

Annexes

11464

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : note DG 702/81

Annexe 2 : capacité de production dans le monde

Annexe 3 : Tiris

Annexe 4 : Tasiast

Annexe 5 : Tasiast : travaux effectués

Annexe 6 : études d'un port minéralier de 30 millions de tonnes par an
de capacité

DIRECTION GENERALENOTE DG N° 702
-----OBJET : Projet "TASIAST" (rapport préliminaire)

Dans le cadre de son Programme de Développement à long terme, la Société Nationale Industrielle et Minière (SNIM) se propose d'atteindre un objectif de production de 30 millions de tonnes à l'horizon 2000.

Cet objectif sera réalisé grâce à la mise en exploitation des quatre projets suivants :

1 - PROJET GUELBS I (EL RHEIN)

- . démarrage 1984,
- . régime de croisière à partir de 1985 avec 6 MT/an,
- . niveau de production de la SNIM : environ 12 MT/an (1985/1989).

2 - PROJET GUELBS II (OUM ARWAGEN)

- . démarrage 1989,
- . régime de croisière à partir de 1990 avec 9 MT/an,
- . niveau de production SNIM : environ 15 MT/an (1990/1995).

3 - PROJET TASIAST I

- . démarrage 1994,
- . régime de croisière à partir de 1995 avec 6 MT/an,
- . niveau de production SNIM : environ 21 MT/an (1995/1998).

4 - PROJET TASIAST II

- . démarrage 1998,
- . régime de croisière à partir de 1999 avec 9 MT/an;
- . niveau de production SNIM : environ 30 MT/an (1999/....).

A cet effet, et en vue d'établir un rapport préliminaire d'évaluation, il est créé un Comité d'Etudes et de Réflexion, composé de :

MM. KHAMOUMA	(SNIM)	Président,
COURSIN	(SOCOMINE)	
ABDEL FETTAH	(SNIM)	Responsable du Suivi des Travaux & Rapporteur du Comité,
DEYINE	(SNIM)	
OKSENGORN	(SNIM)	
DE MAISTRE	(SOCOMINE)	
BASTID	(SOCOMINE).	

Ce Comité devra, en particulier, dans le cadre des hypothèses retenues pour le niveau de production :

- . définir et évaluer les programmes de recherches et d'études minières pour l'exploitation du TASIAST,
- . définir et évaluer les programmes d'essais minéralurgiques nécessaires à la mise au point du process d'enrichissement du minerai de fer du TASIAST,
- . d'établir un programme général d'investissement donnant une estimation préliminaire pour chacun des trois derniers projets (plusieurs variantes pourront être éventuellement proposées),
- . préparer une étude préliminaire de pré-faisabilité pour chacun des trois projets.

La modification (et/ou le développement) du port minéralier de NOUADHIBOU devra faire l'objet d'une étude particulière dans le cadre du programme général d'investissement (on étudiera en particulier les variantes : dragage du port actuel pour atteindre un tirant d'eau de l'ordre de 22 m (bateaux de 200 à 220 000 t) ; nouveau port minéralier en eau profonde...).

Le rapport préliminaire d'évaluation du programme de développement devra être remis à la Direction Des Opérations au plus tard le 28 février 1982.

BABA OULD SIDI ABDALLAH,
Administrateur-Directeur Général

DIRECTION GENERALE

RECTIFICATIF A LA NOTE DG N° 702

OBJET : Projet "TASIAST" (Rapport préliminaire)

Suite à la note DG 702 du 22 septembre 1981, nous vous prions de bien vouloir noter que :

Monsieur M. MEINDRE (SNIM)

fera partie du Comité d'Etudes et de Réflexion.

BABA OULD SIDI ABDALLAH,
Administrateur-Directeur Général

World direct-reduction reference list

Country, company	Location	Process	Reductant	Capacity	Start-up	Status
Argentina Acindar Dalmira Siderca Siderur	Villa Constitución Campaña San Antonio Est	Midrex Midrex —	Gas Gas Gas	420,000 330,000 500,000	1978 1978 1983	Operational Operational Planned
Australia Hammersley	Dampier	—	Gas	1,000,000	—	Tendering
Brazil Aços Finos Piratini Cosipa Usim	Charqueadas Santa Cruz Bahia	SLRN Purofer HYL	Coal Gasified Oil Gas	65,000 3,000,000 250,000	1972 1976 1974	Operational Operational Operational
Burma Government Government	Mandalay Mandalay	Kinglor Metor Kinglor Metor	Coal Coal	20,000 20,000	1981 —	Operational Planned
Canada Nippon Metals Sibco Dosco Sibco Dosco Sibco Sudbury Metals	Niagara Contrecoeur Contrecoeur Bruce Lake Sudbury	Accar Midrex Midrex SLRN Accar	Gas + oil Gas Gas Coal Gas + oil	30,000 4,000,000 625,000 3,000,000 240,000	1973 1973 1977 1975 1976	Pilot plant Operational Operational Shut down Shut down
Egypt National Iron & Steel Co	El Dikhela	—	Gas	800,000	1985	Planned
Ecuador Ecuasider	Machala	—	Gas	200,000	1983	Planned
W. Germany Hamburger Stahlwerke Nordferro Thyssen Niederrhein	Hamburg Emden Oberhausen	Midrex Midrex Purofer	Gas Gas Gasified oil	400,000 880,000 150,000	1972 1981 1971	Shutting down Operational Operational
India Bihar State Orissa State Sponge Iron India Ltd Sponge Iron India Ltd Tata Iron & Steel HEC	Ranchi Orissa Paloncha Paloncha Jamshedpur Ranchi	SLRN Accar SLRN SLRN Tata SLRN	Coal Gas + coal Coal Coal Coal Coal	120,000 150,000 31,000 31,000 5,000 120,000	1983 1982 1980 — 1979 1984	Planned In construction Operational Planned Pilot plant Planned
Indonesia PT Krakatau Steel PT Krakatau Steel PT Krakatau Steel	Kota Baja Kota Baja Kota Baja	HYL HYL HYL	Gas Gas Gas	575,000 575,000 1,150,000	1978 1980 1981	Operational Operational Commissioning
Iran Nisic Nisic Nisic	Ahwaz Ahwaz Ahwaz	Purofer HYL Midrex	Gasified-oil Gas Gas	330,000 1,000,000 1,000,000	1977 1982 1982	Not operational Not completed Not completed
Iraq Sindac Sindac	Khor Al Zobair Khor Al Zobair	HYL HYL	Gas Gas	500,000 1,000,000	1980 —	On hold No progress
Italy Dall'oli & C Ansaldo Ecceller	Buttrio Cremona Piemonte	Kinglor Metor Kinglor Metor Euler	Coal Coal Gas	10,000 40,000 1,000,000	1973 1976 1981	Pilot plant Shut down Pilot plant
Japan Hokuriku Metals Kawasaki Steel Kawasaki Steel Kawasaki Steel Nippon Steel Nippon Steel NKK Sumitomo Metal Sumitomo Metal Sumitomo Metal-CE Lummus Tohoku Saretsu	Yasuki Chiba Mizushima Chiba Muroran Hirohata Fukuyama Wakayama Kashima Niihama Ominato	Waberg Kawasaki Kawasaki Kawasaki Kono NSC SLRN Kubota Kubota LS Rior Kawasaki	Coke breeze Coke breeze Coke breeze Coke breeze Coke breeze Coal + gas Coal Coal Coal Coke Coal	10,000 600,000 10,000 100,000 30,000 150,000 300,000 350,000 100,000 3,000 24,000	1984 1984 1978 1977 1971 1977 1974 1985 1975 1979 1987	Operational Operational Operational Operational Operational Improvement Operational Operational Operational Pilot plant Operational
South Korea Inchon Iron & Steel	Inchon	SLRN	Coal	150,000	1970	Shut down
Libya Government	Misurata	Midrex	Gas	1,100,000	1983	Under contract
Malaysia Government + partners Government + partners	Labuan Terengganu	Midrex Nippon Steel	Gas Gas	650,000 600,000	1984 1984-5	Under contract Under contract

Country, company	Location	Process	Reductant	Capacity	Start-up	Status
Mexico						
Hylsa	Monterrey	HYL	Gas	95,000	1957	Operational
Hylsa	Monterrey	HYL	Gas	250,000	1960	Operational
Hylsa	Monterrey	HYL	Gas	490,000	1974	Being modified
Hylsa	Monterrey	HYL	Gas	750,000	1983-4	Under contract
Hylsa	Puebla	HYL	Gas	315,000	1969	Operational
Hylsa	Puebla	HYL	Gas	700,000	1977	Operational
Premexsa	Altamira	HYL	Gas	1,000,000	1983-4	Under contract
Sicartsa	L. Cardenas	HYL	Gas	2,000,000	1983-4	Under contract
Tamsa	Vera Cruz	HYL	Gas	235,000	1967	Operational
New Zealand						
NZ Steel	Glenbrook	SLRN	Coal	170,000	1970	Operational
NZ Steel	Glenbrook	SLRN	Coal	430,000	1987	Planned
Nigeria						
Delta Steel	Warri	Midrex	Gas	1,000,000	1982	Commissioning
Peru						
Siderperu	Chimbote	SLRN	Coal-coke	120,000	1980	Operational
Siderperu	Chimbote	Krupp-Codir	Coal	200,000	1983	Contract on hold
Philippines						
Government	Cagayan del Oro	—	Coal	1,200,000	1985	Planned
National Steel Corp	Iligan City	—	—	400,000	—	Planned
Qatar						
Qatar Steel Co	Umm Said	Midrex	Gas	400,000	1978	Operational
Saudi Arabia						
Sabic	Al Jubail	Midrex	Gas	800,000	1983	Under construction
South Africa						
Dunswart Iron & Steel	Benoni	Codir	Coal	120,000	1973	Operational
Dunswart Iron & Steel	Benoni	Codir	Coal	180,000	1983	Planned
Highveld Steel & Vanadium	Witbank	SLRN	Coal	320,000	1968	Operational
Highveld Steel & Vanadium	Witbank	SLRN	Coal	300,000	1977	Operational
Highveld Steel & Vanadium	Witbank	SLRN	Coal	60,000	1981	Under construction
Saw Metals	Germiston	DRC	Coal	75-100,000	1983	Under construction
Iscor	Vanderbijlpark	—	Coal	600,000	—	Planned
Spain						
Presursa	Huelva	Midrex	Gas	750,000	1985	Under letter of intent
Sweden						
Granges	Oxelösund	Höganäs	Coke breeze	35,000	1954	Operational
Sandvik AB	Sandviken	Wiberg	Coke breeze	24,000	1952	Operational
SKF Stahl	Uddelholm	Wiberg	Coke breeze	40,000	1954	Dismantled
SKF Stahl	Hofors	Wiberg	Coke breeze	30,000	1960	Dismantled
SKF Stahl	Hofors	Plasmared	Plasma	70,000	1981	Pilot plant
Trinidad						
Iscott	Point Lisas	Midrex	Gas	400,000	1981	Operational
Iscott	Point Lisas	Midrex	Gas	400,000	1982	Under construction
UK						
British Steel Corp	Hunterston	Midrex	Gas	800,000	1979	Never commissioned
USA						
Armco	Houston	Armco	Gas	330,000	1972	Intermittent
Direct Reduction Corp	Rockwood	DRC	Coal	50,000	1978	Pilot Plant
Georgetown Ferreduction	Georgetown	Midrex	Gas	400,000	1971	Operational
G. Moore Steel Corp	Portland	Midrex	Gas	300,000	1969	Shut down
Hedra Mining	Casa Grande	SLRN	Coal	60,000	1975	Shut down
Texas Ferreduction	Beaumont	Midrex	Gas	400,000	1980	Postponed
St. Joe Minerals	Pea Ridge	—	Coal	—	1984	Planned
Midrex	Charlotte	Midrex EDR	Coal	2,000	1977	Pilot plant
Midrex	Charlotte	Midrex EDR	Coal	200,000	—	Planned
USSR						
OEMK	Kursk	Midrex	Gas	4,800,000	1983-5	Under construction
Venezuela						
Fior de Venezuela	Matanzas	Fior	Gas	300,000	1976	Operational
Mnorca	Puerto Ordaz	HIB	Gas	650,000	1973	Operational*
Sidor	Matanzas	Midrex	Gas	355,000	1977	Operational
Sidor	Matanzas	HYL	Gas	420,000	1977	Operational
Sidor	Matanzas	Midrex	Gas	1,200,000	1979	Operational
Sidor	Matanzas	HYL	Gas	2,100,000	1980	Operational
Yugoslavia						
Rudnick-Zelezara	Skopje	SLRN	Coal	—	—	Planned
Zambia						
Tika	Solwezi	HYL	Gas-naphtha	250,000	—	Abandoned

Sources: HYL, Midrex and others. *Future in doubt.

1 - APERCU GEOLOGIQUE ET MINERALURGIQUE DU TIRIS

1.1 - Géologie régionale

La province géologique du TIRIS MAURITANIEN fait partie du grand ensemble cristallin de la Dorsale Reiguibat (craton ouest africain) qui s'étend depuis les environs d'AKJOUJT au Sud, jusqu'en ALGERIE au Nord.-

Le TIRIS est constitué essentiellement par des formations quartzo-feldspathiques, ayant subi un métamorphisme régional catazonal, d'âge précambien inférieur (288 - 2600 MA

On note au sommet de ces formations un développement important de quartzites ferrugineux, qui forment plusieurs niveaux. Leur nombre est très variable, mais il apparaît que c'est dans la région de ZOUEATE qu'ils sont le plus abondant (jusqu'à six niveaux distincts), à tel point que l'on a pu dire que l'on avait affaire à une province ferrifère.

La puissance des bancs de quartzites ferrugineux est en général faible (quelques dizaines mètres) mais elle augmente considérablement lorsque plusieurs phases de plis interfèrent : elle peut alors atteindre plusieurs centaines de mètres.-

En général, les structures synclinales montrent des épais-sissements considérables tandis qu'au contraire les structures anticlinales n'amènent pas de répétition de plis. Ces masses de quartzites ont bien résisté à l'érosion et forment des reliefs, ou quelbs, aux formes aiguës (inselbergs), souvent isolés, parce que les roches encaissantes ont été arrasées à la suite d'une profonde altération d'origine météorique.-

La KEDIA D'IDJIL est un énorme massif, formé de roches ferrugineuses (Brèche d'Idjil, d'origine tectonique, bordée par des itabirites, localement enrichies en hématites, exploitées actuellement).-

Elle serait géologiquement différente du socle environnant sur lequel elle repose en contact anormal.-

Géologiquement, les masses ferrugineuses formant les quelbs sont distribuées grossièrement en deux zones principales, situées au Nord de la KEDIA D'IDJIL et distribuées de part et d'autre d'un "noyau" central.-

On a ainsi pu distinguer :

- . le groupe des quelbs de l'Est, sensu lato,
- . le groupe des quelbs de l'Ouest, sensu lato.

Dans le premier groupe, les principales formations ferrifères sont les suivantes :

a) sous-groupe des Quelbs de l'Est :
RHEIN - OUM ARWAGEN - MHERIZET

b) sous-groupe des Quelbs du Nord :
TIZHERAF - AMKAWEL - KEDIA LEGHNEM -
AGAREB - EL ATROUSS

.../...

c) sous-groupe des Guelbs du NORD-EST :
D'BACQ - MAHOUDAT - EL HADID

Dans le deuxième groupe, les principales formations ferrifères sont les suivantes :

a) sous-groupe des Guelbs de l'OUEST :
Chainon F'DERIK - Chainon ATOMAI et prolongations NORD-OUEST

TINTEKRAT EL BEIDA - EL AOUIJ -
BOU DERGA et prolongations

b) sous-groupe des Guelbs du SUD-OUEST :
AMECHIKEL EL BEIDA et KHADRA -
TOUYUIJERT - SHEAT HADEJ - TAOUZBAGUET

1.2 - Les formations ferrugineuses du TIRIS

Les formations ferrugineuses se divisent en deux grands types de roches :

- Roches ferrugineuses où prédomine la magnétite : quartzites à magnétite,
- Roches ferrugineuses où la magnétite est accessoire : quartzites à minéraux et à magnétite - amphibolites à magnétite.

a) Caractères généraux des quartzites à magnétite

Les quartzites à magnétite sont presque exclusivement composés de quartz et d'oxydes de fer. Cependant, on note toujours la présence de minéraux accessoires, en proportions variables, ferromagnésiens : micas, amphiboles, pyroxènes et parfois de feldspaths.

En général, la composition minérale pondérale de ces roches est la suivante :

- quartz	40 % à 50 %
- oxydes de fer	50 % à 55 %
- minéraux ferromagnésiens	2 % à 5 %

b) Texture des quartzites à magnétite

Plusieurs faciès ont été définis suivant la granulométrie le mode d'agencement des minéraux principaux et le degré d'altération.

B1) Faciès fondamentaux :

- Isotrope : Faciès A - Les différents minéraux sont répartis uniformément suivant une texture granitoïde, souvent équi-granulaire. La magnétite est très souvent cristallisée grossièrement en grains millimétriques.-
- Anisotrope : Faciès AB - La texture est orientée : il n'y a pas de litage net mais une anisotropie marquée par un allongement de la magnétite qui se rassemble en lits diffus. Cette orientation est en général parallèle à l'axe des contraintes principales et est donc d'origine tectonique : ce faciès s'observe généralement, soit dans la

.../...

charnière des plis et microplis, soit sur les flancs de plis étirés. La cristallisation de la magnétite est très variable.-

- Anisotrope : Faciès B - L'orientation des minéraux est ici marquée et il apparaît un litage net, marqué par des lits de granulométrie et de composition minéralogique différente. On observe des alternances millimétriques à centimétriques de lits riches en quartz et de lits riches en magnétites et (ou) en ferromagnésiens. La cristallisation de la magnétite est généralement fine, mais parfois peut se concentrer dans certains lits riches, d'où une libération plus grossière, possible.-

B2) - Faciès modifiés :

- Par altération : Faciès C -

Il est caractérisé par une couleur ocre à l'affleurement et une altération plus ou moins poussée des minéraux ferromagnésiens en limonite et goethite, amenant souvent des vides dus à la dissolution des parties altérées. D'autre part, ce faciès est très hétérogène et on a distingué :

- Jaspes ferrugineux, comportant des mégacristaux (quelques millimètres à plus d'un centimètre) de magnétite,
- quartzites ferrugineux lités, riches en ferromagnésiens, qui seraient un faciès B particulièrement altéré en surface,
- quartzo-amphibolite ferrugineux, très altérés en surface.-

- Par déformation : Faciès F - provient de la transformation dans les zones de laminage des faciès AB ou B.

On assiste à une anisotropie linéaire très marquée, avec une texture feuilletée à nylonitique.-

C) - Paramètres métallurgiques des quartzites ferrugineux

Les paramètres métallurgiques ont été déterminés suivant un certain nombre de tests, qui ont été appliqués systématiquement sur tous les échantillons effectués, que ceux-ci proviennent d'un échantillonnage de surface ou de carottes ou de tous autres travaux miniers.

Deux paramètres principaux ont été définis :

a/Fe qui est un rapport définissant le degré d'oxydation des oxydes de fer. On peut assimiler l'oxydation à une altération chimique, liée à un phénomène superficiel (il ne semble pas exister d'hématite primaire, du moins en quantité notable).-

C maille de libération de laboratoire des oxydes de fer, traduisant un temps de broyage pour obtenir au tube Davis un concentré à 65 % Fer (+ ou - 0,5 %). Dans ce cas, la maille de libération est fonction non seulement de la grosseur minéralogique des cristaux d'oxydes de fer, mais également des liaisons entre grains ainsi que de l'altération physique de la roche.-

.../...

C1 - Degré d'oxydation

Le phénomène de l'oxydation de la magnétite est général sur tous les guelbs du TIRIS mais la profondeur jusqu'à laquelle celle-ci s'est poursuivie est très variable, que ce soit d'un guelb à un autre ou même à l'intérieur d'un même guelb.

En règle générale, il semble apparaître que la profondeur de la zone d'oxydation soit d'environ 50 - 60m en moyenne mais elle peut aller jusqu'à 80 - 100m de même qu'elle peut diminuer jusqu'à même être pratiquement nulle.

Le critère de la profondeur de l'oxydation pourrait être déterminant dans le choix d'un guelb, parce que l'enrichissement à sec de minerais fins oxydés est difficile, sinon impossible.-

C2 - Maille de libération

A partir des résultats des tests effectués au laboratoire d'essais physiques, on a pu déterminer la maille de libération "C" des différents faciès rencontrés dans les guelbs du TIRIS. Malgré la diversité des modes d'échantillonnage (carottes, cuttings, morceaux de roches) il a été possible d'effectuer des regroupements et donc de définir des grandes familles.

Cependant, il faut ajouter que la détermination du paramètre "C" est dépendante d'un mode de broyage et d'un schéma de traitement qui est plus ou moins bien adapté suivant le type de roche. Il faut donc bien comprendre qu'en traitant tous les échantillons du TIRIS suivant le même schéma d'étude, on a simplement voulu établir une classification par rapport à ce type de traitement : ce n'est donc pas une classification minéralogique, ce qui explique les nombreuses divergences entre celles-ci. On distinguera donc une classification "métallurgique" et une classification "géologique".

a) Classification "Métallurgique"

Cette classification, au regard de la maille de libération, comporte trois niveaux :

- maille de libération grossière : On a regroupé dans cette famille les roches qui ont une maille de libération : (90 % de passant au tamis considéré).
- égale ou supérieure à 600 microns, lorsqu'elles sont oxydées TH 1,
- égale ou supérieure à 400 microns, lorsqu'elles sont magnétiques : TS 2,
- maille de libération fine : On a regroupé dans cette famille les roches qui ont une maille de libération :
- comprise entre 400 et 600 microns, lorsqu'elles sont oxydées TH 2,
- comprise entre 150 et 400 microns, lorsqu'elles sont magnétiques : TS 2.
- maille de libération très fine : On a regroupé dans cette famille, les roches qui ont une maille de libération inférieure à celles indiquées plus haut. On a distingué :
 - lorsque la magnétite est oxydée : KX,
 - lorsque la magnétite n'est pas oxydée : KM.

.../...

Le schéma de traitement industriel actuel est adapté aux roches qui ont une maille de libération grossière et fine. Cependant, il faut ajouter que d'un point de vue commercial, il est prévu de mettre sur le marché un concentré, dit "sinter feed", présentant des caractéristiques granulométriques et chimiques bien précises (0 - 1600 microns et 65% Fe) : pour obtenir celles-ci, il faut que l'usine d'enrichissement soit alimentée avec des minerais, qui, bien que présentant des mailles de libération différentes, aient des caractéristiques moyennes voulues, en particulier respectent une certaine proportion entre minerais grossiers et minerais fins. Celles-ci sont réalisées dans le gueb EL RHEIN mais il n'est pas sûr qu'elles puissent l'être pour les autres gueb du TIRIS.

Si les recherches qui seront faites à l'avenir montraient des proportions différentes, il faudra sûrement changer les caractéristiques granulométriques des futurs concentrés "sinter feed".

D'autre part, les minerais, classés KX et KM, ne peuvent pas donner en principe un concentré répondant aux caractéristiques commerciales voulues et ne sont donc pas enrichissables suivant ce schéma de traitement. Cependant, cela ne veut pas dire que l'on ne pourra pas obtenir un concentré, mais il faudra mettre au point un autre schéma de traitement, à sec ou en humide, et définir les caractéristiques commerciales de ce nouveau concentré.-

b) Classification "Géologique"

Au contraire de la classification précédente, la classification "géologique" des minerais au regard de la maille de libération est basée sur des caractères subjectifs.

Cependant, on a pu faire les observations générales suivantes :

1°) - Les quartzites ferrugineux isotropes, de type A :

La maille de libération des oxydes de fer est en général grossière. En moyenne, "C" est compris entre 400 et 500 microns environ.

2°) - Les quartzites ferrugineux à structure linée, de type AB, présentant deux familles :

. une famille caractérisée par une maille de libération des oxydes de fer grossière, semblable à celle des quartzites ferrugineux de type A.

. une famille caractérisée par une maille de libération des oxydes de fer relativement fine. En moyenne, "C" est égal à 200 microns environ.

3°) - Les quartzites ferrugineux à structure linée, de type B, présentent deux familles également :

. une famille caractérisée par une maille de libération des oxydes de fer relativement grossière et qui correspond à un litage grossier. Dans ce faciès, la maille de libération est souvent élevée et du même ordre de grandeur que celle des faciès A.

. une famille caractérisée par une maille de libération des oxydes de fer fine et qui correspond à un litage fin. En moyenne, "C" est égal à 200 microns environ.

4°) - Les quartzites ferrugineux, de type C présentent, bien qu'ils soient lithologiquement hétérogènes, une maille de libération qui est en moyenne relativement constante et proche de 200 microns. Si la majorité des échantillons sont fins, on peut rencontrer certains faciès se libérant relativement grossièrement et qui ont un "C" voisin de 400 microns.

En conclusion, si les faciès des quartzites ferrugineux du TIRIS sont relativement abondants, il ne semble pas apparaître au niveau du paramètre "maille de libération" une hétérogénéité aussi forte. Il apparaît deux grandes familles :

. des quartzites ferrugineux se libérant grossièrement (correspondant aux types de traitement TH et TS) avec un "C" avoisinant 400 microns en moyenne.

. des quartzites ferrugineux se libérant finement (correspondant aux types de traitement KX et KM), avec un "C" avoisinant 200 microns en moyenne.

Il faut cependant noter que le faciès BMQ n'entre pas dans cette classification et que sa maille de libération est en moyenne encore plus fine et proche de 100 microns.

D) - Chimie

Les quartzites ferrugineux du TIRIS sont caractérisés par

- la prédominance de deux éléments : Fe et Si O₂
- l'extrême pauvreté en autres éléments

On a noté également une constance de la composition chimique remarquable.

a) Teneurs Fe moyennes des quartzites ferrugineux

Les teneurs Fe des quartzites ferrugineux sont relativement peu variables d'un quelb à un autre ou à l'intérieur d'un même quelb. Les courbes de fréquence, que l'on a pu établir jusqu'ici, montrent que les teneurs Fe varient de 20 à 45%.

Cependant, il semble apparaître une différenciation de teneurs entre les grandes familles de roches ferrugineuses :

- les quartzites ferrugineux, de type A et AB, se libérant grossièrement, ont une teneur moyenne de 40,0 % Fe,
- les quartzites ferrugineux, de type AB et B, se libérant finement, ont une teneur moyenne de 37,5 % Fe,
- les quartzites ferrugineux, de type C, ont une teneur moyenne de 31,7 % Fe.

Ces grandes familles de "teneurs" se retrouvent quel que soit le secteur du TIRIS dans lequel un quelb se trouve. Le tableau ci-après, bien qu'incomplet car il n'intègre pas les résultats de tous les échantillonnages effectués à ce jour, montre bien ce fait (les teneurs ont été pondérées par les tonnages).

.../...

SECTEUR	Types A et AB grossiers	Types AB et B fins	Types C
EST	39,7	36,2	-
OUEST	42,1	35,7	33,8
NORD	39,8	39,3	30,8
MOYENNE	40,0	37,5	31,7

Il apparaît clairement de ce tableau que les quartzites ferrugineux de type C sont nettement plus pauvres que les autres quartzites ferrugineux du TIRIS. Leur courbe de fréquence montred'autre part qu'un pourcentage non négligeable des échantillons à une teneur comprise entre 20 et 25% Fe, ce qui devrait exclure ces derniers des minerais potentiels.

Une remarque peut être faite ici : la teneur moyenne des quartzites ferrugineux des quelbs (en excluant les types C) est de 38,5% Fe. Cette teneur est très proche de la teneur moyenne des itabirites de la KEDIA D'IDJIL, égale à 38 % Fe.

Bien que ces roches soient différentes du point de vue sédimentation, âge et métamorphisme, on retrouve une constante géochimique qui est valable pour les quartzites ferrugineux des autres séries ferrifères dans le monde.

b) Teneurs en éléments autres que le fer

La silice est l'autre élément qui prédomine dans les quartzites ferrugineux. Elle forme entre 35 et 45 % de la roche en volume et les teneurs varient autour de 45 % Si O₂.

A part l'alumine, qui peut atteindre des pourcentages relativement plus élevés, les autres éléments ne se retrouvent dans la majorité des cas qu'à l'état de traces.

En particulier, le phosphore, le soufre et le manganèse sont particulièrement bas? Ils ne sont, d'autre part, pas liés au fer, ce qui fait qu'après enrichissement, le concentré est d'une pureté remarquable.

Le Titane suit en général la même loi, sauf une seule exception connue à ce jour. Les quartzites ferrugineux du quelb EL MEISS (situé à une vingtaine de Km au Nord du quelb EL RHEIN) ont des teneurs en Ti relativement fortes : entre 6 et 7 % en moyenne. On a affaire à une titano-magnétite. Il faut donc penser que l'origine de ces quartzites ferrugineux est différente de celle des autres roches ferrugineuses du TIRIS, ce qui pose un problème géologique majeur.

.../...

1.3 - Essai de régionalisation des différents types de quartzites ferrugineux dans le TIRIS

Il est difficile de faire aujourd'hui un essai de régionalisation car le degré de connaissances acquises est hétérogène. En effet, certains guebbs ont été reconnus non seulement en surface mais également en profondeur de façon systématique tandis que d'autres ont été reconnus soit en surface uniquement soit en surface et en profondeur mais par quelques sondages seulement. D'autre part, nous ne possédons pas encore tous les résultats des échantillonnages de surface effectués, d'où une imprécision supplémentaire.

Il en est de même, d'autre part, lorsqu'on fait le bilan des réserves : Il faut bien séparer les tonnages prouvés, exploitables dans une fosse dessinée et optimisée et les tonnages probables. De plus, à l'intérieur de ces derniers, les chiffres ont une représentativité plus ou moins bonne, (rappelons, pour fixer les idées, qu'en 1971 le gueb EL RHEIN était crédité de 150 Mt de réserves probables et que l'on est passé en 1981 à des réserves exploitables de 350 Mt ; à l'inverse, un gueb peut se révéler inexploitable parce que les quartzites ferrugineux sont trop ou bien que le pourcentage de stériles intercalaires est trop important par rapport à la puissance des bancs de quartzites ferrugineux).

De même lorsqu'on donne des valeurs moyennes pour la maille de libération des quartzites ferrugineux du TIRIS, celles-ci n'ont pas la même valeur d'un gueb à un autre.

Cependant, malgré toutes ces restrictions et en étant prudent, on peut tenter un essai de régionalisation. Ainsi qu'on le verra plus loin, il semble apparaître plusieurs conclusions remarquables, en particulier en ce qui concerne :

- les tonnages,
- la maille de libération,
- la régionalisation des minerais "grossiers" et des minerais "fins".

Il a été établi deux tableaux qui résument les résultats de tous les travaux effectués à ce jour.

- Tableau 1 : Répartition des minerais "grossiers" et minerais "fins"

Nous appelons minerais "grossiers", des minerais oxydés ou magnétiques dont la maille de libération est suffisamment élevée pour être traités par l'usine du RHEIN et donner des concentrés vendables comme sinter-feed, présentant les mêmes caractéristiques granulométriques et chimiques que celles actuellement définies.

Nous appelons minerais "fins", des minerais oxydés ou magnétiques qui enrichis, donneront des concentrés ayant des caractéristiques, en particulier granulométriques différentes.

- Tableau 2 : Comparaison des mailles de libération.

.../...

Tableau 1 :

GUELBS du TIRIS / Répartition des minerais "grossiers et des minerais "fin" (1)

GUELBS	Réserves Totales	Pourcentage minerais oxydés		Pourcentage magnétiques		TOTAL	
		> 400 microns	< 400 microns	> 150 microns	< 150 microns	"grossiers"	" fins "
1) Groupe des guelbs de l'Est							
- EL RHEIN	400	25	5	69	1	94	6
- OUM ARWAGEN							
Zones 5 et 7	180	22	10	68	-	90	10
Zones 1, 2, 3, 4 et 6	85	9	30	52	9	61	39
- MERHIZET	60	15	15	56	14	71	29
Moyenne EST	725	22	10	66	2	88	12
2) Groupe des guelbs de l'Ouest (2)							
- Guelbs ATCHAI	460	-	20	-	80	-	100
- Chainon ATCHAI	450	1	29	12	38	13	87
et prolongations	80	-	?	?	?	?	?
- BOU OERGA et prolongations	160	?	?	?	?	?	?
- TINTERHAF et BEIDA	165	?	?	?	?	?	?
- EL AOUI	305	?	?	?	?	?	?
3) Groupe des Guelbs du Nord (3)							
- KEDIA LEGHINE	560	?	?	?	?	?	?
- TIZERHAF et BEDIA	170	?	?	?	?	?	?
- EL ATROUSS	20	?	?	?	?	?	?
- Chainon TIZERHAF	140	?	?	?	?	?	?
- AGAREB	310	?	?	?	?	?	?
- D'BACQ	250	?	?	?	?	?	?
TOTAL	3 885						

(1) Nous avons essayé de séparer dans chacun des Guelbs le pourcentage du tonnage de minerais qui pourra être traité suivant le schéma "RHEIN" et donner des concentrés "Sinter-feed" ayant les mêmes caractéristiques que celles actuellement définies des minerais qui ne peuvent pas être traités suivant ce schéma et qui donneront un concentré plus fin.

(2) La répartition des minerais des guelbs de l'Ouest est provisoire, vu le petit nombre de sondages existants.

(3) Aucun sondage n'ayant été exécuté sur les guelbs du Nord, on ne peut pas actuellement donner une répartition des différents minerais, au point de vue minéralurgique.

Tableau 2 :

GUELBS du TIRIS : Comparaison des mailles de libération

G U E L B	RESERVES en Mt		MAILLE de LIBERATION					
	Prouvés	Probables	Oxydés > 400 microns	Oxydés < 400 microns	Magnétiques		Moyenne	
					> 150	< 150	Oxydés	Magnétiques
1) Groupe des Guelbs de l'Est								
- EL RUEIN + éboulis	350 7	43 -	580	300	410	140	560	400
- OUM ARWASEN zones 5 et 7 + éboulis	101 34	45 -	530	240	430	-	450	430
Zones 1, 2, 3, E, 6.	-	85	530	200	320	120	280	290
- MERNIZET	-	60	475	200	260	120	340	230
Moyenne EST	492	233	540	225	385	125	460	370
2) Groupe des Guelbs de l'Ouest ...								
- Guelb ATCHAI	-	460	?	?	-	130	?	130
- Châlon ATCHAI	-	450	535	190	350	?	230	?
- Prolongements NW ATCHAI	-	80	-	190	-	?	190	?
- BOU DERGA et Prolongements	-	160	545	230	290	-	310	290
- TINTKRAF et BEIDA	-	165	550	220	215	115	300	210
- EL AOUJ	-	395	470	215	290	150	260	255
Moyenne W	-	1 710						
3) Groupe des Guelbs du Nord								
- KEDIA LEHHEM	-	560	510	190	?	?	210	?
- EL ATROUSS	-	20	400	230	?	?	250	?
- TIZERNAF el BEIDA	-	170	465	220	?	?	280	?
- Châlon TIZERNAF	-	140	580	165	?	?	170	?
- AGAREB	-	310	500	220	?	?	245	?
- D'BACQ	-	250	-	140	?	?	140	?
Moyenne NORD		1 450						

Ces tableaux montrent que :

- le groupe des quelbs de l'Est est formé de minerais ayant en moyenne les mailles de libération les plus grossières du TIRIS. A l'intérieur du groupe, c'est le quelb EL RHEIN qui se présente le plus favorablement, que ce soit du point de vue des réserves que du point de vue grosseur de grain.-

- Si on pouvait exploiter simultanément tous les quelbs de l'EST, on pourrait obtenir, malgré les mailles de libération relativement faibles des zones 1 à 6 d'OUM ARWAGEN et de MHERIZET, des concentrés vendables en tant que sinter-feed. D'où des réserves exploitables potentielles relativement élevées, qui devraient permettre un développement de la production à 15 Mt/an, au moins pendant une durée de temps relativement longue (jusqu'en l'an 2010).

Cependant, il faut tempérer ce jugement car il sera difficile d'assurer à partir de plusieurs gisements, une alimentation régulière de l'usine en minerais présentant les caractéristiques voulues.

En particulier, il semble difficile de pouvoir mélanger les minerais KX, qui sont majoritaires dans le quelb MHERIZET et dans les zones 1 à 6 d'OUM ARWAGEN, en quantité importante sans risquer de détériorer les caractéristiques chimiques et (ou) granulométriques des concentrés.

- Le groupe des quelbs de l'OUEST est le plus important du TIRIS au point de vue réserves potentielles. Celles-ci sont considérables et permettraient à elles seules de bâtir un projet de production 15 Mt/an. On peut même dire qu'un problème de choix du gisement à développer se posera (comme il s'était posé au début des recherches sur les quelbs) lorsqu'on passera à la phase de la reconnaissance détaillée, parce que les réserves sont trop importantes.

- La proportion de minerais "grossiers" semble, d'après les résultats des échantillonnages de surface (malgré que ceux-ci soient incomplets à ce jour) et de quelques sondages carottés existants, non négligeable. Mais on ne pourra avoir des chiffres fiables que lorsque le nombre des sondages sera plus élevé.

- Les minerais "fins" ont en moyenne une maille de libération (toujours d'après les résultats de l'échantillonnage de surface) relativement élevée, qui devrait permettre de les enrichir à sec.

Ceci est valable surtout pour les minerais oxydés. Quant aux minerais magnétiques, il semble qu'ils devraient se comporter en moyenne comme un TS 2 et donner un concentré plus fin que le GMAB.

- Le groupe des quelbs du NORD présente également des réserves potentielles importantes (même si elles sont moindres que celles du groupe des quelbs de l'OUEST). Mais il semble que la proportion de minerais "grossiers" soit nettement moins importante que dans les quelbs de l'OUEST et se concentre principalement dans les quelbs TIZERHAF EL BEIDA et EL AGAREB.

.../...

- On a noté en surface le développement considérable dans les guebbs du NORD des quartzites ferrugineux, de faciès C. La proportion de ceux-ci par rapport au total des quartzites ferrugineux est égale en moyenne à 41 %. Elle est nettement plus élevée que dans les guebbs de l'OUEST ou de l'EST, où ils n'existent pratiquement pas.

Bien qu'il soit prématuré de juger des possibilités d'enrichissement de ce faciès, il faut noter qu'ils sont toujours fins et que les teneurs moyennes en Fe sont nettement plus faibles que celles des autres quartzites ferrugineux.

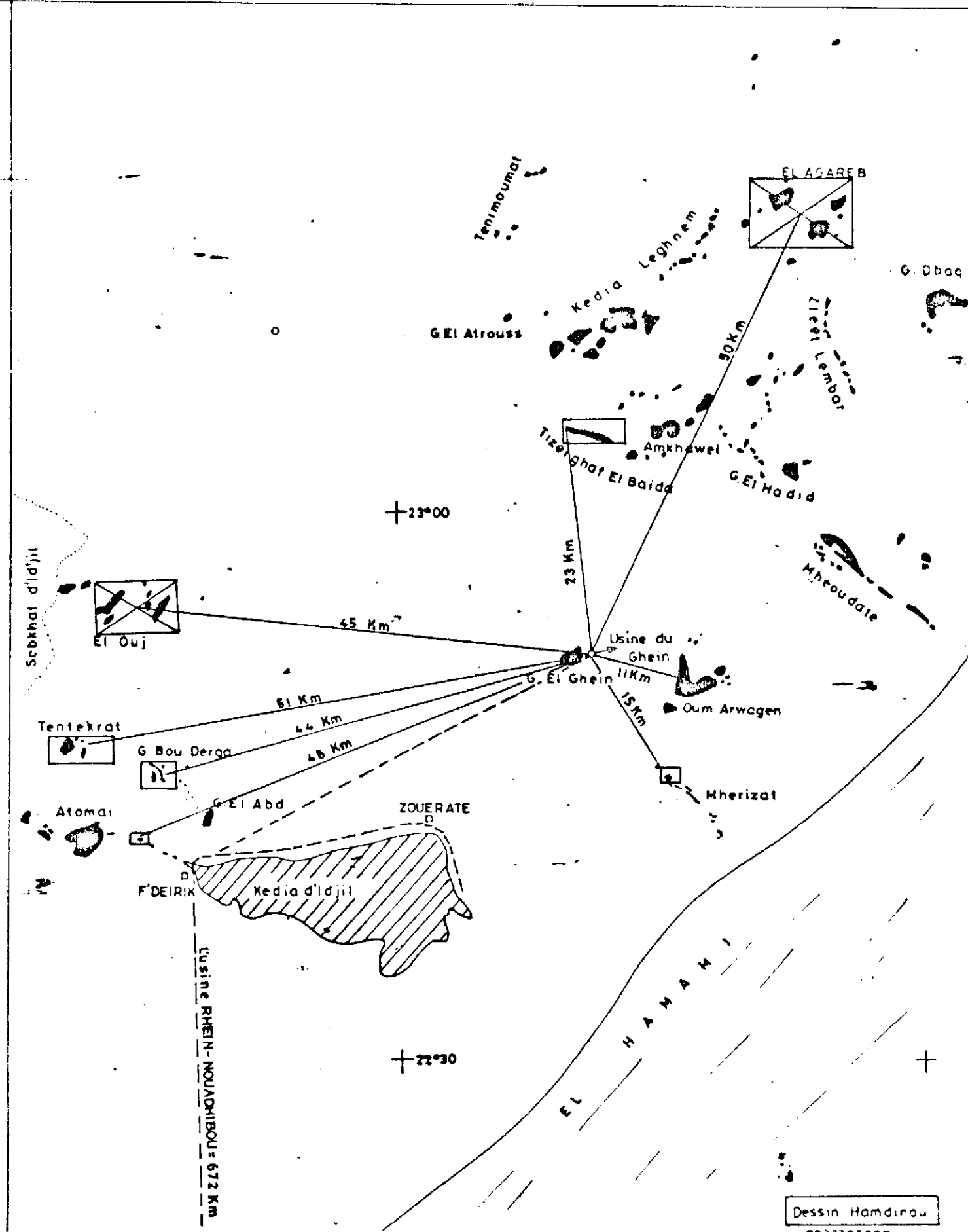
- La puissance moyenne d'un banc de quartzites ferrugineux des guebbs du NORD est en général relativement faible (si on exclu le gueb EL D'BACQ). Corrélativement les stériles intercalaires sont importants, ce qui fait qu'une exploitation à faible taux de découverte ne pourra pas descendre profondément, d'où des proportions de minerais oxydés relativement importantes par rapports aux réserves totales.

Ceci n'est pas le cas pour les guebbs de l'OUEST, où la puissance des bancs est nettement plus élevée.

- L'usine RHEIN semble relativement bien placée au point de vue distance entre les différents secteurs à minerais "grossiers" du TIRIS. Ceux-ci sont localisés dans un cercle de 50 Km de rayon, comme le montre la figure ci-jointe.

Distance entre les secteurs à minerais grossiers et l'usine du Rhein

4200



002230302710

1 - APERCU GEOLOGIQUE ET MINERALURGIQUE - QUALITE DES CONCENTRES

1.1 - Situation

La province ferrifère du TASIAST est située au NORD OUEST de la MAURITANIE entre le TIJIRIT à l'EST, la frontière du SAHARA OCCIDENTAL au NORD, et les formations sédimentaires récentes de la baie du LEVRIER à l'OUEST.

Le chemin de fer reliant ZOUERATE au port de NOUADHIBOU traverse le TASIAST au NORD près de la frontière, et constitue donc un moyen d'évacuation proche des gisements ; de même, la cote atlantique est relativement proche, ce qui peut être un atout si on doit enrichir à l'eau.

Enfin la nappe d'eau douce de BOULANOUAR est relativement proche (50 à 100 Km), ce qui constitue un élément favorable supplémentaire si on doit développer un nouveau centre minier, avec sa cité.-

1.2 - Géologie régionale

Le TASIAST fait partie du socle précambien et est situé sur la bordure OUEST du craton OUEST-AFRICAINE.

Il est formé par une série métamorphique catazonale, du même type que la série de l'AMSAGA, fortement granitisée.

On a ainsi distingué :

- à la base : formation granito-gneissique (mignatites), qui contient plusieurs bancs de quartzites ferrugineux, de même type que ceux de la série métamorphique du TIRIS,
- au sommet, formation moins métamorphisée caractérisée par des amphibolites, des quartzites ferrugineux et des quartzites, des micaschistes et des roches basiques et ultrabasiques.

Enfin des formations récentes, de type altération latéritique, affleurent largement.-

1.3 - Gisement ferrugineux du TASIAST

Les roches ferrugineuses affleurent largement au TASIAST, au point que l'on peut parler, comme pour le TIRIS, de province ferrifère.

Elles se rencontrent principalement :

- au NORD du TIFERCHAI on a affaire à des bancs de quartzites ferrugineux, de type TIRIS, qui sont inclus dans les formations métamorphiques. On observe le plus souvent plusieurs bancs, plus ou moins continus, mais généralement peu épais, d'où des tonnages de réserves potentielles relativement faibles. Comme dans le TIRIS, on a noté que la cristallisation de la magnétite était variable, mais peut parfois être grossière.

.../...

- dans le SOUEIDIA et le TIFERCHAI Il s'agit ici d'encroutements ferrugineux, de type latéritique, qui affleurent sur des surfaces considérables, et, en particulier, de part et d'autre de la voie de chemin de fer, entre les PK 160 et 170.

Bien que la puissance moyenne soit relativement faible (de l'ordre du mètre), les tonnages potentiels sont considérables.

Cependant, ces latérites ont une faible teneur en Fe (goethite et limonite), une forte teneur en Al_2O_3 et surtout sont phosphoreuses (0,1 % P).

Ces roches sont, d'autre part, difficilement enrichissables et leur vente en l'état est difficile.

- dans le LEBZENIA et le HAOUEWA On a affaire ici à de véritables formations géologiques, puissantes et affleurant sur plusieurs dizaines de km. Les roches ferrugineuses forment l'essentiel de ces deux massifs et leur puissance, bien que variable, est très forte (plusieurs centaines de mètres). Ils sont situés au SUD de la voie de chemin de fer.

1.4 - Rappel des données géologiques et minéralurgiques sur les gisements de HAOUEWA et LEBZENIA

Les deux gisements de HAOUEWA et LEBZENIA forment deux massifs allongés suivant une dissection NORD-SUD magnétique sur plusieurs dizaines de Km. Ils sont situés au SUD de la voie de chemin de fer.

Les formations ferrugineuses ont été fortement érodées et affleurent plus ou moins bien suivant les secteurs. Leur puissance est relativement variable, mais peut atteindre près du Km ; en moyenne, celle-ci est égale à plusieurs centaines de m.

Cependant, les formations ferrugineuses se distinguent, parfois mal il est vrai, des formations géologiques encaissantes, et forment un relief, peu accentué, marqué par une "micro falaise" de quelques mètres de hauteur dominant la plaine environnante. Ce relief a souvent été conservé grâce à des encroutements de type latéritique, qui sont parfois relativement importants (surtout dans le SUD du LEBZENIA).

1.5 - Le gisement de HAOUEWA

Les formations ferrugineuses de HAOUEWA s'individualisent en un massif allongé N-S, s'étendant sur plus de trente km au Nord, elles disparaissent (soit par passage latéral à des quartzites, soit par fermeture tectonique ?) au niveau du guelb HAOUEWA, tandis qu'au SUD, les formations duniaires de l'AZEFAI oblitèrent les affleurements.

Ce gisement est situé, d'autre part, à l'EST (40 Km environ) du gisement du LEBZENIA et à plus de 60 Km au SUD du PK 202 de la voie de chemin de fer.

Malgré l'importance virtuelle de ce gisement, les travaux effectués à ce jour sont relativement restreints, du fait que, dès le départ, l'essentiel des travaux de recherches déjà

.../...

effectués ont été, ainsi qu'on le dira plus loin, concentrés sur le gisement du LEBZENIA.

Il a été exécuté un petit nombre (5) de coupes géologiques et magnétométriques, espacées de 5 Km. Les mesures magnétométriques montrent une bonne homogénéité avec les affleurements et semblent montrer que la masse des quartzites ferrugineux est homogène.

La reconnaissance de surface, bien qu'elle soit succincte, montre plusieurs bancs, plus ou moins réguliers, avec des interruptions ainsi que des stériles intercalaires.

La puissance moyenne des bancs, mesurée sur les 5 coupes exécutées, est de 300 m.

Un échantillonnage de surface sommaire a été également exécuté.

Le nombre d'échantillons prélevés est très faible par rapport à la masse des quartzites ferrugineux et les teneurs trouvées varient beaucoup d'un échantillon à l'autre : de 10 % à plus de 40 % Fe. La teneur moyenne des 13 échantillons est de 20,3 % Fe.

Il n'a pas été fait d'essais de séparation au tube Davis. A l'oeil nu, la cristallisation des oxydes de fer semble très fine et du même ordre de grandeur que celle des quartzites ferrugineux du LEBZENIA.

Les réserves potentielles de ce gisement sont sûrement très importantes mais les quartzites ferrugineux semblent en moyenne très pauvres en Fe, bien que, du point de vue faciès, ils ressemblent beaucoup à ceux du LEBZENIA.

1.6 - Le gisement du LEBZENIA

Les roches ferrugineuses du LEBZENIA affleurent suivant un massif allongé, ayant une direction générale NORD-SUD magnétique. La longueur de ce massif dépasse 25 Km et la largeur moyenne est un peu supérieure à 300 m.

Ce massif est bien marqué dans la topographie de la région, bien que les roches ferrugineuses, comme les roches encaissantes, soient profondément altérées. Cependant, une couverture de type latéritique récente semble avoir protégé les roches ferrugineuses et détermine un ressaut topographique souvent très net de quelques mètres de hauteur. Des reliefs encore plus accentués, ont été parfois conservés et dominent la plaine de plus de 30 m.

Bien que les réserves potentielles des deux gisements du TASIAST soient également considérables, on a choisi de concentrer les travaux de recherches sur le gisement du LEBZENIA pour les raisons suivantes :

- le LEBZENIA renferme des bancs plus massifs et plus marqués dans la topographie. Ceci traduit une tendance plus quartzitique des roches ferrugineuses du LEBZENIA et donc une plus grande richesse en fer. D'autre part, la massivité plus grande des affleurements est un indice favorable pour une plus grande homogénéité des masses ferrugineuses,

.../...

- le LEBZENIA est plus proche de l'Océan Atlantique : 70 Km contre 110 Km pour le HAOUEWA,
- le LEBZENIA est plus proche de la voie ferrée que le HAOUEWA d'environ 20 Km,
- le LEBZENIA est plus proche de NOUADHIBOU que le HAOUEWA d'environ 40 Km, le prix de revient du transport sera donc inférieur.-

1.7 - Description du gisement du LEBZENIA

Le massif de roches ferrugineuses se subdivise en trois zones

- la Zone NORD, comprise entre l'extrémité NORD du massif et la coupe K.
Elle est caractérisée par des bancs pseudo-lenticulaires, hachés et décalés par une série de failles parallèles NE-NW, qui semblent les découper en pseudo-compartiments. La puissance de ces bancs est également très variable, de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres,
- la Zone "CENTRALE", comprise entre les profils L, au NORD et V, au SUD,
Cette zone est beaucoup plus homogène que la précédente. La puissance des bancs est plus importante et peut atteindre près de 700 m.
- la Zone "SUD", est séparée de la précédente par un grand oued large de plus d'un Km. Elle est constituée par un encroutement latéritique enchassant quelques bancs, peu épais, de roches ferrugineuses, qui affleurent très mal.

1.8 - Place du LEBZENIA dans la géologie du TASIAST

Les roches ferrugineuses du LEBZENIA, comme celles de HAOUEWA, sont placées au sommet de l'ensemble métamorphique, lui même représentant le terme supérieur de la série du TASIAST.

Le LEBZENIA est inclus dans un des grands synclinoriums, d'axe NORD-SUD, qui marquent l'ensemble métamorphique du TASIAST.

La foliation métamorphique est très bien marquée dans les roches ferrugineuses. Il a pu être mis en évidence deux linéations principales : la première étant subverticale, la seconde faiblement pentée.

Les pendages des couches sont souvent verticaux ou fortement pentés (65° à 80°) vers l'OUEST.

1.9 - Lithologie des roches ferrugineuses

a) Généralités

Les roches ferrugineuses du LEBZENIA sont formées principalement de quartz, d'oxydes de fer et de silicates et de carbonates, plus ou moins ferrugineux, en quantité variable. En réalité, on a affaire à une série continue de roches qui évoluent entre les pôles quartzitiques, schisteux ou calcschisteux, suivant les proportions relatives des différents constituants minéralogiques.

Ces roches ont une structure anisotrope très marquée, donnant des lits alternés, millimétriques à plurimétriques. La constitution de chacun des lits est variable.

b) Minéralogie - Structure et Texture des roches ferrugineuses

- Minéralogie : Les phases minérales mises en évidence par diffractométrie X sont les suivantes :

- quartz,
- oxydes de fer : magnétique et martite,
- carbonates de fer : ankérite et sidérose
- silicates de fer : amphiboles, micas (brotite, chlorite, stilpnomélane)

Structure des roches ferrugineuses

Les roches ferrugineuses du LEBZENIA présentent un aspect fortement lité à l'oeil nu. A l'affleurement, le débit de la roche est plaquetée suivant la proportion des minéraux phylliteux et leur répartition, le débit est variable, depuis des plaques centimétriques jusqu'à des plaquettes très fines. Lorsque le débit est grossier, les roches affleurent bien et marquent des reliefs dans la topographie. Au contraire, lorsque le débit est fin, les roches sont plus fortement altérées et les affleurements forment des fonds topographiques au relief très mou.

L'examen à l'oeil nu d'un morceau de carotte du sondage F2 montre que la structure anisotrope s'individualise à deux niveaux :

- un niveau, que l'on pourrait appeler "grossier" marqué par des alternances centimétriques de lits clairs et de lits verts sombres,
- un niveau, que l'on pourrait appeler "fin", marqué par un deuxième litage à l'intérieur de chaque "lit" grossier. Ce deuxième litage est en général plus fin, de l'ordre du millimètre et est formé par des alternances de lits où on a un mélange, en proportions très variables, de quartz, de silicates et d'oxyde de fer.

En particulier, les oxydes de fer semblent s'individualiser en lits très fins, noirs, soit à l'intérieur des gros lits clairs, soit à l'intérieur des gros lits verts sombres.

Texture des roches ferrugineuses

On retrouve au microscope l'anisotropie marquée par l'alternance de lits de composition variable ;

L'étude de quelques lames minces semble montrer les alternances principales suivantes :

- lit de quartzite stérile, parfois carbonaté,
- lit à quartz - carbonates - oxydes,
- lit à quartz - phyllites - oxydes,
- lit à phyllites - oxydes.

La cristallisation des différents minéraux est en général extrêmement fine, bien que l'on ait remarqué parfois la présence de phénocristaux d'oxyde de fer. On a obtenu des valeurs variant de 5 à plus de 150 microns, avec une moyenne proche de 40 - 50 microns.

Une analyse modale, effectuée sur un échantillon a montré quatre familles principales de cristaux (20, 80, 160 et 315 microns). En moyenne, il semble que la grosseur de la cristallisation de la magnétite soit extrêmement variable non seulement à l'intérieur d'un échantillon mais aussi d'un banc à un autre ainsi que d'un secteur du gisement à un autre.

1.10 - Chimie

1°) Fer

La teneur moyenne de tous les échantillons titrant plus de 10% Fe est de 30,9% Fe (fer total).

Le gisement du LEBZENIA est probablement homogène en grand au regard de la teneur en Fe total. Cependant, il semble apparaître, au vu de la courbe de fréquence, une discontinuité à 27% Fer. On aurait :

- . une famille dont la teneur moyenne est égale à 22% Fe, (18% des échantillons)
- . une famille dont la teneur moyenne est égale à 32,8% Fe (82% des échantillons)

D'autre part, en comparant les teneurs obtenues par les sondages profil par profil, on peut distinguer trois secteurs dans le gisement :

- . secteur A à D = teneur moyenne égale à 30 - 31% Fe,
- . secteur E à U = teneur moyenne égale à 33 - 34% Fe,
- . secteur V à X = teneur moyenne égale à 30% Fe.

Répartition du fer dans les différents minéraux ferrugineux

Quelques analyses minéralogiques quantitatives ont été effectuées et ont montré que le fer était réparti entre plusieurs phases minérales :

La moyenne (sur quatre échantillons) est résumée ci-après :

PHASE	MOYENNE	% Fe Contenu
Oxydes de fer	25,1	81
Carbonates	2,1	7
Silicate	3,9	12
Moyenne	31,1	100

.../...

2°) Silice et Alumine

La teneur moyenne (44,6 % Si O₂ recouvre en réalité de fortes variations (35 à 55%² Si O₂)

Il en est de même pour l'alumine (0,8 à 10% Al₂O₃)

3°) Autres éléments

- Le PHOSPHORE est en général à teneur faible dans le tout-venant, même si, là aussi, on observe de fortes variations d'un échantillon à l'autre. La teneur moyenne est de 0,021% P.

De plus le phosphore ne semble pas lié au fer et les concentrés sont remarquablement purs.

Les autres éléments, n'ont pas encore fait l'objet de mesures précises. On a noté, suivant des analyses qualitatives, la présence de Ca, K, Ti, S et Cl.

1.11 - Définition des minerais

On a distingué, suivant les proportions relatives des différents minéraux constituant la roche, les faciès suivants :

- quartzites lités à magnétite, roche dans laquelle la proportion de quartz en volume est égale au moins à 50%.
- quartzo-schistes lités à magnétite où le quartz et les micas sont dominants et en proportions relativement égales.
- quartzo-calcschistes lités à magnétite où à côté du quartz et des micas les carbonates apparaissent en quantité notable.
- micaschistes à magnétite où ce sont les micas qui dominent
On n'a pas pu faire un essai de régionalisation de ces types de minerais, car les affleurements sont très souvent mauvais. Mais ce travail sera à reprendre lors des recherches qui vont être entreprises. En effet, les quartzites à magnétite semblent être plus riches en fer récupérables et pourraient donc constituer un meilleur minerai pour l'enrichissement.

1.12 - Magnétisme

1°) Magnétisme au sol

La carte interprétative des levés magnétométriques au sol a montré neuf zones anomaliées. Elles se répartissent en deux bandes parallèles dont l'espacement varie de moins de 100 m (profil L à R) à 250 - 400 m (profils S à W) et 500 m (profils E à I).

Ces anomalies ont été classées en se basant sur la valeur de l'intensité vraie d'aimantation IV, qui devrait refléter l'importance relative du corps magnétique. On n'a pas pu encore faire la corrélation entre les données géophysiques et les données de terrain ; ce travail reste à faire.

.../...

D'autre part, on a essayé de corréler les données géophysiques ayant trait à la détermination du tort du corps magnétique et celles résultant d'essais de séparation au tube Davis ; à première vue, il n'apparaît pas de corrélation, mais il faudrait reprendre l'interprétation des mesures géophysiques en s'aidant des résultats Tube Davis pour essayer de caler celles-ci.

2°) Détermination de la hauteur d'oxydation

Tous les échantillons de cuttings et de carottes ont subi un essai de séparation au Tube Davis, après broyage à 80 microns pour déterminer la quantité de magnétite. Cette méthode est valable lorsque tout le fer contenu dans la roche est sous forme de magnétite (ou hématite), comme pour les quartzites ferrugineux du TIRIS. Or, les roches ferrugineuses du LEBZENIA sont complexes et, en particulier, le fer est inégalement réparti dans trois phases minérales. On aura donc des variations des rendements et récupérations-métal au Tube Davis, même si l'on est dans la zone magnétique, puisque seule la magnétite est attirable à l'aimant.

L'observation seule permet de déterminer avec assez d'exactitude la frontière entre minerais oxydé et minerais magnétique. Or, jusqu'à maintenant, seuls deux sondages carottés (F1 et F2) ont été exécutés sur le profil F : on voit très bien le passage sur les carottes de la zone oxydée à la zone magnétique par changement de la couleur des carottes, qui passe du rouge au brun-rouge, puis au vert sombre, au fur et à mesure que l'on s'approfondit.

Dans les forages percutants, on a essayé de faire également la même corrélation, basée sur la couleur des cuttings qui passe du jaune et rouge, dans la zone oxydée à gris bleu et vert dans la zone magnétique.

En définitive, il semble apparaître une corrélation relativement bonne entre la couleur et la récupération métal du Tube Davis : la coupure entre zone oxydée et zone magnétique se placerait à une valeur égale à 50%.

La hauteur d'oxydation est très variable le long du gisement, elle peut être pratiquement inexistante jusqu'à dépasser les 100 mètres de profondeur.

On a pu également déterminer la quantité de "fer magnétique", donc récupérable, dans la zone magnétique : celle-ci varie de 16 à 22%.

1.13 - Classification et régionalisation des minerais

Le gisement du LEBZENIA se présente comme relativement uniforme à grande échelle, du moins actuellement. Mais à côté de cette homogénéité en grand, il existe une grande diversité lorsqu'on regarde le gisement à plus petite échelle.

On a pu, ainsi, distinguer valablement (même si les données actuelles ne sont pas pleinement représentatives de deux "faciès" de minerais, que nous avons appelé :

.../...

- . roches ferrugineuses "à tendance quartzitique" ou RFQ, où le pourcentage de carbonates et silicates est plus faible que la moyenne .
- . roches ferrugineuses "à tendance schisteuse" ou RFS, où le ~~pourcentage est nettement plus élevé.~~

Ces deux "faciès s'individualisent par une nette différence entre les teneurs en Fe total : 32,8% en moyenne pour les RFQ et 27,2 % Fe pour les RFS, ainsi que pour le Fe magnétique 19,5 % pour l'un et 16,3% pour l'autre.

D'après les métrages de minerai traversés, le pourcentage de minerais RFQ serait de 66%, tandis que celui de RFS serait de 34%.

Cependant, il faut bien dire que toutes ces données demandent à être confirmées par des sondages complémentaires.

Au regard de la teneur en fer magnétique et de la grosseur des grains de la magnétite, il semble apparaître une régionalisation de part et d'autre d'une ligne située au NORD de la ligne L.

En particulier le secteur compris entre les sections L et S paraît être le meilleur.

On a reporté sur le tableau ci-après les données concernant les traversées minéralisées cumulées, la profondeur d'oxydation, les teneurs en Fe de la zone oxydée et de la zone magnétique, les teneurs en Fe des concentrés oxydés et magnétiques et, enfin la teneur en Fe magnétique.

Il apparaît de ce tableau que la partie SUD du gisement, entre les profils L et U, est nettement meilleure, en particulier des points de vue réserves, hauteur d'oxydation et maille de libération.

1.14 - Réserves probables

Les réserves potentielles sont considérables et se chiffrent à plusieurs milliards de tonnes, exploitables avec un faible taux de découverte.

On pourra donc ne s'intéresser, dans un premier temps, qu'à une partie de celles-ci et donc essayer de choisir la zone qui sera la meilleure au point de vue aptitude à l'enrichissement.

L'intérêt économique potentiel des roches ferrugineuses du LEBZENIA a été signalé pour la première fois en 1971. Depuis cette date, un permis de recherche a été demandé et obtenu, et on a effectué un certain nombre de travaux de terrain et d'études de laboratoire.

1. Travaux de terrain

a) Topographie

Une base longétudinale a été matérialisée sur le terrain, et des sections transversales A, B, C... Y, ont été implantées tous les kilomètres.

b) Géologie

Les travaux suivants ont été effectués :

- . lever métré de chaque section transversale repérée par une lettre (A, B, C etc)
- . quelques tranchées
- . échantillonnage de surface

c) Sondages

Une campagne de sondages a été conduite de façon à recouper les formations minéralisées dans des plans verticaux perpendiculaire à la base longitudinale. Le métrage total a été de 2 492 m, se décomposant ainsi :

- . 1 770 m de sondages percutants inclinés à 60° sur l'horizontale, vers l'EST (sections A, C, D, E, G, I, L, N, Q, S, U, V, X). Nombre total de sondages : 15.
- . 282 m de sondages percutants verticaux sur des tâches de minéral riche.
Nombre total de sondages : 9
- . 440 m de sondages carottés à 60° sur l'horizontale, vers l'EST (trois sondages dans la section F)

Les sondages carottés ont été implantés dans la section F choisie pour sa représentativité apparente.

d) Magnétométrie

Une campagne de magnétométrie au sol a été réalisée. Les mesures ont été effectuées sur les mêmes sections transversales que les levés géologiques. Une carte isogramme au 1/30 000 a été dressée par la Compagnie Générale de Géophysique.

e) Puits

La SNIM fait actuellement procéder au creusement d'un certain nombre de puits répartis sur le gisement. Des échantillons de quelques tonnes pourront être constitués à partir des matériaux extraits.

.../...

2. Travaux de Laboratoire

Les travaux de Laboratoire suivants ont été réalisés :

- . Etude photogéologique structurale
- . Analyse minéralogique qualitatives et quantitatives au Laboratoire
~~de Pétrologie de l'Université de NANCY~~
- . Analyses chimiques pour Fe - Si O_2 , Al_2O_3 , P , CO_2 , Perte au Feu
- . Essais au Tube Davis pour mesurer le degré de magnétisme
- . Essais de détermination de la maille de libération
- . Essais d'orientation d'enrichissement à la ROYAL SCHOOL OF MINES
de LONDRES et au Laboratoire de la SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE
ET MINIERE de ZOUEATE (République Islamique de MAURITANIE)

L'intérêt économique potentiel des roches ferrugineuses du LEBZENIA a été signalé pour la première fois en 1971. Depuis cette date, un permis de recherche a été demandé et obtenu, et on a effectué un certain nombre de travaux de terrain et d'études de laboratoire.

1. Travaux de terrain

a) Topographie

Une base longétudinale a été matérialisée sur le terrain, et des sections transversales A, B, C... Y, ont été implantées tous les kilomètres.

b) Géologie

Les travaux suivants ont été effectués :

- . lever métré de chaque section transversale repérée par une lettre (A, B, C etc)
- . quelques tranchées
- . échantillonnage de surface

c) Sondages

Une campagne de sondages a été conduite de façon à recouper les formations minéralisées dans des plans verticaux perpendiculaire à la base longitudinale. Le métrage total a été de 2 492 m, se décomposant ainsi :

- . 1 770 m de sondages percutants inclinés à 60° sur l'horizontale, vers l'EST (sections A, C, D, E, G, I, L, N, Q, S, U, V, X). Nombre total de sondages : 15.
- . 282 m de sondages percutants verticaux sur des tâches de minerai riche.
Nombre total de sondages : 9
- . 440 m de sondages carottés à 60° sur l'horizontale, vers l'EST (trois sondages dans la section F)

Les sondages carottés ont été implantés dans la section F choisie pour sa représentativité apparente.

d) Magnétométrie

Une campagne de magnétométrie au sol a été réalisée. Les mesures ont été effectuées sur les mêmes sections transversales que les levers géologiques. Une carte isogramme au 1/30 000 a été dressée par la Compagnie Générale de Géophysique.

e) Puits

La SNIM fait actuellement procéder au creusement d'un certain nombre de puits répartis sur le gisement. Des échantillons de quelques tonnes pourront être constitués à partir des matériaux extraits.

.../...

2. Travaux de Laboratoire

Les travaux de Laboratoire suivants ont été réalisés :

- . Etude photogéologique structurale
- . Analyse minéralogique qualitatives et quantitatives au Laboratoire de Pétrologie de l'Université de NANCY
- . Analyses chimiques pour $\text{Fe} - \text{Si O}_2$, Al_2O_3 , P , CO_2 , Perte au Feu
- . Essais au Tube Davis pour mesurer le degré de magnétisme
- . Essais de détermination de la maille de libération
- . Essais d'orientation d'enrichissement à la ROYAL SCHOOL OF MINES de LONDRES et au Laboratoire de la SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE ET MINIERE de ZOUERATE (République Islamique de MAURITANIE)

ETUDE D'UN PORT

D'UNE CAPACITE DE CHARGEMENT DE 30 000 000 TONNES PAR AN

1. - Les différentes études faites sur le port de chargement de Point Central ont montré que la capacité limite de chargement de ce port peut être estimé à 14 000 000 tonnes par an.
2. - Monsieur ABDEL FETTAH définit comme suit les tonnages annuels d'exportation de minerai de fer qu'il convient d'envisager en fonction des projets en cours :

En 1983	: 9 000 000 t
De 1983 à 1985	: 10 500 000 t
De 1985 à 1986	: 13 250 000 t
De 1986 à 1990	: 13 500 000 t
De 1991 à 1995	: 15 000 000 t
De 1996 à 1999	: 21 000 000 t
En 2000	: 30 000 000 t

Une extension du port actuel ou la construction d'un nouveau port doivent donc être envisagées.

En raison :

- . d'une part de la vétusté du port actuel,
- . d'autre part du tirant d'eau maximum des navires pouvant être chargés à ce quai, tirant d'eau actuellement limité à 52' (15,85 m) et, dans certaines conditions de marée, à 53' (16,15 m), valeurs insuffisantes compte-tenu de l'augmentation, au cours de dix dernières années, du tonnage moyen et du tonnage maximum des minéraliers,

la solution qui s'impose est celle de la construction d'un nouvel appontement.

Le premier point à définir est celui du tonnage maximum des minéraliers à charger au nouveau poste. Monsieur OLLIERO résume les résultats d'une étude qui a été faite récemment par SOCOMINE à partir d'informations fournies par le LLOYD'S REGISTER concernant les 242 minéraliers purs (OC) ou navires mixtes (OBO et OO) mis en service entre les années 1972 et 1980.

La répartition par classes de tonnage de ces navires est la suivante :

tpl (kt)	N	%	tpl (kt)	N	%	tpl (kt)	N	%
20-30	1	0,413	110-120	25	10,330	200-210	0	0
30-40	1	0,413	120-130	20	8,264	210-220	4	1,653
40-50	7	2,893	130-140	29	11,983	220-230	9	3,719
50-60	3	1,240	140-150	4	1,653	230-240	3	1,240
60-70	2	0,827	150-160	18	7,438	240-250	3	1,240
70-80	15	6,198	160-170	39	16,116	250-260	0	0
80-90	10	4,132	170-180	4	1,653	260-270	7	2,892
90-100	4	1,653	180-190	2	0,827	270-280	3	1,240
100-110	27	11,157	190-200	1	0,413	280-290	1	0,413

Les tirants d'eau à pleine charge varient dans des proportions assez larges pour une même catégorie de navires.

Catégorie	20-30	: 9,87	Catégorie	160-170	: 16,98 à 17,93
"	30-40	: 10,38	"	170-180	: 17,68 à 18,00
"	40-50	: 11,80 à 12,47	"	180-190	: 17,99 à 18,03
"	50-60	: 12,30 à 12,65	"	190-200	: 19,30
"	60-70	: 13,25 à 13,79	"	200-210	: p.m.
"	70-80	: 12,15 à 15,79	"	210-220	: 19,10 à 19,15
"	80-90	: 13,97 à 14,82	"	220-230	: 20,41 à 21,80
"	90-100	: 14,58 à 15,14	"	230-240	: 20,49 à 20,51
"	100-110	: 14,63 à 16,23	"	240-250	: 20,46 à 20,49
"	110-120	: 14,10 à 17,54	"	250-260	: p.m.
"	120-130	: 15,73 à 17,20	"	260-270	: 20,61 à 21,99
"	130-140	: 16,09 à 17,52	"	270-280	: 21,08 à 21,99
"	140-150	: 18,09 à 18,24	"	280-290	: 21,69
"	150-160	: 16,47 à 18,23			

Pour estimer la capacité de réception, par un port, de tout ou partie de la flotte de 242 navires mis en service de 1972 à 1980, on établit le tableau donnant, par tranches de 50 cm de tirant d'eau :

- le nombre n de navires
- le pourcentage $\% N$ du nombre total de navires
- le tonnage cumulé tpl_c correspondant
- le pourcentage $\% tpl_c$ du tonnage total

Le résultat de ce calcul est donné par les tableaux suivants qui donnent en outre le tonnage moyen tpl_m des navires de chaque tranche de tirant d'eau de 50 cm.

TE(m)	9,50-10,50	10,51-11,50	11,51-12,00	12,01-12,50	12,51-13,00
n	2	0	3	6	2
% N	0,826	0	1,240	2,479	0,826
tpl _c	55 904	0	120 890	329 824	108 340
% tpl	0,166	0	0,358	0,978	0,321
tpl _m	27 952	0	40 297	54 970	54 170

TE(m)	13,01-13,50	13,51-14,00	14,01-14,50	14,51-15,00	15,01-15,50
n	3	6	7	14	15
% N	1,240	2,479	2,893	5,785	6,198
tpl _c	210 513	464 885	589 201	1 220 859	1 553 850
% tpl	0,624	1,378	1,747	3,619	4,607
tpl _m	70 171	77 480	84 171	87 204	103 590

TE(m)	15,51-16,00	16,01-16,50	16,51-17,00	17,01-17,50	17,51-18,00
n	15	41	22	31	29
% N	6,198	16,942	9,091	12,810	11,984
tpl _c	1 590 324	5 306 584	3 059 488	4 297 643	4 898 092
% tpl	4,715	15,732	9,070	12,741	14,521
tpl _m	106 022	129 429	139 068	138 634	168 900

TE(m)	18,01-18,50	18,51-19,00	19,01-19,50	19,51-20,00	20,01-20,50
n	15	0	5	0	11
% N	6,198	0	2,066	0	4,545
tpl _c	2 413 674	0	1 062 857	0	2 567 801
% tpl	7,156	0	3,151	0	7,613
tpl _m	160 912	p.m.	212 571	p.m.	233 436

TE(m)	20,51-21,00	21,01-21,50	21,51-22,00
n	7	3	5
% N	2,894	1,240	2,066
tpl _c	1 749 131	1 814 711	1 316 356
% tpl	5,185	2,415	3,903
tpl _m	249 876	271 570	263 271

Pour un port capable de recevoir des navires d'un tirant d'eau x , le tableau suivant donne :

- d'une part la proportion % N du nombre de navires mis en service entre 1972 et 1980 que ce port peut recevoir.
- d'autre part la proportion correspondante du tonnage total % tpl de ces navires.

x(m)	10,50	11,50	12,00	12,50	13,00	13,50	14,00
% N	0,826	0,826	2,066	4,545	5,371	6,611	9,090
% tpl	0,166	0,166	0,524	1,502	1,823	2,447	3,825

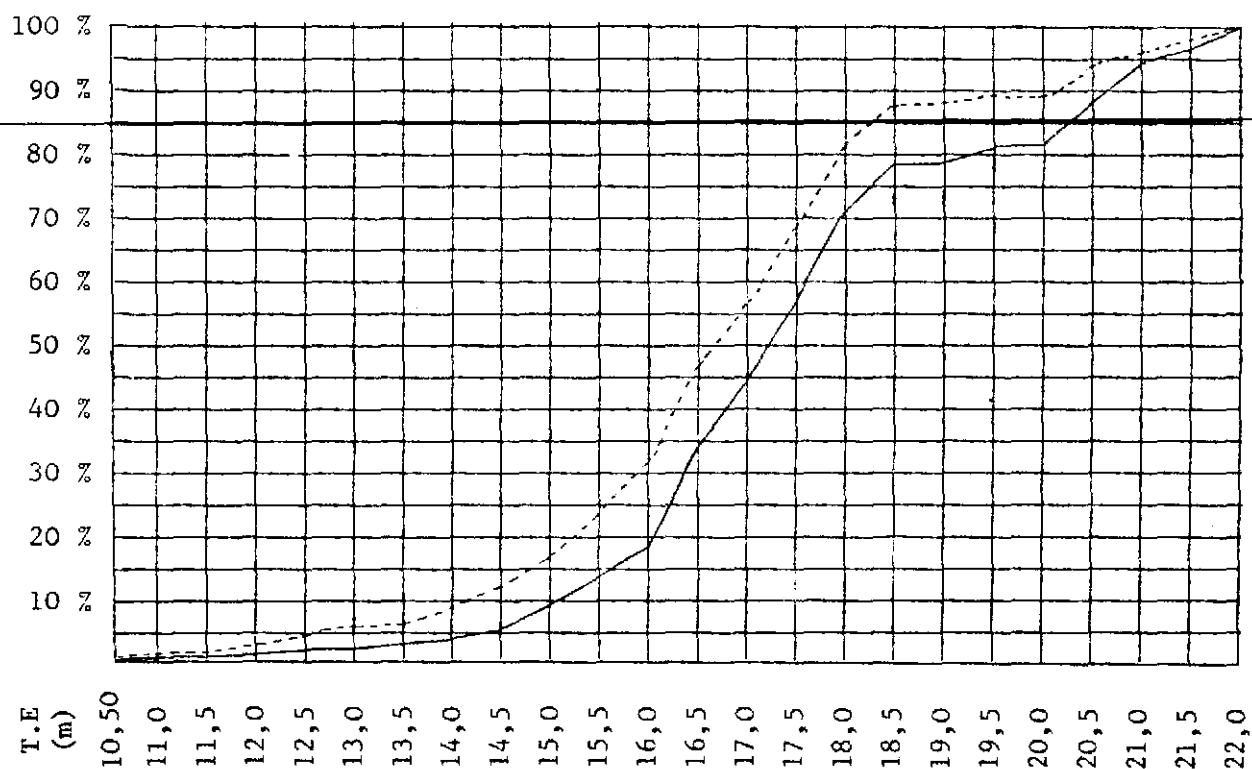
x(m)	14,50	15,00	15,50	16,00	16,50	17,00	17,50
% N	11,983	17,768	23,966	30,164	47,106	56,197	69,007
% tpl	5,572	9,191	13,798	18,513	34,245	43,315	56,056

x(m)	18,00	18,50	19,00	19,50	20,00	20,50	21,00
% N	80,891	87,189	87,189	89,255	89,255	93,800	96,694
% tpl	70,577	77,733	77,733	80,884	80,884	88,497	93,682

x(m)	21,50	22,00
% N	97,934	100,000
% tpl	96,097	100,000

Ces tableaux sont résumés dans le graphique suivant où sont portés :

- en pointillés le pourcentage du nombre N de navires en fonction du tirant d'eau admissible dans le port
- en traits pleins le pourcentage du tonnage total des navires définis ci-dessus en fonction du tirant d'eau admissible dans le port



Si l'on fixe le tirant d'eau maximum admissible à 18,50 m, le port sera apte à recevoir 87 % environ des navires lancés entre 1972 et 1980, ces navires représentant 78 % environ du tonnage total mis en service pendant la même période. Ces proportions passent respectivement à 89 % et 81 % environ pour un tirant d'eau maximum admissible de 21 m. Une augmentation de profondeur de 1,50 m correspondrait à une dépense d'autant plus importante que la proportion de terrain rocheux à draguer augmente rapidement avec la profondeur. Un tel approfondissement correspondrait à un gain minime sur la capacité de réception du port. L'évolution du tonnage moyen et du tonnage maximum des minéraliers purs (OC), des mixtes OIL BULK OIL (OBO) et ORE-OIL (OO) mis en service de 1972 à 1980 a, par ailleurs, été la suivante, N étant le nombre de navires qui ont été mis en service dans l'année considérée, Tmo le tonnage moyen de ces navires et Tmax le tonnage maximum.

OC

	N	Tmo	Tmax		N	Tmo	Tmax
72	8	137 360	227 548	77	4	96 913	137 061
73	4	135 553	227 558	78	4	103 479	129 829
74	2	126 045	135 748	79	0		
75	2	116 354	118 064	80	0		
76	3	129 282	137 240				

OBO

	N	Tmo	Tmax		N	Tmo	Tmax
72	27	112 129	169 428	77	9	109 890	123 866
73	22	122 899	169 090	78	9	97 163	123 465
74	22	113 435	162 465	79	6	70 185	131 000
75	13	109 396	162 465	80	2	86 160	101 590
76	9	117 786	169 044				

OO

	N	Tmo	Tmax		N	Tmo	Tmax
72	22	190 977	268 767	77	10	156 190	248 228
73	30	184 848	282 462	78	3	97 270	131 812
74	11	190 825	270 355	79	2	133 758	133 758
75	8	160 789	264 999	80	2	133 755	133 758
76	8	158 174	191 018				

La tendance à l'augmentation des tonnages moyen et maximum semble donc arrêtée.

Il semble donc raisonnable de prévoir le nouveau poste de chargement pour un tirant d'eau de 18 m à 18,50 m correspondant à des navires de 180 000 à 190 000 tpl.

3. - La situation des fonds dans le chenal d'accès au poste actuel et dans la zone d'évolution située devant ce quai est représentée sur la carte marine "Abords du Cap Blanc - Accès de NOUADHIBOU - Edition n° 3 1976". Les cotes auxquelles le grès a été rencontré au cours de la campagne de sondages effectuée en Mai-Juin 1969 sont représentées sur la carte MIFERMA n° 1735 du 8 Août 1969.

Sous réserve d'une étude plus précise, les pieds de pilote à prendre en compte sont de 2 m pour le chenal intérieur en baie du LEVRIER et de 4 m pour le chenal extérieur compte-tenu :

- du "squat" ou enfoncement du navire en marche qui est de l'ordre de 0,50 m à une vitesse de 8 et 9 noeuds
- du roulis correspondant à un enfoncement latéral de 1,64 m pour 4° pour un navire de 180 000 tpl de 47 m de largeur
- de la profondeur minimale indispensable pour gouverner

Pour un tonnage maximum de 190 000 tpl, les profondeurs minimales suivantes seraient à prévoir compte-tenu de la cote des PBMVE : 0,34 m

- dans le chenal intérieur et la zone d'évolution :
 $- 18,50 + 0,34 - 2,00 = - 20,16 \text{ m}$ soit : - 20,20 m
- dans le chenal extérieur :
 $- 20,50 + 0,34 - 2,00 = - 22,16 \text{ m}$ soit : - 22,20 m

4. - Les implantations suivantes sont envisagées pour le nouveau poste de chargement :

4.1. - Implantation n° 1

Solution n° 1

Immédiatement au Sud du poste pétrolier existant dans une région où les fonds naturels sont à - 21,00 et où la passerelle de desserte aurait une longueur de 570 m.

4.2. - Implantation n° 2

A 900 m environ au Nord du Cap Blanc sur la côte Ouest de la presqu'île. A cet emplacement, la longueur de la passerelle de desserte serait de 450 m environ. Trois solutions peuvent être envisagées pour cette implantation :

Solution n° 2.1

Au poste d'accostage est associée une zone d'évolution dont le diamètre, à fixer en accord avec le service de pilotage de la SNIM serait de l'ordre de 1000 m. Cette zone est celle qui, sous réserve que le bed-rock ne se trouve pas à faible profondeur, se prête le mieux au dragage d'une zone d'évolution comme le montre la carte au 1/15 000 de la côte Est de la presqu'île du Cap Blanc, les fonds de 20 m s'étendant jusqu'à 900 m environ de la côte.

Solution n° 2.2

Les navires chargés à ce poste utiliseraient la zone d'évolution de poste actuel.

Solution n° 2.3

Le retournement des navires chargés serait assuré avec le concours de remorqueurs et la surface de zone d'évolution serait réduite au minimum .

Ces trois solutions sont compatibles avec l'utilisation des installations à terre existantes (culbutage, mise à stock et reprise) qui devront être progressivement renouvelées en raison de leur vétusté, modifiées et complétées pour être compatibles avec une cadence de chargement croissante, la collecte de minerai à la sortie du stock devant être assurée par un ou deux convoyeurs placés le long de la falaise.

Leurs avantages et inconvénients respectifs sont :

Solution n° 1

Avantages

- a) Elle nécessite le convoyeur d'évacuation de longueur minimum et est à proximité immédiate des différents services implantés au Point Central.
- b) Les conditions nautiques (régime des courants en particulier) y sont bien connues et il est vraisemblable ⁽¹⁾ que les manoeuvres d'accostage et d'appareillage y seront possibles pour les plus gros navires.

Inconvénient

Elle nécessite le dragage du chenal sur une longueur de 4,5 km environ et de la zone d'évolution.

Solution n° 2.1

Avantages

- a) Elle correspond à des dragages réduits par rapport à la solution n° 1 sous réserve de la vérification de la cote du bed-rock dans la zone d'évolution.
- b) Elle réduit au minimum la distance à parcourir par les navires avant et après leur chargement.

Inconvénients

- a) Elle nécessite un transporteur d'évacuation de 4,5 km environ et le poste de chargement se trouve à 5 km environ des installations de Point Central.
- b) Les courants, au droit de l'implantation n° 2 sont plus forts qu'au droit de l'implantation n° 1. Il n'ont pas été mesurés. On ne pourra conclure à la possibilité de manoeuvre sans remorqueur(s) qu'après la mesure de ces courants et les études et essais définis en renvoi (1). Si les manoeuvres sans remorqueurs sont impossibles, cette solution est à abandonner au profit de la solution 2.3.

(1) Monsieur MAUSSET précise qu'il n'a pas l'expérience des navires de 190 000 tpl et qu'il serait nécessaire d'étudier sur place les manoeuvres de tels navires à ANTIFER et à FOS et de faire des essais au centre d'entraînement SOGREAH de PORT REVEL

Solution n° 2.2

Elle correspondrait au minimum de dragages (dragage du seul chenal extérieur) si les navires pouvaient être tous chargés cap au Sud, les navires sur ballast, donc à tirant d'eau réduit utilisant le chenal existant et la zone d'évolution existante (sous réserve de l'augmentation de 900 à 1000 m du diamètre de cette zone) pour se présenter devant le poste de chargement. Les vents dominants et régnants étant de secteur NNW-NNE, 95 % des navires accostent cap au Nord à l'appontement existant. Cette solution perd tout intérêt par rapport à l'implantation n° 1 si les accostages cap au Sud ne sont pas admis.

Solution n° 2.3

Avantages

- a) Elle correspond au minimum de dragage.
- b) Comme pour la solution n° 2.1

Inconvénients

- a) Comme pour la solution n° 2.1
- b) Comme pour la solution n° 2.1
- c) Elle nécessite l'achat de remorqueurs dont le nombre et la puissance ne pourront être déterminés qu'après la mesure des courants et les études et essais définis en renvoi (1). Les dépenses d'exploitation du port seraient, en outre, fortement majorées par les frais d'exploitation et de maintenance (carénage et réparations) des remorqueurs.

5. - Le tirant d'eau d'un navire de 250 000 tpl est de 21 m environ.

En site non protégé, la profondeur minimum nécessaire pour un tel navire est de 25 m. La construction, sur la côte Est de la presqu'île du Cap Blanc d'un poste de chargement à cette cote nécessitant des dragages très importants, sans doute prohibitifs.

On trouve une telle profondeur à 2100 m environ à l'Ouest du Cap DUBOUCHAGE sur la côte Ouest de la presqu'île et on pourrait envisager la construction au large de ce cap d'un poste de chargement non protégé ou protégé par un brise-lames.

Un poste non protégé devrait être orienté dans la direction des houles régnantes qui semble être NNW. Le problème qui se pose alors est celui du taux de disponibilité d'un tel poste. L'expérience montre que l'amplitude maximum de la houle compatible avec les manoeuvres d'approche et les opérations de chargement est de l'ordre de 2,50 m, l'amplitude maximale admissible n'étant pas la même suivant que la direction de la houle est parallèle à l'appontement ou possède une composante transversale. Elle est également fonction de l'amplitude de la période propre, donc du tonnage du navire. Le problème consiste donc à déterminer la répartition, par directions, des houles d'une amplitude supérieure à une amplitude donnée. Cette détermination se fait :

- par enregistrement au houlographe des amplitudes et périodes de la houle et par observation visuelle des directions de propagation des crêtes de houle sur une période d'une année environ
- par la recherche de corrélations entre les amplitudes enregistrées et les amplitudes observées au large dans les zones génératrices des houles mesurées au rivage (exploitation des synships, du North Atlantic Atlas, des Ocean's Waves Statistics)
- par l'établissement de prévisions à long terme à partir des observations faites au large sur une longue période et des corrélations ainsi établies

Un poste de chargement pourrait être protégé par un brise-lames construit en travers des houles régnantes. Le calcul et l'expérience montrent qu'en raison de la diffraction de la houle aux deux extrémités du brise-lames, une protection suffisante ne peut être obtenue qu'en donnant à cet ouvrage une longueur très supérieure à celle du plus gros navire à protéger. Le coût d'un tel ouvrage est prohibitif et une telle construction ne peut guère être envisagée dans une région dépourvue de matériaux rocheux comme la presqu'île du Cap Blanc.

En toute hypothèse, l'exploitation d'un terminal isolé en mer avec ou sans protection ne peut pas être envisagée sans le concours de remorqueurs.

De telles études pourraient être entreprises pour le port minéralier de NOUADHIBOU mais les considérations développées ci-dessus quant à la répartition, par classes de tonnage, des navires mis en service au cours des dix dernières années montrent qu'il est plus raisonnable de chercher à utiliser dans les meilleures conditions économiques le site exceptionnellement protégé que constitue la baie du LEVRIER.

6. - Le but de l'étude à entreprendre consiste à établir le rapport de faisabilité technique et économique d'un nouveau terminal de chargement destiné à assurer la relève du terminal existant et capable, moyennant des extensions à définir techniquement et dans le temps d'assurer l'évacuation d'un tonnage annuel de 30 000 000 tonnes. Les phases de l'étude technique semblent devoir être les suivantes :

6.1. - Détermination du "spectre" c'est à dire de la répartition par classes de tonnage des navires à charger aux stades de 15 000 000 tonnes par an et de 30 000 000 tonnes par an. Cette étude sera faite d'après le BULK CARRIER REGISTER (navires actuellement en service avec leurs âges) par une enquête auprès du LLOYD'S REGISTER pour ce qui concerne les navires en commande et auprès d'armateurs pour tenter de dégager la tendance à l'évolution du tonnage moyen et du tonnage maximum au cours des prochaines années.

6.2. - Détermination du débit de chargement et du nombre de postes de chargement

Cette étude sera faite pour le stade de 15 000 000 tonnes par an et pour le stade de 30 000 000 tonnes par an. Le choix devra être fait entre :

- un poste unique équipé d'un seul chargeur
- deux postes avec deux chargeurs pouvant, suivant les cas, travailler chacun sur un navire ou tous les deux sur le même navire

L'étude sera faite par l'application de la théorie des files d'attente en recherchant par la méthode des bilans actualisés l'optimum entre les coûts d'investissement et de fonctionnement et le montant des surestaries ou le coût économique des navires en chargement ou en attente de chargement, le choix devant également tenir compte de la sécurité et de la souplesse d'exploitation que procurent deux postes équipés de deux chargeurs.

6.3. - Détermination des caractéristiques de l'appontement de chargement

- profondeur le long du front d'accostage : en principe - 20,20 m
- longueur de l'appontement : à déterminer, dans le cas d'un chargeur du type classique sur portique roulant en fonction :
 - . des caractéristiques des navires : distance entre l'avant et le panneau avant, longueur totale occupée par les panneaux, distance entre le panneau arrière et l'arrière
 - . de la longueur horizontale de la flèche tractée elle même fonction de la pente limite admissible pour les transporteurs, différente suivant que les produits exportés comprendront ou non des pellets
- distance entre les Ducs d'Albe d'amarrage extrêmes

- cote de l'appontement

~~A déterminer en même temps que les caractéristiques du chargeur,~~
lesquelles seront imposées par les conditions extrêmes de chargement suivantes :

- . navire de tonnage maximum en début de chargement sur ballast
- . navire de tonnage minimum en fin de chargement

- largeur de l'appontement

Imposée par la distance entre les rails de roulement du chargeur résultant elle même de l'équilibrage de ce dernier dans les conditions extrêmes de chargement définies ci-dessus

6.4. - Définition des stocks en fonction de l'évolution prévisible :

- du nombre de variétés de minerai à charger
- du tonnage annuel d'exportation de chacune des variétés de minerai

6.5. - Etude de la manutention à terre (culbutage, mise à stock et reprise) en fonction de la composition des stocks et des impératifs de chargement.

L'étude du port exigera une campagne de reconnaissance qui sera définie en accord avec la SNIM et dont le coût sera chiffré par SOCOMINE.

Cette campagne comprendra :

- a) Des mesures bathymétriques donnant la carte des fonds exacts dans le chenal extérieur, dans le chenal intérieur et dans la zone d'évolution qui serait associée à l'implantation n° 2. En même temps que les sondages bathymétriques, seraient effectuées en utilisant le même système de positionnement (MOTOROLA ou similaire) :
- des mesures de sismique réflexion en continu permettant d'évaluer l'épaisseur des sédiments meubles et donc de tracer les courbes isopaques (courbes d'égales épaisseurs des sédiments meubles) et la carte du bed-rock et fournissant des indications sur la nature des sédiments meubles
 - des sondages au vibro-carottier (vibro-sondeuse légère immergée) permettant le prélèvement d'échantillons sur une profondeur de 8 m suffisante pour le programme de sondages envisagé

b) Des mesures océanographiques

Le régime des marées est bien connu et aucune mesure complémentaire ne semble à prévoir. ~~Les mesures océanographiques à prévoir comprendraient seulement :~~

- des mesures de la vitesse et de la direction du courant le long de la côte Est à 9 m de profondeur au droit des fonds de - 20 m. En principe en trois points au moyen de courantographes immergés à bande enregistreuse mesurant la vitesse horizontale du courant et la direction par rapport au Nord magnétique vers laquelle porte le courant horizontal
- éventuellement des mesures d'amplitude et de période de la houle en deux points du chenal extérieur au moyen d'appareils autonomes (bouées DATAWELL), le relevé des directions de propagation de la houle ne pouvant se faire que visuellement avec une précision de l'ordre de 10° au moyen d'un goniomètre équipé d'un dispositif de visée des crêtes de houle (en principe deux enregistrements par jour).

c) Des mesures de la vitesse et de la direction du vent

Si elles sont jugées utiles par le service de pilotage. Ces mesures, peu onéreuses seraient effectuées en un point de la côte Est entre le Point Central et le Cap Blanc au moyen d'une station anémographique enregistreuse autonome.

7. - La SNIM procède par tracés de profils à des estimations de volume de dragages nécessaires dans certaines hypothèses. L'importance des travaux de dragages est illustrée par l'exemple suivant (référence télex SNIM NE/4321 du 27.11.81).

Dragages par un navire 200 000 tpi de caractéristiques : longueur 320 m, largeur 30 m, tirant d'eau 19,50 m, chenal intérieur de 4000 m de longueur et de 450 m de largeur. Dragué à - 21,50. Zone d'évitage actuelle dont le diamètre est porté à 1200 m et la cote à - 21,50. Chenal extérieur dragué à - 23,50

Le volume des dragages se décompose comme suit compte non tenu des talus :

- zone d'évitage : 9 640 000 m³
- chenal intérieur : 6 000 000 m³
- chenal extérieur : 36 000 000 m³

Total	51 640 000 m ³
-------	---------------------------

dont 5 000 000 m³ estimés, dans le grès, d'après les forages existants dans le chenal intérieur et la zone d'évitage.

Sur la base des prix unitaires suivants qui, au stade actuel des études n'ont qu'une valeur indicative :

- dragage dans le sable : 8 FF le m³

- dragage dans le grès : 80 FF le m³

on aboutit à une estimation de 773 M FF environ dont 373 M FF environ pour le terrain meuble et 400 M FF pour le grès.

Ces chiffres mettent en évidence :

- d'une part la nécessité de rechercher le tonnage maximum optimum à prendre en compte
- d'autre part l'absolue nécessité d'une détermination précise de la carte des fonds rocheux.

