

85-112-1
1984
CONSORTIUM DE RECHERCHES DE PHOSPHATE EN MAURITANIE

(SNIM - BRGM - GEOMIN - SSPT)

dir / ppyN



LES GISEMENTS DE PHOSPHATE
DE LA VALLEE DE L'OUED GUELLOUAR :

BOFAL ET LOUBBOIRA

(Mauritanie occidentale, régions d'Aleg, Bogué et Kaédi)

PREMIERE PARTIE

ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE

("Pré faisabilité")

par

P. de COUSSEMAKER

et

EL HOUSSEIN OULD JIDDOU

SOCIETE NATIONALE
INDUSTRIELLE ET MINIERE
B.P. 42 NOUADHIBOU
République Islamique de Mauritanie

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES
*Direction des Recherches
et du Développement minier*
B.P. 6009
45060 ORLEANS Cedex, France

RESUME SOMMAIRE DE L'ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE PRELIMINAIRE ET DE SES CONCLUSIONS

L'approche technico-économique de l'exploitation des gisements de BOFAL-LOUBBOIRA, que nous avons tentée dans le présent rapport, permet de mettre en lumière les points suivants.

I - SYNTHÈSE TECHNIQUE

I.1 - Mine

Une exploitation par carrières peut être envisagée avec des taux de découverte volumétrique de 6,5 pour 1 en moyenne. L'enlèvement du stérile, sur des puissances variant de 10 à 20 mètres, a été prévu avec l'emploi de draglines, et l'exploitation du phosphate par pelles et camions. L'ouverture de deux carrières, l'une à Bofof et l'autre à Louboira, a pour but de donner souplesse et homogénéité à l'ensemble de l'exploitation; mais, au stade actuel de l'étude, ces choix ne sont pas forcément définitifs, et leur influence sur les coûts ne constitue pas l'élément primordial de la rentabilité prévisionnelle de l'ensemble, qui sera beaucoup plus sensible aux choix relatifs au transport.

Nous rappelons que la teneur du tout-venant s'élève à 19/20 % de P_{2O_5} et que les concentrés obtenus dans les essais font apparaître un rendement poids de 42 %, avec une teneur de 36 % P_{2O_5} minimum. Il est apparu, en cours d'étude, qu'une rentabilité économique ne pourrait être obtenue qu'en produisant 2 millions de tonnes de concentrés par an, au minimum, ce qui implique une exploitation de l'ordre de 4,75 millions de tonnes de minerai tout-venant, donc des réserves de 90 à 95 millions de tonnes pour une vie de la mine de l'ordre de 20 ans.

Les travaux antérieurs conduisent à penser que cette condition pourra très probablement être remplie sur l'ensemble des deux gisements étudiés. (L'estimation des réserves probables, selon ces travaux, est de 93,4 millions). Il y aura lieu, par la suite, d'entreprendre dans ce but quelques travaux complémentaires en vue de la certification des réserves.

I.2 - Traitement du minerai

par les laboratoires de minéralurgie du B.R.G.M. sur des échantillons de provenances et de volumes divers, le traitement des tourmalines, tant de Boïal que de Louboff, ne paraît pas poser de problèmes particuliers.

Une partie de la production marchande, de l'ordre de 50 %, sera constituée par des concentrés d'une granulométrie de 6 mm à 400 microns obtenus par débarrasage, criblage et cyclonage, et le reste sera enrichi par flottation, à une granulométrie de 400 à 40 microns. La teneur moyenne de l'ensemble des concentrés obtenus par ces essais était de l'ordre de 36-37 % P₂O₅. On peut admettre que l'on obtiendra, en marche industrielle, des concentrés à 35% P₂O₅ ou 76 % B.P.L.

Ces concentrés sont dépourvus d'impuretés nuisibles, et des essais conduits chez un utilisateur (Rhône Poulenc) ont montré qu'ils présentaient une excellente aptitude à la fabrication d'acide phosphorique et de superphosphates.

I.3 - Problèmes de transport

Le transport des concentrés de la mine au port sur une distance, à vol d'oiseau, de l'ordre de 300 km jusqu'à Nouakchott, et de 400 km jusqu'à Saint-Louis, représente la principale difficulté rencontrée par le projet, d'un point de vue économique.

Après avoir éliminé la solution du transport routier, beaucoup trop onéreuse, sur ces distances, par rapport aux solutions concurrentes, nous avons examiné trois filières de transport :

a) le transport fluvial, par barges, en direction du port de Saint-Louis sur le fleuve Sénégal, dont l'aménagement et l'exploitation de la navigation seraient pris en charge par l'O.N.V.S.;

b) le transport hydraulique, en pulpe, des concentrés vers le port de Nouakchott, par une tuyauterie de 300 km environ;

c) le transport ferroviaire, par l'une ou l'autre des lignes suivantes qui seraient à créer : soit une ligne directe jusqu'au port de Nouakchott, sur 330 km (variante B), soit une ligne d'environ 300 km le long de la vallée du fleuve Sénégal et qui déboucherait sur la mer [REDACTED], les phosphates étant alors exportés à partir de là par un [REDACTED].

L'ordre de grandeur des coûts de ces différentes filières a été examiné et nous l'indiquons un peu plus loin. Au point de vue technique, l'étude de la voie fluviale est encore préliminaire et l'étude de la construction d'une

port minéralier à Saint Louis n'en est qu'à son début. Son développement est phates. Le gros avantage de cette voie est de n'exiger pratiquement pas d'investissements de la part de l'exploitation phosphatière.

La filière hydraulique est celle qui exige les investissements les plus faibles, et ses coûts d'exploitation sont également assez faibles au niveau du transport proprement dit. Mais c'est un procédé qui, contrairement au chemin de fer, ne peut apporter que peu de retombées bénéfiques sur le pays et les régions traversées. Bien que ce procédé soit de plus en plus employé, notamment pour le minéral de fer et le charbon, et que l'on commence à l'employer pour le phosphate (caséite de Taouda à M'hamma, sur 120 km, au Brésil), on peut se demander s'il n'entraînerait pas des sujétions assez lourdes, au point de vue granulométrie et séchage, par exemple, et il exigerait en tout état de cause un complément d'études important.

La filière "chemin de fer" est la plus classique et présente des avantages certains dans le cadre du développement économique du pays. Elle a en outre l'avantage d'être une solution nationale et présente de ce fait moins d'atées politiques. Cette étude a fait l'hypothèse explicite que le réseau de transport ferroviaire appartiendrait à une Société Nationale où l'Etat mauritanien détiendrait 51 % du capital. Cette Société Nationale de Transport facturerait ses services de transport à la Société minière sur la base d'un trafic total de 2,5 Mt/an, dont 500.000 t de trafic extra-minier. Dans ces conditions, l'investissement correspondant n'est pas à imputer à la Société minière.

1.4 - Commercialisation

Ce problème est essentiel pour l'appréciation économique, et se pose sous deux aspects :

a) y aura-t-il, au moment où l'exploitation commencera la production, une demande solvable pour 2 millions de tonnes nouvelles en provenance de Mauritanie, sur le marché international, compte tenu des augmentations prévues de production des autres principaux producteurs (Maroc, Etats-Unis, Jordanie, Tunisie, etc.) ?

b) à quel prix FOB départ cette production pourra-t-elle être vendue ?

Compte tenu de la crise qui sévit depuis 2 ans sur le marché du phosphate, il est difficile de répondre avec certitude à ces deux questions. Nous pensons cependant, d'après les avis de nombreux spécialistes, que la demande vendue à se réaliser dans les 2 ou 3 ans à venir, et que, à l'horizon 1990, où

L'on peut prévoir le démarrage éventuel de l'exploitation, il devrait y avoir la possibilité de passer 2 millions de tonnes nouvelles par rapport à une pro-

En revanche, il n'est pas certain que l'on revienne si tôt les prix rémunérateurs qui étaient courants en 1980. Nous avons fait les calculs de rentabilité prévisionnelle sur un chiffre qui peut paraître assez modeste de 40 \$ la tonne FOB départ (valeur à 1985).

II.1 - Ensemble des installations sur le site (mine, traitement, séchage, services généraux)

Nos estimations sont les suivantes :

- Investissements : 147,2 millions de \$
- Coût d'exploitation à la tonne de concentré séché (départ carreau mine - usine) : 16,65 \$/t

II.2 - Estimation des différentes filières de transport

II.2.1 - Voie fluviale	Investissements (1)	(49,6 M \$)
	Coût de transport/t (2)	6,50 \$/t
	Coûts portuaires/t	2,25 \$/t
II.2.2 - Tuyauterie	Investissements	56 M \$
	Coût de transport/t	2,60 \$/t
	Coût amont/t	5,50 \$/t
	Coûts portuaires/t	1,75 \$/t

II.2.3 - Chemin de fer	Variante B (par Nouakchot)	Variante D (par Dara)
Investissements (1)	(249,1 M \$)	(140,2 M \$)
Investissements portuaires	0	11,8 M \$
Coût d'exploitation	2,34 \$/t	1,84 \$/t
Amortissement sur 20 ans	4,78 \$/t	3,20 \$/t
Prix de facturation chemin de fer (2)	7,12 \$/t	5,04 \$/t

(1) Investissements () pris en charge soit par la Compagnie de Navigation, soit par la Société Nationale de Transport ferroviaire.

(2) Il s'agit dans ce cas d'un coût de facturation de la Société de Transport incluant les coûts opératoires et les amortissements, mais sans frais financiers.

Nous pouvons déduire ces coûts par le tableau suivant :

	Transport fluvial	Transport ferroviaire	Transport en pousse
		variantes B	variantes C
<u>Investissements initiaux M\$</u>			
Installations minières et de traitement	167,2	167,2	167,2
Installations de transport			
PY FORTIN		17,8	26
<u>Somme initiale à investir par la mine</u>	167,2	167,2	203,2
<u>Coût opératoire à la tonne M\$</u>			
Exploitation minière	16,65	16,65	16,65
Supplément pour pulpe	-	-	3,50
Transport	6,50	7,12	2,60
Escal portuaires	2,25	1,75	1,75
<u>Coût opératoire sans amortissements</u>	25,40	25,52	24,50

interne du projet, dans les différentes hypothèses de transport, par le tableau suivant :

Hypothèse de transport	T.R.I.	Durée de récupération des investissements ("pay back") en années
Transport fluvial	13,7 %	6,0
Transport ferroviaire		
variante B	12,2 %	7,0
variante D	12,9 %	6,7
Transport hydraulique	9,4 %	8,4

Sensibilité

La sensibilité de la rentabilité du projet aux variations des principaux paramètres économiques tels que les coûts d'investissements, les coûts d'exploitation et les prix de vente, a été examinée. Les résultats en sont donnés

dans le texte de l'étude et les graphiques des pages 42, 43 et 44.

Le principal paramètre qui peut jouer sur le T.R.I. est - comme c'est d'ailleurs généralement le cas - le prix de vente des concentrés. Son incidence est d'autant plus sensible que l'investissement est le plus bas, c'est-à-dire qu'une variation de 10 % dans la valeur des recettes entraînera des variations de rentabilité de l'ordre de 4 à 5 points dans les hypothèses fluviales ou ferroviaires (investissements à la charge de la Société minière, nuls), de 3 à 4 points dans l'hypothèse hydraulique (investissement modéré), et seulement de l'ordre de 2,5 points quand les investissements du chemin de fer sont imputés à la Société minière.

En revanche, les paramètres "coûts d'investissement" et "coût d'exploitation" ont une influence moins sensible sur le T.R.I. : de l'ordre de 1 à 1,5 point du T.R.I. pour 10 % de variation pour le premier et de 2 à 3 points pour le second.

On pourra être amené à envisager une exploitation en une seule carrière à la fois, en commençant par la plus économique (Loubboira) pour la totalité de la production, pendant quelques années, et en exploitant Bofal dans les années suivantes.

Cette approche permettrait une amélioration de la rentabilité, en repoussant dans le temps les investissements importants, en améliorant les conditions des premières années et en allégeant les contraintes de trésorerie au cours de la période difficile du démarrage.

Un examen sommaire des comptes prévisionnels nous fait estimer le 1,3 à 1,5 %.

IV - PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'exploitation des phosphates de Bofal-Loubboira apparaît techniquement possible, sans poser de problèmes majeurs, au rythme de 2 millions de tonnes/an de concentrés marchands à 35 % P₂O₅ minimum.

Enfin, l'étude de rentabilité devra confirmer les données de base prises en compte, tant dans le domaine des réserves que dans celui de la qualité, de l'hétérogénéité et du processus d'enrichissement, qui devrait faire l'objet d'un essai pilote, à ce prochain stade.

La rentabilité prévisionnelle est conditionnée pour une très grande part par le choix de la filière de transport. Dans l'hypothèse retenue d'une prise en charge du transport ferroviaire par une Société Nationale, la solution d'une voie ferrée débouchant directement sur l'Atlantique sans remonter à Nouakchott, apparaît comme étant la plus économique. Ce résultat, rendu possible grâce à la prise en compte d'un trafic non minier, traduit l'intérêt du chemin de fer pour le développement régional.

Toutefois, au degré de précision de cette étude, l'écart avec la solution fluviale n'est pas suffisant pour écarter définitivement celle-ci.

Il conviendra donc, dans une phase ultérieure d'étude de confirmer les données relatives à la construction du chemin de fer et d'approfondir, avec l'O.M.V.S., les conditions et les coûts du transport sur le Sénégal, ainsi que l'étude du port de Saint Louis.

Le transport hydraulique nous paraît, par contre, d'un moins grand intérêt, limité par nature au transport du concentré et ne permettant pas de fait de retour, il ne pourra bénéficier d'aucune aide publique.

Enfin, la question de la commercialisation de la production éventuelle est importante et pourrait poser quelques problèmes. Il n'est pas trop tôt pour commencer à l'étudier.

En ce qui concerne l'échelonnement des travaux à envisager dans les années à venir, il y a lieu de prévoir, avant la mise en route éventuelle :

- une étude préalable de faisabilité 2 ans

- la définition et la commande du matériel 1 an

- le délai de réception du matériel 1 à 2 ans

- le montage des installations 1 an

travaux au plus tôt possible 1980, et au moins un an plus tard s'il y a lieu

ou la fin de la construction

0 - GENERALITES

Les réserves probables exploitables qui ressortent de la prospection ont été évaluées à 93,4 millions de tonnes de tout-venant. Nous admettons, ce qui paraît probable étant donnée la relative régularité des gisements, que ces réserves pourront être confirmées en vue de la future étude de faisabilité par un resserrement de la maille de prospection. Nous tablerons donc, au niveau de la présente étude de "pré faisabilité", sur cette évaluation des réserves, ce qui paraît d'autant plus légitime que le gisement reste ouvert au nord-est de Bofal et au sud-est de Loubboira.

Etant donné le taux pondéral de récupération de concentrés marchands qui ressort des essais minéralurgiques, soit en moyenne 42 %, cela implique une disponibilité de $93,4 \times 0,42 = 39,2$, disons 40 millions de tonnes de phosphate marchand. Le rythme d'extraction sera, dans un premier temps, envisagé dans deux hypothèses possibles, soit 1 million de tonnes par an (durée de vie de l'exploitation de l'ordre de 40 ans), soit 2 millions de tonnes (durée de vie limitée à 20 ans). Le choix de l'hypothèse de base sera fait dans la suite de l'étude en fonction de la rentabilité de chacune des hypothèses. Le choix définitif devra également tenir compte de la capacité d'absorption du marché à l'époque de la mise en production.

L'extraction du minerai sera envisagée par la méthode classique dans ce type de gisement exploitable à ciel ouvert, c'est-à-dire : enlèvement des terrains de recouvrement à l'aide de draglines(*), enlèvement du phosphate brut par pelles excavatrices et camions de carrière, transport à l'usine de traitement par camion ou convoyeur.

(*) On notera cependant que la solution "pelles + camions" pour l'enlèvement du recouvrement est également envisageable, avec des coûts globaux du même ordre (investissement légèrement inférieur, coût opératoire légèrement supérieur) (cf. page 5).

Le stade "traitement du minerai" sera ensuite examiné et évalué, selon la technique résultant des essais pilotes, comportant débouillage, attrition, classement granulométrique et flottation de la partie de la production de granulométrie comprise entre 40 et 400 μ , suivie de filtration, et ensuite décantation, épaissement et rejet de stériles.

Le séchage, qui peut être prévu soit sur le site, soit au port, sera étudié comme un ensemble autonome, sans préjuger dès à présent de son implantation géographique. Celle-ci pourra être décidée ultérieurement selon la solution de transport choisie.

On examinera enfin les différentes filières possibles pour le transport jusqu'à la mise à FOB.

La présente étude comportera donc les parties suivantes :

I) Etude des installations sur le site

- I.1 Carrières
- I.2 Traitement du minerai et production de concentrés
- I.3 Centrale électrique
- I.4 Entretien général, ateliers, magasins
- I.5 Adduction d'eau
- I.6 Services généraux, administratifs et sociaux

II) Etude du séchage

III) Etude du transport vers le port et mise à FOB

- III.1 Camions routiers
- III.2 Voie fluviale
- III.3 Voie ferrée
- III.4 Transport en pulpe par tuyauterie
- III.5 Installation portuaires

(Chacune des parties ci-dessus indiquées comportera une approche des coûts d'investissement et d'opération à chacun des stades)

IV) Récapitulation et analyse des investissements et des coûts à la tonne de concentré rendue FOB dans les différentes hypothèses de production et de transport.

V) Analyse sommaire des perspectives du marché et de la valeur à retenir pour l'exportation des concentrés sur le marché international (il sera en outre fourni, en annexe, une note sur le marché des phosphates et son évolution prévisible, ainsi qu'une note sur l'aptitude des concentrés de Bofal-Loubboira à la fabrication d'acide phosphorique).

VI) Analyse économique sommaire de l'opération dans les différentes hypothèses. Approche d'un taux prévisionnel de rentabilité interne.

Examen de la sensibilité de ce taux aux variations des principaux paramètres.

VII) Conclusions et recommandations pour une suite éventuelle de travaux de mise en valeur de ces gisements. Echelonnement indicatif de ces travaux dans le temps.

I - ETUDE DES INSTALLATIONS SUR LE SITE

I.1 - Carrière

I.1.1 - Généralités

Nous pensons que l'exploitation devrait comporter deux carrières, l'une à l'ouest dans le gisement de Bofal, avec un taux de recouvrement volumétrique de 7,42/1 en moyenne, et l'autre à l'est dans le gisement de Loubboira avec un taux de recouvrement de 4,59/1 en moyenne.

Etant donnée la répartition des réserves et les possibilités d'extension du gisement de Loubboira, la répartition pourrait se faire à raison de 1/3 dans celui-ci et 2/3 dans celui de Bofal.

Ceci conduit à un taux de recouvrement moyen de $\frac{4,59 + (2 \times 7,42)}{3}$ soit 6,48, disons 6,5/1, en volume. Ce qui implique, compte tenu d'une densité en place de 1,6 pour le phosphate, que l'exploitation de 1 million de tonnes annuelles de concentré correspond à l'extraction de $\frac{1}{0,42} \times \frac{1}{1,6} = 1,488$ million de mètres cubes de phosphate, correspondant à une découverte totale de 9,65 millions de mètres cubes de recouvrement, à raison de :

$$\text{pour Loubboira : } 0,333 \times \frac{1}{0,42} \times \frac{1}{1,6} \approx 496.000 \text{ m}^3 \text{ de phosphate brut}$$

$$\text{soit } 496.000 \times 4,59 \approx 2,270 \text{ millions de mètres cubes de stérile}$$

$$\text{et pour Bofal : } 0,667 \times \frac{1}{0,42} \times \frac{1}{1,6} \approx 993.000 \text{ m}^3 \text{ de phosphate brut}$$

$$\text{soit } 993 \times 7,42 \approx 7,38 \text{ millions de mètres cubes de stérile}$$

Pour une exploitation à raison de 2 Mt de concentré par an, ces chiffres seraient évidemment doublés.

Si nous envisageons une production de 1 Mt de concentrés/an, pour Loubboira, on peut considérer que la quantité de stérile à manipuler correspond très aisément à l'usage d'une dragline de type 680 W de Bucyrus, ou l'équivalent chez Marion, avec godet de 22 cu. y. travaillant à 2 postes.

Pour Bofal, il faudrait envisager un engin sensiblement plus important, qui pourrait être une dragline 1260 W Bucyrus avec un godet de 35 cu.y. travaillant à 3 postes. Cette dragline permet en effet de traiter 1100 m³/heure, et, travaillant à 3 postes 330 jours par an, il faudrait qu'elle puisse travailler à 80 % pour atteindre cette performance, ce qui est tendu, mais néanmoins envisageable, quitte à modifier légèrement la proportion entre les deux carrières.

Si nous envisageons une exploitation à 2 Mt/an de concentrés, il y aura lieu d'envisager l'emploi de 3 draglines de type 1260 W (ou engins comparables) dont 2 sur Bofal et 1 sur Loubboira.

Pour l'exploitation du phosphate, nous pensons que des pelles 155 B ou 150 RB (de fabrication anglaise, un peu moins chères) avec godets de 12 à 15 cu. y. seraient convenables, chaque unité pouvant traiter de 4 à 500 tonnes/heure. Ces pelles devraient être assorties chacune de 3 à 4 camions de 70 tonnes, en supposant pour les camions une durée moyenne de cycle de 20 minutes.

Pour une exploitation à 1 Mt/an, soit 1.500.000 m³ de phosphate, on pourrait envisager 1 pelle 150 RB sur chaque carrière et 7 camions disponibles au total.

Pour 2 millions de tonnes, 1 pelle 150 RB sur Loubboira et 2 pelles 155 B sur Bofal seraient à envisager, avec 12 ou 13 camions disponibles.

Pour tenir compte de la disponibilité des camions, il y aurait lieu d'ajouter environ 30 % au chiffre de camions nécessaires.

Comme autre matériel mobile de carrière, nous prévoyons des engins de foration (drill-masters) respectivement 2 et 3 selon la production prévue), des bulldozers type Caterpillar D8 (respectivement 2 et 3), des chargeuses sur pneus avec benne de 2 à 3 cu.y. (respectivement 2 et 4) et des véhicules tous terrains de surveillance et de service.

L'équipement que nous venons sommairement de décrire est susceptible de comporter quelques variantes. Par exemple, si la découverte par dragline paraît s'imposer pour la carrière plus profonde de Bofal, on pourrait concevoir une découverte par pelles et camions à Loubboira, et le choix proposé des couples pelles-camions n'est pas définitif. On pourrait envisager aussi des pelles de 7 à 10 cu.y. (par exemple des 88 B) avec des camions de 50-t, notamment dans l'hypothèse basse. Du fait que l'influence de ce choix sur le coût total d'investissement n'est pas très significative, nous pensons qu'il peut être reporté au stade de l'avant-projet et de l'étude de faisabilité, les présélections indiquées nous permettant une approche convenable des coûts au niveau de la présente étude.

L'usine de traitement étant prévue, pour des raisons topographiques - mise à l'abri des inondations de l'oued Guellouar - sur le piton latéritique proche de la carrière de Loubboira, nous nous proposons de l'alimenter directement par les camions de l'exploitation minière, en ce qui concerne le minéral de cette carrière.

En revanche, entre la carrière de Bofal et cette usine, nous estimons ~~préférable de prévoir un transport par convoyeur.~~ Au pied de Bofal, et alimentée par les camions de l'exploitation, serait prévue une station de chargement d'où partirait un convoyeur de 4 kilomètres en direction de l'usine, avec un débit de l'ordre de 5.300 tonnes/jour de minerai tout-venant dans l'hypothèse 1 million de tonnes/an, de 10.600 dans l'hypothèse à 2 millions de tonnes/an. Comme l'usine travaillera à 3 postes et la carrière à 2 postes, il y aura à prévoir pour cette station un stockage de 1.800 tonnes permettant le fonctionnement en continu du convoyeur au débit moyen de 220 tonnes/heure (250 en pointe), pour la première hypothèse, ces chiffres étant doublés pour la seconde.

Nous avons choisi comme hypothèse de base des calculs une exploitation en deux carrières : 1/3 sur Loubboira et 2/3 sur Bofal, car elle nous a paru la plus convenable, au niveau actuel des connaissances, pour cerner des coûts moyens pour toute la durée de l'exploitation.

Il n'est cependant pas exclu que, dans la phase ultérieure de faisabilité, on soit amené à étudier une exploitation en une seule carrière à la fois, ~~en commençant par la plus économique (Loubboira) pour la totalité de la production,~~ pendant quelques années, et en exploitant la plus coûteuse dans les années suivantes, malgré l'inconvénient que représenterait un certain manque de souplesse.

Cette approche permettrait sans doute une amélioration de la rentabilité, en repoussant dans le temps des investissements importants et en améliorant les cash-flows des premières années, au détriment de ceux de la fin. Un examen sommaire des comptes prévisionnels nous fait estimer grossièrement le gain de taux de rentabilité interne ainsi obtenu à une valeur de l'ordre de 1,2 à 1,5 point.

Cependant, au stade actuel de l'étude, ce mode de calcul nous a paru un peu prématuré, avant de connaître l'homogénéité des deux gisements et des concentrés, ainsi que les réserves exactes de chacun d'eux.

1.1.2 - Investissements du pôle "carrières"

Nous considérons sous ce titre les installations d'exploitation comprises entre les carrières et l'entrée de l'usine. Nous ne tenons pas compte des services généraux du carreau, des services auxiliaires et sociaux qui seront traités plus loin.

Les investissements à prévoir - au niveau de précision de la présente étude de préfaçabilité - seraient les suivants dans chacune des deux hypothèses considérées.

INVESTISSEMENTS DU POLE "CARRIERES"

En millions de US \$	Hypothèse 1 Mt/an conc.		Hypothèse 2 Mt/an conc.	
	Nombre	Valeur totale	Nombre	Valeur totale
1) Matériel mobile				
<u>Draglines</u> - 1260 W	1	10	3	30
- 680 W	1	7	-	
Frais d'approche et montage (20 %)	-	3,4	-	6
<u>Pelles</u> - 150 RB 12 cu.y.	2	2,6	1	1,3
155 B 15 cu.y.			2	4
<u>Camions</u> de carrière 75 t	9	4,5	16	8
Chargeuses	2	0,6	4	1,2
Bulldozers	2	0,6	3	0,9
Machines de forage et com- presseurs	2	0,4	3	0,6
Matériel mobile divers	-	0,8	-	1,3
Frais d'approche : 15 % des par. ci-dessus, sauf D.L.	-	1,4	-	2,6
2) Installations de chantiers sur les carrières, utilités, bu- reaux, stations services, ma- gasins et ateliers de chantier 12 % du matériel mobile, à l'exception des draglines	-	1,1	-	2
3) Station de chargement à Bofal	-	1,5	-	2
4) Convoyeur 4 km	-	3,2	-	3,2
Total investissements pôle "carrières"	-	37,1	-	63,1

PERSONNEL DU POLE "CARRIERES"

Nous décomposerons ce personnel selon les catégories suivantes :

C = Cadre et ingénieur
 ATS = Agent de maîtrise et technicien supérieur
 TAM = Technicien-agent de maîtrise
 AM2 = Agent de petite maîtrise, ouvrier très spécialisé
 O = Ouvrier qualifié
 M = Manoeuvre

	Hypothèse 1 Mt/an concentrés							Hypothèse 2 Mt/an concentrés							Effectif total	
	C	ATS	TAM		AM2	O	M	Effectif total	C	ATS	TAM		AM2	O		M
<u>Découverte</u>																
Draglines (3 postes)	4	3	6		3	6	6	28	4	3	9		4	9	9	38
Auxiliaires découverte					3	6	6	15					4	9	9	22
<u>Extraction phosphate (2 postes)</u>																
Pelles	2	2	4		4	4	4	20	3	3	6		6	6	6	30
Camions			2		14	7	7	30			4		24	12	12	52
Auxiliaires phosphate					2	4	4	10					3	6	6	15
<u>Services communs (sur carrières)</u>																
Electromécanique	3	2	4		6	6	6	27	5	3	6		9	9	9	41
Pistes			1		1	4	4	10			1		2	6	6	15
Employés administratifs			1		3	2	-	6			1		4	3	-	8
Foration			2		2	2	-	6			4		4	4	-	12
Géomètres	1				1	2	-	4	1				1	4	-	6
Géologie	1	1			2	-	2	6	1	1			2		3	7
Total	11	8	20		41	43	39	162	14	10	31		63	68	60	246

I.1.3 - Appréciation des coûts de main-d'oeuvre

Sur la base des coûts dégagés au 2ème trimestre 1982 pour les exploitations minières du nord, et en les minorant légèrement pour tenir compte des conditions géographiques, climatiques et sociales différentes, nous prendrons en compte les valeurs moyennes suivantes par catégories (valeurs comprenant non seulement les salaires versés, mais toutes les charges sociales annexes, tant obligatoires que bénévoles).

- manoeuvres	M	19 000 UM/mois, soit 228 000 UM/an ou environ	\$ 4.400/an
- ouvriers	O	23 000 UM/mois, soit 276 000 UM/an ou environ	\$ 5 300/an
- petite maîtrise			
	AM2	40 000 UM/mois, soit 480 000 UM/an ou environ	\$ 9 300/an
- maîtrise & techn.			
	TAM	60 000 UM/mois, soit 720 000 UM/an ou environ	\$ 13 800/an
- maîtr. sup. nat.		65 000 UM/mois, soit 780 000 UM/an ou environ	\$ 15 000/an
- cadres nationaux		95 000 UM/mois, soit 1 140 000 UM/an ou env.	\$ 22 000/an
- maîtr. sup. expat.		190 000 UM/mois, soit 2 280 000 UM/an ou env.	\$ 44 000/an
- cadres expat.		350 000 UM/mois, soit 4 200 000 UM/an ou env.	\$ 81 000/an

Sur ces bases, nous pouvons apprécier le coût "main-d'oeuvre" de l'ensemble des carrières de la façon suivante :

a) Hypothèse 1Mt/an concentrés (coût annuel)

39 manoeuvres à 4 400 \$/an	171 600
43 ouvriers à 5 300 \$/an	227 900
41 petite maîtrise à 9 300 \$/an	381 300
20 maîtrise et techniciens à 13 800 \$/an	276 000
5 maîtrise sup. nationaux à 15 000 \$/an	75 000
10 cadres nationaux à 22 000 \$/an	220 000
3 maîtrise sup. expatriés à 44 000 \$/an	132 000
1 cadre expatrié à 81 000 \$/an	81 000
<hr/> 162	<hr/> 1 564 800 \$/an

Ce qui donne, toutes catégories confondues, un coût main-d'oeuvre de 9 659 \$/an en moyenne par salarié, et 1,56 \$ pour les carrières, par tonne de concentré.

b) Hypothèse 2 Mt/an concentrés (coût annuel)

60 manoeuvres à 4.400 \$/an	264 000
68 ouvriers à 5.300 \$/an	360 400
63 petite maîtrise à 9.300 \$/an	585 900
31 maîtrise-techniciens à 13.800 \$/an	427.800
7 maîtrise sup. nat. à 15.000 \$/an	105 000
13 cadres nationaux à 22.000 \$/an	266.000
3 maîtrise sup. expat. à 44.000 \$/an	132.000
1 cadre expatrié à 81.000 \$/an	81 000
	<hr/>
246	2 242 100 \$

Ce qui donne, toutes catégories confondues, un coût de main d'oeuvre de 9.114 \$/an en moyenne par salarié, et 1,12 \$ pour les carrières, par tonne de concentré.

I.1.4 - Coût d'exploitation du pôle "carrières"

Au coût salarial, il y a lieu d'ajouter l'énergie, les pièces de rechange et les explosifs.

L'énergie électrique consommée est de l'ordre de 1,8 kWh par mètre cube remué avec les draglines, et de 1,5 kWh par mètre cube remué avec les pelles.

Le coût du kWh est, pour 75 %, constitué par le fuel consommé, soit 0,25 litre par kWh, ou $0,25 \times 15 = 3,75$ UM, soit 7,2 £ US, le reste, soit 2,4 £ US représentant les pièces de rechange et autres consommables. La main d'oeuvre, ainsi que ces consommations (hors fuel), seront pris en compte dans le coût individualisé de la centrale.

Le coût en énergie électrique sera donc évalué à 7,2 £/kWh. On aura donc, pour les draglines, 13 £ par m³, et pour les pelles (électriques) 11,8 £ par m³ remué.

Les pièces de rechange peuvent être évaluées à 8 % par an de la valeur du matériel investi, soit, dans la première hypothèse, 1.360.000 \$ pour les draglines, et 760.000 \$ pour les autres matériels; dans la deuxième, 2.400.000 \$ et 1.390.000 \$ respectivement.

Pour les camions, nous prendrons le chiffre moyen de 0,3 litre de gasoil à la tonne transportée, plus 10 % de lubrifiants (la distance moyenne de roulage étant de l'ordre du km), soit une dépense annuelle de $2.350.000 \times 0,29 \times 1,1 \times 0,3 = 232.500$ dollars.

A ce chiffre, nous ajouterons 50.000 dollars pour la consommation des autres engins diesel, soit 282.500 \$ au total pour les consommations de carburants et lubrifiants, dans l'hypothèse à 1 Mt/an. Ce chiffre sera sensiblement doublé pour 2 Mt/an (soit 565.000 \$).

Enfin, en ce qui concerne le sautage des terrains, faute de pouvoir en apprécier les besoins - qui seront, de toute façon, minimes et occasionnels - nous tablerons sur environ 4 \$ par mètre cube remué, ce qui fera :

dans l'hypothèse 1 : $11.500.000 \times 0,04 = 460.000$ \$

dans l'hypothèse 2 : $23.000.000 \times 0,04 = 920.000$ \$

Ces considérations nous permettent l'approche d'un coût annuel carrières dans les deux hypothèses :

	<u>Hypothèse 1</u>	<u>Hypothèse 2</u>
Personnel	1.564.800	2.242.100
Energie électrique (découverte)	1.300.000	2.600.000
" " (phosphate)	177.000	354.000
Fuel oil	282.500	565.000
Pièces de rechange (découvert.)	1.360.000	2.400.000
" " (phosphate)	760.000	1.390.000
Explosifs	460.000	920.000
Convoyeur	52.000	69.000
	<u>5.956.300 \$</u>	<u>10.540.100 \$</u>

soit, à la tonne de concentré, 5,94 \$ dans l'hypothèse 1 et 5,27 \$ dans l'hypothèse 2.

I.2 - Traitement du minerai et production de concentrés

Le schéma du traitement envisagé est donné par le flow-sheet ci-joint, et l'évaluation des investissements des besoins de main d'oeuvre et des consommations est détaillée dans les tableaux ci-après. Les chiffrages sont établis en francs français, et nous donnons un tableau récapitulatif des investissements en dollars, pour le pôle, sur la base de 7,70 FF pour 1 dollar.

INVESTISSEMENTS DU POLE "USINE DE TRAITEMENT"

En millions de US \$	Hypothèse 1 Mt/an concentrés	Hypothèse 2 Mt/an concentrés
Recette usine	1,1	1,8
Débouillage	1,1	1,7
Criblage primaire	0,8	1,3
Deschlammage primaire	0,5	0,8
Délitage et attrition	0,9	1,5
Criblage secondaire	1,1	1,7
Deschlammage secondaire	0,6	0,9
Flottation	1,3	2
Filtration concentré	0,6	1
Transport stériles	4,4	6,4
Bâtiment	1,5	2,3
Tuyauteries	0,6	0,9
Equipement électrique	1,2	1,8
Contrôle et régulation	0,4	0,6
	<hr/> 16,1	<hr/> 24,7

PERSONNEL "USINE DE TRAITEMENT"

	Hypothèse 1 Mt/an concentrés							Hypothèse 2 Mt/an concentrés								
	C	C _E	TAM		AM2	O	M	Total	C	C _E	TAM		AM2	O	M	Total
Recette usine	3	3	3		3	3	6	12	4	3	3		3	4	8	15
Débouillage					3	3	6	15					3	4	9	18
Criblage primaire					3	3	6	15					3	4	9	20
Deschlammage primaire					3	3	6	15					3	4	9	20
Délitage attrition					3	3	6	15					4	4	6	18
Criblage secondaire	4	2	3		3	6	9	18	6	4	3		3	6	9	21
Deschlammage secondaire					3	3	3	12					3	4	4	14
Flottation	4	2	6		6	12	15	45	6	4	9		9	15	18	61
Epaississement-filtration	1	1	3		3	3	6	12	1	1	3		3	4	9	20
Transport stériles					3	6	12	21					6	6	15	31
Tuyauteries			1			3		4			1		4			5
Equipement électrique		1	1		1	3		6		1	2		2	6		11
Contrôle régulation			1		3	3		7			1		3	4		8
Direction	2							2	3							3
	9	7	24		37	54	75	206	13	10	38		47	69	96	273

Coût "main-d'oeuvre" de l'usine de traitement (coût annuel)

Hypothèse 1 Mt/an concentrés

75 manoeuvres à 4.400 \$/an	330 000
54 ouvriers à 5.300 \$/an	286 200
37 petite maîtrise à 9.300 \$/an	344 100
24 maîtrise-techniciens à 13.800 \$/an	331 200
5 maîtrise sup. nationaux à 15.000 \$/an	75 000
8 cadres nationaux à 22.000 \$/an	176 000
2 maîtrise sup. expat. à 44.000 \$/an	88 000
1 cadre expatrié à 81.000 \$/an	81 000
<hr/> 206	<hr/>
Total	1 711 500 \$

soit un coût main-d'oeuvre à la tonne de concentré de : 1,71 \$
coût annuel par unité à l'effectif = 8 310 \$/an

Hypothèse 2 Mt/an concentrés

96 manoeuvres à 4.400 \$/an	422 400
69 ouvriers à 5.300 \$/an	365 700
47 petite maîtrise à 9.300 \$/an	437 100
38 maîtrise-techniciens à 13.800 \$/an	524 400
8 maîtrise sup. nationaux à 15.000 \$/an	120 000
12 cadres nationaux à 22.000 \$/an	264 000
2 maîtrise sup. expat. à 44.000 \$/an	88 000
1 cadre expatrié à 81.000 \$/an	81 000
<hr/> 273	<hr/>
Total	2 302 600 \$

soit un coût main-d'oeuvre à la tonne de concentré de : 1,15 \$
coût annuel par unité à l'effectif : 8 430 \$/an

Coût d'exploitation du pôle "traitement"

Au coût salarial, il y a lieu d'ajouter l'énergie, les pièces de rechange et les réactifs (la main-d'oeuvre d'entretien sera comptabilisée dans les services généraux à la rubrique "entretien").

Energie : La puissance consommée moyenne ressort à 3 000 kW pour une marche prévue à 5 750 heures par an, pour une capacité de 1 Mt/an de concentrés, soit par an : 17 250 000 kWh, ou

$$17\,250\,000 \times 0,072 = 1\,242\,000 \$$$

Pour une capacité double, la puissance consommée sera majorée d'une façon sensiblement proportionnelle à la capacité. Nous tiendrons compte pourtant d'un léger effet de taille, en prenant le coefficient multiplicateur 1,9 pour un doublement de capacité, soit $17.250.000 \times 1,9 = 32.775.000$ kWh.

$$\text{Coût annuel} : 32.775.000 \times 0,072 = 2.360.000 \text{ \$}$$

Pièces de rechange

Nous estimerons la consommation à 8 % du coût du matériel investi, rendu sur place. Ce matériel représente sensiblement 60 % de l'investissement total. Nous obtenons donc une consommation annuelle de :

$$16,1 \times 0,6 \times 0,08 = 0,773 \text{ million de \$ dans l'hypothèse 1 Mt}$$

$$24,7 \times 0,6 \times 0,08 = 1,186 \text{ million de \$ dans l'hypothèse 2 Mt}$$

Réactifs

La consommation de réactifs est de l'ordre de 2 kg de fuel oil léger + 2 kg de tall oil par tonne de minerai brut flotté, soit environ 941.000 tonnes entrantes dans le premier cas et 1.880.000 dans le deuxième cas. La valeur de ces réactifs est de l'ordre de 0,34 \$ le kg pour le fuel léger et 0,40 pour le tall oil.

Le coût total en réactifs sera donc :

$$941.000 \times 2 (0,34 + 0,40) = 1.392.680 \text{ \$ dans la 1ère hypothèse}$$

et le double dans la 2ème hypothèse

soit, dans les 2 cas, un coût de 1,39 \$ à la tonne de concentré total produit.

Récapitulation

Le coût annuel de fonctionnement du pôle "traitement" s'établit donc comme suit :

	Hypothèse I (1 Mt/an conc.)	Hypothèse II (2 Mt/an conc.)
Coût annuel main d'oeuvre	1.711.500	2.302.600
" " énergie	1.242.000	2.360.000
" " rechanges	773.000	1.186.000
" " réactifs	1.392.700	2.785.400
Total	5.119.200	8.634.000
soit à la tonne de concentrés	5,12	4,32

1.3 - Centrale électrique

~~On envisage une centrale diesel, à moteurs lents, fonctionnant au fuel.~~

La puissance simultanée pouvant être appelée est évaluée comme suit, pour l'hypothèse 1.000.000 t/an :

- carrière (draglines et pelles électriques)	3.500 kW
- usine de traitement	3.500 kW
- installations du carreau et de la cité	1.500 kW
- auxiliaires	500 kW
	<hr/> 9.000 kW

Compte tenu des rendements, des facteurs de puissance et des appels de puissance exceptionnels en pointe, on prévoira l'installation de 12.000 KVA en 4 groupes de 3.000 KVA. A ces 4 groupes, seront ajoutés 1 groupe de secours en "stand by" et 1 groupe pour l'entretien périodique systématique. Avec le génie civil, les transformateurs, les lignes de distribution, l'ensemble est évalué à 8 millions de dollars environ, soit environ 440 \$ le KVA installé.

Pour l'hypothèse 2 millions de t/an concentrés, on évaluera la puissance nécessaire à :

- carrière	6.500 kW
- usine de traitement	6.800 kW
- carreau et cité	2.000 kW
- auxiliaires	700 kW
	<hr/> 16.000 kW

Ce qui nécessiterait, compte tenu des mêmes facteurs de rendement que plus haut, l'installation de 21.000 KVA ou 7 groupes de 3.000 KVA plus 1 de rechange plus 1 en "stand by", soit 9 groupes, ou 27.000 KVA installés.

L'investissement sera, dans ce cas, évalué à 12 millions de dollars.

En ce qui concerne le coût d'exploitation - compte non tenu des carburants et lubrifiants, que l'on impute directement aux services utilisateurs - nous prévoyons :

a) en ce qui concerne la main d'oeuvre d'exploitation, respectivement 25 et 35 personnes pour 1 ou 2 Mt, soit sur la base pondérée de 9.000 \$ par personne et par an, 225.000 et 315.000 \$ ou un coût M.O. de 0,22 ou 0,16 \$ à la tonne de concentré produit.

b) en ce qui concerne les pièces de rechange, respectivement 260.000 et 390.000 \$ par an, soit un coût à la tonne de concentré de 0,26 ou 0,195 \$ selon l'hypothèse de capacité choisie.

La main d'oeuvre d'entretien sera imputée aux ateliers et à l'entretien général.

Le coût total d'exploitation de la centrale s'établit donc, par tonne de concentré produit, à :

0,48 \$/tonne pour 1 Mt/an

0,35 \$/tonne pour 2 Mt/an

1.4 - Entretien général, ateliers, magasin

Investissement. On prévoit, dans l'hypothèse 1 Mt/an :

a) en ce qui concerne les bâtiments et le génie civil :

600 m² pour le magasin

3.200 m² pour les ateliers

3.800 m² au total

soit, à raison de 400 \$ par m², 1.520.000 \$

b) en ce qui concerne l'équipement et son installation

environ 1.480.000 \$

Dans l'hypothèse haute, à 2 Mt/an de concentrés, ces investissements seront majorés de 50 %.

On arrive donc à un investissement total de :

- 3 millions de \$ pour l'hypothèse basse

- 4,5 millions de \$ pour l'hypothèse haute

Coût opératoire

a) Main d'oeuvre (voir tableau suivant).

PERSONNEL "ENTRETIEN GENERAL, ATELIERS ET MAGASINS"

	Hypothèse 1 Mt/an concentrés								Hypothèse 2 Mt/an concentrés							
	C	ATS	TAM		AM2	O	M	Effectif total	C	ATS	TAM		AM2	O	M	Effectif total
Ingénieurs mécaniciens, chefs de l'entretien	3	1	3					7	5	1	3					9
Etudes techniques	5	3	6		4	6		24	6	4	9		6	9		34
Electriciens (centrale)		1	3		3	3		10	1	2	6		4	5		18
Electriciens entretien			3		3	9		15			6		6	12		24
Mécaniciens	1	1	3		3	9		17	2	2	6		6	12		28
Soudeurs			3		2	6		11			5		4	9		18
Chaudronniers			1		2	6		9			2		4	9		15
Diverses spécialités			1		3	9		13			2		6	12		20
Manoeuvres							25	25							40	40
Magasiniers			3		3	6	6	18			3		6	10	10	29
Totaux	9	6	26		23	54	31	149	14	9	42		42	78	50	235

Coût du personnel "entretien général, ateliers, magasins"

Hypothèse 1 Mt/an concentrés (coût annuel)

31 manoeuvres à 4.400 \$/an	136 400
54 ouvriers à 5.300 \$/an	286 000
23 petite maîtrise à 5.300 \$/an	213 900
26 maîtrise-techniciens à 13.800 \$/an	358 800
4 maîtrise sup. nationaux à 15.000 \$/an	60 000
8 cadres nationaux à 22.000 \$/an	176 000
2 maîtrise sup. expat. à 44.000 \$/an	88 000
1 cadre expatrié à 81.000 \$/an	81 000
<hr/> 149	<hr/> Total 1 400 300

Ce qui donne, toutes catégories confondues, un coût de main-d'oeuvre de 9 400 \$/an par salarié, et 1,40 \$ à la tonne de concentré pour le poste "entretien, ateliers, magasins".

Hypothèse 2 Mt/an concentrés

50 manoeuvres à 4.400 \$/an	220 000
78 ouvriers à 5.300 \$/an	413 400
42 petite maîtrise à 9.300 \$/an	390 600
42 maîtrise-techniciens à 13.800 \$/an	579 600
7 maîtrise sup. nationaux à 15.000 \$/an	105 000
13 cadres nationaux à 22.000 \$/an	286 000
2 maîtrise sup. expat. à 44.000 \$/an	88 000
1 cadre expatrié à 81.000 \$/an	81 000
<hr/> 235	<hr/> 2 163 600

Ce qui donne également, toutes catégories confondues, un coût de main d'oeuvre de 9 210 \$/an par salarié et 1,08 \$ à la tonne de concentré pour le poste "entretien, ateliers, magasins".

b) Coût en énergie des ateliers d'entretien général

La consommation d'énergie est estimée à environ 550 kW, pendant 16 heures par jour et 300 jours par an, pour l'hypothèse "1 Mt". Elle serait de 800 kW dans l'hypothèse "2 Mt". Ce qui donne respectivement :

- dans l'hypothèse 1 : 2 640 000 kWh/an, ou 190 080 \$, soit 0,19 \$ à la tonne de concentrés
- dans l'hypothèse 2 : 3 840 000 kWh/an, ou 276 480 \$, soit 0,14 \$ à la tonne de concentrés

c) Coût en fournitures et pièces de rechange

Il est évalué à 8 % de l'investissement par an, soit respectivement 240.000 et 360.000 \$/an, soit

0,24 \$/tonne de concentré dans la 1ère hypothèse

0,18 \$/tonne de concentré dans la 2ème hypothèse

d) Récapitulation des coûts d'entretien général

(Dollars)	Hypothèse 1 Mt/an	Hypothèse 2 Mt/an
Main d'oeuvre	1,40	1,08
Energie	0,19	0,14
Fournitures et rechanges	0,24	0,18
Total	1,83/tonne concentré	1,40/tonne concentré

1.5 - Adduction d'eau

L'eau sera pompée dans le fleuve Sénégal et amenée par une conduite de 25 km enterrée. Les besoins en eau sont évalués à 440 m³/heure d'eau fraîche pour l'usine, 30 m³/heure pour le village et 30 m³/heure pour la centrale, soit 500 m³/heure dans l'hypothèse 1 Mt/an et sensiblement le double dans l'hypothèse 2 Mt/an (la consommation de l'usine étant sensiblement proportionnelle au tonnage passé).

On choisira une conduite de 350 mm de diamètre, afin de diminuer les pertes de charge et l'énergie nécessaire, avec une puissance nécessaire de 500 kW, compte tenu d'une hauteur de refoulement prise égale à 70 mètres. Ceci dans la première hypothèse.

Dans la deuxième hypothèse, la conduite aura un diamètre de 500 mm, et la puissance sera sensiblement double.

La station de pompage se trouvera à proximité du fleuve, et comportera 2 pompes, 2 moteurs de 500 kW et 2 groupes électrogènes, afin d'être à l'abri des incidents mécaniques.

Les investissements peuvent être évalués comme suit :

(en millions de \$)	Hypothèse 1 Mt	Hypothèse 2 Mt
Tuyauterie	0,9	1,4
Matériel station de pompage	0,5	0,9
Transport, montage, terrassement	0,70	1,15
Bâtiments, génie civil et divers	0,80	1,25
	<u>2,90</u>	<u>4,70</u>

Le coût de fonctionnement de l'adduction d'eau peut s'analyser comme suit :

a) Personnel : On prévoit 5 personnes pour les deux hypothèses.

Compte tenu d'un coût annuel moyen pondéré de 9.000 \$, cela donne respectivement :

45.000 \$/an ou 0,045 \$/tonne dans le 1er cas

45.000 \$/an ou 0,0225 \$/tonne dans le 2ème cas

b) Energie : 3 millions de kWh consommés dans le premier cas et sensiblement 6 millions dans le deuxième, soit, sur la base de 0,3 litres de fuel par kWh + 10 % de lubrifiants, une dépense annuelle de 285.000 \$ et 570.000 \$ respectivement.

La dépense ramenée à la tonne de production sera, dans les deux cas, de l'ordre de 0,265 \$.

c) Rechanges et consommables : Environ 12 % du matériel mécanique, à l'exception de la tuyauterie, soit 60.000 et 110.000 \$ respectivement, ou, à la tonne de concentrés : 0,06 et 0,055 \$.

d) Récapitulation : Le coût de fonctionnement global de l'adduction d'eau, ramenée à la tonne de concentré, ressort à 0,39 \$ dans le premier cas, et 0,36 \$ dans le second cas.

1.6 - Services administratifs, sociaux et médicaux, formation professionnelle

Le coût de ces services sera évalué forfaitairement à 9 % de l'ensemble des chapitres analysés précédemment.

1.6.1 - Frais généraux et de direction

Etant donnée la ventilation détaillée des coûts des différents services connexes, nous ajouterons à ce titre seulement 7 % des chapitres précédemment analysés.

1.6.2 - Evaluation du personnel employé sur le site

Cette évaluation est nécessaire pour permettre une approche de l'investissement pour les cités et les services généraux de voirie, distributions, etc. qui vont être abordés ci-dessous.

Le personnel nécessaire est le suivant :

	<u>Hypothèse 1 Mt/an</u>	<u>Hypothèse 2 Mt/an</u>
Carrières	162	246
Convoyeur	10	10
Laverie	206	273
Centrale électrique	25	35
Entretien, ateliers, magasins	149	235
Adduction d'eau	5	5
Services administratifs et sociaux	120	170
Séchage (s'il est prévu sur le site : cf. à la suite)	25	32
Sous-total	702	1.006
Compensation de l'absentéisme	70	101
Total	772	1 107

1.6.3 - Investissements des cités et services connexes

Nous compterons dans cette rubrique les logements pour le personnel, les services généraux connexes (voirie, réseaux de distribution - eau, électricité, téléphone - les constructions communautaires - services municipaux, services sanitaires, hôpital, clubs, hôtel - les égouts, ainsi qu'un terrain d'aviation et une liaison radio).

en millions de \$	Hypothèse 1 Mt	Hypothèse 2 Mt
<u>Logements du personnel</u>		
(à raison d'une moyenne de 10.000 \$ par salarié, toutes catégories confondues, et du logement de 80 % du personnel)	6,18	8,86
<u>Services connexes</u>	3,6	4,2
Total investissements cités	9,78	13,06

II - SECHAGE DES CONCENTRES

Nous considérerons que le minerai marchand sortira de la filtration de l'usine à une teneur en humidité de 16 à 17 % et il devra, avant expédition, être porté à une teneur inférieure à 2 %.

La localisation des installations de séchage peut être envisagée soit à la sortie de l'usine, soit au port d'embarquement. Dans le premier cas, on économise sur le transport, car le poids du produit transporté est diminué de 14 % environ, mais en contrepartie le transport du fuel impose des sujétions plus grandes (organisation des rotations, acquisition de matériels spéciaux pour le transport, risques d'irrégularité dans les livraisons). D'autre part, si l'on envisageait un transport en pulpe par tuyauterie, le séchage au port deviendrait nécessaire.

Quoi qu'il en soit de la décision éventuelle, nous étudierons le séchage à ce stade, comme s'il était placé sur le site de l'exploitation, les investissements et les coûts n'étant pas fondamentalement différents d'un cas à l'autre.

Le séchage s'effectuera dans un tambour sécheur rotatif, multitube, d'une longueur de 10 à 12 mètres, chauffé au fuel lourd.

II.1 - Evaluation des investissements pour le séchage

en millions de \$	Hypothèse 1 Mt	Hypothèse 2 Mt
Tube sécheur (fourniture)	1,5	2,5
Transport et montage	0,5	0,8
Génie civil	0,2	0,3
Installations annexes et stockage	0,3	0,4
Investissement pour l'installation de séchage	2,5	4,0

II.2 - Coût de fonctionnement

Main d'oeuvre. Nous prévoyons 25 personnes dans la première hypothèse, et 32 personnes dans la seconde, avec un coût moyen pondéré annuel de .000 \$.

Combustible. On admet généralement un ordre de grandeur de consommation de l'ordre de 1 litre de fuel lourd par point d'humidité absorbé, soit dans notre cas 14,5 litres par tonnes de concentré. La valeur du fuel lourd étant de l'ordre de 20 \$ par litre, la consommation sera évaluée dans les deux cas à 2,90 \$.

Consommations et rechanges. Pour ce type d'appareils, on prendra 2 % de l'investissement comme consommation annuelle, soit respectivement 50.000 \$ et 80.000 \$, soit 0,05 et 0,04 \$ à la tonne de concentrés.

Récapitulation du coût de fonctionnement du séchage

Ce coût s'établira, en \$/tonne :

	Hypothèse 1 Mt	Hypothèse 2 Mt
Personnel	0,225	0,144
Combustible	2,90	2,90
Rechanges	0,05	0,04
Total	3,175	3,08 \$

Récapitulation des investissements et des coûts d'exploitation
pour l'ensemble des installations sur le site
(limite : sortie usine avant transport)

INVESTISSEMENTS

En millions de \$	Hypothèse 1 Mt/an	Hypothèse 2 Mt/an
Prospection, Recherches, Etudes de faisabilité	2	3
Ensemble carrières	37,1	63,1
Ensemble traitement	16,1	24,7
Centrale électrique	8	12
Ateliers, Magasins, Entretien général	3	4,5
Adduction d'eau	2,9	4,7
Cités	9,8	13,1
Total partiel	78,9	125,1
Engineering 6 % environ	4,7	7,5
Imprévus et divers 8 %	6,3	10,0
<u>Investissement total sans séchage</u>	89,9	142,6
Séchage (y compris les 14 % de supplément pour engineering et imprévus divers)	2,8	4,6
Investissement total, séchage compris	92,7	147,2

COUTS D'EXPLOITATION

En \$/tonne de concentré	Hypothèse 1 Mt/an		Hypothèse 2 Mt/an	
	Ensemble	(dont M.O.)	Ensemble	(dont M.O.)
Carrières	5,94	(1,56)	5,27	(1,12)
Usine de traitement	5,12	(1,71)	4,32	(1,15)
Fonctionnement centrale	0,48	(0,22)	0,35	(0,16)
Entretien ateliers, magasins	1,83	(1,40)	1,40	(1,08)
Adduction d'eau	0,39	(0,05)	0,36	(0,02)
Total partiel	13,76	(4,94)	11,70	(3,53)
Services administratifs, sociaux et médicaux (9 %)	1,24	(1,05)	1,05	(0,77)
Frais généraux et Direction (7 %)	0,96	(0,47)	0,82	(0,41)
Coût d'exploitation avant séchage	15,96	(6,46)	13,57	(4,71)
Séchage	3,18	(0,23)	3,08	(0,14)
Coût d'exploitation après séchage	19,14	(6,69)	16,65	(4,85)
	=====		=====	

On note que ces coûts (avant amortissements) représentent respectivement 35,0 % et 29,1 % de main d'oeuvre.

Avant séchage, l'incidence "main d'oeuvre" ressort à respectivement 40,5 % et 34,7 %.

III - ETUDE DU TRANSPORT VERS LE PORT ET DU CHARGEMENT

III.1 - Camions routiers

C'est la première idée qui peut venir à l'esprit, du fait que sa mise en exploitation nécessite peu d'investissements, peu d'infrastructures et peut être réalisée rapidement.

On a d'autre part, en Mauritanie, l'expérience du transport des concentrés de cuivre d'Akjoujt par ce moyen (mais il s'agissait de tonnages beaucoup plus faibles et d'une valeur élevée à la tonne).

La liaison routière, bitumée, de bonne qualité, existe entre Aleg et Nouakchott, et est sur le point d'être en service entre Aleg et Boghé. Il n'y aurait donc à créer, au point de vue de l'infrastructure routière, qu'une bretelle de 60 à 70 km pour atteindre le gisement, soit un investissement de l'ordre de 13 millions de \$ (200.000 \$ par kilomètre), investissement qui, d'ailleurs, ne serait normalement pas à imputer à l'exploitation et pourrait fort bien être pris en charge par le gouvernement.

Ou encore, pour réduire la distance totale de transport, une route nouvelle Bofal-Aleg, sur 85 km environ, mais dans un terrain plus difficile (plusieurs traversées de zones dunaires, coût de l'ordre de 20 millions de dollars). La distance à Nouakchott serait de l'ordre de 370 à 380 km dans le premier cas, et 330 km dans le second.

Malgré la facilité apparente de cette solution, nous ne pensons pas que son coût d'exploitation permette de la retenir du point de vue économique. Celui-ci peut être estimé, avec une chaîne spécialisée de camions gros porteurs (semi-remorques de 30 tonnes) à un minimum de 6 à 7 \$ la TKU, soit 20 à 25 \$ la tonne, selon le tracé choisi.

Quand il s'agit de faire faire le travail par des transporteurs sous contrat, le coût minimum (datant d'un arrêté de 1979) ressort à 4,2 UM la TKU, soit 8 \$, et dans l'étude préliminaire du chemin-de-fer, de Socomine, nous trouvons, à la page 1 de l'annexe 6, pour les transports d'agregats, une appréciation minimale de 3 UM la TKU, soit environ 6 \$ la TKU.

Le coût de transport de l'ordre de 20 à 25 \$/tonne, que nous avançons sur ces bases, même avec une précision de 15 % en plus ou en moins, n'est absolument pas compétitif avec les solutions alternatives que nous étudions ci-après.

La solution du transport par camion routier ne pourrait, à notre sens, être retenue que dans deux cas :

a) L'optique d'une exploitation minimale, à moins de 200 ou 300.000 tonnes par an, qui ne permettrait pas d'amortir des investissements lourds de transport. Mais, dans ce cas, l'ensemble de l'exploitation ne serait absolument pas viable économiquement,

b) des raisons politiques et sociales qui viseraient à faire vivre une importante corporation de transporteurs, ce qui n'est pas, à notre connaissance, le cas en Mauritanie.

Nous considérons donc que cette solution doit être éliminée du point de vue économique, et nous n'en parlerons donc plus par la suite.

III.2 - Transport fluvial

L'organisation de mise en valeur du fleuve Sénégal (O.M.V.S.) prévoit que le fleuve sera navigable, au moins entre Bababé et Saint-Louis, dans un délai rapproché.

Une étude, jointe en annexe, a été faite par cet organisme pour évaluer le coût auquel pourrait être facturé le transport des phosphates de la région de Bofal.

Le phosphate concentré sera embarqué à Bababé et transporté à Saint-Louis sur des convois dits "M3" composés d'une barge automotrice et de deux barges simples.

Les chiffres suivants ressortent de cette étude, dans l'hypothèse d'une profondeur de référence de 2,40 mètres et d'une marche jour et nuit, 24 h. sur 24, qui sont des conditions optimales, mais réalisables.

Pour 2 Mt/an, de ~~quai~~ Bababé à FAS Saint-Louis :

Investissement

Travaux de voie, balisage et bâtiments	18,7 M US \$
Flotte et remorqueurs	20,7 M US \$
Total	39,4 M US \$

Coût d'exploitation

Amortissement moyen sur 20 ans	2,38 \$/t
Frais généraux, imprévus et divers	0,99 \$/t
Prix de facturation (sans frais financiers ni bénéfice)	0,46 \$/t
	3,83 \$/t

A ce coût, il convient d'ajouter :

- ~~le coût des manutentions~~ (chargement et déchargement) aux ports de Bababé et de Saint-Louis, estimé par l'O.M.V.S. à 1,17 \$/t;
- ~~le coût du transport du concentré du carreau de la mine au port de Bababé~~ sur le fleuve Sénégal, transport qui pourrait être pris en charge par l'O.M.V.S. et qui a été chiffré par celle-ci à 1 \$/t. Toutefois, nous estimons que cette partie du transport a été nettement sous-évaluée par l'O.M.V.S. (probablement par suite d'une prise en compte insuffisante des différences entre les coûts mauritaniens et sénégalais pour l'investissement routier et pour la main-d'oeuvre. Nous pensons qu'il y aurait environ 50 % à rajouter aux valeurs indiquées pour ce poste, ce qui donnerait, toutes choses égales par ailleurs, un coût moyen de 1,5 \$/t, pouvant se répartir ainsi :

Investissement (route + inst. fixes) : 10 M\$, soit un amortissement de 0,25 \$/t. Coût opératoire de 1,25 \$/t.

En résumé, le coût du transport par la voie fluviale s'établit comme suit :

du carreau mine au port de Bababé	1,50 \$/t
de FOB Bababé à CAF Saint-Louis	3,83 \$/t
manutention aux ports de Bababé et St-Louis	<u>1,17 \$/t</u>

Coût total de carreau mine à FAS St-Louis 6,50 \$/t

Pour 1 Mt/an, l'étude de l'O.M.V.S. donnerait les coûts suivants (hors frais financiers) :

du carreau mine à Port Bababé	2,25 \$/t
de FOB Bababé à CAF Saint-Louis	5,11 \$/t
manutentions aux ports de Bababé et St-Louis	<u>1,17 \$/t</u>
Coût total de carreau mine à FAS St-Louis	8,53 \$/t

III.3 - Transport ferroviaire

On peut envisager la création d'une ligne de chemin de fer entre le site de l'exploitation et un port sur l'Atlantique.

Une étude préliminaire faite par Socomine a examiné plusieurs tracés pour rejoindre le port de Nouakchott. (Voir carte de situation ci-après).

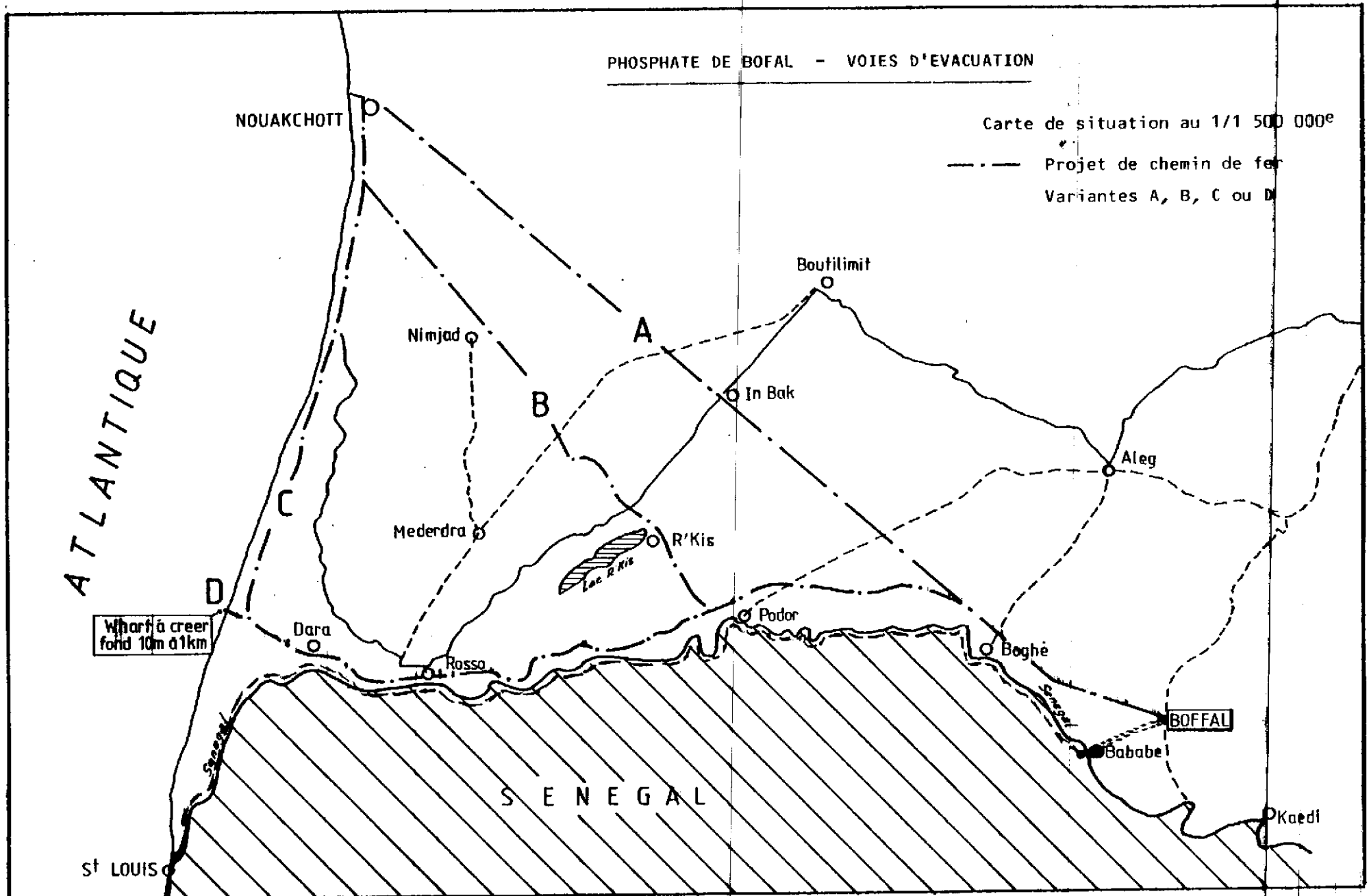
Une variante A, la plus directe sur 300 km, était techniquement irréalisable à des coûts raisonnables.

Une variante B (330 km) présentait des risques d'ensablement importants, et par voie de conséquence, risquait d'être très coûteuse à l'exploitation.

PHOSPHATE DE BOFAL - VOIES D'EVACUATION

Carte de situation au 1/1 500 000^e

— · — · — · — · — · — · — · — · — · —
Projet de chemin de fer
Variantes A, B, C ou D



Une variante C (447 km) tout en présentant le moins de risques, était probablement la plus intéressante sur le plan de l'économie nationale.

Les variantes B et C sont pratiquement identiques, aussi bien sur le plan des investissements que sur le plan de l'exploitation.

L'examen de ces variantes a conduit la S.N.I.M. à envisager une 4ème variante (appelée D, 297 km), identique à la variante C de Bofal à Dara, mais qui au lieu de remonter vers Nouakchott continuerait directement vers la mer jusqu'à une station de manutention (stockage et reprise), d'où le phosphate serait exporté à l'aide d'un terminal portuaire à construire (convoyeur et appontement).

Les chiffres-clefs du transport ferroviaire, établis par Socomine pour la variante B et repris par la S.N.I.M. à partir des données Socomine en ce qui concerne la variante D, sont les suivants :

M US \$	Variante B	Variante D
	330 km	297 km
<u>Investissement du chemin de fer</u>		
Infrastructure de la voie	126,3	65,5
Superstructure de la voie	88,5	73,2
Matériel roulant et utilités	24,3	21,5
Total	239,1	160,2
<u>Coûts d'exploitation \$/t</u>		
sur la base de 2,5 Mt/an	2,34	1,84
<u>Amortissement sur 20 ans \$/t</u>	4,78	3,20
Prix de facturation par la Sté Nationale de Transport ferroviaire	7,12	5,04

Ces chiffres supposent un trafic total de 2,5 Mt/an, dont 2 Mt de concentré de phosphate et 500 000 t de trafic d'intérêt régional non minier.

(Dans l'examen du transport ferroviaire, nous sommes conduits à éliminer l'hypothèse basse de 1 Mt/an qui conduirait à des amortissements à la tonne, beaucoup trop élevés pour mener à un projet viable).

III.4 - Transport en pulpe par tuyauterie

Une approche, encore très sommaire, de cette solution de transport, a été tentée par analogie avec d'autres réalisations, en raison de l'économie sensible qu'elle présente, dans la plupart des cas avec les solutions plus classiques, notamment au niveau de l'investissement.

Au point de vue technique, il serait nécessaire que le produit à transporter présente une granulométrie de l'ordre de 0-300 microns, pour permettre une suspension sans décantation. Ce qui implique la nécessité d'un broyage fin supplémentaire (au broyeur à boulets) au moins sur la partie non flottée, qui, dans le flow-sheet que nous avons considéré, aurait une granulométrie de l'ordre de 6.000-400 microns.

D'autre part, le séchage à l'arrivée au port serait nettement plus onéreux que ce que nous avons prévu pour les autres filières de transport, car la filtration, même éventuellement complétée par un essorage, donnera un produit plus humide (au moins 20 % au lieu de 16-17 %) et la surface spécifique augmentée par le broyage nécessitera un passage plus long dans le four sécheur et une plus grande consommation de fuel. Cette consommation pourrait être presque doublée, en toute première analyse.

En dehors du transport proprement dit, il y aurait à prévoir les augmentations d'investissement suivantes (évaluées dans l'hypothèse 2 Mt/an).

a) les besoins en eau pour la mise en pulpe et le lancement de l'installation augmenteraient l'investissement de l'installation de pompage de l'ordre de 1 million de dollars;

b) l'installation de broyage secondaire serait de l'ordre de 2 à 2,5 millions de dollars;

c) l'installation de filtration serait à reporter au port et coûterait un supplément de l'ordre de 0,5 à 1 million de dollars par rapport à ce qui avait été compté pour le filtrage intégré à l'usine sur le site;

d) l'installation de séchage, évaluée à 4,0 millions de dollars serait à porter à environ 5,8 M\$, soit 1,8 M\$ de plus.

L'ensemble de ces installations supplémentaires peut donc être évalué à 6 millions de dollars, et le coût opératoire de ces installations aux chiffres suivants (par tonne de concentré) :

- fourniture d'eau supplémentaire	+ 0,25 \$
- broyage	+ 0,50 \$
- filtration supplémentaire	+ 0,25 \$
- consommation de fuel pour le séchage	+ 2,50 \$
Coût opératoire supplémentaire	+ 3,50 \$

Ceci dit, pour le transport proprement dit, qui serait assuré par une conduite enterrée de 10 1/4" (260 mm Ø intérieur), on pourrait envisager un investissement de 50 millions de dollars (avec les installations de départ, d'arrivée et les pompes intermédiaires nécessaires), et le coût de transport à la tonne pourrait être de l'ordre de 2,6 \$/tonne (soit environ 1,8 \$ pour l'énergie, 0,5 \$ pour le personnel, 0,3 \$ pour l'entretien et les pièces de rechange).

Globalement, nous arriverions, pour ce type de transport, entre la conduite, le pompage et les installations supplémentaires annexes, à un investissement de l'ordre de

$$50 + 6 = 56 \text{ millions de \$}$$

avec un renouvellement de l'ordre de 14 millions de \$ la 10^e année, et à un coût opératoire de

$$3,5 + 2,6 = 6,1 \text{ \$ /tonne}$$

En évaluant à partir de ces chiffres la charge moyenne de transport à la tonne, sans actualisation ni frais financiers, selon le type de calcul fait à la page 30, on arrive à environ 315 M\$, ce qui place cette filière, au point de vue économique, assez près de la solution fluviale. Mais il ne faut pas perdre de vue que cette appréciation est encore très approximative, faite par analogie, et avec une précision qui ne dépasse pas 25 % en plus ou en moins.

III.5 - Installations portuaires

Quel que soit le port d'embarquement choisi, il sera nécessaire de pouvoir traiter des navires de 25 à 30.000 tonnes, la flotte de phosphatiers ne dépassant guère, actuellement, des tonnages de 20 à 25.000 tonnes par unité, mais la tendance étant, pour les années à venir, à un certain accroissement de tonnage.

Ceci implique que l'on puisse disposer de fonds de l'ordre de 10,50 à 11 mètres.

Il est prématuré, au stade actuel, d'évaluer le coût d'investissement et de fonctionnement de ces installations, aucun projet précis n'étant disponible, ni pour le port de Saint-Louis, ni pour celui de Nouakchott (en ce qui concerne la partie minière).

Nous nous bornerons donc, dans cette étude, à apprécier le coût qui pourrait être facturé par les autorités portuaires, propriétaires et exploitantes de ces installations, pour la manutention et le chargement du phosphate, coût qui tiendrait compte à la fois de l'amortissement des installations et de leur fonctionnement.

Dans une toute première approximation, l'O.M.V.S. a avancé le prix de ~~867 F.CFA/tonne (soit environ 2,25 \$)~~ et nous proposons de prendre pour le port de Nouakchott, où les travaux seraient moins importants, un prix de 1,50 à 2 \$, disons 1,75 \$.

III.6 - Comparaison des différents moyens de transport

Nous pouvons, à ce stade, faire une comparaison (très grossière) entre ces différents moyens de transport par une simple évaluation, en monnaie constante et sans actualisation, des dépenses totales à prévoir pour le transport pendant les 20 ans d'exploitation de la mine.

Cette comparaison sera affinée dans les pages suivantes par l'examen des taux de rentabilité interne.

La comparaison prend en compte toute la chaîne de transport à partir du carreau mine à FOB port de chargement, en incluant les charges connexes supplémentaires éventuelles.

a) Dépenses de transport globales par voie fluviale :

Investissement	: pris en charge par la Compagnie de Navigation
Dépenses de transport	: $6,50 \times 40 \text{ Mt} = 260 \text{ M\$}$
Dépenses portuaires	: $2,25 \times 40 \text{ Mt} = 90 \text{ M\$}$
Dépenses totales	<u>350 M\$</u>

b) Dépenses de transport globales avec chemin de fer, suivant plusieurs hypothèses de financement du chemin de fer et selon les deux variantes de tracé :

- Variante	Financement à 100 % par la mine, avec trafic de 2 Mt/an		Financement par la S.N.T.F. avec trafic de 2,5 Mt/an	
	B	D	B	D
<u>Investissement initial M US \$</u>				
chemin de fer	239,1	160,2	-	-
terminal portuaire	-	17,8	-	17,8
<u>Dépenses d'exploit. cumulées</u>				
sur $20 \times 2 = 40 \text{ Mt}$	110,4	86,8	93,6	73,6
<u>Part des amortissements supportée par le projet minier</u>	-	-	191,2	128,0
Dépenses portuaires à 1,75 \$/t	70,0	70,0	70,0	70,0
Dépenses cumulées en monnaie constante	<u>419,5</u>	<u>334,8</u>	<u>354,8</u>	<u>289,4</u>

c) Dépenses de transport globales dans le cas du transport hydraulique

Investissement

transport proprement dit	50 M\$
augmentation d'investissement	6 M\$

Dépenses d'exploit. cumulées sur 20 ans

dépenses de transport 2,6 x 40	104 M\$
dépenses annexes 3,5 x 40	140 M\$

<u>Dépenses portuaires</u> 1,75 x 40	<u>70 M\$</u>
--------------------------------------	---------------

<u>Dépenses totales</u> cumulées en monnaie constante	<u>370 M\$</u>
---	----------------

Conclusion provisoire de cette première comparaison

Sur la base de cette analyse préliminaire, on voit d'ores et déjà que la variante D, en chemin de fer, apparaît comme la solution la plus économique dans la mesure où une partie de ses charges fixes et de ses investissements est amortie par un trafic extra-minier d'intérêt local.

Dans ce cas, le transport par chemin de fer serait d'ailleurs pris en charge par une société nationale mauritanienne dont l'actionnaire principal serait l'Etat mauritanien (51 %).

La variante B du chemin de fer, amorti sur 2,5 Mt de trafic, le transport fluvial et le transport hydraulique apparaissent comme des solutions économiquement équivalentes, si l'on tient compte de la précision actuelle de l'étude.

**IV - RÉCAPITULATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS ET DES COÛTS A LA TONNE
DANS LES DIFFÉRENTES HYPOTHÈSES DE TRANSPORT**

Nous ne considérons ici que l'hypothèse haute (2 Mt/an), étant donné que l'hypothèse basse conduirait, en tout état de cause, à des prix de revient inacceptables, qui seraient de l'ordre de 40 % avant même l'imputation de frais financiers et de la moindre rentabilité sur le capital.

Pour cette hypothèse haute, on peut récapituler les données analysées ci-dessus dans le tableau suivant.

IV.1 - Cas où le transport fluvial et le transport ferroviaire sont assurés par des sociétés indépendantes de la Société minière.

	Transport fluvial	Transport ferroviaire		Transport en pulpe par conduite
		Variante B	Variante D	
<u>INVESTISSEMENTS INITIAUX</u> (en millions de \$)				
Installations minières et de traitement	147,2	147,2	147,2	147,2
Installations de trans- port et connexes(1)	-	-	17,8	56
Somme initiale à inves- tir par la mine	147,2	147,2	147,2	20 ,2
<u>COÛT OPERATOIRE A LA TONNE (en \$)</u>				
Exploitation minière	16,65	16,65	16,65	16,65
Supplément pour pulpe	-			3,50
Transport	6,50	7,12	5,04	2,60
Frais portuaires	2,25	1,75	1,75	1,75
Coût opératoire sans amortissement	25,40	25,52	23,44	24,50

(1) Dans ce tableau, seule la solution Transport en pulpe impute les investissements de transport sur le projet minier. Dans le cas du transport fluvial, l'investissement correspondant (39,4 M\$) est pris en charge par une compagnie de navigation qui facture le transport à la société minière; de même dans le cas du transport ferroviaire, l'investissement correspondant (239,1 et 160,2 M\$) est pris en charge par une société nationale de transport ferroviaire, qui facture également le transport à la société minière.

IV.2 - Cas où les investissements pour le transport fluvial et le transport ferroviaire sont intégrés aux investissements miniers pour leur part dans le trafic.

	Transport fluvial	Transport ferroviaire Variante B Variante D		Transport en pulpe par conduite
INVESTISSEMENTS INITIAUX (en millions de \$)				
Installations minières et de traitement	147,2	147,2	147,2	147,2
Installations de transport et connexes (charge société minière)	-	-	17,8	56,0
Installations de transport (charge société de transp.)	49,4	191,3 ⁽¹⁾	128,2 ⁽¹⁾	-
Investissement total (mine + transport)	196,6	338,5	293,2	203,2
COÛT OPERATOIRE A LA TONNE (en \$)				
Exploitation minière	16,65	16,65	16,65	16,65
Supplément pour pulpe				3,50
Transport	5,26	2,34	1,84	2,60
Frais portuaires	2,25	1,75	1,75	1,75
Coût opératoire sans amortissement	24,16	20,74	20,24	24,50

(1) Part de l'investissement à supporter par les phosphates, soit :

$$\text{pour variante B } \frac{2}{2,5} \text{ de } 239,1 \text{ M\$} = 191,3 \text{ M\$}$$

$$\text{pour variante D } \frac{2}{2,5} \text{ de } 160,2 \text{ M\$} = 128,2 \text{ M\$}$$

De ces tableaux, on peut déjà tirer les premières conclusions qualitatives suivantes :

a) les solutions dans lesquelles l'investissement est le plus faible conduisent au coût de production le plus élevé;

b) en évaluant, dans une première analyse, à 8 % de l'investissement la charge d'amortissement + renouvellement + frais financiers, les ordres de grandeur des prix de revient des concentrés FOB se classent ainsi suivant la solution choisie :

Prix de revient FOB des concentrés

1) chemin de fer, variante B	30,08 \$/t
2) voie fluviale	31,33 \$/t
3) chemin de fer, variante B	31,45 \$/t
4) transport hydraulique	32,63 \$/t

Si l'on appliquait ce même taux d'amortissement aux investissements de transport de la voie fluviale et du chemin de fer, les prix de revient deviendraient :

1) chemin de fer, variante D	31,97 \$/t
2) voie fluviale	32,02 \$/t
3) transport hydraulique	32,63 \$/t
4) chemin de fer, variante B	34,28 \$/t

c) ces appréciations seront précisées dans la suite de l'étude par l'examen des taux de rentabilité internes.

V - ANALYSE SOMMAIRE DES PERSPECTIVES DU MARCHÉ ET DE LA VALEUR A RETENIR
POUR L'EXPORTATION DES CONCENTRÉS SUR LE MARCHÉ INTERNATIONAL

La crise qui sévit depuis 1981 sur le marché du phosphate rend assez aléatoire l'appréciation prospective d'un prix de vente des concentrés mauritaniens à l'horizon 1990, période à laquelle peut être envisagé le début de la production.

Les phosphates de Bofal seront en concurrence directe avec les phosphates marocains et destinés aux mêmes marchés, c'est-à-dire, pour la plus grande partie, aux marchés européens.

Nous croyons savoir que le prix de vente actuel FAS du phosphate marocain à 72 % BPL serait en moyenne aux environs de 35 \$/tonne, après une baisse sensible depuis 2 ans.

Les perspectives d'augmentation de la demande sont certaines, mais l'augmentation prévue des capacités de production ne permet pas d'espérer, aussi rapidement, une hausse très sensible des cours. Nous pensons néanmoins qu'un cours de l'ordre de 38 à 40 \$ (valeur \$ 1983) est une perspective modérée pour la fin de l'actuelle décennie, pour les phosphates marocains.

La qualité des concentrés de Bofal paraît pouvoir être un peu supérieure à celle du 72 % marocain : les essais ont permis d'obtenir du 76 % BPL, et on peut espérer, à l'échelle industrielle, un produit moyen à 74-75 %. En revanche, la distance maritime vers les ports européens est un peu plus élevée, et implique un différentiel de fret défavorable.

Nous nous proposons donc de fonder l'étude de rentabilité qui va suivre sur un prix de vente indicatif de 40 \$ la tonne sèche de concentré, FOB Nouakchott ou Saint-Louis.

A partir de cette hypothèse de base, un calcul de sensibilité à ce paramètre "prix de vente" permettra d'apprécier l'influence de sa variation sur la rentabilité interne du projet.

VI - ANALYSE ECONOMIQUE SOMMAIRE DU PROJET

VI.1 - Approche d'un taux de rentabilité interne dans les diverses hypothèses

Nous présentons ci-après des tableaux de comptes de trésorerie prévisionnels dans les 4 hypothèses de transport indiquées au chapitre IV, c'est-à-dire :

- transport fluvial
- transport hydraulique
- transport ferroviaire (variante B)
- transport ferroviaire (variante D)

Pour le transport fluvial et le transport ferroviaire, nous avons envisagé deux hypothèses pour la prise en charge de ce mode de transport :

- la première, qui correspond au cas de base, suppose que le transport est assuré par une société indépendante, compagnie de navigation ou société nationale de transport ferroviaire, qui facture les coûts de transport à la société minière à prix constant;

- la deuxième prend en compte les investissements du transport fluvial et du transport ferroviaire, les dépenses annuelles étant alors strictement limitées aux dépenses d'exploitation et aux renouvellements. Ceci revient à assurer aux deux sociétés de transport la même rentabilité que la société minière.

Comme, au stade actuel, nous n'avons pas d'éléments pour faire des hypothèses de financement, nous raisonnerons uniquement sur les entrées et sorties de trésorerie, en supposant la trésorerie sortie de l'entreprise, sans emprunts, et nous en tirerons le taux de rentabilité interne, avant fiscalité, du projet.

En ce qui concerne les renouvellements de matériel, nous prévoyons :

- à amortir en 5 ans, les camions, chargeuses et matériels mobiles légers de terrassement sur les carrières, soit 12 M\$ de renouvellement tous les 5 ans;
- à amortir en 10 ans,
 - a) pour la mine, les pelles, machines de foration, bulldozers, soit 8 M\$ à renouveler tous les 10 ans;
 - b) pour l'usine, les appareils, soit environ 40 % de l'investissement, ou 10 M\$ de renouvellement tous les 10 ans;

c) pour le transport,- hypothèse voie fluviale : néant

(renouvellements pris en charge par O.M.V.S. et provisionnés dans le coût opératoire);

- voie ferrée : néant

(renouvellements pris en charge par la société de transport et provisionnés dans le calcul du coût opératoire);

- hypothèse tuyauterie : on comptera une charge de renouvellement de 25 % de l'investissement spécifique tous les 10 ans, soit 14 M\$

Dans les différents tableaux suivants, la mine est supposée démarrer la 4ème année après le début de l'investissement. Ce démarrage correspondant à l'année "0" du tableau, se fait à demi capacité et avec un coût à la tonne présumé surchargé de 25 % pour tenir compte de la mise au point des installations et de la capacité réduite.

Enfin, nous prévoyons un fonds de roulement égal à environ 1/3 du coût annuel escompté, comme c'est le plus souvent le cas dans les projets de ce genre.

VI.2 - Résumé des résultats de l'étude du taux de rentabilité interne (TRI)

Avec les hypothèses que nous venons d'indiquer, l'analyse de la rentabilité interne aboutit aux résultats suivants (avant fiscalité), pour une exploitation à 2 Mt/an de concentrés et pour le cas de base. (Tableaux de calcul in fine).

Hypothèse de transport	T.R.I. %	Délai de retour des investissements années
Transport fluvial	12,3	6,9
Transport ferroviaire		
Variante B	12,2	7,0
Variante D	12,9	6,7
Transport hydraulique	9,4	8,4

Ces résultats supposent, comme nous l'avons déjà indiqué en ce qui concerne le transport fluvial et le transport ferroviaire, la prise en charge des investissements correspondants par une société de transport indépendante : compagnie de navigation ou société nationale de transport ferroviaire, ces sociétés facturant les transports au prix de revient incluant les coûts opératoires et les amortissements, mais sans frais financiers.

Nous avons évalué la rentabilité du projet en supposant que les sociétés de transport avaient la même rentabilité que la société minière, ce qui revient à inclure les investissements de transport dans les calculs de rentabilité.

Les résultats sont alors les suivants :

Hypothèse de transport	T.R.I. %	Délai de retour des investissements années
Transport fluvial	10,1	8,0
Transport ferroviaire		
Variante B	6,6	11,2
Variante D	8,5	8,9
Transport hydraulique (sans changement)	9,4	8,4

VI.3 - Etude de sensibilité aux divers paramètres

Nous avons étudié la sensibilité aux paramètres suivants :

- Investissements (entre - 20 % et + 20 %)
- Coûts de production (entre - 20 % et + 20 %)
- Prix de vente (entre - 20 % et + 20 %)

En examinant séparément la sensibilité à chacun de ces paramètres, les deux autres étant supposés constants, à la valeur du cas de base, nous arrivons aux trois tableaux suivants :

Sensibilité aux coûts d'investissement

(à coûts de production et recettes constantes)

Hypothèse de transport	- 20 %		- 10 %		Cas de base		+ 10 %		+ 20 %	
	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.
Transport fluvial	15,5	5,7	13,8	6,4	12,3	6,9	11,0	7,5	9,9	8,1
Voie ferrée B	15,4	5,8	13,7	6,4	12,2	7,0	10,9	7,6	9,8	8,1
Voie ferrée D	16,2	5,4	14,4	6,1	12,9	6,7	11,6	7,2	10,4	7,8
Transport hydraulique	12,3	7,0	10,7	7,7	9,4	8,4	8,2	9,1	7,2	9,9

TRI : Taux de rentabilité interne en %, à monnaie constante, sans financement et sans fiscalité.

D.R. : Délai de retour de l'investissement en années, dans les conditions ci-dessus.

Sensibilité aux coûts d'exploitation

(à investissements et recettes constantes)

Hypothèse de transport	- 20 %		- 10 %		Cas de base		+ 10 %		+ 20 %	
	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.
Transport fluvial	17,7	4,8	15,1	5,8	12,3	6,9	9,3	8,5	6	12,5
Voie ferrée B	17,6	4,8	15,0	5,9	12,2	7,0	9,2	8,6	5,8	12,7
Voie ferrée D	17,4	4,9	15,2	5,7	12,9	6,7	10,5	7,8	7,9	9,6
Transport hydraulique	13,6	6,3	11,6	7,2	9,4	8,4	7,0	11,3	4,5	14,0

Sensibilité au prix de vente

(à investissements et coût de production constants)

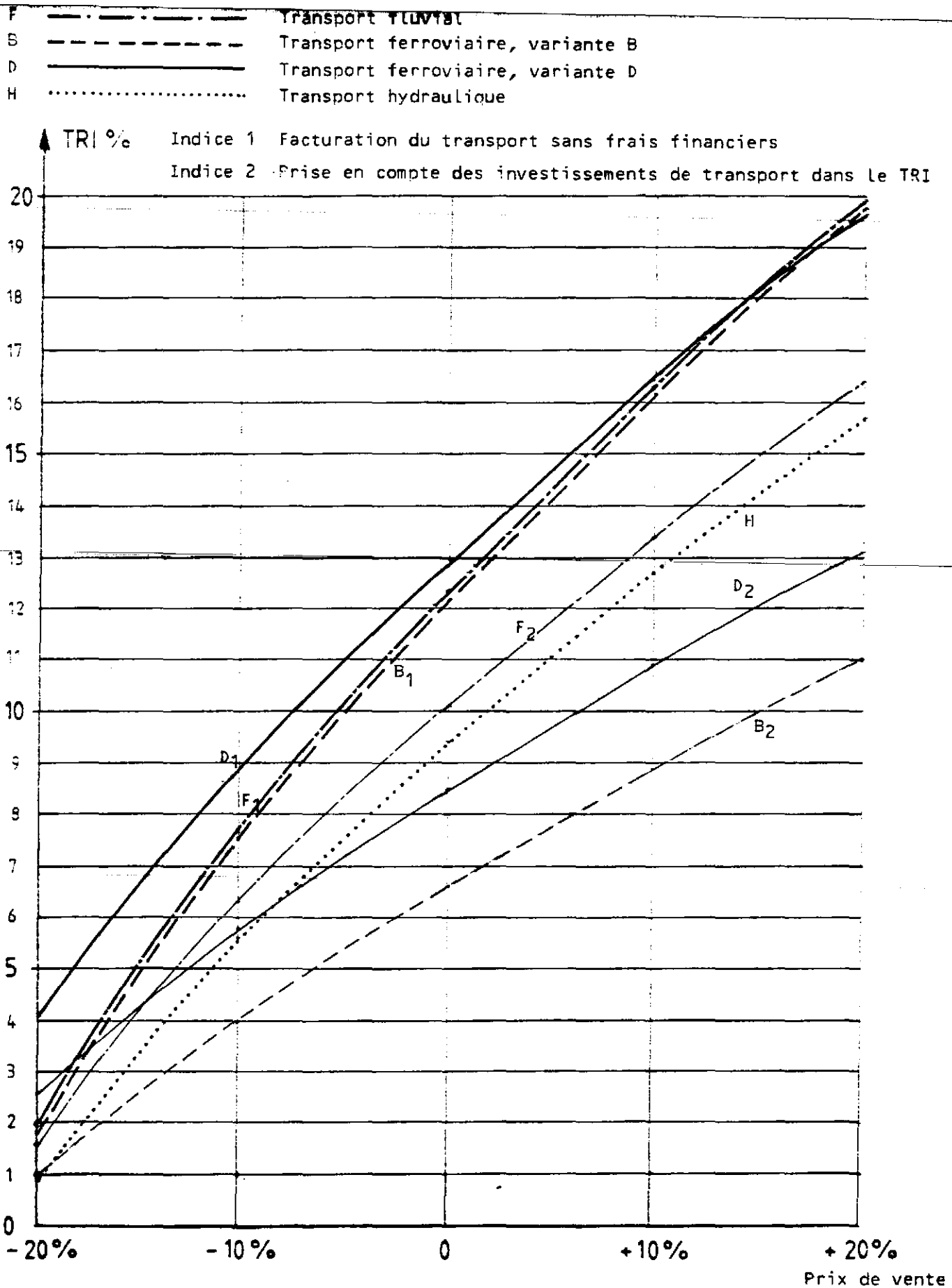
Hypothèse de transport	- 20 %		- 10 %		Cas de base		+ 10 %		+ 20 %	
	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.	TRI	D.R.
Transport fluvial	2,0	18,7	7,7	9,5	12,3	6,9	16,3	5,3	19,9	4,3
Voie ferrée B	1,8	19,0	7,6	9,6	12,2	7,0	16,2	5,3	19,8	4,4
Voie ferrée D	4,1	14,5	8,9	8,7	12,9	6,7	16,5	5,2	19,7	4,4
Transport hydraulique	0,9	20,1	5,6	12,6	9,4	8,4	12,7	6,8	15,7	5,6

TRI : Taux de rentabilité interne en % à monnaie constante, sans financement et sans fiscalité.

D.R. : Délai de retour de l'investissement en années, dans les conditions ci-dessus.

Ces tableaux sont résumés graphiquement dans les trois courbes ci-jointes.

PHOSPHATES DE BOFAL

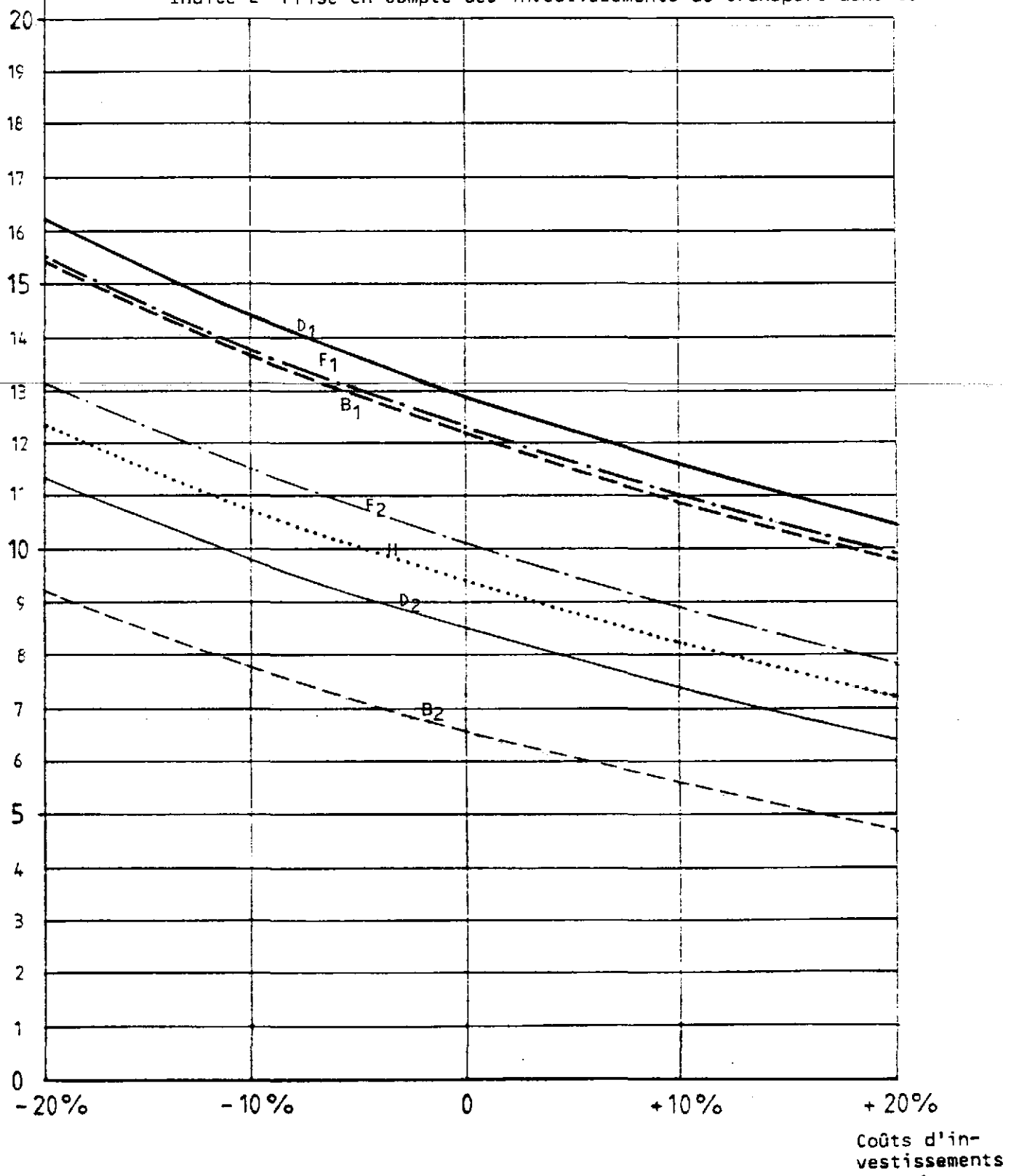
Sensibilité de la rentabilité au prix de vente

PHOSPHATES DE BOFAL

Sensibilité de la rentabilité aux investissements

- F --- Transport fluvial
- B - - - - - Transport ferroviaire, variante B
- D = = = = = Transport ferroviaire, variante D
- H Transport hydraulique

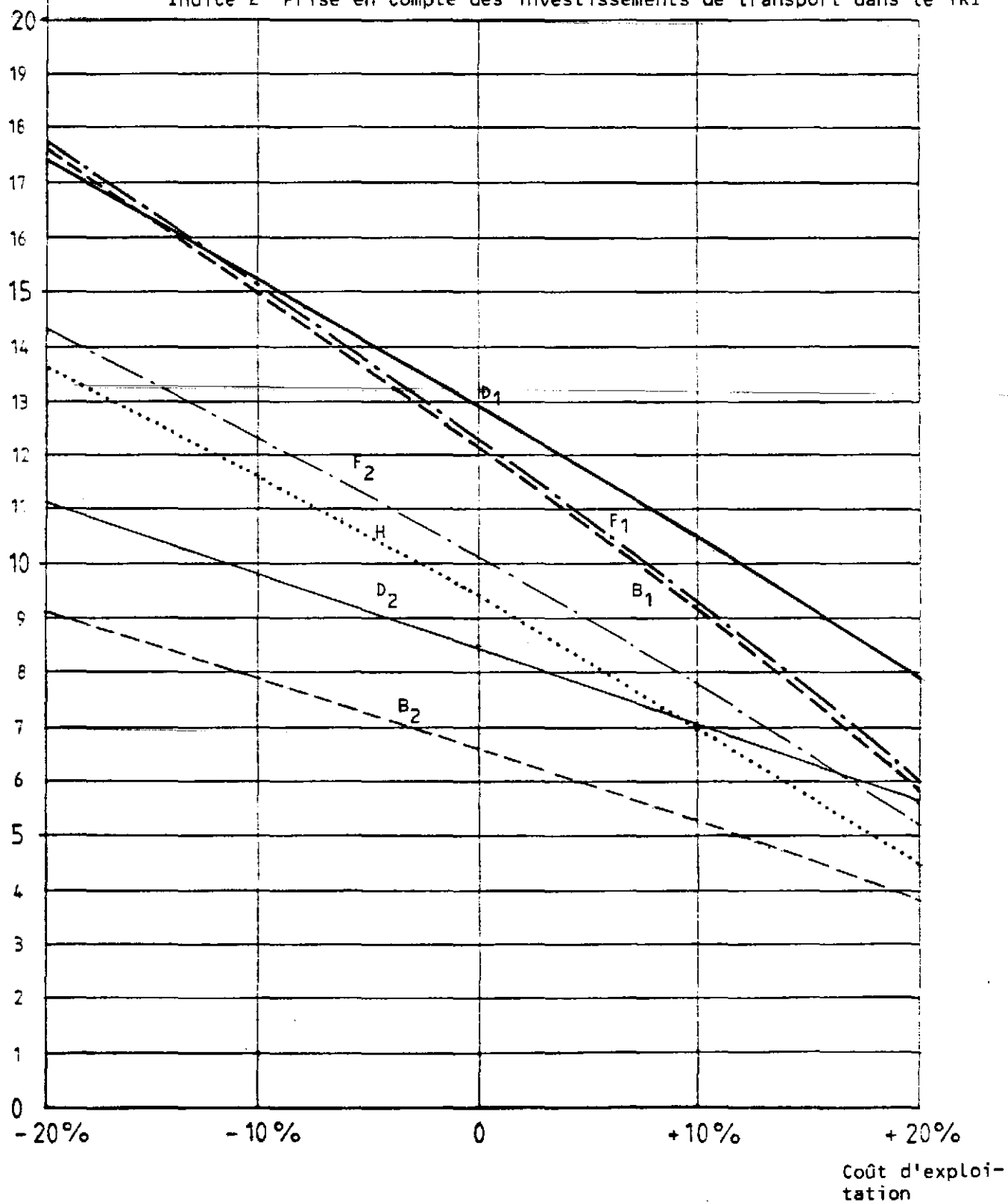
TRI % Indice 1 Facturation du transport sans frais financiers
 Indice 2 Prise en compte des investissements de transport dans le TRI



Sensibilité de la rentabilité au coût d'exploitation

- F ———— Transport fluvial
B - - - - - Transport ferroviaire, variante B
D ———— Transport ferroviaire, variante D
H Transport hydraulique

A TRI % Indice 1 Facturation du transport sans frais financiers
Indice 2 Prise en compte des investissements de transport dans le TRI



VI.4 - Résultats essentiels de cette étude de sensibilité

Le principal paramètre qui peut jouer sur le T.R.I. est - comme c'est d'ailleurs généralement le cas - le prix de vente des concentrés. Son influence est d'autant plus sensible que l'investissement est le plus bas, c'est-à-dire qu'une variation de 10 % dans la valeur des recettes entraînera des variations de rentabilité de l'ordre de 4 à 5 points dans l'hypothèse fluviale et l'hypothèse chemin de fer (investissements de transport pris en charge par une société d'exploitation) et de 3,5 à 5 points dans l'hypothèse "tuyauterie" (investissement de transport modéré. Cette variation ne serait plus que de 2,5 points dans l'hypothèse chemin de fer avec prise en compte des investissements de transport.

En revanche, les paramètres "coûts d'investissement" et "coûts d'exploitation" ont une influence moins sensible sur le T.R.I. : de l'ordre de 1 à 1,5 point de T.R.I. par 10 % de variation pour le premier, et de 2,5 à 3 points pour le second.

VII - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

VII.1 - Conclusions

Les principales conclusions que l'on peut tirer de la présente étude sont les suivantes :

1°) Il paraît indispensable, pour que le projet ait de bonnes chances d'être rentable, d'envisager une production de 2 millions de tonnes de concentrés par an.

2°) Cette capacité implique :

a) la possibilité de placer cette quantité sur le marché international, au prix international, ou au moins sans ristournes excessives;

b) la certification de réserves pratiquement prouvées se montant à un minimum de 90 millions de tonnes de tout-venant.

3°) Le test de fabrication d'acide phosphorique a montré que les concentrés de Bofal se classaient très bien parmi les phosphates disponibles sur le marché.

4°) Plus que par l'exploitation minière et l'enrichissement du minerai, la rentabilité du projet pour une valeur donnée du concentré marchand est surtout conditionnée par le choix de la voie d'évacuation. La voie ferroviaire paraît présenter de gros avantages au point de vue de la politique nationale de développement. Cette solution conduit à des investissements élevés, mais dans l'hypothèse où ceux-

ci sont pris en charge par une société nationale de transport où l'Etat mauritanien détiendrait la majorité, la solution ferroviaire, par une voie débouchant directement sur l'Atlantique sans remonter à Nouakchott, apparaît comme étant la plus économique.

La voie fluviale, dans la mesure où les investissements correspondants, et notamment l'aménagement du port de Saint-Louis, sont également pris en charge par une société indépendante de la société minière, est d'un intérêt économique voisin, mais elle ne présente pas les mêmes avantages que le chemin de fer au niveau des retombées sur l'économie du pays.

La solution hydraulique, condamnée par nature à ne transporter que des concentrés sans possibilité de frêt de retour, voit ses investissements, même modérés, imputés intégralement sur la société minière. Les contraintes que cette solution impose sur le broyage et le séchage des concentrés la rendent difficilement compétitive avec les autres voies envisagées.

D'autre part, tant pour la voie fluviale que pour la tuyauterie, les données prises en compte sont moins précises que pour le chemin de fer, et ces solutions ont été évaluées avec une marge d'erreur possible plus importante que l'exploitation, l'enrichissement et le transport ferroviaire. Une étude plus poussée demanderait un examen plus détaillé de ces solutions si elles étaient retenues.

5°) Le principal élément qui conditionne la rentabilité interne prévisionnelle du projet est le prix de vente que l'on peut espérer - à l'horizon 1990 - pour les concentrés marchands. Le prix de 40 \$ retenu dans le calcul de base donne une rentabilité relativement faible. Il n'est pas impossible que ce prix soit sensiblement plus élevé. Une hypothèse de prix de vente de l'ordre de 45 \$ aurait paru parfaitement défendable dans l'optique des années 1980-1981 et aurait conduit à donner au projet un caractère économique nettement plus attrayant. Mais, de toutes façons, si nous ne pouvons négliger les données du "court-terme", il convient de ne pas trop s'y attacher dans un projet à moyenne et longue échéance.

L'étude de sensibilité que nous avons faite permet de moduler à tout moment les perspectives de rentabilité en fonction des prévisions que l'on peut faire sur l'évolution du marché.

6°) La mise en place des conditions permettant le démarrage de la mine font que celui-ci ne pourra pas intervenir dans un délai inférieur à 6 ou 7 ans à partir de la décision de mise en route du projet, ou 4 à 5 ans après la fin de l'étude de factibilité.

Ce délai s'analyse comme suit :

- a) ~~Etudes techniques complémentaires et préparation~~
d'une étude de factibilité "bancable" avec avant-projets
détaillés 2 ans
- b) Recherche de financement, par négociations avec
organismes financiers et, éventuellement, de nouveaux
actionnaires investisseurs ("Engineering financier")... 1 à 2 ans
- c) Commandes et réception du matériel 1 à 2 ans
- d) Montage des installations et constructions di-
verses. Essais avant démarrage 2 ans

C'est pourquoi nous avons donné, comme date indicative de démarrage, l'horizon 1990.

Dans l'étude économique, nous avons considéré qu'il y avait un délai de 3 à 4 ans entre le début de l'investissement (année - 3) et le démarrage de la production (dans le courant de l'année 0).

7°) Etant donnée la rentabilité prévisionnelle de l'opération, relativement modeste en raison des cours actuels et prévisibles à court terme du phosphate, il est possible que l'on pense, dans un deuxième temps, à une intégration en aval qui amènerait à créer sur place une industrie des engrais phosphatés solubles (superphosphates, acide phosphorique, phosphates d'ammonium) imitant en cela la plupart des détenteurs de gisements importants de phosphate (Maroc, Tunisie, Jordanie et, plus récemment, Sénégal, par exemple). (La concurrence dans ce domaine serait d'ailleurs probablement aussi forte que dans le domaine du phosphate).

L'examen de cette idée est hors de cette étude, et d'ailleurs prématuré au stade actuel. Nous la citons simplement pour souligner qu'elle pourrait être confortée si la Mauritanie trouvait sur son sol des gisements importants de soufre ou de pyrite permettant de produire à bon compte de l'acide sulfurique dont l'industrie des engrais phosphatés est grande consommatrice.

VII.2 - Recommandations

Si, comme nous le pensons, cette étude conduit à pousser le projet vers sa réalisation, il y a lieu, au cours des mois à venir, de passer à l'étude de faisabilité, dont la durée totale peut être évaluée à 2 ans, afin d'avoir, dans ce délai, un document pouvant être présenté à des banques ou organismes internationaux de financement.

Il y aurait donc lieu d'engager les actions suivantes :

- 1) Recherche de nouveaux partenaires dans le syndicat.
- 2) Examen géostatistiques des travaux déjà réalisés pour la définition des réserves. Définition de travaux complémentaires nécessaires.
- 3) Etude du traitement du minerai en pilote et en continu, sur un échantillon de quelques dizaines de tonnes, en vue de la définition précise du flow-sheet et du dimensionnement des appareils.
- 4) Examen des possibilités de commercialisation par présentation des concentrés obtenus en pilote aux principaux clients potentiels.
- 5) Etudes complémentaires sur le chemin de fer (et notamment, test d'ensablement à la traversée des dunes).
- 6) Etude du port sur l'Atlantique au débouché de la voie de chemin de fer.
- 7) Collaboration avec l'O.M.V.S. pour faire préciser les conditions et les coûts de la navigation sur le fleuve Sénégal.
- 8) Avant-projet sommaire de tuyauterie (si cette hypothèse est retenue).
- 9) Travaux complémentaires de terrain pour confirmation des réserves et fouille-pilote pour une meilleure approche des conditions d'exploitation des carrières.
- 10) Avant-projets détaillés des installations industrielles, sociales et de transport, et étude économique dérivée de ces avant-projets, au niveau d'une étude de faisabilité "bancable".

Les points 1 à 4, ainsi que le point 8 pourraient être examinés au cours de la première année, et les points 9 et 10, qui représentent un volume d'activité important, seraient traités au cours de la seconde année. En ce qui concerne les points 5 à 7, leur importance et leur coût, ainsi que la durée des études techniques qu'ils impliquent, conduiront sans doute à l'étaler sur 2 ans.

TABLEAUX DES COMPTES ANNUELS D'EXPLOITATION ET DE TRESORERIE

- I - Transport fluvial. Cas de base avec transport sous-traité.
- II - Transport par chemin de fer. Variante B
Cas de base avec transport sous-traité
- III - Transport par chemin de fer. Variante D
Cas de base avec transport sous-traité
- IV - Transport par chemin de fer. Variante D
Cas de base avec investissement trans-
port
- V - Transport hydraulique. Cas de base.

LES CISEMENTS DE PHOSPHATE

DE LA VALLEE DE L'OUED CHELECHAR

MOEN ET LOUBBOUD

(Mauritanie occidentale, régions d'Alaq, Boqué et Kaedi)

ANNEXE de la PREMIERE PARTIE

NOTE SUR LE MARCHÉ DES PHOSPHATES

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIERES

MARCHES ET PROSPECTIVES

decembre 1985

10 6 OCTOBRE 1983

NOTE SUR LE MARCHÉ DES PHOSPHATES

Après une longue période de croissance vive et ininterrompue, la production et surtout la consommation de phosphates ont chuté en 1981 et 1982.

Outre le marasme économique actuel et la crise qui affecte l'ensemble des matières premières, il semble que cette situation du marché tienne à des causes spécifiques.

Après avoir examiné les structures de l'offre et de la demande de phosphate, cette note se propose d'analyser l'évolution récente et les perspectives, du marché.

I - LES TENDANCES STRUCTURELLES PROFONDES

1.1. Le produit et sa demande : Le phosphate occupe parmi les substances minérales une position particulièrement enviable.

Il s'agit d'un produit indispensable à la croissance des plantes, irremplaçable. Il n'existe pas à proprement parler de produits de substitution, l'azote et la potasse étant des produits de complément. Enfin le phosphate n'est pas récupérable.

En moyenne mobile sur 5 ans, les phosphates figurent au 2e rang des principaux métaux et substances utiles pour la croissance de la consommation de 1965 à 1980 (+ 5 % par an) cf graphiques 1 et 2). Ce taux de croissance n'a pas été affecté à la suite du premier choc pétrolier contrairement à ce qui s'est produit pour l'aluminium, métal ayant enregistré la plus forte croissance jusqu'en 1974.

Pour l'avenir, au tout à long terme, les perspectives de croissance sont donc très existantes. Selon la Food and Agriculture Organization (FAO)

Avant la fin du 20^e siècle les besoins alimentaires de l'humanité seront
de 50 % en-dessus actuels. La population mondiale passant de 4,4
milliards à plus de 6 milliards.

L'accroissement possible des surfaces cultivables étant inférieur
à 30 % c'est par le biais de l'amélioration des rendements à l'hectare et notamment
grâce à l'utilisation accrue d'engrais que la production agricole pourra répondre
aux besoins.

Des besoins fortement croissants apparaissent donc tant au niveau des
pays en développement que des pays industriels. Le problème de la solvabilité
de ces besoins reste entier tout pour : les pays en développement auront-ils
les ressources ou les aides suffisantes pour approvisionner les engrais ? L'évolu-
tion du revenu agricole dans les pays industriels permettra-t-elle l'achat des
engrais véritablement nécessaires ?

Pour les pays en développement, l'exploitation de leurs propres ressources
en phosphate même si elle n'est pas toujours économiquement rentable constitue
une tentation très forte. Celle-ci confère une plus grande indépendance d'approvi-
sionnement et leur évite des sorties de devises. Aussi, est-il permis de penser
qu'une partie de l'augmentation de la demande des pays en développement sera
satisfaite par la production locale de ces mêmes pays.

Pour ce qui est de la répartition actuelle de la consommation (tableau
n° 1) outre les pays à économie dirigée qui réalisent eux-mêmes une part
importante de leurs approvisionnements, l'Amérique du Nord est le premier consom-
mateur (et producteur) suivi de l'Europe dont la production est négligeable.
L'Asie arrive en troisième position. C'est cependant dans ces zones que
les plus fortes croissances de consommation et de production sont attendues.

1.2. L'offre et les prix

La quasi totalité de la production de phosphate est obtenue sous forme
de phosphorites sédimentaires. Dans le cas de l'URSS et l'Afrique du Sud, le
phosphate se trouve dans les roches ignées. Dans les îles du Pacifique, il s'agit
de Guano.

Les quatre grands pays de l'industrie et producteurs sont de 30 à 40 % de la
production mondiale : les Etats-Unis, l'URSS et le Maroc. Les deux premiers ont une

vente dont les termes sont généralement basés sur des prix "officiels" sont parfois publiés par les principaux producteurs du monde occidental mais surtout en période de basse conjoncture, les rabais étant alors monnaie courante.

Le prix de référence étant jusqu'en 1962 le prix publié par l'Export Association (Phosphorick) aux Etats-Unis pour la qualité de 15 % de P₂O₅ rampa ou Jacksonville, non Hamoria révisée 1962.

A partir de celui-ci le Maroc déterminait son propre prix et à sa suite, les autres producteurs.

Etant donné les difficultés du marché et la forte concurrence qui y règne, il n'a été publié ni en 1962 ni en 1963.

L'évolution du prix du phosphate peut être analysée comme suit :

- avant 1974, les prix stagnent en dollars constants, en 1974, profitant de la hausse du prix du pétrole et de l'insuffisance de la production de phosphates par rapport à la demande, le Maroc augmente brutalement ses prix. Ceux-ci sont multipliés entre 1973 et 1975 par un facteur variant entre 4 et 6, pour l'ensemble des producteurs.
- dès 1976, baisse des prix nominaux. Les stocks augmentent chez les producteurs,
- en 1979, la demande dépasse l'offre, et les producteurs peuvent à nouveau augmenter leurs prix en 1980 d'un maximum affiché de 10 \$/t. après l'augmentation de 5 \$ de la "Phosrock" début 1981, il semble, en l'absence de prix affiché, que cette qualité de phosphate aurait été négociée aux environs de 30 \$ en 1982 et environ 28 \$ en 1983, c'est à dire en baisse sensible.

Les prix pratiqués étant FOB (free on board) pour les Etats-Unis ou plus souvent FAS (free along side ship) pour le Maroc et la Tunisie, des différences peuvent être très fortes, pour une même qualité de phosphate, d'un pays à l'autre.

Le phosphate étant un produit de base, le coût du transport vers le pays importateur est favorisé un pays plutôt qu'un autre. Pour un coût CIF (cost insurance, freight) équivalent pour l'importateur le pays exportateur

de plus, le taux de fret sera le plus des bénéficiaires d'une véritable rente par rapport à ses concurrents qui lui permettra de pratiquer un prix FOB ou FAS

Outre la distance parcourue, la taille des bateaux et les infrastructures portuaires ont une incidence sur le taux de fret. Bien que le transport maritime de phosphates se soit développé comme voie de export de minerai de fer ou de charbon, (les quantités transportées sont moindres et les distances parcourues sont plus courtes), il semble qu'il existe une limite de rente (12 000 \$) en dessous de laquelle le transport n'est pas vraiment économique. Les économies d'échelle commencent à se faire sentir à partir de 12 à 15 millions tonnes (cf graphique n° 3).

A destination du principal importateur actuel, l'Europe façade Atlantique, la côte ouest de l'Afrique jouit d'un différentiel de fret favorable par rapport à la côte est des Etats-Unis. Toutefois, la très forte baisse des taux de fret liée au marasme économique et aux capacités excédentaires dans le transport en vrac ont réduit la différence de taux en valeur absolue.

Le graphique n° 4 relatif aux taux de fret pour des phosphates à destination de l'Inde, (les seuls qui soient connues puisque ce pays est le seul à recourir au marché "spot" du fret maritime) permet de mesurer la chute brutale des taux de fret.

Les faibles prix FAS et FOB marocains ou sénégalais actuels reflètent donc à la fois les difficultés du marché des phosphates et celles du marché des frets maritimes.

II - EVOLUTION RECENTE ET PERSPECTIVES

2.1. Le marché actuel

Les difficultés actuelles du marché du phosphates semblent être imputables à la fois à l'offre et à la demande.

Au niveau de la demande, il convient de parler de l'industrie de transformation du phosphate en engrais phosphaté. Celle-ci qui réclame beaucoup d'énergie a été très affectée par les chocs pétroliers successifs et elle a dû augmenter ses hausses de coût dans le prix de ses produits. Dans le même temps sous l'effet de la crise économique mondiale, le revenu agricole s'est fortement détérioré et la consommation de phosphates a diminué. Enfin les pays à économie agricole

face à cette baisse de la demande, l'offre ne s'est pas suffisamment adaptée. Si en 1981, la demande diminuant, la plupart des producteurs ont maintenu américaines qui aient abaissé leur production (cf tableau 2). Cette attitude rigide de la part des principaux pays des pays donne lieu à une politique de conquête du marché assez agressive de la part de certains Etats et à une réaction plus lente aux variations du marché. Cette rigueur productrice dans l'impulsion de l'exploitation des phosphates pour l'économie et la balance des paiements de ces pays.

L'écoulement de l'offre par rapport à la demande a été réglé en faveur des prix et cela d'autant plus fortement pour les concurrents des USA, que le marché du fret était déprimé, par suite lui aussi de la crise économique mondiale.

Le tableau n° 3 concernant les importations françaises en 1982 et pour 8 mois de 1983 reflète bien ce mouvement : la baisse des prix CIF à la tonne résulte à la fois de la chute des prix FOB et de celle des taux de fret.

Les prix moyennes indiqués qui apparaissent sur ce tableau doivent toutefois être considérés avec précaution. Ils seraient en contradiction d'une part avec les prix américains et marocains indiqués plus haut et d'autre part avec le principe selon lequel pour un même BPL les prix CIF seraient égaux.

Il convient toutefois de signaler que ces statistiques sont globales, peuvent intégrer certaines livraisons anormales, parfois relatives à des contrats plus anciens et qu'elles ne sont pas toujours à prendre au pied de la lettre.

3.3 Les perspectives de années :

Des récentes statistiques publiées par l'International Fertilizer Association (IFA) ont redonné quelque espoir aux producteurs de phosphate : pour le premier semestre de 1983, les livraisons ont été supérieures de 12 % à celles du 1er semestre 1982 et égales à celles du 1er semestre 1981.

Ce redressement est encourageant ; toutefois ces chiffres demeurent encore nettement inférieurs à ceux des années précédentes.

La situation mondiale des années en cours dans la mesure où, au niveau actuel des prix, proches du coût opératoire et parfois inférieurs à celui-ci pour bon nombre de mines, toute amélioration se traduira par la réouverture de mines mises sous séquestre.

de la même manière que ceux de très nombreux autres pays de façon
à assurer un approvisionnement régulier, sans doute pas
avant 1985.

Le retour de la demande à son niveau antérieur et au-delà est cependant
assuré étant donné le caractère indispensable du phosphate.

Si dans les pays industriels la consommation a diminué, cela a été
d'autant plus aisé que les terres cultivées étaient déjà fortement imprégnées
d'engrais phosphatés. Les besoins réapparaîtront dans les prochaines années. La
croissance très vive des besoins nutritionnels de la population mondiale fait
d'autre part progresser très vivement les besoins mondiaux.

La rigidité de l'offre risque toutefois de retarder le processus
d'assainissement du marché. Il convient d'autre part de mentionner les nombreux et
ambitieux projets qui risquent d'accroître sensiblement cette offre (expansion de
la position marocaine par exemple).

Le marché devrait retourner à l'équilibre, selon les experts, vers
1986-87 peut-être pas avant 1990.

Il n'est pas sûr que les prix soient alors aussi rémunérateurs qu'ils
l'étaient par le passé.

CONCLUSION

Le marché du phosphate doit se redresser dans les prochaines années et
retrouver un rythme de croissance soutenu.

Toutefois, la situation devrait être moins aisée pour les principaux
producteurs que par le passé. Le prix, dépendra sans doute moins des grands producteurs
et notamment de ceux des Etats-Unis, que de nouveaux venus pratiquant une politique
commerciale plus agressive.

La rentabilité sera sans doute moins assurée et aussi moins recherchée
d'autres mobiles, politiques notamment, pouvant orienter les investissements.

Le marché tendrait donc à devenir plus instable.

le projet d'installation d'un pont à tabulaux de caoutchouc pour franchir le défilé de l'avalanche du
MARCHÉ TROUVER une place satisfaisante vers le sud-est de la zone.

Le projet pour être compétitif avec le Maroc, un peu mieux placé sur le

Mauritanie par rapport au marché européen, il semble impératif que les

Infrastructures portuaires utilisées permettent le chargement rapide de bateaux
de tonnage au moins moyen (25 000 à 30 000 t) minimum.

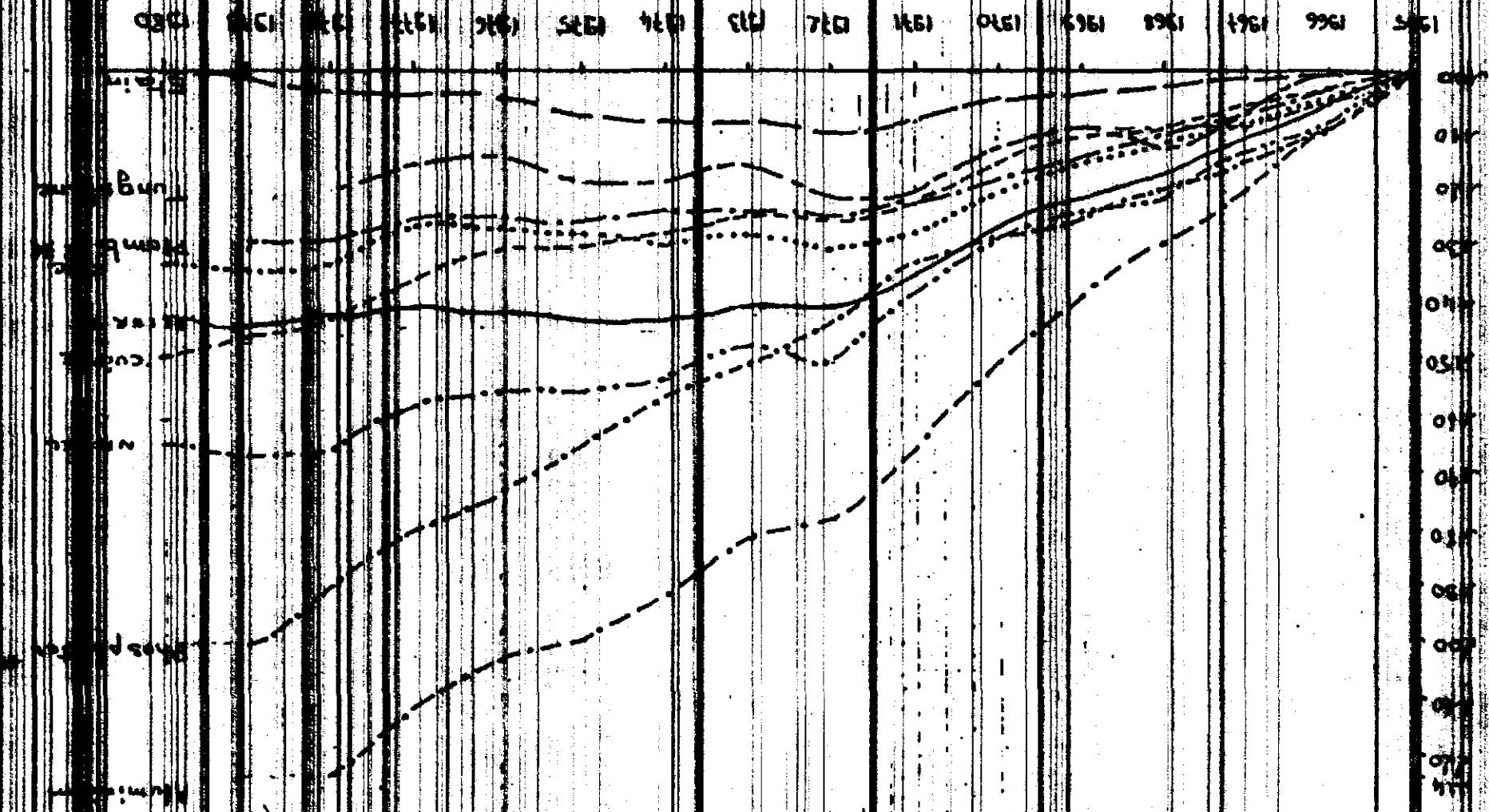
GRAPHIQUE N° 1

CONSOMMATION DES NÉAUX MONDE OUEST

en moyennes annuelles sur 5 ans en indices : 1965 = 100

* (en réelle consommation apparente)

** (poids en tonnes exclu)



Représentation graphique de la consommation en indice (100 = 1974) de l'ensemble des produits en moyenne mobile sur 5 ans

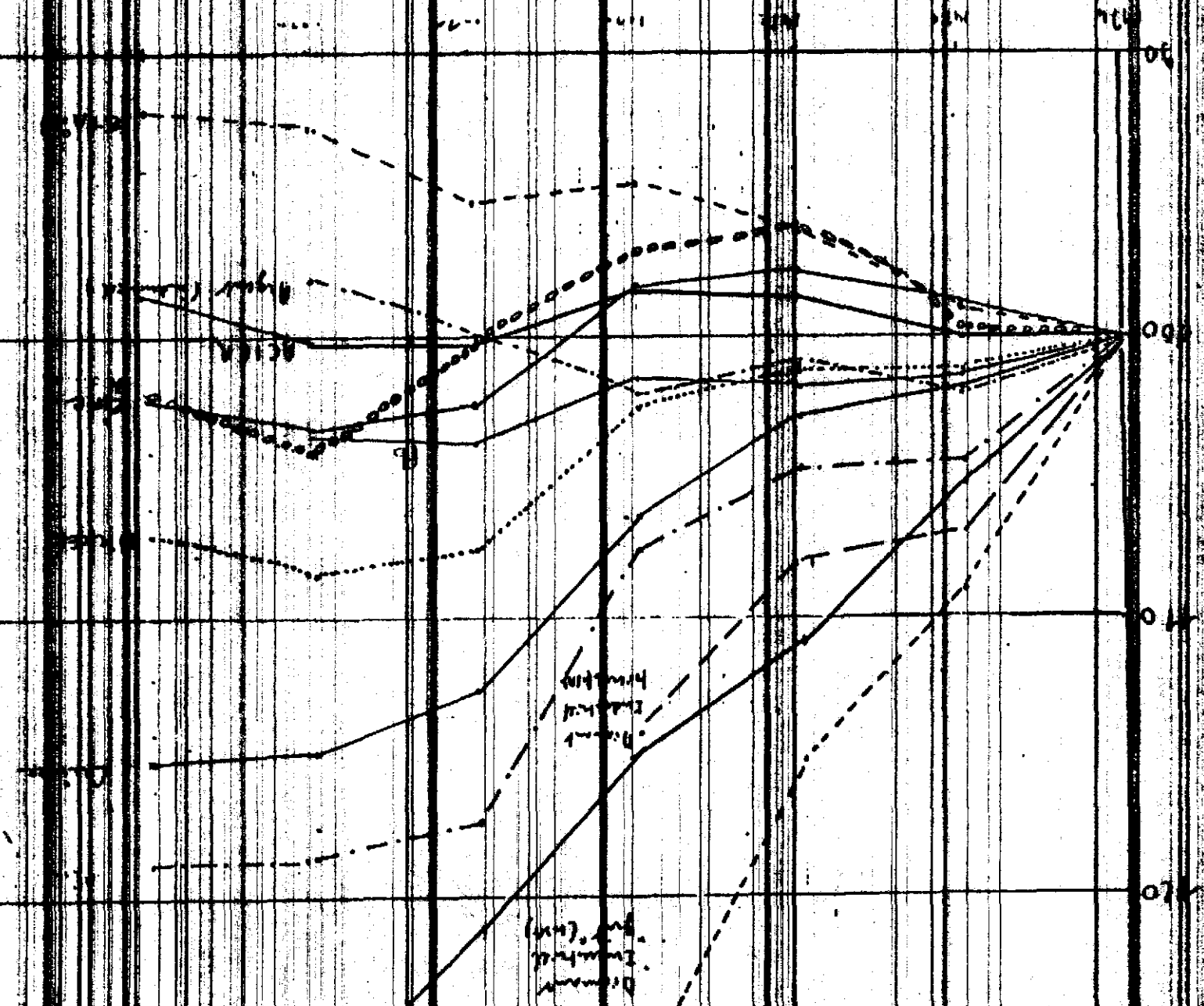
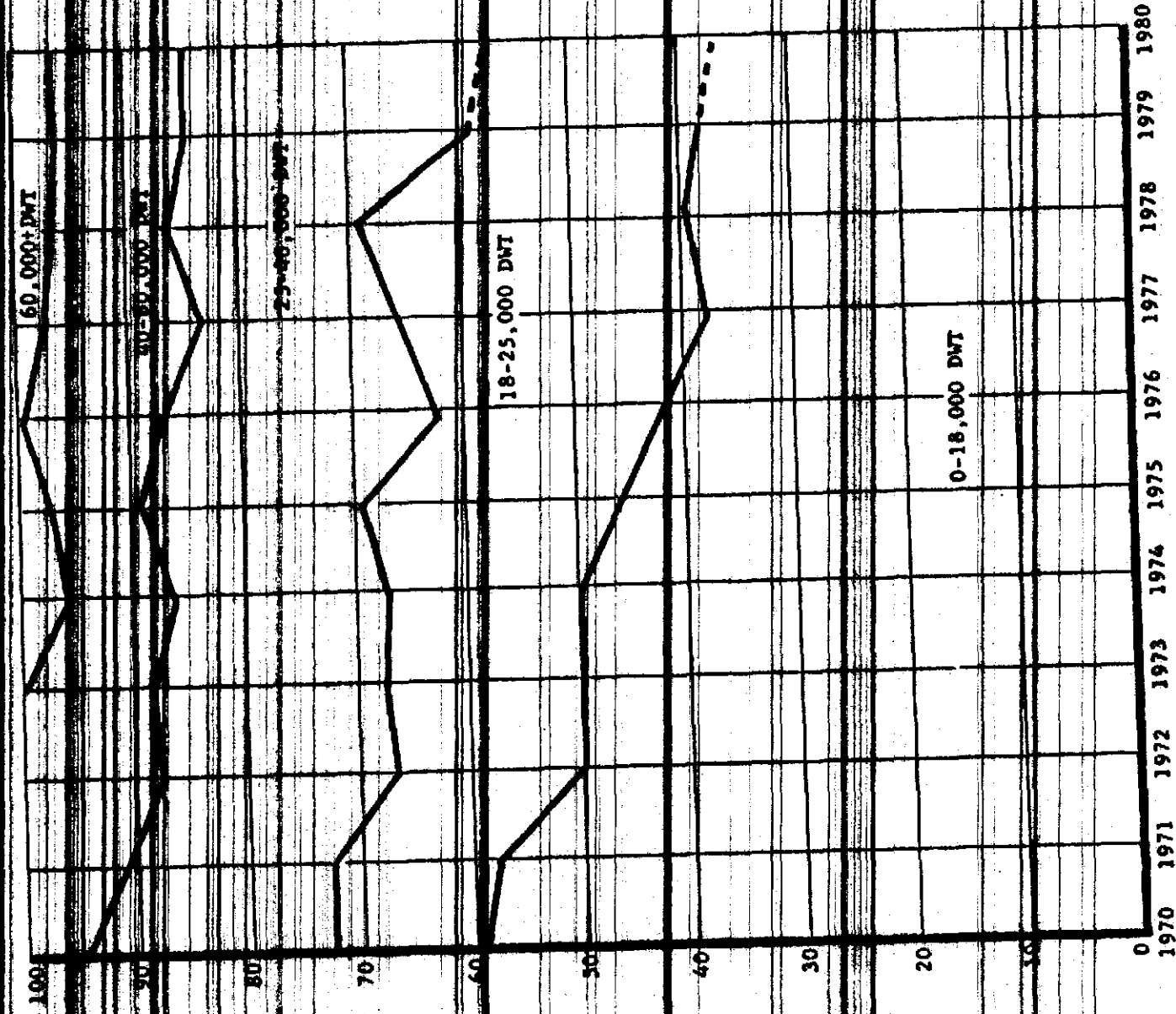


Figure 1

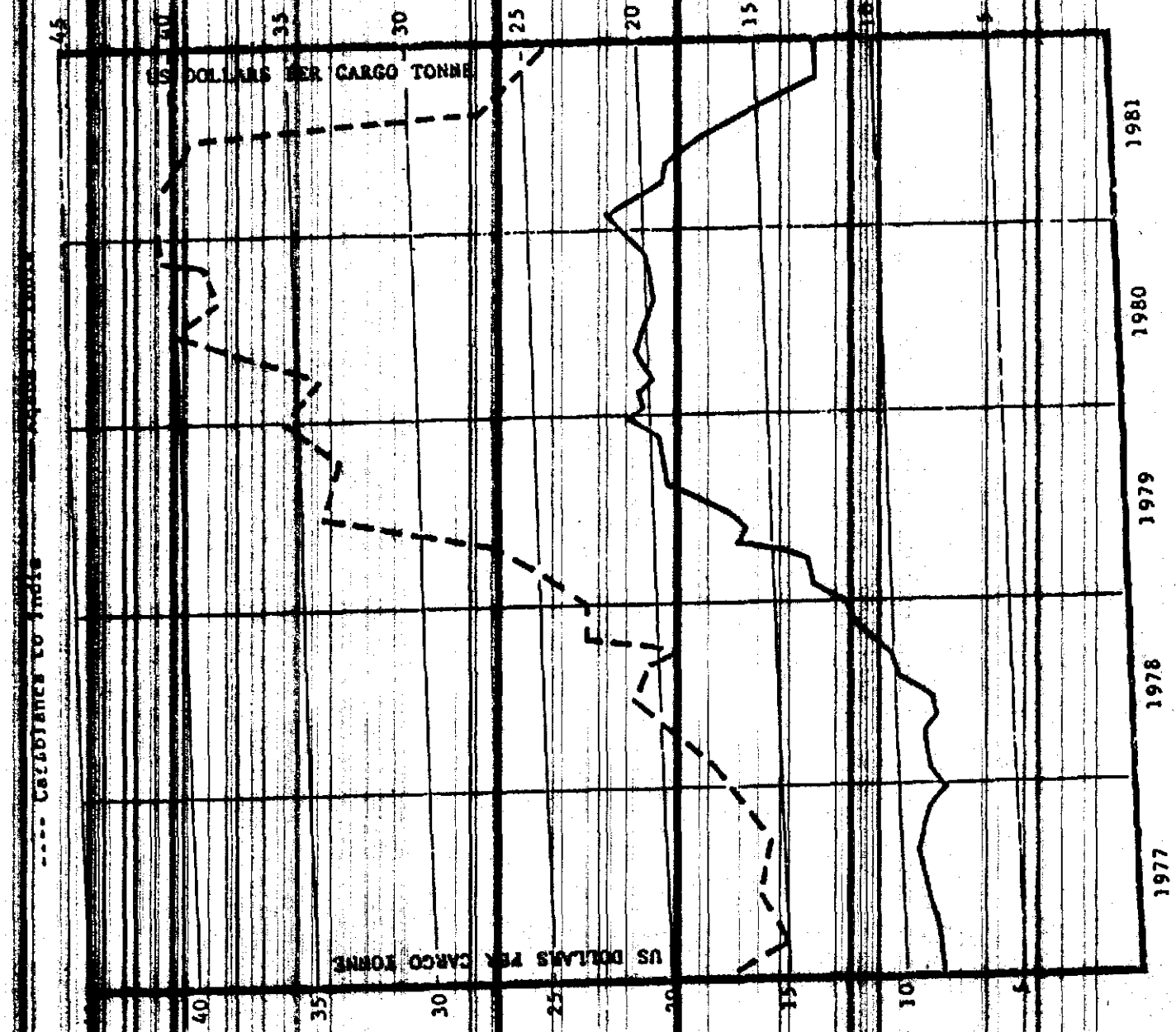
(% of Tonnage Shipped)



Source : Fearnley A/S.

Dispersed Shipping Company Ltd.

OCEAN FREIGHTS FOR PHOSPHATE ROCK SHIPMENTS TO INDIA (Single Voyages)



Source : Directy Shipping Consultants Ltd.

Principaux producteurs de phosphates

(Mt P₂O₅)

	1970	1975	1980	1983	1987
U.S.A.	45	50	54	54	37
U.R.S.S.	24	24	25	26	26
MAROC	15	19	19	20	18
CHINE	4	4	11	11	11
TUNISIE	3	4	5	5	4
JORDANIE	2	2	4	4	4
AFRIQUE DU SUD	2	3	3	3	3
1950	2	3	3	2	2
ISRAEL	1	2	3	2	3
BRESIL	0,5	1	3	3	3
SENEGAL	2	2	2	2	1
SYRIE	0,5	1	1	1	1
ALGERIE			1	1	1

TOTAL MONDE 107 124 140 139 122

TABLEAU 13

PRIX MOYEN DES PRODUITS		1	2	3	4	5	6
MOYEN		CIF/t	FRET/t	CIF FRET	CIF/t	FRET/t	CIF FRET
MAROC	70 - 72	57,10	9,70	47,40	59,40	8,40	49,00
ALGERIE	72	58,50	10,60	27,90	64,20	9,80	54,40
TUNISIE	70	63,40	10,60	32,80	70,70	10,00	60,70
SENEGAL	70	54,30	12	42,30	69,30	10,90	58,40
TOGO	70	61,80	12,90	48,90	71,40	9,30	62,10
USA	70 - 72	46,80	4	32,80	58,40	12,60	45,80

Annee 1982

13648

Sources : statistiques douanieres. Fédération des engrais