
	Σ Conc. Rougher	76,5	59,6	96,8			

v/o = par rapport au minerai brut



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE- UND STAHLBAU

Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-3-2-6

Séparation Magnétique Humide

Sondage : Goto A

Echantillon: 6

Séparateur : magnétique permanent 200 mm Ø x 60 mm

P finesse de broyage	No. d'essai	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
				%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	88/89	Magnétique	68,0	58,9	94,8	4,5		
		Non magn. 1	32,0	6,8	5,2	0,9		
		Σ Alim. brut	100,0	42,2	100,0	3,3		
< 0,1 mm	90/91/92	Magnétique	58,1	66,8	91,9	4,8	0,004	0,02
		Non magn. 2	8,0	8,9	1,7	2,0	0,086	0,21
		3	1,9	27,0	1,2	5,7	0,064	0,19
		Σ magn. 88/89	68,0	58,9	94,8	4,5	0,015	0,05

Schéma d'essai de séparation:

Alimentation brut



v/o = par rapport au minéral brut

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 3 - 1

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDA

Echantillon : 1

N° d'essai : 113/114

Séparateur : magnétique permanent 200 mm ϕ x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	Conc. Rougher	47,0	67,7	50,0	0,7		
	Stérile	53,0	60,0	50,0	5,4		
	Σ Alim. brut	100,0	63,6	100,0	3,2		
< 0,1 mm	Conc. Cleaner	35,0	68,3	37,6	0,4	< 0,004	0,01
	Non magnétique	12,0	65,9	12,4			
	Σ Conc. Rougher	47,0	67,7	50,0			

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 3 - 2

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDA
Echantillon : 2
N° d'essai : 115/116
Séparateur : magnétique permanent 200 mm ϕ x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	Conc. Rougher	76,7	69,0	93,3	0,7		
	Stérile	23,3	16,2	6,7	8,4		
	Σ Alim. brut	100,0	56,7	100,0	2,5		
< 0,1 mm	Conc. Cleaner	67,0	69,6	82,2	0,1	< 0,004	0,01
	Non magnétique	9,7	64,9	11,1			
	Σ Conc. Rougher	76,7	69,0	93,3			

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH	PROJET DE MINERAIS DE FER FALEME - SENEGAL	Annexe 4 - 3 - 3 - 3
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU	ETUDE DE TRAITEMENT	

Séparation Magnétique Humide

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 3 - 3

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDA

Echantillon : 3

N° d'essai : 117/118

Séparateur : magnétique permanent 200 mm ϕ x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	Conc. Rougher	60,1	63,0	90,0	1,3		
	Stérile	39,9	10,6	10,0	5,1		
	Σ Alim. brut	100,0	42,1	100,0	2,8		
< 0,1 mm	Conc. Cleaner	52,0	67,9	83,9	0,2	< 0,004	0,01
	Non magnétique	8,1	31,5	6,1			
	Σ Conc. Rougher	60,1	63,0	90,0			

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAI DE FER

FALEME - SENEGAL

ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 3 - 4

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDA

Echantillon : 4

N° d'essai : 119/120

Séparateur : magnétique permanent 200 mm Ø x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	Conc. Rougher	72,9	59,8	90,4	3,3		
	Stérile	27,1	17,0	9,6	8,4		
Σ Alim. brut		100,0	48,2	100,0	4,7		
< 0,1 mm	Conc. Cleaner	60,0	66,6	82,9	2,2	< 0,004	0,01
	Non magnétique	12,9	28,2	7,5			
Σ Conc. Rougher		72,9	59,8	90,4			

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH	PROJET DE MINERAIS DE FER FALEME - SENEGAL	Annexe 4 - 3 - 4 - 1
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU	ETUDE DE TRAITEMENT	

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDB (1966)

Echantillon : 1

N° d'essai : 121/122

Séparateur : magnétique permanent 200 mm Ø x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	Conc. Rougher	52,8	52,0	87,1	0,9		
	Stérile	47,2	8,6	12,9	3,9		
	Σ Alim. brut	100,0	31,5	100,0	2,3		
< 0,1 mm	Conc. Cleaner		65,6		0,3	< 0,004	0,01
	Non magnétique						
	Σ Conc. Rougher		52,0				

v/o = par rapport au minerai brut

© FRIED KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 4 - 2

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDB (1966)

Échantillon : 2

N° d'essai : 123/124

Séparateur : magnétique permanent 200 mm Ø x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total	S %	P %	Cu %
< 0,5 mm	Conc. Rougher	76,0	57,6	92,2	1,4	
	Stérile	24,0	15,5	7,8	8,1	
	Σ Alim. brut	100,0	47,5	100,0	3,0	
< 0,1 mm	Conc. Cleaner	60,1	64,6	81,8	0,3	< 0,004
	Non magnétique	15,9	31,1	10,4		0,01
	Σ Conc. Rougher	76,0	57,6	92,2		

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 4 - 3

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDB (1966)

Echantillon : 3

N° d'essai : 125/126

Séparateur : magnétique permanent 200 mm ϕ x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
< 0,5 mm	Conc. Rougher	75,4	60,5	93,1	1,8		
	Stérile	24,6	13,8	6,9	6,3		
	Σ Alim. brut	100,0	49,0	100,0	2,9		
< 0,1 mm	Conc. Cleaner	64,0	65,9	86,1	0,4	< 0,004	0,01
	Non magnétique	11,4	30,2	7,0			
	Σ Conc. Rougher	75,4	60,5	93,1			

v/o = par rapport au minerai brut

FRIED KRUPP GMBH

PROJET DE MINERAIS DE FER
FALEME - SENEGAL
ETUDE DE TRAITEMENT

Annexe 4 - 3 - 4 - 4

KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Séparation Magnétique Humide

Sondage : KDB (1967)

Echantillon : 1

N° d'essai : 127/128

Séparateur : magnétique permanent 200 mm ϕ x 60 mm

Finesse de broyage	Fraction	Poids v/o	Fe-total		S %	P %	Cu %
			%	Récup. v/o			
<0,5 mm	Conc. Rougher	70,6	57,0	86,4	4,4		
	Stérile	29,4	21,6	13,6	10,9		
	Σ Alim. brut	100,0	46,6	100,0	6,3		
<0,1 mm	Conc. Cleaner	45,9	65,3	64,3	2,7	< 0,004	0,02
	Non magnétique	24,7	41,6	22,1			
	Σ Conc. Rougher	70,6	57,0	86,4			

v/o = par rapport au minerai brut



Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-3-5

Résumé des Résultats des Essais de Laboratoire en Séparation Magnétique
(Annexes 4-3-2-1 à 4-3-4-4)

Echantillon	Alim.	Conc. Rougher		Concentré Cleaner						
		% Fe	Poids %	% Fe	Poids %	% Fe	Récup. Fe %	% S	% P	% Cu
Goto A-1	1	46,3	76,4	58,8	65,1	67,8	95,3	1,6	< 0,004	0,01
	2	48,7	76,4	61,6	67,0	68,0	93,6	2,3	< 0,004	0,01
	3	45,5	72,8	60,4	61,0	68,4	91,7	2,1	< 0,004	0,01
	4	48,3	76,6	61,3	66,2	68,4	93,7	2,1	< 0,004	0,01
	5	47,1	76,5	59,6	65,0	68,3	94,3	2,4	< 0,004	0,01
	6	42,2	68,0	58,9	58,1	66,8	91,9	4,8	0,004	0,02
Goto A-Ø		46,4	74,5	60,1	63,7	67,9		2,5	0,004	0,01
KDA-1	1	63,6	47,0	67,7	35,0	68,3	37,6	0,4	< 0,004	0,01
	2	56,7	76,7	69,0	67,0	69,6	82,2	0,1	< 0,004	0,01
	3	42,1	60,1	63,0	52,0	67,9	83,9	0,2	< 0,004	0,01
	4	48,2	72,9	59,8	60,0	66,6	82,9	2,2	< 0,004	0,01
KDA-Ø		52,6	64,2	64,9	53,5	68,1		0,7	0,004	0,01
KDB-1 (1966)	1	31,5	52,8	52,0		65,6		0,3	< 0,004	0,01
	2	47,5	76,0	57,6	60,1	64,6	81,8	0,3	< 0,004	0,01
	3	49,0	75,4	60,5	64,0	65,9	86,1	0,4	< 0,004	0,01
	4	46,6	70,6	57,0	45,9	65,3	64,3	2,7	< 0,004	0,02
KDB-Ø		43,7	68,7	56,8	56,7	65,3		0,9	0,004	0,01



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-4-1

Séparation magnétique Rougher

Essai semi-technique

Sondage : Goto A

Echantillon : échantillon mixte 1 - 6

Données de l'essai: Données de la machine: Séparateur magnétique permanent
à pôles alternatifs: 600 mm Ø x 300 mm
Alimentation : Quantité 24,4 m³/h . m
Densité de pulpe 1,225 kg/l
Solides en pulpe 300 g/l
Finesse de broyage <0,5 mm

Résultats:

	Alimentation	Conc. Rougher	Stérile
Poids %	100,0	69,8	30,2
Fe-total teneur %	46,7	61,0	13,7
récuperation %	100,0	91,1	8,9
Fe _{HCl-sol.} %	46,3	60,8	12,8
S %	2,2	2,6	1,4
P %	0,04	0,02	0,08-
Cu %	0,05	0,02	0,11
Fraction magnétique svt. DTT			
poids %	67,1	90,7	12,5
récuperation %	100,0	93,8	6,2
Solide: poids spécifique g/cm ³	4,0	4,52	
Composition granulométrique:			
Fraction mm		Poids	Poids
		%	≤%
0,5 - 0,3	21,8	100,0	15,8
0,3 - 0,1	32,9	78,2	33,5
0,1 - 0,06	14,5	45,3	17,5
0,06 - 0,04	4,8	30,8	6,7
- 0,04	26,0	26,0	26,5

"Work Index" Wi du minerai brut = 12,8



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Projet de Mineraï de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-4-2

Essai de broyage

Broyage secondaire du concentré Rouher

Sondage : Goto A

Echantillon: échantillon mixte 1 - 6

Matériau : Concentré Rouher <0,5 mm de l'essai semi-industriel (Annexe 4-4-1)

Données techniques d'essai: Broyeur: 760 mm Ø x 610 mm

Nombre de tours 34 t/mn. ≈ 70 % n_{crit.}

Corps broyeurs : 275 kg Cylindres

Matériau : 63 kg Concentré Rouher
30 l'eau

Résultats de l'essai:

Durée du broyage	0'		5'		8'		13'		20'		30'	
Poids	%	±%	%	±%	%	±%	%	±%	%	±%	%	±%
Granulométrie, mm												
0,5 - 0,3	15,8	100,0	0,5	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-
0,3 - 0,1	33,5	84,2	36,5	99,5	23,5	100,0	12,0	100,0	4,2	100,0	1,0	100,0
0,1 - 0,06	17,5	50,7	21,0	63,0	24,5	76,5	27,0	88,0	22,5	95,8	11,9	99,0
0,06 - 0,04	6,7	33,2	7,0	42,0	8,0	52,0	9,1	61,0	10,6	73,3	11,0	87,1
- 0,04	26,5	26,5	35,0	35,0	44,0	44,0	51,9	51,9	62,7	62,7	76,1	76,1
Pulpe:												
densité kg/l			2,02		1,92		1,80		1,79		1,80	
solid en pulpe, g/l			1276		1175		1009		999		1003	
surface spécifique cm ² /g					870		1050		1390		1770	
consommation spécifique nette kWh/t												
par rapport à l'augmentation du broyage			3,1		5,0		8,2		12,6		18,9	
par rapport à 95 % <0,1 mm										12,5		



FRIED. KRUPP GMBH
KRUPP INDUSTRIE-UND STAHLBAU

Projet de Minerai de Fer
Falémé - Sénégal
Etude de Traitement

Annexe 4-4-3

Séparation magnétique Cleaner

Essai semi-technique

Sondage : Goto A

Echantillon : échantillon mixte 1 - 6

Données de l'essai: Données de la machine: Séparateur magnétique permanent à pôles alternatifs 600 mm Ø x 300 mm

Alimentation : Concentré Rouger broyé à <0,1 mm (Annexe 4-4-1 et 4-4-2)

	Cleaner 1	Cleaner 2
Quantité	21,3 m ³ /h . m	20,9 m ³ /h . m
Densité de pulpe	1,195 kg/l	1,175 kg/l
Solides en pulpe	250 g/l	246 g/l

Résultats:

	Cleaner 1			Cleaner 2		
	Conc.Rouger	Conc.Cl. 1	Non magn.i	Conc.Cl.2	Non magn.2	
Poids % v/o	100,0 69,8	80,9 56,5	19,1 13,3	97,1 54,9	2,9 1,6	
Fe-total teneur %	61,0	67,2	34,7	68,6	21,3	
récuperation v/o	91,1	81,3	9,8	80,6	0,7	
Fe ₂ Cl ₃ -sol. %	60,8	67,1	33,9	68,5	20,5	
S %	2,6	2,8	1,7	2,6	1,4	
P %	0,02	0,01	0,06	0,01	0,11	
Cu %	0,02	0,01	0,08	0,01	0,12	
Fraction magnétique svt. DTT						
poids %	81,7	91,9	38,7	94,5	3,7	
récuperation %	100,0	91,0	9,0	90,9	0,1	
Composition granulométrique:	Poids	Poids		Poids		
Fraction mm	%	±%	%	±%	%	±%
0,5 - 0,3	-	-	-	-	-	-
0,3 - 0,1	1,0	100,0	1,0	100,0	1,3	100,0
0,1 - 0,06	10,7	99,0	13,1	99,0	12,1	98,7
0,06 - 0,04	8,0	88,3	10,9	85,9	9,3	86,6
- 0,04	80,3	80,3	75,0	75,0	77,3	77,3

Résultats des essais 1, 2 et 3 de pelletisation

Essai no.	1	2	3
Concentré	mélange Goto A 1-6	mélange Goto A 1-6	mélange Goto A 1-6
Provenance du concentré		voir rep. 4.5.1	
Analyse chimique du concentré			
Fe %	68,8	68,6	68,6
S %	2,3	2,3	2,6
Indice Blaine cm ² /gr	1828	1828	2239
% en poids <0,04 mm	79	79	85
Ajouté en % en poids			
bentonite-wyoming	0,7	0,7	0,7
poudre de quartz	3,0	-	3,0
Humidité de la matière % H ₂ O	4,2	4,4	4,0
Humidité des pellets % H ₂ O	8,5	9,0	8,5
Densité apparente t/m ³	2,16	2,28	2,16
Nombre de chutes 45 cm de hauteur	3,5	3,6	4,1
Résistance au vert kg/P	1,05	1,04	1,0
3 chutes de maxi de hauteur cm	35	35	40
Résistance après 3 chutes kg/P	0,67	0,65	0,76
Résistance à sec kg/P	3,94	4,60	2,71
Températures de brûlement °C			
Températures de la charge, milieu en bas	1320	1320	1250
	1285	1278	1218
Résistance à l'écrasement des pellets brûlés			
en moyenne	69	59	118
mini. kp/P	35	23	65
maxi.	120	140	205
Résistance ISO au trommel normalisé			
résistance % en poids + 6,3 mm	72,2	63,8	89,2
abrasion % en poids < 0,5 mm	7,1	6,0	4,6

Résultats des essais 4, 5 et 6 de pelletisation

Essai no.	4	5	6
Concentré	mélange KDA 1+2+3	mélange KDB 1+2+3 (1966) + 1 (1967)	KDA 4
Provenance du concentré		voir rep. 4.5.1	
Analyse chimique du concentré			
Fe %	68,5	65,3	66,6
S %	0,3	0,9	2,2
Indice Blaine cm ² /gr	1770	1970	1830
Ajouté en % en poids			
bentonite-wyoming	0,7	0,7	0,7
poudre de quartz	3,0	-	3,0
Humidité de la matière % H ₂ O	5,00	5,00	5,0
Humidité des pellets % H ₂ O	9,6	9,20	8,4
Densité apparente t/m ³	2,21	2,17	non déterminée
Nombre de chutes 45 cm de hauteur	3,0	3,9	2,5
Résistance au vert kg/P.	1,0	1,02	1,02
3 chutes de maxi de hauteur cm	35	35	30
Résistance après 3 chutes kg/P	0,75	0,82	0,68
Résistance à sec kg/P	2,02	2,67	1,57
Températures de brûlement °C			
Températures de la charge, milieu en bas	1250	1250	1250
	1250	1250	1250
Résistance à l'écrasement des pellets brûlés			
en moyenne	360	370	207
mini. kp/P	210	225	115
maxi.	585	510	305
Résistance ISO au trommel normalisé			
résistance % en poids + 6,3 mm	95,7	97,7	97,2
abrasion % en poids < 0,5 mm	4,1	2,2	2,3