



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

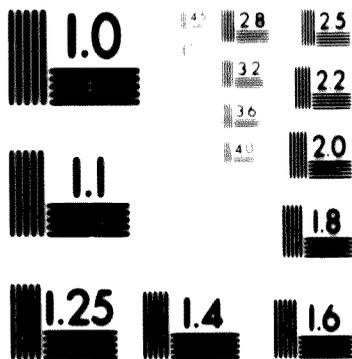
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

1 OF 2



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24 x
F



sofresid

siège social
35, bd de Sébastopol
75 - Paris (1^{er})
téléphone : 508.25.00

01047

SOPRESID

MYP 104

Mar 1972

01047

POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT

DE L'INDUSTRIE DU CUIVRE

EN MAURITANIE .

ETUDE DE PRE-FEASIBILITY

U. N. I. D. O.

Vienne

S O F R E S I D

MYP 104

S O M M A I R E

Chapitre 1	GENERALITES
- 2	ETUDE PRELIMINAIRE DU MARCHE DU CUIVRE
- 3	ETUDE DES PRODUCTIONS POSSIBLES
- 4	ETUDE ET DEFINITION DES APPROVISIONNEMENTS CORRESPONDANTS
- 5	CALCUL ECONOMIQUE DE RENTABILITE
- 6	CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE DU CUIVRE



sofresid



SOFRESID
/MP - MYP 104

CHAPITRE 1

GENERALITES

- 1.1 METHODOLOGIE DE L'ETUDE
- 1.2 SOURCES D'INFORMATIONS
- 1.3 SYSTEMES D'UNITES

1.1 METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Le développement de l'industrie du cuivre en Mauritanie suppose que soient réunies des conditions d'ordres très divers.

En premier lieu, l'existence d'un marché tant intérieur qu'international DEMANDEUR est déterminante; en effet, l'offre de la production mauritanienne doit trouver PRENEUR pour justifier le projet.

Donc une étude de marché est un élément nécessaire à l'élaboration de la décision. Tel est l'objet du Chapitre 2.

Autre facteur de la décision, les richesses actuelles et potentielles de la Mauritanie en cuivre. De cette analyse découle la définition des minerais à traiter et des sites possibles. Ceci permet d'étudier les différents procédés envisageables de traitement de ces minerais et les produits à fabriquer ainsi que l'environnement nécessaire à de telles productions. L'ensemble de cette étude est contenu dans les chapitres 3 et 4. Le chapitre 3 traite précisément des richesses en cuivre de la Mauritanie, des moyens de transformation et des produits que l'on peut fabriquer ainsi que des coûts correspondants en capital. Le chapitre 4 précise les conditions techniques et économiques d'approvisionnement et de fonctionnement des projets envisagés.

Tous les éléments sont alors définis et rassemblés pour permettre l'étude de la rentabilité des différents projets. Le chapitre 5 indique les niveaux successifs auxquels se situe cette étude de rentabilité et permet de dégager le bénéfice escomptable de chacun des projets pour un investisseur industriel, pour l'Etat mauritanien, pour la collectivité nationale.

En fonction des éléments chiffrés, résultats de l'étude technique et économique et des critères d'opportunité indiqués par l'étude du marché, le chapitre 6 permet, à titre de conclusion de l'étude, de dégager les conditions à réunir pour que le développement de l'industrie du cuivre en Mauritanie devienne opportun économiquement.

1.2 SOURCES D'INFORMATIONS

Les nombreuses informations recueillies en Mauritanie pour les besoins de cette étude sont dues à l'obligeance des administrations et Sociétés suivantes :

- Ministère des Finances
- Ministère de la Planification
- Ministère du Développement Industriel
- Ministère de l'Équipement
- Ministère de l'Enseignement Technique, de la Formation des Cadres et de l'Enseignement Supérieur
- Ministère de la Fonction Publique et du Travail
- Programme des Nations Unies pour le Développement en Mauritanie (P.N.U.D.)
- Caisse Centrale de Coopération Economique (C.C.C.E.)
- Etablissement portuaire de Nouakchott
- Société d'Équipements Mauritanien (S.E.M.)
- Société Mauritanienne d'Electricité (Maurélec)
- Société Minière de Mauritanie (S.O.MI.MA)

Nous prions les personnes qui ont bien voulu nous faire part de leurs idées, donner des informations chiffrées précises ou statistiques, actuelles ou prévisionnelles, communiquer le résultat de leurs études ou d'études antérieures, indiquer des sources d'information complémentaires, de trouver ici l'expression de nos remerciements, en particulier

au Ministère du Développement Industriel

- . Monsieur SIDI ould CHEIKH ABDALLAH, Ministre du Développement Industriel
- . Monsieur ISHAC ould RAGEL, Directeur des Mines
- . Monsieur BABA ould SIDI ABDALLAH, Directeur de l'Industrialisation
- . Monsieur GRUNEVALD, Chef du Service Géologique à la Direction des Mines

au Ministère de la Planification

- . Monsieur ALI N' DAM, Secrétaire Général
- . Monsieur GEFFARD, Conseiller technique

au Ministère des Finances

- . Monsieur AUBENAS, Conseiller auprès du Ministre
- . Monsieur CHAMBERLAIN, Conseiller auprès de la Direction des Douanes
- . Monsieur BROURHANT, Conseiller auprès de la Direction des Contributions

au Ministère de l'Enseignement Technique, de la Formation des Cadres et de l'Enseignement Supérieur

- . Monsieur DIOP HOUSSSEYNOU, Secrétaire Général

au Ministère de la Fonction Publique et du Travail
. Monsieur SY, Directeur du Travail

au Ministère de l'Équipement
. Monsieur BOURDETTE
. Monsieur MOREAU Service Infrastructure portuaire
. Messieurs ROUSSEL et GARMINY Service Hydraulique et
Énergie

au P.N.U.D.
. Monsieur HENNET Représentant Résident et ses
collaborateurs
. Monsieur GODEAU Chef du Projet MAU. 2 (Hydrologie)
. Monsieur GIRAUDON Chef du Projet MAU. 4 (Prospection
Minière)

à la C.C.C.E.
. Monsieur LANGLAIS Directeur

à l'Établissement Portuaire de NOUAKCHOTT
. Monsieur SOW Directeur

à la S.E.M.
. Monsieur COUSIN Directeur

à la MAURELEC
. Monsieur LAPARRE Directeur Général

à la SO.MI.MA
. Monsieur LIEGEARD Administrateur-délégué
. Monsieur ROGANS Directeur Général

1.3 SYSTEMES D'UNITES

Pour la clarté de l'étude,
les unités techniques sont toutes du système métrique ;
l'unité monétaire est le FRANC de la Communauté Finan-
cière Africaine, dit FRANC C.F.A. Sa valeur est 0,02
Franc Français.

Seule exception, les cours mondiaux du cuivre sont
exprimés en \$,* références admises communément et repaires
plus aisés que le franc C.F.A. pour suivre l'évolution
de ces cours.

* ou en US \$.



sofresid



CHAPITRE 2

ETUDE PRELIMINAIRE DU MARCHE DU CUIVRE

- 2.1 UTILISATION DU CUIVRE
- 2.2 SURVOL DE LA PRODUCTION MONDIALE DU CUIVRE
- 2.3 LE MARCHE MONDIAL DU CUIVRE
- 2.4 COMMERCE DU CUIVRE ET EVOLUTION DES PRIX
- 2.5 DEMANDE DANS LES PAYS D'AFRIQUE OCCIDENTALE
FRANCOPHONE
- 2.6 EXPORTATIONS DE LA MAURITANIE

ETUDE PRELIMINAIRE DU MARCHE DU CUIVRE

Le cuivre, dont la valeur ajoutée mondiale au niveau de l'extraction est équivalente à celle du minerai de fer est produit par un nombre limité de pays. Pour certains il représente l'essentiel des rentrées de devises. Il est utilisé dans de très nombreux domaines, seul ou sous forme d'alliages.

Sa métallurgie consiste à concentrer un minerai d'une teneur de l'ordre de 2 % à une teneur en cuivre de 15 à 30 % à élaborer ce concentré au moyen d'un four et d'un convertisseur pour obtenir un cuivre blister d'une teneur de 98,5 % à 99,5 %, suivi d'un affinage électrolytique et éventuellement thermique à la suite de quoi le cuivre est coulé sous forme de produits tels que barres à fils ou wire bars, destinées à la fabrication de fils électriques, plateaux pour la fabrication de produits laminés, billettes pour la fabrication de tubes et barres et lingots pour l'élaboration des alliages .

2.1 UTILISATION DU CUIVRE

Le cuivre est utilisé pour de multiples usages; à titre d'exemple, la répartition aux Etats-Unis en 1970 est la suivante :

- Electricité, électronique : 28 %
- Articles de consommation : 25 %
- Construction : 18 %
- Equipement industriel et machines : 17 %
- Transports : 12 %

Le cuivre et ses alliages sont utilisés pour leurs propriétés physiques dont les principales sont :

- Conductivité électrique : le cuivre est après l'argent le meilleur conducteur de l'électricité.
- Conductivité thermique : le cuivre est le métal usuel conduisant le mieux la chaleur; utilisation pour chauffer ou refroidir rapidement un liquide ou un gaz.
- Bonne malléabilité et soudabilité.
- Bonne résistance à la corrosion; le cuivre et ses alliages ne sont pas attaqués par l'eau, ni par un grand nombre de produits chimiques.

Les produits en cuivre sont :

- les fils et les câbles obtenus à partir de barres à fils (wirebars) utilisés pour l'industrie électrique et les télécommunications,
- les tôles et bandes obtenues à partir de plateaux de fonderie, ayant des applications très diverses : toitures en cuivre, enveloppes de chauffe-eau à gaz, ailettes de radiateur automobile ou d'échangeurs, pièces pour l'industrie électrique,
- les barres et profilés obtenus à partir de billettes,
- les tubes obtenus à partir de billettes.
 - . Les tubes en cuivre servent à faire des canalisations d'eau et de gaz, ils sont utilisés pour leur résistance à la corrosion.
 - . Les tubes en alliage cuivreux sont utilisés pour la construction des échangeurs thermiques et des condenseurs.
- les pièces moulées sous les formes les plus diverses (tant en cuivre qu'en alliages cuivreux).

Le cuivre apparaît donc comme un matériau de base pour la fabrication de matériel électrique, thermique, mécanique ainsi que pour la construction. Le développement d'une industrie du cuivre est donc lié à l'existence et au développement de ces industries utilisatrices.

En ce qui concerne la Mauritanie où le tissu industriel est très faible, ainsi que pour les pays d'Afrique occidentale francophone, les conditions ne sont pas encore remplies pour la création d'une industrie du cuivre pouvant s'intégrer dans l'économie du pays.

Les principaux alliages cuivreux sont :

- les laitons (cuivre + zinc)
- les bronzes (cuivre + étain)
- les cupro-nickels (cuivre + nickel)
- les mallechorts (cuivre + nickel + zinc)
- les cupro-aluminiums (cuivre + aluminium)
- les cuivres faiblement alliés.

La consommation mondiale du cuivre sous toutes ses formes s'est accrue en moyenne de 4,4 % par an de 1960 à 1969, cette augmentation doit se poursuivre dans l'avenir à un taux semble-t-il encore supérieur en relation avec la croissance de l'activité économique grâce à l'utilisation du cuivre dans de nouveaux domaines en expansion (par exemple pour le dessalement de l'eau de mer) et malgré la substitution croissante par l'aluminium dans le domaine électrique.

2.2 SURVOL DE LA PRODUCTION MONDIALE DU CUIVRE

La production du cuivre raffiné provient de trois sources : production minière, diminution des stocks et mitraille (métal de récupération).

En 1970, pour une production mondiale de cuivre raffiné de 7,1 millions de tonnes, la production minière a été de : 6,3 millions de tonnes répartis comme suit :

- USA	25 %
- Bloc communiste	19 %
- Chili	11 %
- Zambie	11 %
- Canada	10 %
- Zaïre	6 %
- Pérou	3 %
- divers	15 %

Quatre des principaux pays producteurs de cuivre : le Chili, la Zambie, le Zaïre et le Pérou ont constitué le C.I.P.E.C. (Conseil Intergouvernemental des Pays Exportateurs de Cuivre) afin de collaborer pour parvenir à une stabilisation du prix du cuivre à un niveau raisonnable.

La part de la production des pays du C.I.P.E.C. dans la production mondiale s'est stabilisée à environ 31 % pendant les 20 dernières années, la part des Etats-Unis a baissé de 35 à 25 % tandis que celle du Bloc communiste augmentait de 8 à 19 %

Notons que la production de cuivre métal de la Mauritanie (30 000 tonnes par an) est très faible par rapport à la production minière mondiale (6 300 000 tonnes) et par rapport aux quantités échangées sur le marché des métaux de Londres (2 300 000 tonnes).

L'accroissement moyen de la production mondiale de cuivre à la mine a été de 3,8 % de 1960 à 1969 comparé à l'accroissement de 4,4 % de la consommation mondiale, l'écart s'explique en plus des variations de stocks par la place de plus en plus importante prise par la mitraille dans les pays industrialisés; elle intervient en 1970 pour 14,2 % de la consommation mondiale du cuivre et 40 % de la consommation intérieure des Etats-Unis.

2.3 LE MARCHÉ MONDIAL DU CUIVRE

Le marché mondial du cuivre peut être subdivisé en trois zones :

Les Etats-Unis qui sont les plus gros consommateurs de cuivre sont également les plus gros producteurs, leur production ne suffit pas toutefois à couvrir tous leurs besoins.

En dehors d'importation de blister d'Amérique du Sud pour raffinage et réexportation, les importations nettes s'élèvent seulement à 140 000 t par an pour une consommation d'environ 2 millions de tonnes.

D'autre part, les pays à économie centralisée ont une production couvrant sensiblement leurs besoins, le commerce total de ces pays avec le reste du monde n'a été que de 70 000 t en 1969; ils peuvent être soit acheteurs, soit vendeurs selon le niveau des prix; dans le futur ces pays peuvent devenir des exportateurs nets.

La troisième zone est le reste du monde où le cuivre est principalement extrait de la mine en Afrique et en Amérique latine (les pays du CIPEC entrent pour 60 % des exportations mondiales) et consommé en Europe Occidentale où il n'y a pratiquement pas de mine de cuivre et au Japon qui a une production relativement faible.

Il est à noter que ce commerce se fait principalement sur les minerais, les concentrés, les blisters et sur le cuivre raffiné (cathode et wirebar).

En 1969, le marché mondial du cuivre se répartissait comme suit :

Minerais et concentrés	:	13 %
Blister	:	20 %
Cuivre raffiné	:	67 %

La tendance est à l'augmentation de la part du cuivre raffiné dans les exportations de cuivre; ce malgré les efforts des Sociétés de raffinage des pays industrialisés qui achètent par contrats les concentrés et les blisters et les transforment en cuivre raffiné.

Pour les pays en voie de développement, la consommation, sous toutes ses formes, par tête d'habitant varie de 0,1 à 0,5 kg.

Amérique du Sud

. Colombie	:	0,1 kg
. Vénézuéla	:	0,6 kg

Asie

. Iran	: 0,2 kg
. Philippines	: 0,1 kg
. Thaïlande	: 0,1 kg

Afrique

. Algérie	: 0,1 kg
. Ghana	: 0,1 kg
. Lybie	: 0,5 kg
. Maroc	: 0,2 kg
. Zambie	: 0,1 kg

2.4 COMMERCE DU CUIVRE ET EVOLUTION DES PRIX

La fonction essentielle d'un système de prix est d'équilibrer l'offre et la demande à un niveau suffisamment élevé pour encourager les nouveaux investissements dans les mines, mais cependant pas trop afin d'éviter la substitution par d'autres produits.

On distingue trois grands groupes de fixation du prix du cuivre dans le monde.

- . Prix en vigueur dans les pays à économies centralisées.
- . "Prix des producteurs" concernant la majeure partie du cuivre produit aux Etats-Unis et qui est fixé par les trois grandes Sociétés : Anaconda, Kennecott et Phelps Dodge, un tel système de prix est également appliqué dans d'autres pays : Canada, Australie ; ainsi que pour la partie de la production faisant l'objet d'un contrat de livraison.
- . Prix sur le marché libre, principalement à la bourse des métaux à Londres (London Metal Exchange). Les prix sont ainsi formés journalièrement selon le jeu de l'offre et de la demande.

Les transactions à Londres portent sur 2,3 millions de tonnes de cuivre par an; les prix d'équilibre sont utilisés comme base de contrat à long terme ainsi que pour le commerce de la mitraille.

Ce prix influence directement ou indirectement le prix d'environ 6,5 millions de tonnes de cuivre par an.

Il y a donc actuellement, dans le monde occidental, un double système de prix du cuivre et il est en fait impossible d'avoir de gros écarts entre ces deux systèmes pendant une assez longue période.

L'avantage du marché libre est que n'importe quelle qualité de cuivre peut être achetée ou vendue à un instant donné au prix d'équilibre.

L'inconvénient est que les prix sont assez instables parce que, fixés quotidiennement, ils sont influencés à court terme par de nombreux événements.

Fondamentalement, cependant, ils dépendent à long terme de l'évolution des relations entre l'offre et la demande.

Le prix des produits situés en amont du cuivre raffiné (concentrés, blisters) s'établit sur la base de contrats entre les producteurs et les Sociétés de raffinage en partant d'un prix du cuivre (cours du L.M.E. par exemple) diminué d'une valeur représentant les coûts de transformation, compte tenu de la récupération des métaux précieux éventuels, et reflétant également dans une certaine mesure les tendances de l'offre et de la demande.

Les prix des produits semi-finis et finis en cuivre sont obtenus selon les mêmes principes et varient par conséquent dans le même sens que le prix du cuivre raffiné.

- Evolution des prix

Le cuivre a toujours été sujet à de grandes variations de prix.

Le prix du cuivre a enregistré trois fortes hausses au cours de ces dix dernières années, au cours desquelles le prix du cuivre électrolytique a dépassé £ 700 la tonne.

- . Pointe de février 1966 à £ 776 la tonne à la suite de l'intensification de la guerre au Vietnam.
- . Pointe au début de 1968 à £ 810 la tonne à la suite des grèves prolongées des producteurs américains de cuivre.
- . Pointe au début de 1970 à £ 749 la tonne à cause de l'augmentation de la demande due à la forte activité économique et à la grève des dockers américains.

Depuis cette époque le prix du cuivre a baissé assez fortement en raison de la récession américaine et du ralentissement de la croissance en Europe et au Japon. En dépit d'une hausse en Juillet 1971 due à des arrêts de travail dans les mines américaines, les prix ont baissé à moins de £ 400 la tonne en décembre 1971.

Il semble qu'au cours des prochaines années les capacités de production dans les mines s'accroîtront plus

rapidement que la consommation, ce qui conduit les experts à prévoir une stabilisation des cours du cuivre de £ 400 à £ 450 la tonne pour un certain temps.

Le principal facteur pouvant, à ce moment là, conduire à une élévation du prix du cuivre proviendrait de mesures de protection de l'environnement; c'est ainsi qu'une réduction de 90 % des émanations d'anhydride sulfureux conduirait à un relèvement des coûts de l'ordre de £ 60 à £ 120 la tonne.

L'écart entre le prix du blister et celui du cuivre raffiné, compte non tenu de la récupération des métaux précieux, se situe au début de 1972 à £30 à 35 C.I.F. Europe la tonne de blister pour des produits de bonne qualité et dont l'analyse est bien définie. Pour les blisters de qualité moyenne, l'écart est de £ 40 à 45 C.I.F. Europe la tonne.

Depuis le début de 1970, cet écart a plus que doublé; cette variation s'explique pour les 2/3 par la hausse des coûts due à l'inflation et aux mesures anti-pollution et pour 1/3 par l'influence des lois du marché favorable aux raffineurs.

2.5 DEMANDE DANS LES PAYS D'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANCOPHONE

La demande de cuivre est de deux sortes.

- 1) Demande de produits en cuivre ou en alliages utilisés comme tels : câbles, barres, tubes et tuyaux, tôles, etc.
- 2) Demande de produits en cuivre utilisés comme constituants de produits plus élaborés : matériel électrique, matériel thermique, etc.

Pour les pays considérés, le niveau de développement industriel, pour le moment, ne permet pas d'utiliser du cuivre en grandes quantités pour des produits industriels élaborés qui devront continuer à être importés.

Une production locale peut donc pratiquement ne satisfaire que la première demande. Celle-ci est déterminée au moyen des statistiques d'importations de produits en cuivre figurant dans le tableau ci-après.

(valeurs exprimées en tonnes de Cu par an)

	MAURITANIE (1970)	SENEGAL (1969)	MALI (1968)	COTE D'IVOIRE (1970)	TOTAL
	(tonnes)	(tonnes)	(tonnes)	(tonnes)	(tonnes)
Barres.Profilés	32	40	29	104	205
Câbles	6	71	4	75	156
Tubes.Tuyaux	18	21	1	76	116
Tôles	7	13	6	13	39
Divers	17	41	11	126	195
Total	80	186	51	394	711

Ces quantités sont très faibles et ne justifient pas à elles seules la création d'unités de production de produits finis en cuivre pour les années à venir.

Un marché qui serait plus intéressant et envisageable serait celui des pays d'Afrique du Nord.

2.6 EXPORTATIONS DE LA MAURITANIE

La totalité de la production, dans la mesure où on ne peut envisager la transformation locale d'une faible partie pour satisfaire les besoins intérieurs des pays associés, devra donc être exporté.

Ces tonnages (30 000 tonnes par an) sont minimes par rapport aux quantités qui seront échangées dans le monde (de l'ordre de 1 % du commerce mondial).

Les exportations porteront donc sur des blisters ou anodes, ou sur du cuivre électrolytique, avec ou sans refusion. Dans le premier cas, le prix d'exportation sera établi sur la base du contrat avec des Sociétés de raffinage; dans le second cas, le prix sera celui du marché des métaux à Londres ou très voisin de celui-ci : £ 400 à 450 la tonne vraisemblablement pour les prochaines années.

Dans l'éventualité de contrats passés avec les pays d'Afrique du Nord, la Mauritanie pourrait être amenée à consacrer une partie de sa production à des produits semi-finis ou finis sous forme de produits longs et exporter le complément en Europe en blisters ou cuivre raffiné.



CHAPITRE 3

ETUDE DES PRODUCTIONS POSSIBLES

3.1 MATIERES PREMIERES - RESSOURCES POTENTIELLES ET PRODUITS ACTUELS

- 3.1.1 Ressources potentielles en minerais de cuivre de la MAURITANIE
- 3.1.2 Généralités sur le gisement d'AKJOUJT
- 3.1.3 Exploitation du gisement
- 3.1.4 Produits sortant de l'Usine SO.MI.MA.
- 3.1.5 Conclusion sur les matières premières

3.2 SOLUTION PYROMETALLURGIQUE

- 3.2.1 Définition du procédé et description des principaux équipements
- 3.2.2 Consommations
- 3.2.3 Entretien
- 3.2.4 Services généraux
- 3.2.5 Personnel
- 3.2.6 Implantation de l'usine et hébergement du personnel
- 3.2.7 Investissements

3.3 VARIANTE HYDROMETALLURGIQUE

- 3.3.1 Définition du procédé et description des principaux équipements
- 3.3.2 Consommations
- 3.3.3 Services généraux
- 3.3.4 Personnel
- 3.3.5 Implantation de l'usine et hébergement du personnel
- 3.3.6 Investissements

3.4 TRANSFORMATION DES CATHODES

- 3.4.1 Filage du cuivre
- 3.4.2 Laminage du cuivre

3.5 CONSTRUCTIONS D'EQUIPEMENTS ET DETENTEURS DE BREVETS.

3.1 MATIERES PREMIERES - RESSOURCES POTENTIELLES ET PRODUITS ACTUELS :

3.1.1 Ressources potentielles en minerais de cuivre de la Mauritanie

a) Contexte géologique

Schématiquement, la MAURITANIE est constituée par un socle précambrien, sur lequel repose un complexe subhorizontal de grès et de calcaires cambro - ordoviciens, eux-mêmes recouverts, à l'ouest, au sud et à l'est, par des formations sédimentaires récentes.

En ce qui concerne son potentiel en minéraux de base, et plus particulièrement en minerais de cuivre, les horizons favorables sont les massifs précambriens et les bordures des bassins sédimentaires cambro - ordoviciens. Ainsi les sujets métallogéniques sont répartis dans les cadres généraux géologiques suivants :

- La dorsale des Mauritanides, formation pré-cambrienne affectant la forme d'un arc limitant le bassin Atlantique se développe du Nord et Sud depuis la région du Tasiast, aux confins de la Mauritanie avec les territoires sahariens sous administration espagnole jusqu' en Sierra Leone.

Cette formation est jalonnée d'indices constituant les provinces métallogéniques du Tasiast, d'Akjoujt, de Bou-Kadiar en territoire mauritanien, et de Gabou au Sénégal.

- La dorsale Regueibat, orientée S-O - N-E au nord du pays est constituée de terrains pré-cambriens ; elle est bordée par les bassins sédimentaires paléozoïques : bassins du Taoudeni , au sud, du Zemmour Noir, à l'ouest et de Tindouf au nord.

Dans cette région, de nombreux indices ont été décelés en relation avec une tectonique sub-méridienne au voisinage de grandes failles. Ces minéralisations, du type plomb, zinc, cuivre, présentent une certaine zonalité : au nord, prédominance plomb-zinc, plus au sud, cuivre.

- La ceinture du bassin de Taoudeni et de Hodh recèle des dépôts de type sédimentaire interstratifiés dans des grès, localisés dans des bassins du relief côtier paléozoïque.

b) Perspective de découverte de gisements économiquement exploitables.

Dans leur ensemble, les manifestations métallogéniques décelées ne peuvent être considérées que comme des sujets géologiques dont il est difficile, dans l'état actuel des

travaux de prospection, d'apprécier l'intérêt.

Les résultats des travaux déjà réalisés permettent néanmoins de porter un jugement sur leur valeur geo-économique potentielle.

Dans le domaine du cuivre, les conclusions ci-après peuvent être émises :

- Dorsale des Mauritanides
 - . Série du Tasiat

Bien que les prospections effectuées soient loin d'avoir épuisé l'étude des indices connus, les résultats obtenus permettent de ne faire état que des minéralisations sous forme de chalcosine et de malachite dans des fibres de quartz. Les perspectives de découvrir d'éventuelles concentrations dans les séries épargnées par la gravitisation semblent peu prometteuses.

- . Formation d'Akjoujt

Les formations d'Akjoujt recèlent un certain nombre d'indices dont seul le gîte de cuivre du Guelb Moghreim (relié à 4 km à l'ouest d'Akjoujt) s'est révélé présenter une concentration importante, et fait l'objet des exploitations de la SOMIMA.

Toute cette région participe du même contexte géologique et structural que celui du gisement du Guelb Moghreim, à savoir : roches carbonatées au sein des roches vertes, proximité des formations du socle, présence de zones fortement broyées en relation avec les charriages.

La SOMIMA effectue l'étude systématique des indices et leur reconnaissance par sondages. Ainsi huit zones anormales ont été délimitées dont la moitié a, jusqu'à présent, été prospectée. Aucune concentration intéressante n'a cependant été mise à vue.

Il semble actuellement peu probable que, vu les indices restant à reconnaître, on puisse mettre en évidence des tonnages supplémentaires susceptibles de justifier une modification de la politique d'exploitation de la Société.

- . Secteur de Oum Kadiar

Cette région appartient à la même formation géologique que la mine de cuivre d'Akjoujt. Cependant, la phase tectonique à caractère tangentiel qui est à l'origine des charriages ayant provoqué la minéralisation d'Akjoujt, y est moins marquée et ne donne lieu qu'à de

petits chevauchements; toutes les formations paraissent se présenter en lentilles de dimensions réduites qui se relaient les unes, les autres.

Les prospections au cours des campagnes effectuées de 1965 à 1970 ont permis de retenir 5 zones d'anomalies. Les recherches se sont déroulées sur deux d'entre elles, Kadiar Principal et Kadiar Nord (indice de Yayi) et ont montré que ces minéralisations ne s'enracinent pas. Les réserves reconnues ne représentent qu'une vingtaine de milliers de tonnes d'un minerai à une teneur de 1,5 à 2 % en cuivre.

Toutefois, deux autres zones méritent une reconnaissance poussée :

Schistes de verts de Rhabra ; c'est une formation longue de 80 km et large de 2 km, au long de laquelle les campagnes géochimiques ont décelé 5 zones principales de fortes anomalies.

El Aioudja, où la minéralisation affleure sur deux collines distantes de 200 m l'une de l'autre.

- Dorsale Regueibat

La prospection et la reconnaissance des possibilités minières de cette région d'un intérêt géologique certain, font l'objet du projet du gouvernement mauritanien entrepris avec la coopération du PNUD. Ces travaux doivent commencer en 1972.

Il est à signaler que, vu les difficultés de cette région dues à son éloignement, au manque de moyens de communication et à son climat, seuls des gisements à très forts tonnages peuvent être éventuellement exploitables.

- Ceinture des bassins de Taoudeni et de Hodh.

Des indices en minéraux de base ont été décelés dans les horizons sédimentaires inférieurs en bordure de ces bassins.

Les concentrations reconnues jusqu'à ce jour ne se présentent qu'en formations stratiformes dans des grès, de puissance centimétrique et n'offrent aucun intérêt économique.

CONCLUSION

La MAURITANIE recèle de nombreux indices métallifères dont l'intérêt économique ne pourra être défini qu'à la suite de travaux de prospection et de reconnaissance de longue haleine.

La création éventuelle d'une industrie métallurgique du cuivre ne peut, dans l'état actuel des connaissances, être basée que sur les seules ressources du gîte d'Akjoujt.

Des gisements satellites peuvent être découverts dans cette région; toutefois les tonnages susceptibles d'être mis à jour ne permettraient que de prolonger la vie de l'exploitation.

Le région de Oum Kadiar est également un sujet digne d'intérêt. Son contexte géologique est cependant moins favorable pour des concentrations de tonnages aussi importants que ceux d'Akjoujt. Il est toutefois possible d'escompter une dispersion de gisements dont les conditions d'exploitabilité exigeront une étude poussée.

3.1.2 Généralités sur le gisement d'Akjoujt

Situation géographique

AKJOUJT se trouve approximativement à 250 km de la Côte Atlantique, à l'extrémité Est de la région de l'Inchiri. Il est situé sur la grande voie de communication Dakar - Nouakchott - Atar - Fort Gouraud - Agadir, et est relié à la capitale par une excellente route goudronnée prolongeant l'axe Dakar - Nouakchott.

Le terrain est extrêmement plat, constitué par un sol caillouteux, coupé localement par le lit de torrents sahariens peu profonds et à fonds argilo-sablonneux. De cette étendue dont l'altitude est de 120 m environ au-dessus du niveau de la mer, émergent quelques collines isolées (Guelbs) culminant à une centaine de mètres au-dessus de la plaine.

Le climat est saharien, légèrement adouci par la proximité de la mer. La pluviométrie est faible, mais non négligeable bien que irrégulière; elle est de l'ordre d'une centaine de millimètres par an. La température présente de gros écarts entre l'été et l'hiver. Du point de vue humain, le climat est sain et l'expérience prouve qu'il est bien supporté par les Européens.

Caractéristiques du gisement

Le gîte de cuivre d'Akjoujt est situé à 4 km au Nord-Ouest de la localité.

Il affleure sur le flanc Ouest du Guelb Moghrein dont il constitue la partie la plus importante, et s'ennoie sous la plaine avec un pendage S.-O. d'environ 20°.

Il se présente comme une lentille en couche puissante de l'ordre de 50 à 100 m, interstratifiée dans des schistes chloriteux et des roches vertes de la série des gabbros intrudées de quartz et amphiboles.

Ses limites sont bien déterminées :

- . au Nord-Est, il affleure,
- . au Sud-Est, il se coince,
- . au Nord-Ouest, sa puissance augmente, tandis que sa teneur diminue,
- . au Sud-Ouest, ses racines se dispersent, sa puissance diminue sans amélioration de la teneur.

Ses dimensions, suivent un plan horizontal dans sa zone centrale, sont d'environ 800 m dans le sens longitudinal NO - SE, et de 500 m dans la plus grande largeur.

Le gisement est constitué par une gangue de carbonate de fer et de magnésium, et de magnétite, avec des passées d'amphibolites.

Dans la partie supérieure, la gangue carbonatée a été partiellement décomposée et la chaux et la magnésie ont été dissoutes plus ou moins complètement.

La minéralisation cuivreuse se présente de la façon suivante :

- . Dans la partie supérieure correspondant à la zone affleurante du quelb et à sa pénétration sous le niveau de la plaine d'environ 35 m, le minerai de cuivre est oxydé.

Il se présente sous forme de malachite, chrysocolle et azurite, et aussi d'atacamite, de cuivre natif, de malcosine, de covelline et de cuprite.

L'analyse d'échantillons moyens correspondant à des zones respectivement de forte dissolution de la chaux (niveaux supérieurs) et de dissolution moins poussée, (niveaux inférieurs) donne :

	<u>niveaux supérieurs</u>	<u>niveaux inférieurs</u>
Cu	3,2 à 3,7 %	2,5 %
Fe	47,7 à 49 %	47 %
SiO ₂	7 à 7,5 %	6 %
CaO	0,5 à 0,6 %	1,6 %
MgO	0,9 à 3 %	4,1 %
S	0,1 %	0,1 %
Mn	1,0 %	1,0 %

Ni	0,03 %	0,02 %
Co	0,11 à 0,14 %	0,11 %
As	0,2 %	0,2 %
Co ₂	2 à 5 %	7,5 %
Perte au feu	10 à 11 %	12 %

. En aval, sur une épaisseur de 0 à 20 m, la minéralisation se présente sous forme mixte de sulfures, de cuivre natif, de cuprite, de malachite et de chrysocolle.

. En dessous, s'étend la zone sulfurée où le minerai est essentiellement composé de chalcoppyrite et de cubanite, en proportion cubanite sur chalcoppyrite, en général de 1 à 3, mais pouvant localement atteindre 1 à 1.

Dans cette zone du gisement, la nature de la minéralisation est uniforme mais très irrégulière quant à sa distribution. Elle se présente ainsi :

- chalcoppyrite	.....	4 à 5 %
- cubanite	.....	1 à 2 %
- pyrrhotite	.....	1 à 2,5 %
- arsénopyrite	.....	0 à 0,5 %

dans une gangue constituée de :

- carbonates pour	.....	50 %
- magnétites	.....	30 à 35 %
- asbestos	.....	2 à 3 %
- silice	sous forme de contaminations locales, ainsi que des traces de graphites.	

Sur toute l'extension du gisement, l'or a été décelé à des teneurs variant de 0,1 g à plus de 3 g par tonne de minerai, en partie sous forme d'or libre, en partie associé aux sulfures et éventuellement aux arsénopyrites. Sa distribution ne présente aucune corrélation avec la teneur en cuivre dans le minerai. En fait, dans les essais de classification granulométrique, il a été trouvé que l'or et l'arsénopyrite étaient concentrés dans la même fraction granulométrique (100 - 250 μ et 40 - 100 μ), alors que le cuivre l'est dans la fraction - 40 μ .

Travaux de reconnaissance

La reconnaissance du gisement a été faite suivant un programme progressif de travaux portant la maille de reconnaissance par sondages et puits à un quadrillage de 50 m x 50 m, et même localement de 33 x 33 m.

Des travaux miniers sont venus compléter et confirmer les résultats des sondages.

Dans la partie sulfurée, deux puits de 100 et 120 m respectivement ont été foncés, à partir desquels deux réseaux de galeries ont été creusés à 2 niveaux distants de 30 m.

Dans la partie oxydée, la minéralisation a été reconnue à différents niveaux par des travers bancs et des puits.

Estimation des ressources

Les résultats obtenus par les sondages et les travaux miniers ont été interprétés par les différents groupes d'exploitants miniers qui, à un titre ou à un autre, se sont intéressés à la mise en exploitation du gîte d'Akjoujt, en vue d'en déduire les tonnages et teneurs exploitables.

Ces estimations s'avèrent tout à fait concordantes.

Il est donc légitime d'admettre comme parfaitement justifiée l'évaluation établie par SOMIMA, selon une méthode de découpage du gisement par tranches horizontales de 10 m de hauteur, et en éliminant les passées de minerais à une teneur inférieure à 0,8 % en cuivre.

Le montant des réserves s'établit comme suit :

Zone oxydée	Tonnage de minerai tout-venant	Teneurs		
		Cu %	Au g/t	Ag g/t
Gradin 1180	68 964	0,71	2,92	7,04
" 1170	387 670	2,71	4,08	7,69
" 1160	632 128	3,79	3,52	6,50
" 1150	794 893	4,10	3,68	6,57
" 1140	847 370	3,48	3,92	5,99
" 1130	990 191	2,81	2,07	4,42
" 1120	1 158 926	2,45	2,13	3,24
" 1110	1 727 755	2,60	2,10	1,98
" 1100	1 340 122	2,15	1,95	1,80
" 1090	1 531 544	2,08	1,28	0,99
" 1080	1 960 340	1,45	1,49	1,28
TOTAL	11 042 903	2,51	2,27	3,18

Soit en tonnes de Cu métal : 277 000 t

	Tonnage de minerai tout-venant	Teneurs	
		Cu %	Au g/t
<u>Zone sulfurée</u>			
Minerai exploitable en découverte (découverte de 29 000 000 t de stériles)	15 000 000	1,79	0,97
Minerai exploitable en mine souterraine	6 500 000	1,90	0,64
TOTAL	21 500 000		
soit en tonnes de Cu métal 392 000 t			

/MP - MYP 104

3.1.3 Exploitation du gisement

Exploitation minière

Le gisement d'Akjoujt comprend, en amont, la masse des minerais oxydés émergeant de la pénéplaine, et se prolonge, en aval, par la zone des sulfures plongeant dans les terrains avec une pente de 20°, se présentant comme une masse de tendance sub-horizontale latéralement à la minéralisation oxydée.

La géométrie du corps est éminemment favorable pour son défrèvement en découverte. Il a été admis en première analyse que 80 % des ressources considérées actuellement comme exploitables sont susceptibles de ce mode d'exploitation. Il n'est cependant pas évident qu'une analyse plus fine d'optimisation de la forme d'exploitation ne permette d'en élargir le champ d'application.

Dans le cas d'un projet de l'importance de celui de la zone des sulfures du gîte, une telle étude demande de compléter les travaux de reconnaissance du gisement proprement dits, par une campagne de mesure permettant d'acquérir des données sur la nature et la structure des roches devant constituer les flancs de la fosse, et sur leurs caractéristiques hydrauliques.

Ces études doivent comprendre les phases suivantes :

- . Campagne de sondages carottés dans les roches encaissantes, afin d'en préciser le détail de la géologie en profondeur -
- . Etude statistique de la fracturation des roches sur des carottes orientées permettant d'accéder à la connaissance de la structure des plans de fracturation préférentiels (Diagramme de Schmidt) -
- . Essais mécaniques sur les échantillons de roches -
- . Détermination des caractéristiques hydrauliques des roches intéressées, ainsi que des variations des paramètres de perméabilité -
- . Détermination des contraintes et déplacements à attendre au sein des massifs et, éventuellement, optimisation du processus de rabattement de la nappe aquifère -
- . Enfin, analyse de la stabilité des pentes de fosse.

En résumé, l'exploitation minière intéresse deux types de minerais relevant de modes de traitement différents : l'un sous forme d'oxydés, l'autre sous forme de sulfures,

Leur exploitation est logiquement envisagée par tranches horizontales prises en descendant, en commençant par la zone oxydée pendant les 6 premières années d'exploitation, puis dans la zone des sulfures.

Il n'est pas non plus exclu de pouvoir considérer le dépilage simultané des deux types de minéralisation, après avoir résolu préalablement les problèmes propres à l'exploitation profonde de la zone des sulfures.

Traitement des minerais

Le minerai est constitué par une gangue composée principalement de magnétite et de carbonate double de fer et de magnésium (pistomésite).

Son broyage sélectif à 1 mm permet d'éliminer dans des conditions minéralurgiques et économiques favorables une partie importante du fer contenu par traitement de la tranche granulométrique 0,3 - 1 mm, par séparation magnétique à sec dans des séparateurs à champ tournant.

. Minerais oxydés

Le problème de la concentration des oxydés n'a pu être résolu par des méthodes classiques. En effet, le traitement par flottation donne des rendements très mauvais en raison notamment de la dissémination extrême d'une partie de la minéralisation et de la présence de silicates. Le traitement par lixiviation est également à rejeter, en raison de la consommation excessive d'acide sulfurique ou d'ammoniaque qui serait nécessaire pour dissoudre le cuivre et des médiocres rendements obtenus. Le grillage chlorurant ou sulfatant ne permet pas de récupérer l'or.

A la suite d'études de laboratoire, il est apparu que le procédé de ségrégation consistant à déplacer le cuivre à l'état de chlorure, puis de le précipiter sur du charbon pour le flotter ensuite, était la voie pour obtenir un concentré marchand dans les meilleures conditions techniques et économiques.

C'est ce procédé qui a été choisi par SOMIMA en appliquant les techniques industrielles de l'Anglo American (Procédé TORCO).

L'usine a été mise en service début 1971 et sa mise au point fait encore l'objet d'études et d'essais.

Les résultats obtenus, tant en usine pilote qu'à l'échelle industrielle, permettent d'escompter l'obtention d'un concentré ayant, à peu près, les caractéristiques suivantes :

Cu	63 à 65 %
C	4 %
Fe	5 à 10 %
Au	44 ppm
Ag	55 ppm
Si	0,5 à 5 %
Na	0,05 à 0,5 %
Al	0,05 à 0,5 %
Mg	0,05 à 0,5 %
Mn	0,05 à 0,5 %
Co	50 à 500 ppm.

. Minerais sulfurés

La concentration du minerai sulfuré a fait l'objet d'études dans divers laboratoires dont les résultats se sont avérés concordants.

En outre, une usine pilote d'une capacité de 150 t/jour installée à Akjoujt a traité la totalité des minerais extraits des travaux miniers.

Les études de traitement ont montré les caractéristiques favorables de flottabilité des sulfures de cuivre, mais aussi les défauts de sélectivité de la flottation.

En fait, les résultats minéralurgiques de la flottation sont fonction du degré de concentration recherché, comme le montre les résultats moyens suivants :

- pour une teneur en Cu de :	rendement métal obtenu :
10 %	96 %
15 %	94 %
20 %	92,5 %
25 %	90 %
30 %	83 %

Il est également à signaler que les concentrés cuivreux contiennent une quantité non négligeable de pyrrhotines pouvant provoquer leur auto-combustion.

3.1.4 Produits sortant de l'usine SOMIMA

3.1.4.1. Concentré TORCO

Seul le procédé T.O.R.C.O. (traitement de minerai réfractaire à tout autre traitement connu à ce jour) permet d'extraire le métal de ces minerais. Ce procédé aboutit à la production d'un métal concentré par flottation jusqu'à une teneur de l'ordre de 65 %.

Ce produit, par sa nature et sa structure, est tout nouveau sur le marché. Jusqu'à maintenant il a été traité comme appoint ou charge froide au cours des opérations de convertissage, à raison de 5 à 10 % de la charge totale.

Un procédé inventé par la Compagnie Générale d'Electrolyse du Palais et développé par la Société Française d'Electro Métallurgie dans son Usine du Palais pourrait permettre de traiter exclusivement ce produit. Ces deux Sociétés sont dans le groupe Pechiney-Ugine-Kuhlmann et c'est à lui directement qu'un client potentiel devrait s'adresser pour obtenir toute information désirable s'y rapportant.

Donc à l'exclusion du procédé Pechiney il serait présomptueux d'envisager pour un avenir proche la transformation exclusive du concentré produit actuellement à Akjoujt à partir des minerais d'oxyde de cuivre, compte tenu des risques à prendre dans la mise au point d'un procédé entièrement nouveau. Cette transformation ne pourrait que faire l'objet d'une étude de développement dont les résultats ne seraient connus et valables industriellement que dans quelques années.

3.1.4.2 Concentré de sulfures de cuivre

Ces minerais sont concentrés par flottation jusqu'à une teneur en cuivre de l'ordre de 25 à 27 %.

Les concentrés sont traités par voie pyrométallurgique. Cette voie est parfaitement connue et sa fiabilité prouvée.

Les informations écrites de la SOMIMA font état de la fabrication de tels concentrés lors de l'exploitation des minerais de sulfures de cuivre.

C'est donc à partir de ces concentrés dont la composition est fixée ARBITRAIREMENT pour cette étude, que la voie pyrométallurgique a été définie.

La composition du concentré est la suivante :

Cuivre	:	25 %
Fer	:	32 %
Soufre	:	34 %

DEBIT : 420 t/j pour $1,9 \times 10^6$ t/an de minerai tout venant sur SEC ayant une teneur en cuivre de 1,8 %.

Même si la composition réelle des concentrés ne coïncidait pas rigoureusement avec celle fixée ARBITRAIREMENT, il n'y aurait aucun changement dans la conception de la solution pyrométallurgique et les répercussions sur les bilans matière et thermique seraient négligeables par rapport au degré de précision de cette étude.

3.1.4.3 Sulfures grillés au four de TORCO à lit fluidisé.

Des informations orales recueillies auprès de la SOMIMA conduisent à envisager une autre voie.

En effet il serait envisagé de traiter les minerais de sulfures de cuivre par flottation jusqu'à une concentration en cuivre de l'ordre de 12 %, puis de griller ces concentrés dans le réacteur à lit fluidisé du TORCO. Le grillage éliminerait le soufre du minerai. Le produit sortant serait refroidi par quench.

C'est à partir de ce produit dont la composition, sur SEC, a été fixée ARBITRAIREMENT pour cette étude, qu'une voie hydrométallurgique a été définie.

La composition du concentré est la suivante :

Cuivre	:	26,1 %
Fer	:	33,5 %
Divers	:	40,4 %

DEBIT sur SEC : 410 t/j pour $1,9 \times 10^6$ tonnes/an de minerai tout venant ayant une teneur en cuivre de 1,8 %.

Contrairement à la solution pyrométallurgique, la définition et l'économie de cette voie hydrométallurgique dépend très largement de la nature et de la composition du concentré produit par flottation, du grillage et du quench de ce concentré.

En particulier, - la durée de l'attaque par l'acide sulfurique du concentré ne peut être fixée que par des essais préalables en laboratoire complétés par les résultats d'une installation pilote,

- l'appoint en acide sulfurique consommé obligatoirement dans l'attaque de métaux autres que le cuivre, tel que le fer, ne peut être fixé que par une étude du même ordre,

3.1.5. Conclusions sur les matières premières

Compte de ce qui a été exposé ci-dessus,

- a) les seules ressources minières tenues en compte dans cette étude sont celles d'Akjoujt.
- b) les espèces minéralogiques et le procédé de concentration existants nous amènent à traiter des minerais sulfurés après concentration :
 - soit par fusion pour matte et électrolyse
 - soit par grillage et lixiviation.
- c) les débits à prendre en compte sont ceux que la SOMITA est capable de produire soit 410-420 t/j de concentré sec à 25/26 %de Cu correspondant à environ 30 000 T/an de cuivre métal.

/GD - MYP/104

3.2 SOLUTION PYROMETALLURGIQUE

3.2.1 Définition du procédé et description des équipements principaux.

Le schéma de principe ci-après (cf. page 16) indique :

- la matière première à traiter : le concentré à 25 % de cuivre
- les différentes étapes de la production, à savoir :
 - . la fonderie comprenant : four de fusion (réverbère ou à cuve)
convertisseurs
four à anodes - coulée
 - . la raffinerie comprenant : l'électrolyse et la récupération des boues anodiques.

Dans le cadre de cette étude, la solution pyrométallurgique concerne la production de

- blister : produit sortant du convertisseur à 98 % de cuivre environ
- cathodes : produit sortant de l'électrolyse à 99,98 % de cuivre

a) Fusion pour matte

Le schéma met en évidence 2 possibilités relatives à la première opération de fonderie ; bien que la solution la plus simple soit celle du four à cuve de type MOMODA, celle du four réverbère a été étudiée à cause de la récupération d'énergie qu'elle permet.

Le procédé défini par le schéma YP 013 A indique les débits des matières entrant et sortant des unités de production. Il fait apparaître également les principaux équipements utilisés.

Dans la version "four à cuve", les équipements comprennent 2 fours à cuve type MOMODA dont le schéma ci-joint donne les dimensions principales (cf page 17).

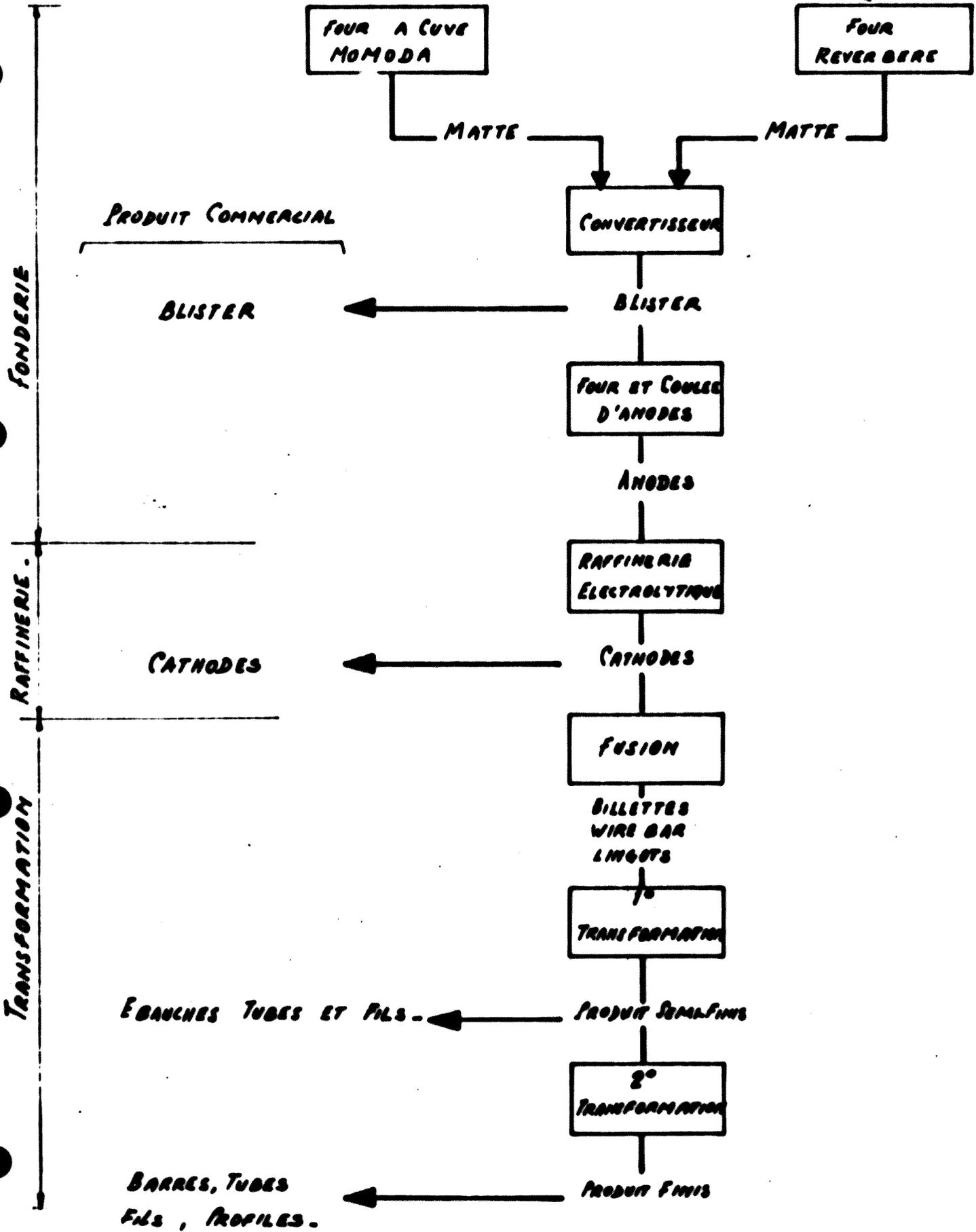
L'alimentation de ces fours est assurée par 2 transporteurs en va et vient alternant charge grossière (silice, scories de convertisseur et coke) et charge fine (concentré et chaux).

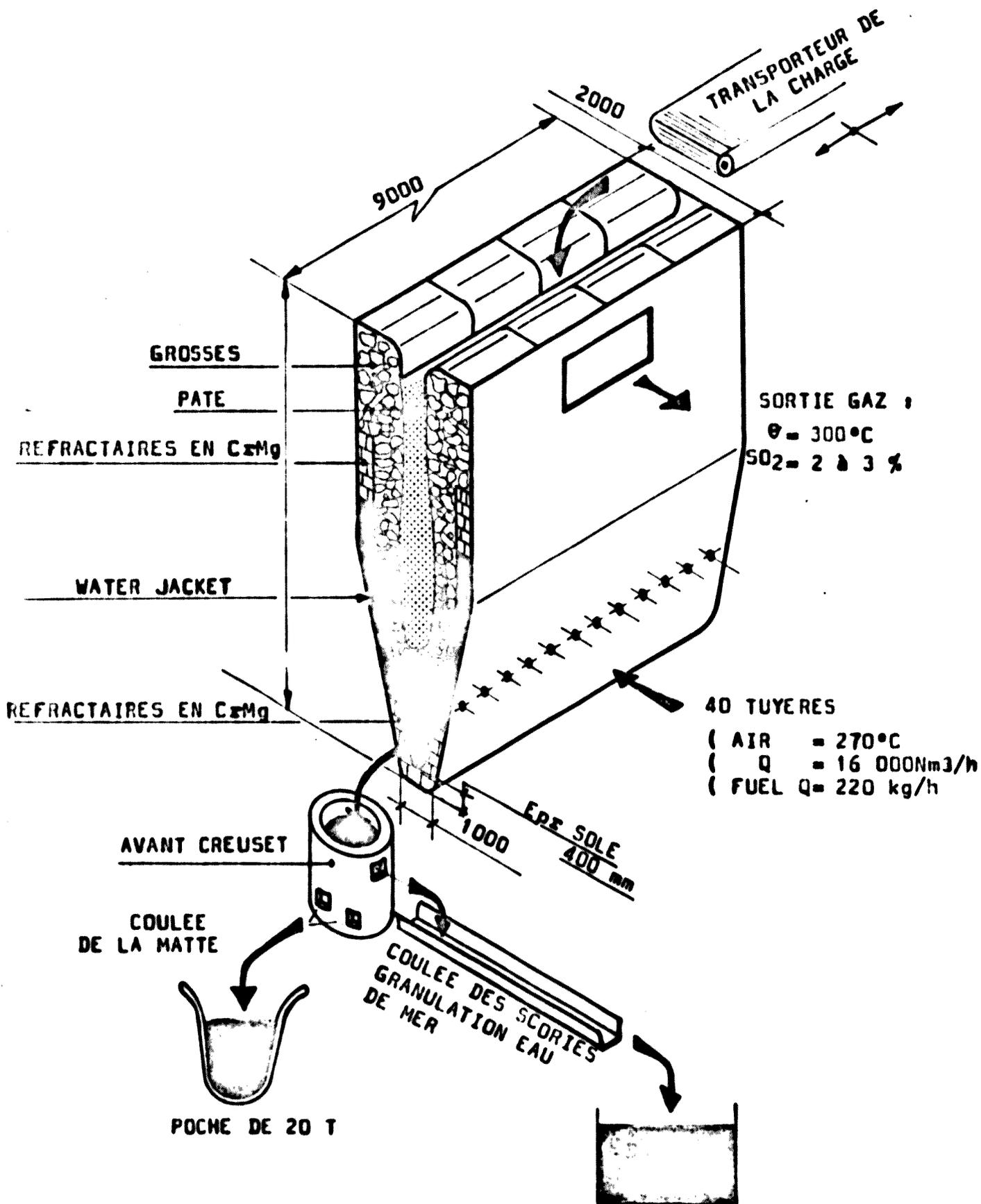
La charge fine doit avoir une humidité de l'ordre de 12 %.

SCHEMA DE PRINCIPE - VOIE PYROMETALLURGIQUE

SOPRESID

CONCENTRE 25% CU





/GD - MYP 104

L'air de combustion injecté aux tuyères est préchauffé dans une chaudière et porté à 270°C.

Le produit de fusion s'écoule dans un avant-crauset où s'effectue la séparation par différence de densité, des scories et de la matte.

La scorie est reprise liquide en poches et au moyen de chariots transfert puis évacuée par coulée sur un terril à l'extérieur de l'usine.

La version "four à réverbère" diffère de la précédente par :

- le design du four proprement dit
- la nature de la charge
- le recyclage des scories de convertisseur
- la récupération d'énergie

Le four réverbère aurait une surface de 284 m² correspondant à une charge quotidienne de 710 tonnes. Ses dimensions intérieures seraient : longueur 36 m - largeur 8 m.

Ce four est alimenté en produits SECS, alors que les charges fines des fours à cuve doivent être humidifiées.

Les scories de convertissage sont introduites liquides (c'est-à-dire à leur température de sortie de convertisseur) dans le four au lieu d'être granulées et introduites froides dans les fours à cuve.

Les fumées sortant du réverbère sont à 1200°C ; elles permettent la fabrication de 12 tonnes de vapeur à l'heure (40 bar, surchauffé à 400°C) dont on peut espérer obtenir 250 kWh par turbine à contrepression à 2 bar.

Cependant, le bilan global n'est pas favorable au four à réverbère par rapport au four à cuve, dans ce cas, car :

- il consomme une quantité considérable de fuel : des fumées sortant à 1200°C prouvent son mauvais rendement thermique qu'une récupération très partielle (sous forme d'électricité) ne compense qu'insuffisamment,
- il suppose une installation de récupération : chaudière + turbine + condensation de la vapeur + traitement d'eau coûteuse et relativement sophistiquée,
- il impose un personnel supplémentaire,

/AB - MYP104

Néanmoins le four réverbère étant le plus traditionnel, l'étude complète a été également menée avec ce four et ses annexes.

Dans les 2 variantes étudiées, la matte est coulée en poches de 20 T, qui sont reprises au pont, et versées dans les convertisseurs.

Il est entendu que, conformément au schéma de principe, la matte sortant du four à réverbère, comme ses scories, ont des caractéristiques identiques aux produits sortants des fours à cuve . .

En conséquence, la suite des opérations de fonderie est identique.

b) Convertissage

Le type de convertisseur retenu est classique : PIERCE SMITH de 11' x 26' soit ϕ int. = 3,36 m et longueur = 8 m.

Le nombre de convertisseurs prévu est de 2.

En effet, l'étude du cycle de production fait apparaître l'utilisation permanente d'un seul convertisseur : un cycle de convertissage dure 12 heures, soit 8 heures de soufflage et décarburage alternés pour élimination du fer

4 heures de soufflage

pour combustion du soufre jusqu'à obtention d'un blister ou produit contenant 98 % de cuivre environ.

La charge d'un convertisseur de cette dimension étant de 170 tonnes par cycle, un seul convertisseur peut ainsi assurer la production de 120 tonnes par jour de blister.

Le deuxième convertisseur est là pour remplacer immédiatement le premier en cas d'incident ou pour permettre la réparation des réfractaires.

Le garnissage des convertisseurs est constitué de briques réfractaires en chrome magnésite.

Du convertisseur le blister est coulé en poche. Reprise au pont le poche est transférée et versée dans le four d'anodes.

c) Coulée du blister

Le four de dimensions principales identiques au convertisseur à anodes, a un cycle de travail très différent; ce cycle comprend :

- Une phase d'oxydation de 1 heure

/AB - MYP 104

- Une phase de réduction de 2 heures au cours de laquelle la teneur en oxygène du métal est ramenée à 0,10 - 0,15 %
- Une phase de coulée de 6 heures.

La durée de la coulée des anodes est liée au dimensionnement du dispositif de coulée prévu. Ce dispositif comprend, pour l'essentiel, un carrousel de 20 moules (en cuivre) dans lesquels sont coulées successivement des anodes de 300 kg environ à la cadence d'une anode par minute.

Chaque moule subit en 20 minutes les opérations suivantes :

- Coulée d'une anode
- Refroidissement de l'anode. Dès que la température de peau atteint 800°C, le refroidissement est accéléré par pulvérisation d'eau
- Démoulage de l'anode. Cette opération peut être effectuée automatiquement.
- Badigeonnage du moule à l'alunite.

Etant donnée la capacité de l'installation de coulée et la nature des opérations, il est inutile d'en prévoir le doublement.

Au cas où les opérations métallurgiques s'arrêteraient au blister, il va de soi qu'à l'installation de coulée des anodes se substituerait une installation très rudimentaire de coulée de blister en lingots de 1 tonne : toutes les 12 heures, 60 lingots de 1 tonne seraient coulés par poche dans des moules en place. Démoulés et refroidis, 80 % d'entre eux environ seraient évacués et stockés à l'extérieur; les 20 % autres seraient ré-introduits dans le convertisseur à titre de charge froide au cours de l'opération suivante.

d) Electrolyse

Faisant suite aux opérations de fonderie, se situent celles d'electroraffinage. Au cours de celles-ci, l'électrolyte, solution aqueuse de sulfate de cuivre (CU = 45 g/l) et l'acide sulfurique (200 g/l) assure sous l'action d'un courant électrique continu le transfert des ions cuivre exclusivement de l'anode à la cathode.

Pour la dimension de l'unité on admettre :

- Une tension de 0,25 V entre anode et cathode
- Une densité de courant de 200 A/m² (surface cathodique)
- Durées de vie d'anodes de 28 jours
- Un cycle cathodique de 14 jours.

/AB - MYP 104

L'installation électrique se composera d'éléments suivants :

- 1 section de "production" comprenant 308 cellules de chacune 38 anodes et 37 cathodes, ces 308 cellules étant réparties dans 11 cuves doubles comprenant chacune 14 cellules.

A cette section correspond un seul circuit électrique de 1700 kw.

- 1 section de "stripping" c'est à dire de fabrication des feuilles très minces constituant les feuilles de départ des cathodes.

Un circuit électrique indépendant de puissance 200 kw commande cette section.

Dans ces 2 sections les dimensions intérieures de chaque cellule sont :

Largeur	1,01 m
Profondeur	1,42 m
Longueur	4,24 m

L'ensemble des cellules et sections serait du point de vue électrique alimenté suivant le schéma de principe (page 2)

- Indépendamment des sections de production et de stripping, cinq cellules dites "de libération" permettent de contrôler en permanence la teneur en CU de l'électrolyse.

Du point de vue électrique, chaque circuit est autonome et comprend en particulier son transformateur redresseur.

La puissance installée s'établit à 2 Mw, et l'énergie nécessaire à la seule production de cathodes, à 1575 kwh/h en admettant une consommation moyenne de 350 kwh/tonne de cuivre déposé à la cathode.

Le produit final est donc la cathode ; sa pureté est de 99,98 % de cuivre ; ses dimensions sont 0,95 m x 0,95 m et son poids de 150 kg (dont 4,5 kg de feuille de départ).

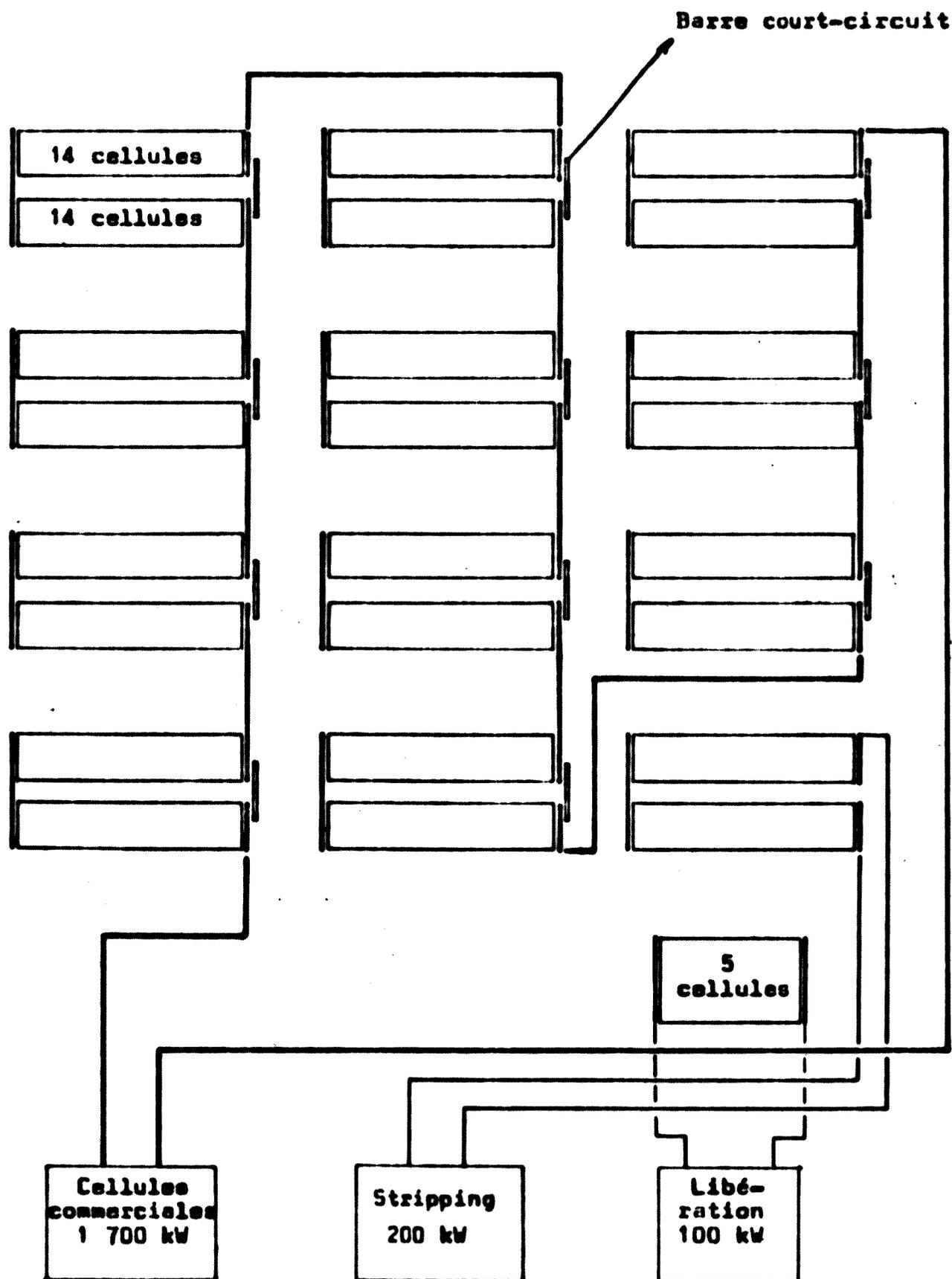
Une telle unité d'électrolyse produirait 667 cathodes par jour contenant pratiquement 100 tonnes de cuivre.

Le raffinage électrolytique des anodes en cathodes fait apparaître des dépôts boueux au fond des cuves d'électrolyse (ou cellules). Ces dépôts représentent tous les éléments non cuivreux, toutes les "impuretés" contenues dans les anodes. Parmi ces "impuretés" figurent en particulier les métaux précieux ou rares qui ont traversé toutes les opérations précédentes en suivant le cuivre. C'est donc à cet endroit du procédé qu'on peut les isoler du cuivre. D'où l'unité de traitement des boues anodiques.

Evacuées au cours du lavage de chaque cellule, lavage régulièrement effectué pour éliminer le cuivre restant à la fin de chaque cycle anodique (tous les 28 jours) ces boues

.../...

ELECTROLYSE - SCHEMA ELECTRIQUE



:/AB MYP 104

Sont décantées filtrées retraitées à l'acide sulfurique puis refiltrées lavées et séchées avant d'être évacuées en fûts de 200 kg.

En général on recueille 3 5 kg de boues/tonne de cuivre déposé.

Du point de vue construction :

Les cellules sont construites en béton armé préfabriqué revêtu de plomb antimonié (à 6 % d'antimoine). Ce revêtement pèse de l'ordre de 900 kg/cellule.

Les tuyauteries qui véhiculent l'électrolyte sont en chlorure de polyvinyle (PVC). Les boues anodiques sont évacuées par des goulottes en bois recouvertes de feuillards de plomb.

Les pompes de circulation d'électrolyte et de traitement de boues sont en acier inoxydable nuance A151 316 L.

Les échangeurs de température de l'électrolyte sont du type tubulaire-polybloc en graphite.

La desserte des halles d'électrolyse implique 1 pont roulant par halle avec chariot transfert pour pouvoir passer d'une halle à l'autre.

3.2.2. Consommations

3.2.2.1 Eau

1er cas : Production de blister

L'eau est consommée par :

- L'appoint du refroidissement des fours :
1 m³/h x 24 h = 24 m³/j eau décantée
- L'humidification de la charge fine des fours à cuve
2 m³/h x 24 h = 48 m³/j eau décantée
- La granulation des scories de convertisseurs avant introduction aux fours à cuve
9 m³/h x 16 h = 144 m³/j eau brute
- L'appoint en eau chaudière du circuit de récupération sur four réverbère
1 m³/h x 24 = 24 m³/j eau traitée pour turbine.

Récapitulation :

Four à cuve : 72 m³/j eau décantée
+ 144 m³/j eau brute
Four réverbère : 24 m³/j eau décantée
+ 24 m³/j eau traitée pour turbine

/AB - MYP 104

2° cas : production de cathodes

- Aux consommations précédentes s'ajoutent :
- Le refroidissement des anodes
 $5 \text{ m}^3/\text{h} \times 6 \text{ h} = 30 \text{ m}^3/\text{j}$ eau brute
 - L'eau d'appoint de l'électrolyte
 (et divers)
 $4 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} = 96 \text{ m}^3/\text{j}$ eau traitée

soit au total :

Fours à cuve :	(72 m ³ /j	eau décantée
	342 m ³ /j (174 m ³ /j	eau brute
	(96 m ³ /j	eau traitée
Four à réverbère :	(24 m ³ /j	eau décantée
	174 m ³ /j (30 m ³ /j	eau brute
	(96 m ³ /j	eau traitée
	(24 m ³ /j	eau turbine

3.2.2.2 Electricité**1er cas : production de blister**

Les fours à cuve ou réverbère nécessitent
 $100 \text{ kwh} \times 24 \text{ h}$

Les convertisseurs consomment $2 \text{ 300 kwh} \times 16 \text{ h}$

Le four réverbère peut fournir $1 \text{ 250 kwh} \times 24 \text{ h}$

Le bilan de puissance est donc :

Variante four à cuve 2 400 kw installés

Variante four à réverbère 150 kw installés

Le bilan en consommation d'énergie électrique est donc :

Variante four à cuve 1 630 kw en moyenne par heure

Variante four réverbère 380 kw en moyenne par heure

2° cas : production de cathodes

- aux consommations précédentes s'ajoutent :
- Celles de la coulée d'anodes : $100 \text{ kwh} \times 12 \text{ h}$
 - Celle de l'unité d'électrolyse $2 \text{ 000 kwh} \times 24 \text{ h}$

Le bilan en puissance est alors pour la totalité de l'usine :

Variante four à cuve 4 500 kw installés

Variante four réverbère 3 250 kw installés

3.2.2.4 Coke

Il est exclusivement nécessaire aux fours à cuve et ne concerne donc que la production de blister, à raison de 1,0 t/h de coke métallurgique soit 24,0 t/j

3.2.2.5 Chaux sous forme de CaO pur

Elle est exclusivement nécessaire aux opérations de fonderie et ne concerne donc que la production de blister.

La consommation horaire de chaux vive pure est 1,22 t
soit 29,4t/j

3.2.2.6 Silice sous forme de SiO₂ pure

Elle est exclusivement nécessaire aux opérations de fonderie et ne concerne donc que la production de blister.

La consommation horaire de silice pure est 5,6 tonnes
soit 134,4 t/j

3.2.2.7 Réfractaires

Ils sont nécessaires aux opérations de fonderie et concernent éventuellement la production de blister. Tous de même nature, chrome-magnésite, ils sont utilisés au cours des réfections, accidentelles ou programmées, des garnissages de fours et convertisseurs.

En moyenne, on peut admettre 3 réfections de garnissage par convertisseur en marche et par an. La consommation annuelle de réfractaires s'élève à 200 tonnes.

3.2.2.8 Acide sulfurique

L'acide sulfurique est essentiellement consommé par perte à l'électrolyse. Cette consommation ne concerne donc que la production de cathodes.

Elle est estimée à 1,2 tonnes par jour

3.2.2.9 Divers

Un certain nombre de produits sont consommés soit dans les différentes étapes du procédé, soit comme utilités. Il en est ainsi de :

- l'alunite (ou équivalent) pour la protection des moules de coulée d'anodes
- réducteur pour le four à anodes; il peut être des troncs d'eucalyptus, du charbon de bois, du propane
- éléments de cuves à électrolyse
- gas oil et essence : carburants des véhicules de transport et des voitures de fonction ; ils sont pris en compte dans l'évaluation du prix de revient des transports et inclus dans le paragraphe 4.1.2 relatif aux transports routiers.

3.2.3 Entretien

Dans toute la mesure du possible, les méthodes d'entretien programmé sont à appliquer afin de réduire la période d'inactivité des équipements à la seule durée des opérations d'entretien planifiées.

Le bénéfice est évident pour l'exploitation de l'unité de production mais aussi pour la gestion de l'entretien de l'usine.

L'application de ces méthodes suppose l'intervention des compétences spécialisées en ce domaine dès l'élaboration du projet. En effet, les décisions à prendre concernant la définition des matériels et équipements, leur standardisation, le choix d'une normalisation unique relative au piping, à l'électricité et à la régulation, la définition des cycles d'entretien et des ateliers à prévoir pour y faire face, l'organisation générale de ces derniers, ne peuvent l'être qu'en accord et avec le conseil des spécialistes.

Au delà de la définition de l'usine et de son organisation, le personnel d'entretien devra non seulement avoir les qualifications et aptitudes individuelles requises, mais dans son ensemble être apte à appliquer des méthodes préventives, c'est à dire à pratiquer des opérations systématiques et à en noter les résultats aux fins d'exploitations statistiques sous la conduite d'agents d'encadrement parfaitement formés techniquement et psychologiquement à ce type de tâches.

La définition de ce personnel, de son encadrement et de sa formation est à prévoir en même temps et de façon aussi détaillée que celle du personnel de production.

Elle est à faire étudier par les spécialistes de ces méthodes. Elle concerne directement la gestion de la future usine et son taux d'activité, c'est à dire son niveau de production et sa rentabilité.

/AB - MYP 104

L'analyse détaillée des méthodes d'entretien préventif permettant l'établissement des dossiers de vie machines ou équipements, (nomenclature de toutes les pièces à vérifier, définition des cycles d'entretien, nature et fréquence des mises à jour des fiches d'entretien, type de matériel de gestion de ces fiches, etc.) conduit, dès l'élaboration du projet, et afin de réduire au minimum le coût de ces méthodes :

- à imposer UNE standardisation UNIQUE à tous les fournisseurs et installateurs.
- à définir, au moment de la commande des équipements, la liste des rechanges à approvisionner et la fréquence des rechanges systématiques en fonction de la nature des pièces.

Conclusion : Le personnel d'entretien est défini en fonction de ces méthodes.

3.2.4 Services généraux

3.2.4.1 Centrale électrique

Cette centrale doit couvrir les besoins chiffrés au paragraphe 3.2.2.2 Electricité.

La seule solution envisageable actuellement en Mauritanie pour la production d'énergie électrique, à ce niveau de puissance (quelques Mw) est le groupe Diesel entraînant un alternateur.

La puissance installée correspond à celle appelable en pointe.

Le secours est assuré par ailleurs : à Akjoujt ce secours peut être assuré par un ou deux groupes de 2Mw en permanence en stand-by. A Nouakchott, le secours peut être assuré par le réseau extérieur auquel l'usine se trouve raccordée. La puissance appelée en secours est, en tous cas, inférieure à la puissance nécessaire au fonctionnement normal de l'usine.

Suivant la production obtenue, ces puissances sont :

	Blistér	Cathodes
Fours à cuve	2 400 kw	4 500 kw
Four à réverbère	1 150 kw	3 250 kw

A Akjoujt ces puissances pourraient être installées dans une extension de la centrale de la SOMIMA.

A Nouakchott, il y aurait à réaliser une centrale et à en prévoir le personnel correspondant.

Quelque soit le site envisagé, le turbo-alternateur de 1 250 kw qui récupère une partie de l'énergie des fumées de REVERBERE fait l'objet d'une installation distincte et séparée du ou des groupes de production Diesel-électriques. Il est interconnecté sur le réseau

usine. Son installation est liée à celle du four réverbère. Elle implique un traitement d'eau particulier nécessité par l'admission à la turbine d'une vapeur à 40 bar absolus et 400°C. Afin de réduire les coûts d'installation et d'entretien, cette turbine est prévue à contre-pression, la vapeur à l'échappement est à 3 bar absolus et 170°C.

Une partie de cette vapeur est condensée, pour le chauffage ou le rechauffage de différents fluides.

3.2.4.2 Ateliers d'entretien

Suivent le site envisagé pour l'implantation de l'usine, les ateliers seraient à créer dans leur intégralité à Nouakchott; ils pourraient être une extension de ceux existant à Akjoujt.

Au cas où ils seraient à créer, on doit prévoir :

- 1 atelier mécanique
- 1 atelier électrique
- 1 atelier de chaudronnerie et tuyauterie
- 1 atelier d'instrumentation
- 1 Local pour maçonnerie
- et les bureaux correspondants
- 1 garage pour inspection et réparation des véhicules.

Quelle que soit la production envisagée, blister ou cathodes, l'infrastructure à prévoir est, au stade actuel de l'étude, sensiblement la même. Seuls le personnel et l'importance des équipements varient en fonction des productions envisagées.

Les surfaces à priori sont donc de :

- 300 m² pour les ateliers
- 200 m² pour le garage

3.2.4.3 Laboratoire

Le contrôle de fabrication, aux différentes étapes de l'élaboration des produits, soit blister, soit cathodes, implique un laboratoire effectuant également le contrôle de qualité (analyse et test) du produit entrant et du produit sortant conformément aux spécifications techniques et commerciales de ces produits.

En conséquence, ce laboratoire et son équipement sont à prévoir quelles que soient les productions et les implantations envisagées.

La surface est, en tous cas, de 100 m². Son équipement, comme son personnel, est fonction de la production envisagée.

3.2.4.4. Magasin :

Suivant le site envisagé pour l'implantation de l'usine, le magasin serait à créer dans son intégralité à Nouakchott, il pourrait être une extension de celui existant à Akjoujt.

Au cas où il serait à créer, il y a à prévoir 200 m² si la production s'arrête au blister, 300 m² si la production va jusqu'à la cathode.

3.2.4.5 Bâtiments administratif et du gardien, parking :

Pour des raisons identiques aux précédentes, ces bâtiments ne sont à construire qu'à Nouakchott. En cas de réalisation sur le site d'Akjoujt, le bâtiment administratif de la SOMIMA pourrait être étendu au cas où la nécessité s'en ferait sentir.

A Nouakchott, la surface du bâtiment administratif serait de 500 m² et celle du gardien, de 50 m²;

- le parking des véhicules autres que les camions aurait une surface de 720 m²
- celui réservé aux camions est constitué par une simple emprise sur la voirie générale de l'usine.

3.2.4.6 Stocks

La nature des produits, l'autonomie et la capacité des stocks sont résumées dans le tableau ci-dessous :

PRODUITS	AUTONOMIE	CAPACITE et SURFACE	
		Blister	Cathodes
Concentré	2 semaines	6 000 tonnes 700 m ²	6 000 tonnes 700 m ²
Chaux	2 mois	1 800 tonnes 450 m ²	1 800 tonnes 450 m ²
Silice	2 mois	8 000 tonnes 2 700 m ²	8 000 tonnes 2 700 m ²
Coke four à cuve	2 mois	1 500 tonnes 1 000 m ²	1 500 tonnes 1 000 m ²
Fuel (1) four à cuve	2 mois	1 500 m ³ 400 m ²	2 500 m ³ 600 m ²
four réverbère	2 mois	4 500 m ³ 1 500 m ²	5 500 m ³ 1 500 m ²
Acide sulfurique	2 mois	-	60 m ³
Blister	1 mois	3 600 tonnes 200 m ²	-
Cathodes	1 mois	-	3 000 tonnes 200 m ²
Scories des fours :	évacués à l'extérieur de l'usine		

(1) Valable seulement à Nouakchott. A Akjoujt le stock de fuel pourrait être une extension du stock existant.

3.2.5 Personnel

3.2.5.1 Effectifs et formation professionnelle

L'exemple de la SOMIMA a retenu notre attention. En effet cette Société aurait prévu, à l'origine, pour l'usine d'Akioujt, un effectif total de 360 personnes réparti en 275 Mauritaniens et 85 expatriés. Actuellement il y en a 625 dont 500 Mauritaniens et 125 expatriés.

Deux conséquences découlent de ces chiffres :

- le rapport expatriés est donc égal à 1/4 Mauritaniens
- A l'origine, il avait été admis l'équivalence suivante : 1,25 Mauritanien pour un poste tenu en pays industrialisé par un expatrié. Actuellement ce taux est supérieur à 2 Mauritaniens pour un poste tenu par un expatrié.

Le cas de la SOMIMA n'est pas unique. Le résultat est que l'accroissement de personnel mauritanien entraîne un accroissement correspondant du personnel d'encadrement, essentiellement expatrié. Cette évolution est défavorable à celle du compte d'exploitation.

En première approximation, trois causes paraissent à l'origine d'une telle situation :

- Une analyse et une définition très précise de chaque poste de travail insuffisantes ou insuffisamment connues,
- une aptitude individuelle ou une capacité technique individuelle insuffisante ou insuffisamment développés,
- une insertion et une adaptation collective à un processus industriel mal réalisés.

Si la première de celles-ci paraît relever, après expérience de production de l'usine, de spécialistes de l'organisation du travail, les deux autres font appel aux qualités individuelles et collectives des Mauritaniens.

Les informations recueillies auprès du Ministère de l'Enseignement Technique, de la Formation des Cadres et de l'Enseignement Supérieur permettent d'espérer à terme une amélioration nette de la compétence technique individuelle des Mauritaniens.

La création d'un Collège Technique, d'une école d'enseignement commercial à Nouakchott et l'ouverture d'un Centre de formation rapide pour adultes à Nouadhibou sont la marque d'une volonté très nette en ce domaine.

Reste la dernière cause qui paraît actuellement la plus difficile à définir car elle ne trouve de solution qu'à terme et dans la mise en place d'une formation professionnelle adaptée et complète. C'est cette cause qui apparaît comme déterminante car, de la solution apportée à ce problème, dépend le degré de mauritanisation des entreprises industrielles créées en Mauritanie et... leur rentabilité.

L'exemple des méthodes d'entretien préventif illustre la nécessité de cette formation sans laquelle les méthodes les mieux élaborées perdent toute efficacité.

- Quel que soit le contexte d'un projet d'implantation industrielle, il n'est pas possible d'aborder de façon suffisamment globale le chapitre des besoins en personnel sans parler de formation. En effet, il suffit de considérer les deux situations extrêmes pour constater qu'il n'est pas de solution en dehors de la Formation Professionnelle :

. Situation 1 : la nouvelle industrie draine à elle tout le personnel compétent voulu, et ceci ne peut se faire qu'au détriment des industries existantes où vont apparaître les besoins de formation pour pallier les départs.

. Situation 2 : la nouvelle industrie rencontre un matériau humain pratiquement vierge auquel cas elle doit recourir elle-même aux possibilités de la formation.

On conçoit clairement que les situations intermédiaires appellent des solutions de formation professionnelle comprises dans la fourchette esquissée.

Il ne fait pas de doute que l'implantation d'une industrie du cuivre en Mauritanie rencontre un contexte plus proche de la situation 2 que de la situation 1, c'est pourquoi nous voulons insister sur l'importance considérable de la Formation Professionnelle.

L'erreur qui est souvent commise de considérer les moyens humains comme secondaires par rapport aux moyens matériels, conduit à ne s'en préoccuper que très tard ou trop tard. La formation est alors le remède curatif qui, même administré à forte dose, donc à coût élevé et dans des conditions précaires, ne peut que limiter les dégâts.

.../...

Il est de beaucoup préférable et plus rationnel d'utiliser la Formation Professionnelle comme un traitement préventif dont on peut à loisir doser l'importance. Elle se déroule alors dans des conditions favorables et au coût le plus juste possible. Nous assistons actuellement en Europe à une prise de conscience progressive de la valeur primordiale du capital humain dans les Entreprises qui justifie une Politique propre. C'est ainsi que la Politique Générale d'une Entreprise définit et coordonne une politique financière, une politique commerciale et une politique de personnel dont la formation est un moyen important.

Replacée dans l'évolution d'un projet tel que celui-ci, la formation se retrouve aux différentes phases :

- 1) Etude de faisabilité - Problématique de la formation
- 2) Etude de Financement - Définition du système de Formation
- 3) Engineering - Création du système de Formation
- 4) Construction des moyens - Formation de l'équipage de démarrage
- 5) Production - Evolution qualitative et quantitative du personnel.

S'en préoccuper dès maintenant doit assurer un maximum de chances de succès pour une telle opération.

L'étude objet de ce contrat, ne devant pas se réaliser avant plusieurs années, l'hypothèse est faite que l'ensemble des actions en cours tant au niveau de l'Etat mauritanien qu'à celui des entreprises privées et des actions à entreprendre commenceront à porter leur fruit. C'est pourquoi il a été admis une mauritanisation relativement importante du personnel (environ 90 %) et un taux de remplacement de 1,5 Mauritanien par poste tenu par un expatrié en moyenne.

Ces hypothèses sont extrêmement favorables.

3.2.5.2 Effectifs et organigramme

Compte tenu des hypothèses précédentes, les organigrammes donnés ci-après se rapportent aux quatre cas suivants :

- production de blister ou production de cathodes à Nouakchott en une usine indépendante,
- production de blister ou production de cathodes à

Akjoujt en une usine rattachée à celle existante.

Les effectifs sont définis en prenant les bases suivantes :

a) Personnel ouvrier et employé

Mauritanisation totale. Le calcul des effectifs est fait en prenant un taux de remplacement Mauritaniens de 1,5 expatriés

b) Personnel maîtrise

Mauritanisation à 50 %
Taux de remplacement 1,5

c) Personnel ingénieurs et cadres

Mauritanisation ébauchée

NOUAKCHOTT

	Ingénieurs		Maîtrise		Ouvriers/Employés
	E (2)	M (3)	E (2)	M (3)	
1. Production de blister					
Fonderie	4	1	4	4x1,5 = 6	109 x 1,5 = 165
Entretien	2	1	3	4x1,5 = 6	39 x 1,5 = 60
Magasin			1	1	6 x 1,5 = 9
Laboratoire	1		4	2x1,5 = 3	
Administration	8	2	6	6x1,5 = 9	31 x 1,5 = 56
Centrale Diesel (variante fours à cuve)	1	1	4	4x1,5 = 6	16
Centrale Diesel + turbo-alternateur (four à réverbère)	1	1	6	6x1,5 = 9	20
Conducteurs (1) poids lourds				2x1,5 = 3	24
four à cuve : <u>407</u>	16	5	22	34	330
TOTAL					
four réverbère: <u>416</u>	16	5	24	37	334
2.. roduction de cathodes					
Coulée anodes				4x1,5 = 6	28 x 1,5 = 42
Electrolyse	2	1	4	4x1,5 = 6	29 x 1,5 = 45
Entretien		1	1		11 x 1,5 = 18
Magasin					2
Laboratoire				2x1,5 = 3	
TOTAL : <u>131</u>	2	2	5	15	107
four à cuve : <u>538</u>	18	7	27	49	437
3 TOTAL 1 + 2					
Four réverbère: <u>547</u>	18	7	29	52	441

- (1) Leurs salaires sont inclus dans les prix de transport
(2) E : Expatriés
(3) M : Mauritaniens

AKJOUJT

Unités	Ingénieurs		Maîtrise		Ouvriers/Employés
	E	M	E	M	
1. Production de blister					
Fonderie	4	1	4	6	165
Entretien		1	2	4	40
Magasin					9
Laboratoire			2	3	
Administration			2	3	18
Centrale Diesel (variante fours à cuve)					
Centrale Diesel + turbo-alternateur (four à réverbère)			2	3	4
fours à cuve : <u>264</u>	4	2	10	16	232
TOTAL					
fours réverbères : <u>273</u>	4	2	12	19	236
2. Production de cathodes					
TOTAL : <u>131</u>	2	2	5	15	107
(inchangé par rapport à la précédente page)					
fours à cuve : <u>395</u>	6	4	15	31	339
3. TOTAL 1 + 2					
fours réverbère : <u>404</u>	6	4	17	34	343

(Se rapporter pour les valeurs et les abréviations à la page précédente).

3.2.6. Implantation de l'usine et hébergement du personnel

3.2.6.1. L'usine

Le plan de masse YP 012 A représente l'implantation de l'usine la plus complète, en l'occurrence celle qui produirait des cathodes à Nouakchott. Elle s'inscrit dans un rectangle de 265 m par 205 m. Les répercussions des différences d'implantation entre fours à cuve et reverbère sont faibles au niveau du plan de masse.

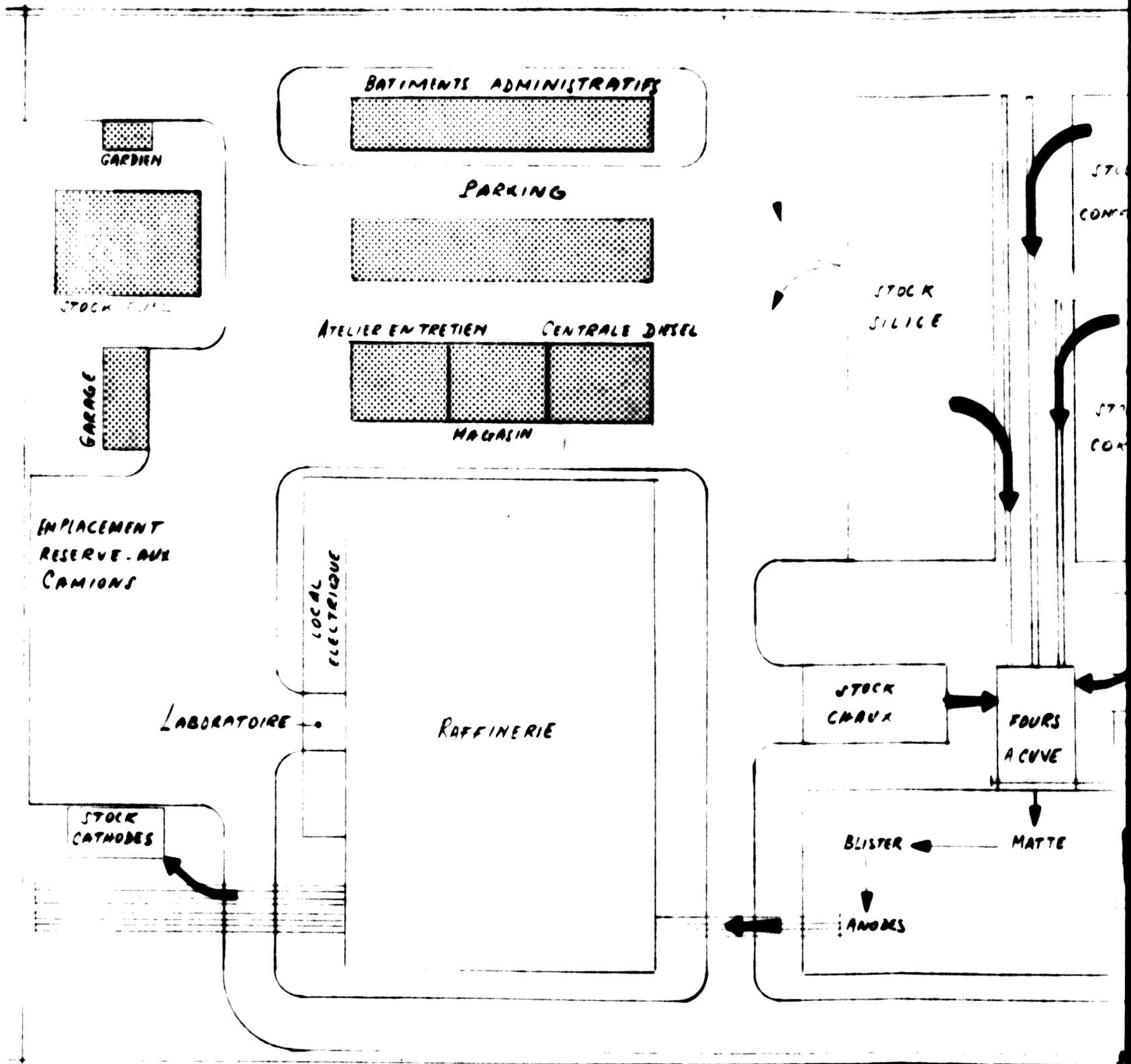
L'implantation avec fours à cuve a été retenue à cause de sa simplicité. Elle conduit toutefois à une centrale électrique et à un stock de fuel de moindre importance que celle avec four reverbère.

L'organisation générale du plan de masse fait apparaître les circulations distinctes

- des produits entrants à stocker
- des reprises de produit aux stocks
- des produits intermédiaires :
 - . entre fours et fonderie : la matte
 - . dans la fonderie : le blister
 - . de la fonderie à la raffinerie : les anodes et les scories de conversion
- du produit final

Les possibilités d'extension des unités de production comme des stocks correspondants sont toutes ménagées sans rompre l'organisation projetée.

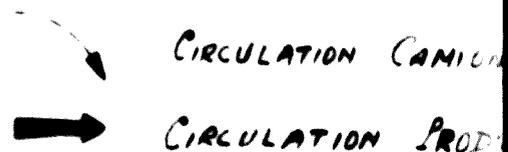
En cas d'implantation à Akjoujt, l'emprise de l'usine serait réduite à proportion des bâtiments déjà existants. (Ceux dont l'aire est hachurée sur le plan YP 012 A).



SECTION 1

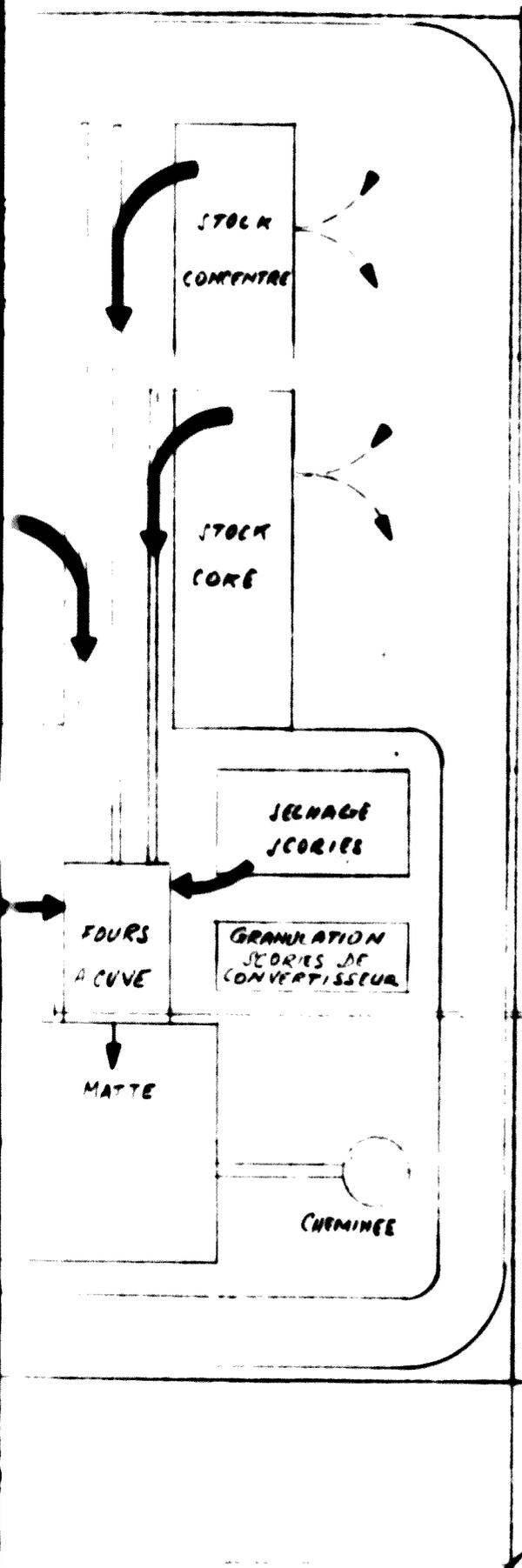
265m

LEGENDE -



NOTA - CETTE IMPLANTATION

À PREVOIR UNIQUEMENT
(DÉJÀ EXISTANT SUR LE



Sortie Scories des Fours à Cuve

PLA

ARCH IND	DATE	DESIGNATION
A	19.02.76	ETABLISSEMENT DU PLAN
CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE SOFRESID		
ECHELLE		0
UNITE		TRAITEMENT DE MAURITIUS
OUVRAGE		ENSEMBLE DE L'...
MATERIEL/DETAIL		
TYPE DU PLAN		PLAN DE MASSE DE
SOFRESID		NUMERO 1
		Y P, 00

LEGENDE.

-  CIRCULATION CAMIONS
-  CIRCULATION PRODUITS

SECTION 3

NOTA - CETTE IMPLANTATION EST VALABLE A NOUAKHOTT ET A ARJOUST

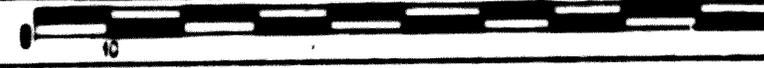
 A PREVOIR UNIQUEMENT A NOUAKHOTT
(DEJA EXISTANT SUR LE SITE DE ARJOUST)

PLAN PROVISOIRE

A	18.02.76	ETABLISSEMENT DU PLAN	2374	2374	2374		
	ARCH IND	DATE	DESIGNATION	DESSINE	VERIFIE	SPECIALISTE	BOITAFRADE

TOURSA CUV

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE SOFRESID IL NE PEUT ETRE NI COPIE NI COMMUNIQUE A DES TIERS SANS SON AUTORISATION

ECHELLE 1/1000  100m

UNIDO

UNITE TRAITEMENT DES CONCENTRES SULFURES MAURITANIE

OUVRAGE ENSEMBLE DE L'USINE

MATERIEL/DETAIL

TYPE DU PLAN PLAN DE MASSE DE L'USINE SOLUTION PYROMETALLURGIQUE

SOFRESID	NUMERO A RAPPELLER		CODE DE CLASSEMENT				
	YP	00012A	1	04	C	A	A	1

La seule production de blister entraîne la disparition de la raffinerie et une légère réduction de la fonderie.

Schématiquement l'usine serait ramenée de 265 mètres à 165 mètres de long pour une largeur inchangée.

3.2.6.2. Hébergement du personnel

L'implantation d'une usine de cette importance ne se conçoit pas en Mauritanie sans prévoir également, à la charge de l'investisseur, le développement ou la création d'une cité capable d'assurer des conditions de vie satisfaisantes à une grande partie du personnel employé par cette usine.

Toutefois, il convient de noter que l'usine étudiée se situerait tant à Nouakchott qu'à Akjoujt à proximité d'une agglomération fortement urbanisée (ou en cours d'urbanisation).

Il est donc inutile de prévoir la construction d'une infrastructure et d'équipements collectifs puisque ceux-ci existent déjà.

Seule l'extension des habitations à Akjoujt et la construction de maisons sont envisagées dans le cadre de cette étude.

On admet que l'investisseur ne prend en compte ni hôpital, ni école, ni centre commercial, ni lieu culturel ou récréatif (du genre "club").

Enfin, bien que les effectifs prévus à Nouakchott soient sensiblement supérieurs à ceux d'Akjoujt on admet que les commodités offertes par la capitale permettant de réduire très sensiblement le nombre et le coût des habitations à y construire par rapport à ce qu'il y a lieu d'envisager pour Akjoujt.

L'ensemble de ces éléments d'appréciation se trouve concrétisé par le montant de la provision prévue au poste "Cité Minière".

3.2.7. Investissements

3.2.7.1. Production de blister

Cette production peut se faire à Nouakchott ou à Akjoujt, avec 2 fours à cuve ou un four réverbère.

Il en résulte le tableau suivant concernant les investissements exprimés en millions de francs, aux conditions actuelles.

	variante fours à cuve		variante four réverbère	
	<u>AKJOUJT</u>	<u>NOUAKCHOTT</u>	<u>AKJOUJT</u>	<u>NOUAKCHOTT</u>
Production	3087,5	3087,5	3087,5	3087,5
Centrale électrique	250	250	325	325
Services généraux	50	162,5	50	162,5
Voieries, réseaux stocks camions	262,5	375	262,5	375
Cité minière	1250	750	1250	750
TOTAL	4900,0	4625	4975,0	4700,0
dont				
Equipement mécanique et de procédé	1500	1500	1500	1500

3.2.7.2. Production de cathodes

Le montant des investissements relatifs à la seule production de cathodes à partir du blister dans une usine existante s'établit comme suit : (en millions de francs)

Coulée d'anodes	412,5
Electrolyse	2250,
Centrales électrique	212,5
Services généraux	37,5
Voierie, réseaux stocks	250
Cité minière à Nouakchott	250
à Akjoujt	625
Soit au total à Nouakchott	3412,5
à Akjoujt	3787,5

dont équipement mécanique et de procédé, quelque soit le site : 2500,0.

3.2.7.3. Coût total

Une usine de production de 30.000 t/an de cuivre électrolytique incluant fonderie et raffinerie s'établit ainsi (en millions de francs).

	Variante four à cuve	Variante four réverbère
à Akjoujt	8687,5	8762,5
à Nouakchott	8037,5	8112,5

/ AB - MYP 104

3.3. VARIANTE HYDROMETALLURGIQUE.

Pour des raisons de commodité de procédé, il est préférable de n'envisager la réalisation de cette variante qu'à Akjoujt.

3.3.1 Définition du procédé et description des principaux équipements.

Le produit obtenu est une cathode à 99,98 % de pureté.

Le produit à traiter provient du grillage des concentrés de minerais de sulfures de cuivre dans le four à lit fluidisé du TORCO.

Le produit, défini au paragraphe 3.1.4.3., précédent contient :

26,1 % de cuivre

33,5 % de fer

40,4 % de divers (dont SO_4 sous forme de sulfates)

Son débit est de 410 tonnes/jour mesurées sur sec, correspondant à une cadence d'exploitation de la mine de 1,9 million de tonnes par an de minerai tout venant à une teneur moyenne en cuivre de 1,8 %.

On suppose qu'il entre froid après avoir été quenché en sortie de four de grillage.

Le procédé hydrométallurgique, défini par le schéma YPO14 A se résume à :

- L'attaque du cuivre contenu dans le produit entrant par l'acide sulfurique contenu dans l'électrolyte sortant de l'électrolyse, opération appelée lixiviation.
- L'électrolyse de la solution de sulfate de cuivre obtenue ci-dessus qui a pour but de libérer le cuivre métal à la cathode et de régénérer l'acide sulfurique dans l'électrolyte

Théoriquement les réactions s'écrivent :



Elles font apparaître que pour attaquer une molécule de cuivre il faut une molécule d'acide sulfurique, laquelle est régénérée à l'électrolyse.

Cu	4472	Kg/h
Fe	5720	Kg/h
Divers	6900	Kg/h
TOT	17100	Kg/h

FOUR DE GRILLAGE
TORC O ET
QUENCH

H₂SO₄
1170 Kg/h

LIXIVIATION

180 m ³ /h
H ₂ SO ₄ 33g/l
Fe 11g/l
Cu

EPAISSISSEUR

20 m ³ /h		
Cu	322	Kg/h
Fe	3512	Kg/h
Divers	6008	Kg/h
SOLIDES	12342	Kg/h

FILTRATION
LAVAGE

EAU Ca(OH)₂ 1%

PURIFICATION
DE L'ELECTROLYTE

AIR

FER sous forme HYDROXYDE 208 Kg/h
CaSO₄ 1840 Kg/h

EAU DE LAVAGE
20 m³/h

TRAITEMENT
DES BOUES

METALLS
PRECIEUX

STERILES

SECTION 1

208 m ³ /h
H ₂ SO ₄ 61 g/l
Cu 25 g/l
Fe 10 g/l

ELECTROLYSE

CATHODES 4150 Kg/h

PURIFICATION
DE L'ELECTROLYTE

208 m ³ /h
H ₂ SO ₄ 30 g/l
Cu 65 g/l
Fe 10 g/l

20 m ³ /h
H ₂ SO ₄ 0 g/l
Fe 0 g/l

DE 208 m³/h
1840 Kg/h

SECTION 2

A
ARCH IND
ECHEL
UNITE
OUVRAG
MATERIEL
TYPE DU
80

MODES 150 Kg/h

SECTION 3

PLAN PROVISOIRE

A	2017	ETABLISSEMENT DU PLAN	234 Lamy	2814 [Signature]	2100 [Signature]			
AN	IND	DATE	DESIGNATION	DESSEIN	VERIFIE	SPECIALISTE	NOB DIVISION	CLIENT

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE SOFRESID IL NE PEUT ETRE NI COPIE NI COMMUNIQUE A DES TIERS SANS SON AUTORISATION

ECHELLE 

UNITE TRAITEMENT DES CONCENTRES SULFURES MAURITANIE

OUVRAGE

MATERIEL/DETAIL

TYPE DU PLAN SCHEMA DE PROCEDURE VARIANTE HYDROME TALLURGIE

SOFRESID	NUMERO A RAPPELLER				CODE DE CLASSEMENT									
	YP	0	0	0	1	4	A	1	0	4	C	A	A	A	0

30 TECH 2 70 01 CARBONNE VERTICAL

/ AB - MYP 104

En fait, l'attaque sulfurique se développe aussi sur d'autres métaux, tel le fer et la quantité d'acide nécessaire est nettement supérieure à la stoechiométrie. La définition de l'appoint en SO_4H_2 ne peut d'ailleurs se faire que par essai au laboratoire et en pilote des produits effectivement fournis par le grillage.

Parmi ces produits, il est probable que se trouvent déjà des sulfates fabriqués au cours du grillage. Ceux-ci amélioreraient d'autant le bilan en acide sulfurique qui conditionne pour une part significative l'économie du projet.

De l'importance du développement des réactions parasites dépend la qualité de l'électrolyte. En effet, plus la teneur en fer est élevée, moins aisé est le passage du courant entre anode et cathode à l'électrolyse, plus la consommation spécifique d'énergie est élevée (à la tonne déposée à la cathode).

La purification nécessaire de l'électrolyte afin de maintenir sa teneur en fer à un niveau acceptable fait l'objet de recherches constantes. Le dispositif proposé a le mérite d'avoir déjà fait ses preuves dans une installation industrielle.

Il consiste simplement en une précipitation du sulfate de fer par la chaux sous forme d'hydroxyde ferrique ; le sulfate de calcium précipite également et se trouve éliminé. Cette purification partielle de l'électrolyte (seul 1/10 du débit total environ est traité de la sorte) se traduit par une perte de SO_4H_2 qu'il y a à compenser.

Un ajustement du P_H de la solution permet d'éviter la précipitation du sulfate de cuivre contenu dans l'électrolyte.

Tout autre procédé de purification permettant de traiter la totalité du débit d'électrolyte sans consommation excessive de SO_4H_2 serait à étudier à partir des solutions obtenues en pilote dans des conditions identiques aux conditions de marche de cette unité.

Enfin le lavage des boues à contre-courant afin de récupérer avant leur évacuation, le maximum de sulfate de cuivre se traduit par une succession de filtrations et repulpages des solides dont le nombre définit l'épuisement cherché en sortie de cette section.

Ces boues ont une valeur certaine puisqu'elles contiennent les métaux précieux et rares du minerai.

Néanmoins dans le cadre précis de cette étude, la récupération des métaux précieux n'a pas été envisagée car :

D'une part la teneur en or des minerais varie de 0,97 à 0,64 g par tonne de minerai tout venant et leur récupération au travers des opérations précédant l'attaque sulfurique est ignorée.

D'autre part le procédé de récupération de l'or, étant donné le tonnage de boues à traiter, devient onéreux.

.../...

/ AB - MYP 104

En conséquence, avant de se prononcer sur l'opportunité de la récupération des métaux précieux, il y aurait d'abord à faire définir l'enjeu c'est à dire la teneur en or du produit entrant à la lixiviation.

L'électrolyse se développe par transfert des ions Cu de l'électrolyte à la cathode. En général les anodes sont des anodes en plomb chimiquement neutres à l'égard de l'électrolyte et les cathodes sont à l'origine constituées d'une feuille de titane d'où l'on arrache, au terme du cycle cathodique, les feuilles de cuivre qui s'y sont déposées.

Les principaux équipements des différentes sections sont décrits succinctement ci-après :

LIXIVIATION

4 bacs de capacité utile unitaire 50 m³, en béton avec revêtement intérieur en plomb, munis d'agitateurs.

La capacité totale de ces bacs est prévue en admettant que la durée de la réaction de lixiviation soit de 1 heure. Cette hypothèse est à vérifier.

De ces bacs dans lesquels le pH est réglé aux niveaux voulus par addition d'acide sulfurique, le fluide comprenant la solution lixiviée entraînant les résidus solides de la charge est épaissi dans 2 bacs à fond conique de Ø 26 mètres.

De chacun de ces épaisseurs, le liquide de surface est repris et pompé vers l'électrolyse tandis que le solide décanté est envoyé à la section filtration-lavage.

FILTRATION-LAVAGE

Cette section se compose de 2 lignes identiques alimentées chacune par le solide décanté provenant d'un épaisseur. Elle traite les solides par filtrations et repulpages.

Chaque étage comprend :

Un filtre à tambour rotatif, sous vide d'environ 0,7 bar.

La surface unitaire des filtres repose sur une efficacité de filtration à définir par essais en pilote. Pour le chiffrage de cette étude elle est fixée à 50 m², valeur très conservatrice.

Le solide recueilli sur la toile est repulpé dans un bac avec agitateur par de l'eau claire avant d'être introduit sur le filtre suivant.

Au 4e et dernier filtre, le solide est évacué hors des limites d'unité et stocké en vue d'un re-traitement éventuel

/ AB - MYP 104

L'humidité résiduelle du solide à évacuer est à déterminer par expérience afin d'en assurer le transport et le stockage dans les conditions les plus aisées.

Le lavage du solide est effectué à contre-courant par injection d'eau claire sur le 4e filtre, reprise de ce filtre et pompée vers le 3e filtre et ainsi de suite. En sortie du 1er filtre le liquide recueilli, enrichi en électrolyte est envoyé à la section purification.

Le taux de lavage fixé est de 1 ; c'est à dire qu'il est prévu 1m^3 d'eau claire pour récupérer la totalité des sels contenus dans 1m^3 d'électrolyte évacué avec les solides inertes de la charge vers cette section. Ce taux de lavage est à fixer par l'expérience.

PURIFICATION

En purification, la totalité de l'électrolyte dilué en provenance des 2 lignes de la section précédente est introduite dans 2 lignes identiques fonctionnant en parallèle.

Chaque ligne comprend :

- Un bac d'attaque de la solution par la chaux : ce bac est muni d'agitateurs.
- Un ensemble de décantation, filtration qui sépare et lave les précipités d'hydroxyde ferrique et de gypse de la solution d'électrolyte.

De cet ensemble sortent :

- La solution d'électrolyte purifiée de son fer : sa teneur en fer est nulle. La totalité de l'acide sulfurique libre a été éliminée.
- Les précipités évacués hors des limites d'unités

La solution d'électrolyte est introduite dans le circuit principal et le débit total est envoyé à l'électrolyse.

ELECTROLYSE

L'électrolyte dépose son cuivre à la cathode. La production est de 4150 kg/heure de cuivre électrolytique. On admet que la cathode obtenue est conforme aux spécifications du marché.

L'exemple d'une unité industrielle en fonctionnement depuis plusieurs années, permet de formuler cette hypothèse qui reste à vérifier compte-tenu des conditions précédentes et à partir de la charge qui serait effectivement à traiter par cette usine

Pour ce faire, les données de base sont :

Tension continue entre anode et cathode : 2,5 volt;

.../...

/ AB - MYP 104

Densité de courant (m² de cathode) : 200 A/m²

Dimensions de la cathode : 0,95 m x 0,95 m

Durée du cycle cathodique : 6 jours

L'électrolyte entrant a une teneur en cuivre de 45 g/l.

L'électrolyte sortant a une teneur en cuivre de 25 g/l.

L'installation est prévue en 4 sections de chacune 6 cuves doubles d'électrolyte. A chaque cuve correspondent 16 cellules. Ceci représente un total de 384 cellules d'électrolyse, avec 40 cathodes par cellule, soit 15 360 cathodes au total.

Chaque cellule a pour dimensions intérieures :

- Largeur 1,17 m
- Profondeur 1,22 m
- Longueur 4,54 m

Elle est réalisée en béton armé recouvert d'une couche de plomb antimoine (à 6 % d'antimoine).

Les tuyauteries d'électrolyte sont en chlorure de polyvinyle ; les pompes de circulation en acier inoxydable AISI 316 L comme les bacs de stockage d'électrolyte.

La cathode initiale est constituée par une feuille de titane de 3 à 4 mm d'épaisseur.

L'anode est une feuille de plomb coulé, à 6 % d'antimoine d'épaisseur 5 à 6 mm.

L'alimentation électrique des cellules se fait en 2 réseaux autonomes ayant chacun leur transformateur-redresseur.

L'énergie consommée est 2 500 kwh par tonne de cuivre déposé à la cathode,

En l'occurrence, l'énergie consommée par la seule électrolyse s'élève à environ 10 500 kwh.

/ AB - MYP 104

Celle consommée par le reste de l'unité est de 400 kwh environ.

La puissance installée correspondante est de 12 MW ; avec un coefficient de surcapacité de 10 %.

La desserte des halles d'électrolyse implique 2 ponts roulants par halle compte-tenu de la sécurité à prévoir.

Bien qu'il n'y ait pas théoriquement de boues à recueillir, chaque cellule est nettoyée et inspectée tous les 8 mois en moyenne.

3.3.2 CONSOMMATIONS

3.3.2.1 Eau

L'appoint en eau décantée et traitée est de 40 m³/h soit 40 x 24 = 1 000 m³/j

3.3.2.2 Electricité

La puissance installée à l'électrolyse est de	12 mw
Celle installée pour le reste de l'usine	<u>2 mw</u>
Puissance totale à installer	14 mw

Le fonctionnement d'une telle usine est continu.

Les dépenses en énergie est donc, au total, par heure de 12 mwh.

en admettant, comme pour l'électrolyse, une puissance installée supérieure de 10 % aux besoins nominaux.

Pour faciliter la comparaison avec la solution pyrométallurgique on admet que l'électricité sera fournie par la même voie, c'est-à-dire par groupes Diésel-électriques dont la consommation spécifique est de 1 kg de fuel lourd pour 4 kw/h.

/ AB - MYP 104

Cette approximation joue en défaveur de la voie hydrométallurgique mais de façon qui ne paraît pas très significative au niveau de cette étude. Pratiquement cela reviendrait à étudier par ailleurs les moyens les plus économiques de production d'énergie électrique pour des puissances de l'ordre de la dizaine de Mégawatts.

3.3.2.3 Fuel lourd

La consommation de fuel lourd est d'ordre essentiellement à la production d'électricité.

Pour une consommation horaire de 12 600 kWh la consommation de fuel correspondante est de 3 150 kg/h

Soit sensiblement 75 tonnes par jour.

3.3.2.4. Chaux

La chaux est consommée essentiellement dans la section purification sur base de 1 tonne par heure

Soit 24 tonnes par jour.

3.3.2.5. Acide sulfurique

L'appoint nécessaire au procédé est de 1,2 t/h

Soit 28,8 t/jour.

3.3.2.6. Divers

Un certain nombre de produits sont consommés soit dans les différentes étapes du procédé, soit comme utilités.

Il en est ainsi des

- Réactifs (agents flocculants) pour épaisseurs et filtres : environ 50 t/an.
- Gas-oil et essence : carburants des véhicules de transport et des voitures de fonction.
Ils sont pris en compte dans l'évaluation du prix de revient des transports (cf paragraphe 4.1.2. transports routiers)
- Les anodes et cathodes

3.3.3. Services généraux

3.3.3.1. Centrale électrique

Cette centrale doit couvrir les besoins exprimés en paragraphe 3.3.2.2 Electricité.

La puissance installée correspond à celle applicable en points.

Le secours est assuré par ailleurs.

En conséquence la puissance de la centrale électrique est de 14 MW.

3.3.3.2. Ateliers

Le fait d'envisager l'implantation d'une telle usine à Akjoujt de préférence (voir exclusivement à Akjoujt) permet de considérer que les ateliers à prévoir sont seulement les extensions des ateliers existants.

Ces extensions sont chiffrées à 100 m².

On admet, en outre, que le garage existant est suffisant

3.3.3.3. Laboratoire

Le contrôle de qualité des cathodes et le contrôle des produits sortants (boues, gypse, fer etc...) implique un laboratoire.

Sa surface est de 100 m². Son équipement et son personnel correspondent à la production envisagée.

3.3.3.4. Magasin

Pour la même raison que celle donnée au paragraphe 3.3.3.2 concernant les ateliers, les magasins à prévoir sont une simple extension de ceux existants.

Cette extension est chiffrée à 200 m².

3.3.3.5. Bâtiments administratifs, du gardien et parking

Pour la même raison que ci-dessus, ces bâtiments et parking ne sont pas à prévoir, ceux existants étant considérés comme suffisants.

3.3.3.6. Stocks

La nature des produits, l'autonomie et la capacité des stocks sont résumées ainsi :

- **Produit entrant**

Il est difficile de concevoir l'unité de lixiviation ne travaillant pas au fil de l'eau de la charge provenant de l'installation existante. Celle-ci est introduite en continu.

Seule une capacité de quelques heures est à placer en tampon entre les 2 usines.

- **Caux :**

2 mois d'autonomie conduisent à un stock de 1500 tonnes et 375 m².

- **Acide sulfurique**

2 mois d'autonomie conduisent à un stock de 1500 m³ réalisé en 2 citernes de 500 m³ implantées sur une surface de 375 m²

- **Fuel**

2 mois d'autonomie conduisent à un stock de 4500 m³ réalisé en une citerne de cette capacité, implantée à la suite de celles actuellement en service.

- **Cathodes**

1 mois d'autonomie conduit à un stock de 3000 tonnes couvrant une superficie de 200 m².

- **Stériles et autres rejets**

Ils sont évacués à l'extérieur de l'usine et peuvent soit rejoindre ceux rejetés par l'usine existante, soit être stockés en tas au cas où leur retraitement ultérieur serait envisagé.

3.3.4. Personnel

Les hypothèses faites dans le chapitre correspondant de la solution pyrométallurgique sont toujours valables tant en ce qui concerne la mauritanisation que le taux de remplacement du personnel expatrié.

Sur ces bases, le tableau ci-après exprime les besoins et la répartition du personnel nécessaire à la marche d'une telle usine conçue comme un développement d'une usine existante dont elle valorise d'autant les services généraux.

Unités	Ingénieurs		Maîtrise		Ouvriers Employés
	E	M	E	M	
Lixiviation					
Filtration	2	1	2	2x1,5-3	16 x 1,5 = 24
Purification					
Electrolyse	2	1	4	4x1,5-6	29 x 1,5 = 45
Entretien		1	2	2x1,5-3	10 x 1,5 = 15
Magasin			1	1	6 x 1,5 = 9
Laboratoire	1		2	2x1,5-3	
Administration			2	2x1,5-3	18
Centrale		1	2	2x1,5-3	16
TOTAL : 173	5	4	15	22	127

3.3.5. Implantation de l'usine et hébergement du personnel

3.3.5.1. L'usine

Le plan de masse YP 015 A représente l'implantation de l'usine limitée pour l'essentiel aux unités de production et aux stocks qui y sont liés.

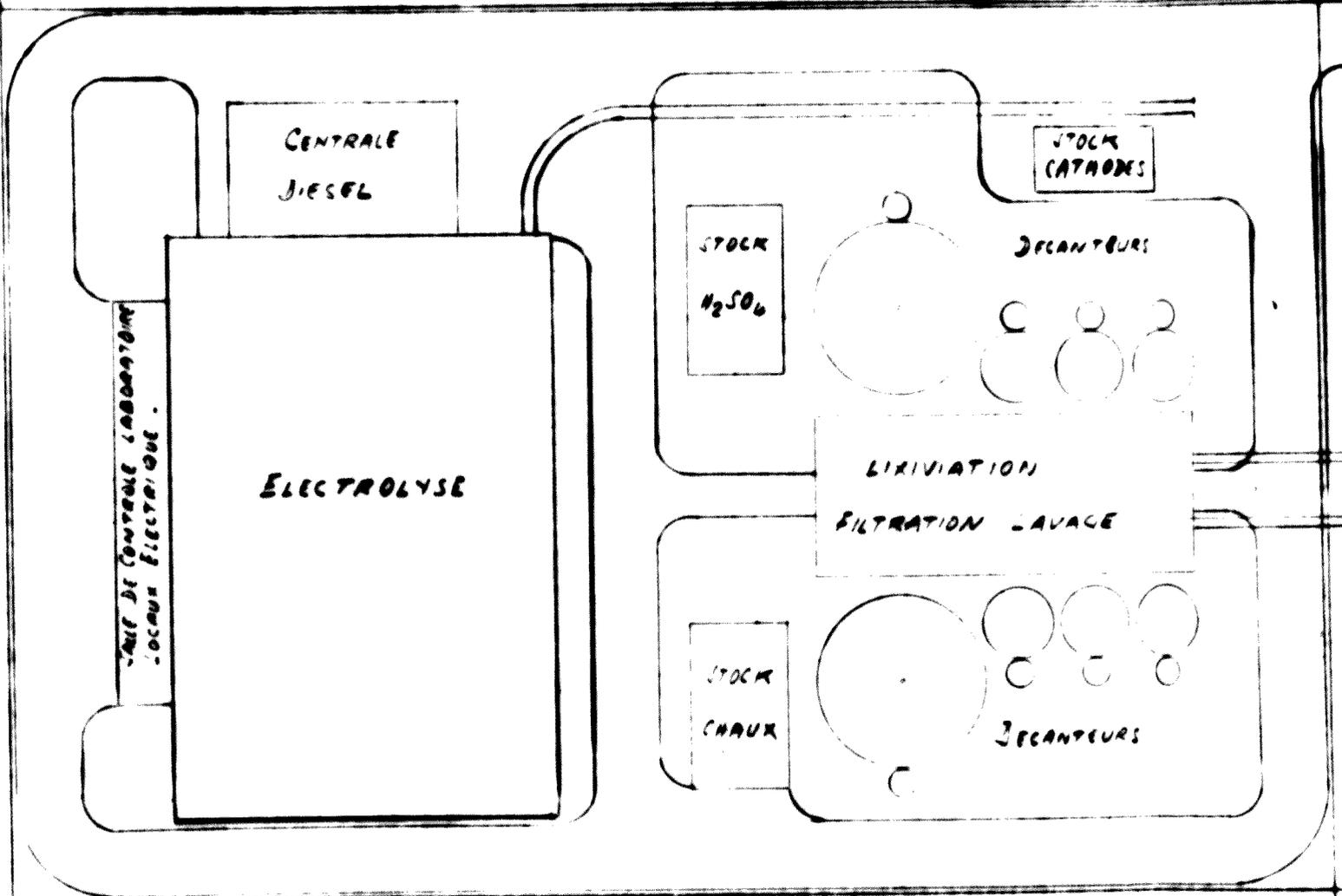
Cette usine serait, pour des raisons de procédé, à accoler à l'usine existant à Akjoujt.

Les circulations de produits entrants sont considérablement simplifiées.

La circulation des produits intermédiaires est effectuée par tuyauteries tant à l'intérieur de chaque section qu'entre les sections.

En bref, cette usine s'inscrit dans un rectangle de 205 m de long par 135 m de large.

Les possibilités d'extension des unités de production comme des stocks sont ménagées sans rompre l'organisation générale du plan de masse.



Axe de Centrale Laboratoire
Locaux Electriques.

CENTRALE
DIESEL

ELECTROLYSE

STOCK
 H_2SO_4

STOCK
CATHODES

DECANTEURS

LIXIVIATION
FILTRATION LAVAGE

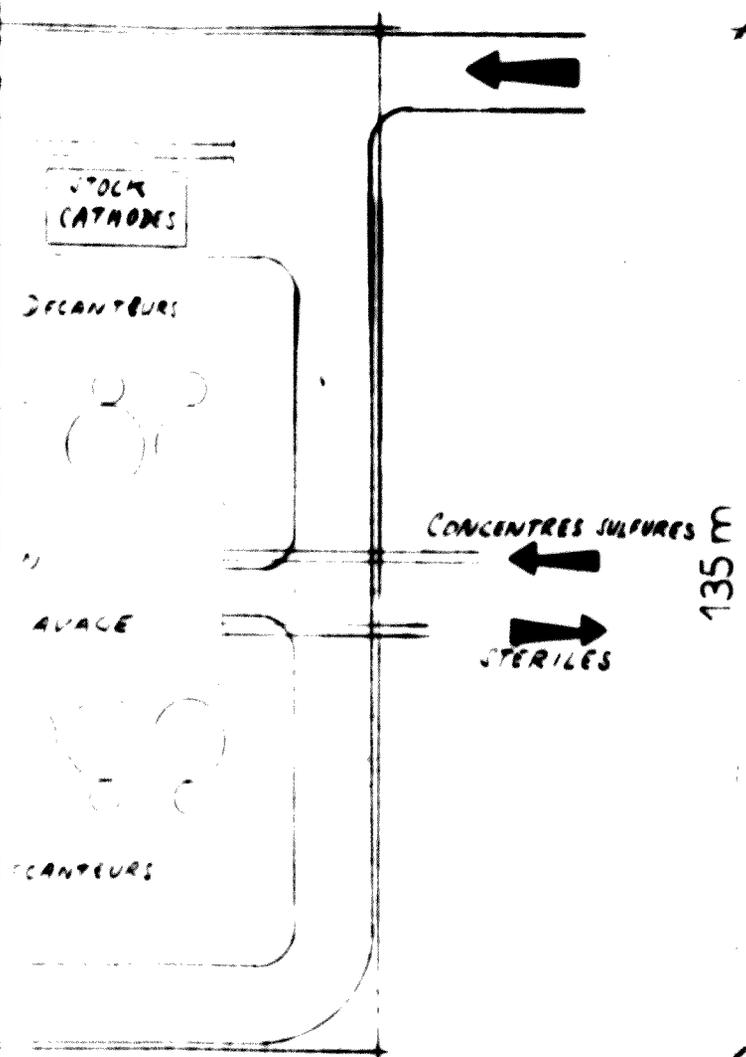
STOCK
CHAUX

DECANTEURS

CONCENTR

205 m

SECTION 1



NOTA CETTE IM

▼	A	20 07 72	ETABLISSEMENT
ARCH	IND	DATE	

LE DOCUMENT EST LA

ECHELLE 1/1000

UNITE TRAITE

OUVRAGE ENSEMB

MATERIEL/DETAN

TYPE DU PLAN PLAN D

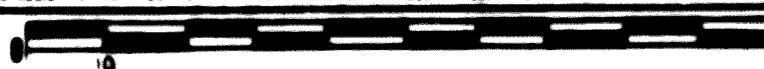
SECTION 2

SOPRESID

SECTION 3

NOTA CETTE IMPLANTATION EST VALABLE A AJJOUST

PLAN PROVISOIRE

ARCH	IND	DATE	DESIGNATION	DESSINE	VERIFIE	SPECIALISTE	NOUVRAGE	CLIENT
▼	A	24 07 72	ETABLISSEMENT DU PLAD	1371 L...	▼	1374 S...	1400 R2	
CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DE SOPRESID IL NE PEUT ETRE EN COPIE NI COMMUNIQUE A DES TIERS SANS SON AUTORISATION								
ECHELLE		1/1000				100m		
UNIDO								
UNITE	TRAITEMENT DES CONCENTRES SULFURES MAURITANIE							
OUVRAGE	ENSEMBLE DE L'USINE							
MATERIEL/DETAIL								
TYPE DU PLAD	PLAN DE MASSE DE L'USINE VARIANTE HYDROMETALLURGIE							
SOPRESID			NUMERO A RAPPELLER			CODE DE CLASSEMENT		
			YP 00 015 A			1 0 4 C A A A 1		

3.3.5.2. Hébergement du personnel

Pour des raisons identiques à celles invoquées dans le paragraphe correspondant de la solution pyrométallurgique il y a lieu de prévoir, à la charge de l'investisseur, le développement de la cité existante.

Strictement limité à la construction d'habitation, le développement de la cité est prévu et provisionné à cet effet dans le poste "Cité Minière" des investissements.

3.3.6. Investissements

Le coût en capital d'une usine hydrométallurgique est récapitulé par grands postes dans l'énumération suivante, en millions de francs.

Lixiviation, filtration et purification	2250
Electrolyse	2250
Centrale électrique	1650
Services généraux	65
Voierie, réseaux stocks, canions	250
Cité minière	825
	<hr/>
TOTAL	7290
dont équipement mécanique et de procédé	4000

3.4. TRANSFORMATION

3.4.1. Filage du cuivre

3.4.1.1. Nature des produits sortants

Il s'agit d'ébauches de sections diverses pour la fabrication de :

- tubes de cuivre, fils, barres hexagonales et ronds de diamètre $\left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right.$
- larges 100 x 10 mm²

3.4.1.2. Programme de production

Nous distinguons deux étapes :

1ère étape : production de 10000 à 15000 t/an d'ébauches de sections tubulaires à raison de 2 postes par jour à partir d'une presse de 2500 t.

Ce programme n'est pas rigide, et par exemple, il pourrait être partiellement ou en totalité remplacé par la production de soit 24000 t/an maximum de fils de 10 mm soit de 30000 t/an maximum de ronds de 20 mm

2ème étape : production spécialisée d'ébauches de sections tubulaires sur la presse de 2500 t et des divers autres produits (fils, ronds, barres, etc...) sur une presse de 690 t.

Suivant la nature du marché le programme des fabrications serait adapté en conséquence.

3.4.1.3. Description du procédé

La fusion des cathodes est réalisée dans 2 fours à induction ayant une capacité de fusion de 2 t/heure, ou dans un seul four à induction ayant une capacité de 4 t/heure. Elles peuvent être aussi fondues dans un four de type "ASARCO".

Les cathodes doivent être préalablement refendues pour être introduites dans les fours à induction; l'utilisation d'un four du type "ASARCO" ne requiert pas un refendage préalable.

La fusion est réalisée sous atmosphère réductrice pour éviter tout contact avec l'oxygène de l'air ambiant.

Une couche de charbon de bois est continuellement maintenue au-dessus du bain liquide dans le gaz tandis que la coulée se fait sous protection de gaz réducteurs (30 % de CO et H₂) obtenus par cracking de fuel.

La coulée du cuivre liquide se fait dans une machine de coulée semi-continue dotée de lingotières permettant de couler des billettes $\varnothing = 200$ mm en 1ère étape et également des billettes $\varnothing = 110$ mm en 2ème étape.

Pour la coulée des ronds destinés à la tuberie, on procède si besoin est à une légère addition de phosphore pour améliorer la tenue mécanique du Cu pendant les opérations d'extrusion ultérieures.

Les billettes sont ensuite dirigées vers la scie pendulaire pour y être découpées en boudins dont la longueur reste \leq à 750 mm (suivant le type d'ébauches à produire).

Les boudins sont ensuite chargés en continu dans un four de réchauffage ayant une capacité de 8 t/heure et portés à une température de 900° C environ.

Les boudins chauds sont ensuite introduits dans le conteneur de la presse de 2500 t. Sur cette presse, la fabrication des ébauches de tube est effectuée par filage en méthode directe, celle de fils, barres et profilés, par filage en inverse.

Suivant la nature des produits fabriqués un ensemble de dispositifs de sortie de presse tel que :

- 1 barre de sortie avec tronçonneuse pour les barres droites.
- 1 bobineuse double pour enroulement des fils
- 1 barre de circulation des cuves réceptrices
- 35 cuves

permet l'évacuation rationnelle des produits filés.

.../...

Une éventuelle 2ème étape, permettrait de rationaliser la fabrication des produits filés. Pour cela, une seconde presse ayant une force de 690 t assurerait la production en méthode inverse des fils et ronds sous forme de couronnes à partir de boudins réchauffés de diamètre 115 mm.

Une bobineuse simple avec un banc de refroidissement et d'évacuation des couronnes assurent l'évacuation rationnelle de la production.

3.4.1.4. Flow-Sheet

Le flow-sheet est représenté sur la page suivante

3.4.1.5. Consommations

Les consommations d'utilités sont indiquées sur le flow-sheet et se résument ainsi :

- Electricité : 1390 kW de puissance installée en 1ère phase et 2650 kW en 2ème phase.
- Eau ; 30 m3/heure
- huile hydraulique : 6 l/h maximum

Les pièces d'usure/an représente 1,5 % du prix FOB des presses.

3.4.1.6. Effectifs

18 personnes dont 1 contremaître et 1 ingénieur sont nécessaires par poste pour assurer la production annuelle et l'entretien courant de l'atelier.

3.4.1.7. Coût d'installation

Un tel atelier permettant la transformation du cuivre par filage y compris les matériels, le génie-civil, les charpentes, les fluides, l'électricité, l'engineering, le montage des équipements ainsi que les installations périphériques assurant le fonctionnement normal de l'atelier est de :

1.800.000.000 F.

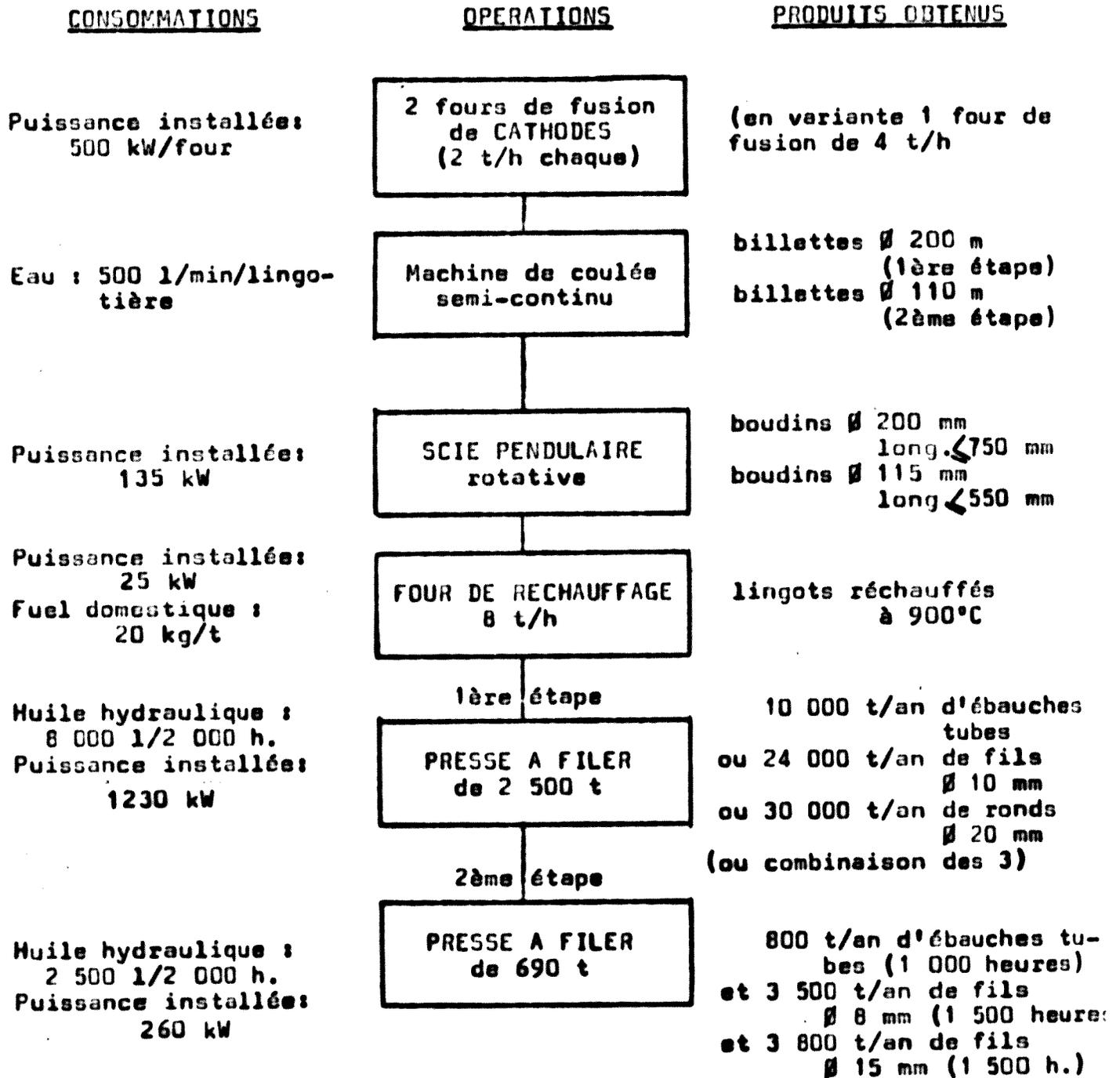
3.4.1.8. Conclusion technique

Il apparaît que compte tenu de la nature des équipements et de la relative simplicité de la construction, la création de cet atelier s'avère techniquement possible.

De plus, le personnel d'exploitation d'une telle usine ne nécessite pas un haut degré de technicité.

FILAGE DE CUIVRE - FLOW SHEET

Production de 1500 t/an d'ébauches de tubes, fils, ronds et sections diverses pour 2 postes de travail



3.4.2. Laminage du cuivre

3.4.2.1. Nature des produits sortants

Ces produits sont des bobines de tôle de cuivre de 3 t ayant une épaisseur comprise entre 0,4 mm et 2 mm et dont les tolérances figurent en annexe.

3.4.2.2. Programme de production

La production assurée pour 1 poste de travail de 450 minutes est de 15000 t/an de bobines.

Notons que le goulot d'étranglement se situe au niveau du laminoir quarto ébaucheur-finiisseur. En effet, compte tenu de la production actuellement envisagée de cuivre raffiné, il est intéressant de faire les passes d'ébauche et de finition sur le même laminoir à froid.

Normalement, les installations classiques comprennent 1 laminoir ébaucheur et 1 laminoir finiisseur.

Eventuellement, 2 bobines de 3 tonnes de tôles de même épaisseur pourraient être soudées pour livrer des bobines de 6 t suivant les demandes du marché.

3.4.2.3. Description du procédé

Les deux fours de fusion décrits au paragraphe 3.4.1.3. coulent successivement leur charge dans une machine à couler des plaques de 3 t ayant pour dimensions 2000 x 1000 x 170 mm.

Après refroidissement, ces plaques sont éboutées et refendues.

Elles sont ensuite introduites dans un four à longrons pour y être préchauffées à 900° C environ.

A la sortie du four, les plaques sont laminées à chaud au laminoir duo réversible équipé d'un edger (cage verticale). Le temps de laminage ne doit pas dépasser 5 minutes. Le produit sortant se présente alors sous la forme d'une bobine de tôle d'épaisseur 1mm.

.../...

Pour éliminer les traces d'écrouissage apparues sur la surface de la tôle pendant le laminage à chaud la bobine entre dans une planeuse-fraiseuse.

La tôle est ainsi fraisée sur les deux faces avec une profondeur de passe de 0,5 mm.

La bobine est introduite au laminoir quarto ébaucheur-finisher pour l'opération d'ébauchage qui permet en 5 passes d'amener l'épaisseur de la tôle à 2,7 mm.

Lorsqu'une série de bobines sont ébauchées, le laminoir quarto est réglé pour la dernière opération de laminage : la finition.

Le nombre de passes dépend de l'épaisseur finale du produit désiré.

Une rectifieuse à cylindres assure la remise en état des cylindres d'appui et de travail des laminoirs duo et quarto.

3.4.2.4. Flow-Sheet

Le flow-sheet est représenté sur la page suivante

3.4.2.5. Consommations

Les consommations d'utilités sont indiquées sur le flow-sheet et se résument ainsi :

- . électricité : 5725 kW de puissance installée
- . eau : 432 m³/h
- . fuel domestique : 20 kg/t

3.4.2.6. Effectifs

20 personnes dont 1 contremaître et 1 ingénieur sont nécessaires par poste pour assurer la production et l'entretien courant de l'atelier.

3.4.2.7. Coût d'installation

Un tel atelier permettant la transformation en cuivre par laminage y compris les matériels, le génie-civil, les charpentes, les fluides, l'électricité, l'engineering, le montage des équipements ainsi que les installations périphériques assurant le fonctionnement normal de l'atelier est de :

7.150.000.000 F.

3.4.2.8. Conclusion technique

Le personnel d'exploitation doit être hautement qualifié pour assurer une production de qualité étant donné que ce paramètre influe directement sur les prix de vente de ce genre de fabrication.

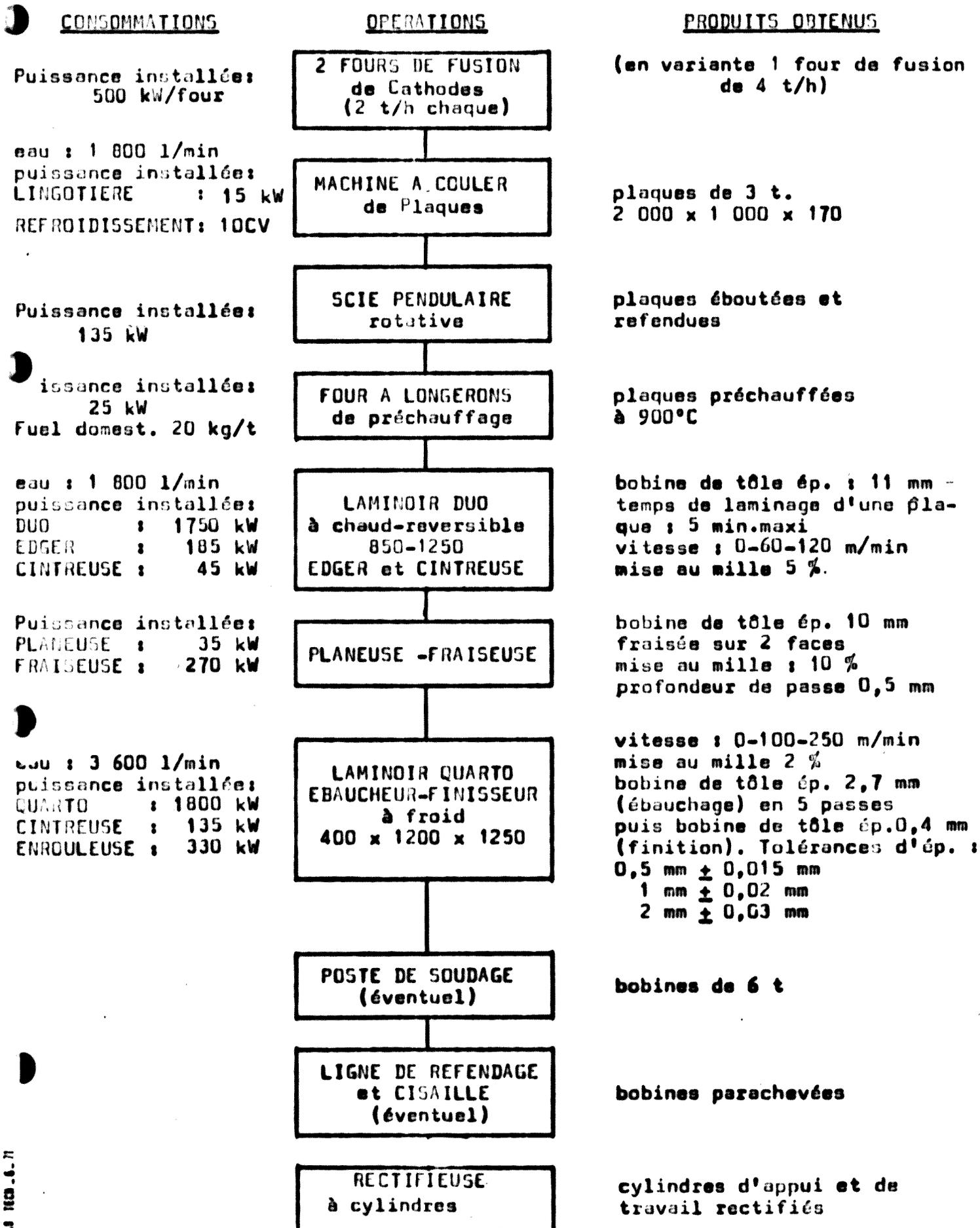
Compte tenu de cet élément, la création d'un tel atelier s'avère plus délicate que celle d'un atelier de filage.

LAMINAGE DE CUIVRE - FLOW SHEET

SOPRESID
/MP - MYP 104

3 - 59

PRODUCTION 15 000 t/an de bobines pour 1 poste de travail de 450 min.



3.5 CONSTRUCTIONS D'EQUIPEMENTS ET DETENTEURS DE BREVETS

La liste suivante, non limitative, est donnée à titre purement indicatif.

EQUIPEMENT	CONSTRUCTEURS	DETENTEURS de BREVETS LICENCES ou KNOW-HOW
Four à réverbère	KOPPERS KLOCKNER-HUMBAT-DEUTZ	
Four à cuve	LURGI DELATTRE-LEVIVIER	licence "NOMODA"
Convertisseur	LURGI DAVY-ASHMORES	
Four à anodes	LURGI DAVY-ASHMORES	
Carrousel de coulée d'anodes	FIVES-LILLE-CAIL	
Fours de fusion de cathodes	HEURTEY SCOMET	
Machine de coulée semi-continu	SECIM OUTOKUMPU	licence TREFIMETAUX brevet OUTOKUMPU
Scie pendulaire	SECIM SCHLOEMANN	
Four de réchauffage des boudins	HEURTEY STEIN	
Presses à filer	MORANE SOMUA SCHLOEMANN	Know-how TREFIMETAUX
Machine à couler de plaques	SECIM OUTOKUMPU	licence TREFIMETAUX brevet OUTOKUMPU
Four à longerons de préchauffage des plaques	HEURTEY STEIN	
Laminoir duo à chaud reversible	SECIM ACHENBACH	Know-how TREFIMETAUX
Planeuse-Fraiseuse	SECIM SCHLOEMANN	

.../...

EQUIPEMENT	CONSTRUCTEURS	DETENTEURS DE BREVETS ou LICENCIES
Laminoir quarto ébauchoir-finisher	SECIM SCHLOEMANN	Know - how TREFIMETAUX
Poste de soudage (éventuel)	SECIM	
Ligne de refendage (éventuelle)	COMEC WEAN	
Rectifieuse	NAXOS	



sofresid

N

CHAPITRE 4

ETUDE ET DEFINITION DES APPROVISIONNEMENTS

CORRESPONDANTS

4.1 TRANSPORTS

4.1.1 Transport maritime, fret et transit

4.1.2 Transports routiers

4.2 MATIERES ET UTILITES

4.2.1 Eau

4.2.2 Electricité

4.2.3 Fuels

4.2.4 Coke

4.2.5 Chaux

4.2.6 Silice

4.2.7 Réfractaires

4.2.8 Acide sulfurique

4.2.9 Produits divers

4.3 STOCKS : IMPORTANCE ET COUT DE GESTION

4.4 PERSONNEL : CLASSIFICATION ET SALAIRES

4.1 TRANSPORTS

4.1.1 Transport maritime, fret et transit

- Fret maritime - Un bateau affrété de 1 500 tonnes de charbon en provenance d'Anvers ou de Hambourg paie 2 750 F/tonne. Un bateau de 1 500 tonnes de concentré paie 2 500 F/tonne à destination de Huelva.

Ces prix élevés sont dus à un surfret de 60 % par rapport au prix de fret rendu Dakar.

- Port de Nouakchott - Le wharf est situé en eau profonde (fond de 9,50 m à son extrémité) pour permettre aux chalands d'accoster sans franchir la barre. Les navires s'amarront aux bouées avec un tirant d'eau de 11 m.

. Les tarifs portuaires sont actuellement les suivants :

- taxe de phare : 25 F/tonne

- taxe portuaire :

- . Général cargo et produits ensachés : 5 000 F/t
- . Concentré de minerai, ciment, chaux, plâtre, pétrole en fûts : 3 700 F/t
- . Charbon en vrac : 4 500 F/t

Ces tarifs comprennent la manutention depuis les chalands jusqu'au terre-plein.

. Les frais d'aconage et de transit sont :

- . pour le concentré : 1 250 F/t
- . pour le charbon en vrac : 1 500 F/t
- . pour général cargo : 2 500 F/t

4.1.2 Transports routiers

Les coûts, pour la SOMIMA, sont actuellement les suivants, sans amortissements, ni frais généraux, mais avec les frais de gestion :

- Frais fixes : 4 000 000 F/mois

- Frais variables: 61 000 F pour chaque voyage simple

. Ces où l'usine est à Akjoujt

La dépense par trajet en charge se situe à un peu moins de 100 000 F ; les coûts à la tonne kilométrique sont donc les suivants :

Matière	Charge par convoi	Coût à la tonne	Coût à la t.k. (sur 250 km)
Fuel	40	2 500	10
Charbon	36	2 800	11
Général cargo	30	3 400	14
Chaux, silice, réfractaire, acide sulfurique	40	2 500	10
Cuivre métal	50	2 000	8

. Cas où l'usine est à Nouakchott

Silice : 3 000 F/tonne en provenance des gisements de quartz aux environs d'Akjoujt

Chaux : 300 F/tonne en provenance des fours à chaux à proximité de Nouakchott

Général cargo, réfractaires, acide sulfurique en provenance du port : 200 F/tonne.

Concentré à 25 % de cuivre pour 130 000 tonnes par an en convois de 60 tonnes par charge : 2 000 F/tonne.

4.2 MATIERES ET UTILITES

Ce sont tous les produits consommés pour la production de cuivre, quelque soit le stade auquel serait arrêtée cette production.

Ils comprennent : l'eau, l'électricité, les fuels, le coke, la chaux ou la castine, la silice, les réfractaires, l'acide sulfurique, les produits divers (carburants, protection des moules de coulée d'anode, réducteur pour four à anodes).

Les conditions de livraison ou d'obtention de ces produits sont examinées pour deux localisations possibles de l'usine à envisager : Nouakchott d'une part, Akjoujt de l'autre.

4.2.1 Eau

4.2.1.1 Nouakchott :

Les besoins actuels de l'agglomération sont difficilement couverts par la production de l'usine de dessalement d'eau de mer (de l'ordre de 2 300 m³/j) et celle des forages existant (environ 1 000 m³/j). En plus de ces productions, Nouakchott pourrait recevoir, par forage et mise en exploitation de la nappe d'Idini,

10 000 m³/j amenés par gravité

20 000 m³/j amenés par pompage

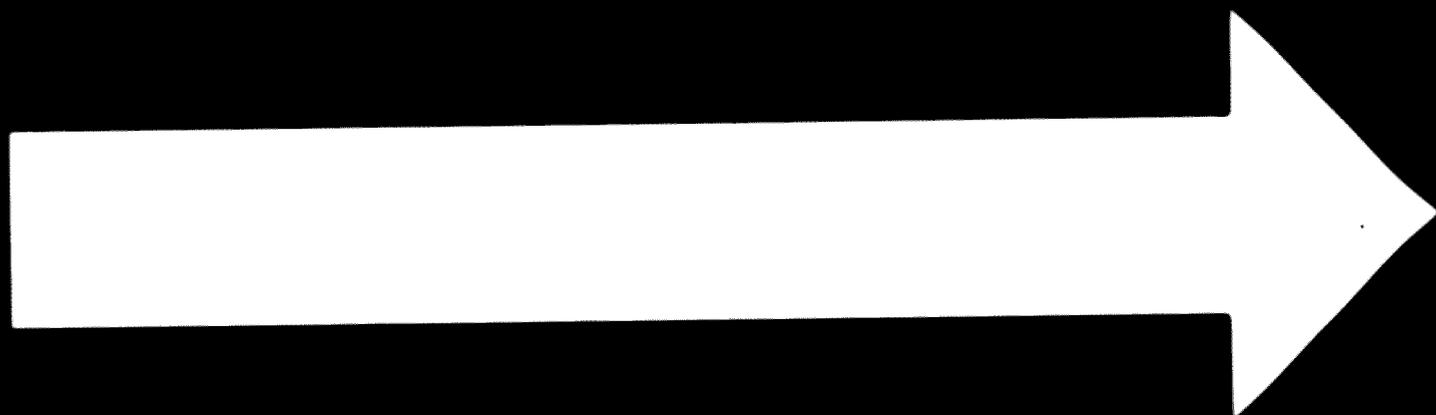
soit, au total, 30 000 m³/j supplémentaires qui pourraient être disponibles d'ici à quelques années.

L'avantage de l'eau de forage sur l'eau obtenue par dessalement d'eau de mer est la faiblesse de son prix de revient.

Si les hypothèses de mise en production se vérifiaient, les besoins de l'agglomération seraient largement couverts. L'implantation d'une industrie consommatrice d'eau pourrait être envisagée.

L'analyse de cette eau montre que son usage industriel ne poserait pas d'autre problème que celui soulevé dans la conclusion du rapport d'analyse de la Société Mauritanienne d'Electricité, ci-joint.

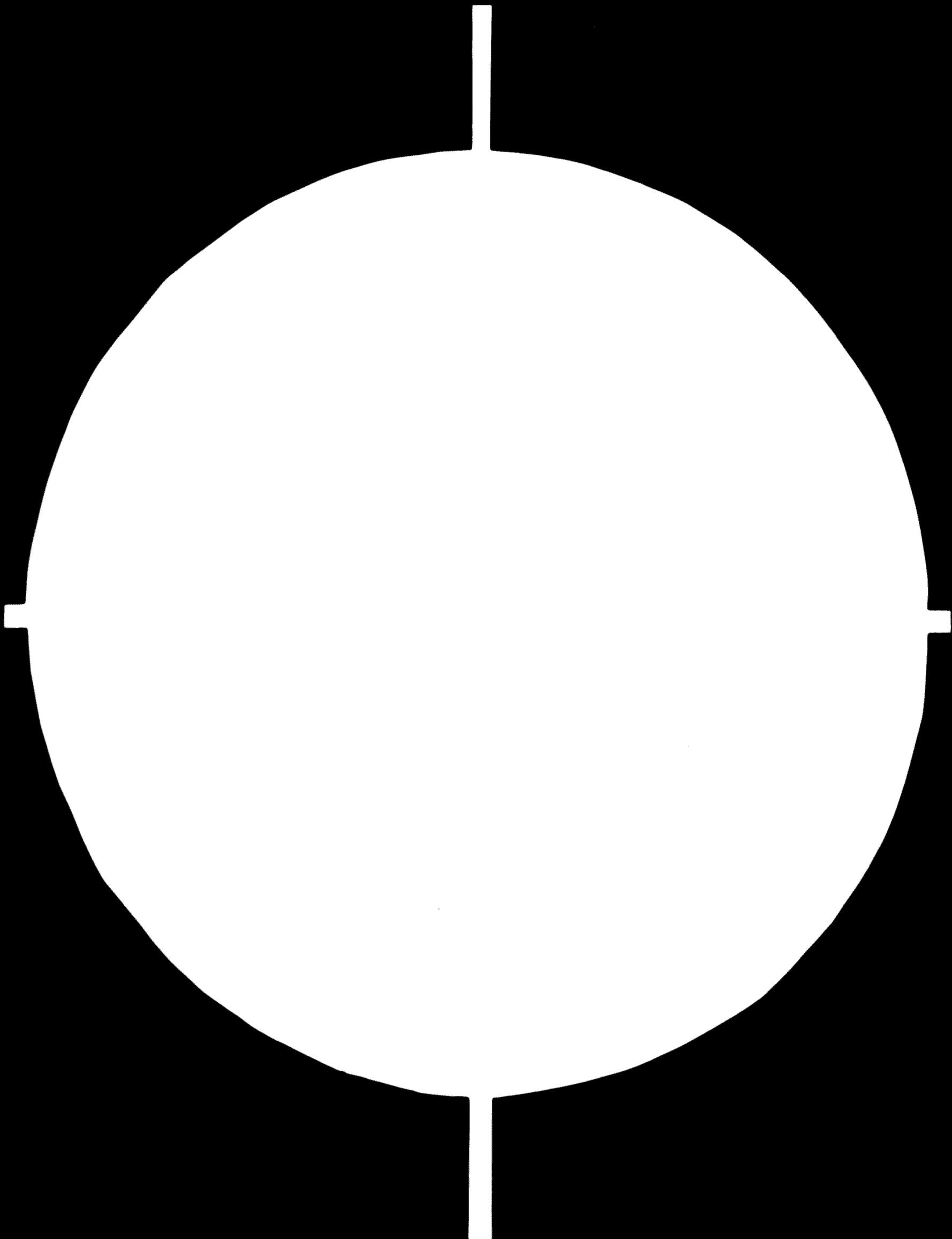
C-614



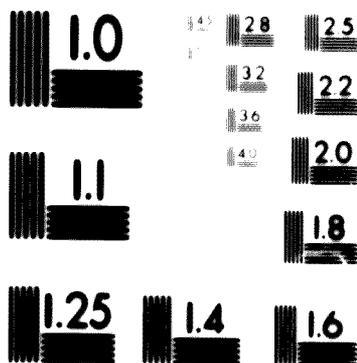
85.01.21

AD.86.07

ILL5.5+10



2 OF 2



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

24 x F

ANALYSE DE L'EAU DU FORAGE D'IDINI

I - RESULTATS OBTENUS

Température ° C	pH	TA	TAC	Calcium ppm	Magnésium ppm	Chlorures ppm de NaCl	Sulfates ppm	Fer ppm	Oxygène dissous
28	7,2	0	8,5	54	11	170	270	0,05 0,02	>3ppm

II - COMMENTAIRES

Les échantillons ont été prélevés le 24 Décembre 1971 vers 10 heures et rapportés à NOUAKCHOTT en flacons hermétiques. Au cours de la mesure de pH, on note que celui-ci augmente lentement. Ceci révèle un dégagement de gaz carbonique dissous.

III - CONCLUSIONS

Cette eau est très acide et ne contient pas assez de bicarbonate de calcium pour pouvoir former un dépôt protecteur par elle-même sur une conduite. Une corrosion chimique par l'oxygène et le gaz carbonique dissous est donc à craindre pour tout métal oxyde poreux ou soluble, tel que le plomb, le fer, la fonte.

En ce qui concerne le prix, il a été fixé à 60 F/m³ pour cette étude.

4.2.1.2 Akjoujt

Les besoins actuels de l'usine et de l'agglomération sont largement couverts par

- la production des forages en ville
- l'exploitation de la nappe de Béni-Chab.

En cas de besoins supplémentaires, la nappe de Béni-Chab pourrait y faire face sous réserve d'en assurer le transfert.

En fonction des débits supplémentaires exigés, il y aurait lieu :

- soit d'augmenter la puissance des pompes actuelles sans modifier le réseau
- soit de créer un réseau parallèle.

Les besoins en eau se situent entre 500 et 1 000 m³/j. On peut donc espérer limiter les travaux à la première des hypothèses précédentes.

Cette eau déjà utilisée industriellement sur le site convient aux services demandés : refroidissement, dilution, flottation.

Pour l'étude, son prix a été fixé à 100 F/m³.

4.2.2 Electricité

4.2.2.1 Nouakchott :

Les besoins de l'agglomération, à son taux de croissance actuelle, sont couverts jusque fin 1974 par les installations existantes ou en fin de montage.

Le prix "public" de l'électricité est actuellement de 29 F/kWh.

A partir de 1975, ces besoins ne seraient couverts que par la réalisation d'une nouvelle centrale. Celle étudiée par la Société mauritanienne d'Electricité permettrait de dégager une puissance supérieure à celle absorbée par la seule agglomération.

Toutefois, le prix donné à titre purement indicatif par cette Société, de 17 F/kWh HORS POINTE (aux conditions économiques actuelles, avec un fuel lourd payé 9 260 F la tonne) rend très attractive la production d'électricité par l'usine elle-même sur base des indications du coût d'installation qui nous a été communiqué.

Pour l'étude, le prix du kVA installé a été fixé à 90 000 F pour des Diesel électriques de puissance unitaire comprise entre 1 500 et 3 000 kVA.

4.2.2.2 Akjoujt

Les besoins de l'usine de la SOMIMA et de la cité d'Akjoujt sont couverts par la centrale existante. Cette centrale comprend 5 groupes Diesel-alternateurs d'une puissance unitaire de l'ordre de 2 MW alimentés au fuel lourd. Elle est susceptible d'extension par adjonction de nouveaux groupes de même puissance ou de puissance voisine.

La consommation de chaque groupe s'élève à 500 litres de fuel lourd par heure pour une puissance de 2 MW.

La disponibilité à prévoir serait de 22 jours par mois en tenant compte d'un entretien programmé.

En conséquence il a été admis pour l'étude que

- des besoins supplémentaires de l'ordre de quelques MW seraient couverts par extension de la centrale existante
- des besoins supplémentaires de l'ordre de la dizaine de MW justifiaient une nouvelle centrale dont les prix d'installation et la consommation en combustible seraient identiques à ceux indiqués ci-dessus.

4.2.3 Fuels

Les fuels comme les carburants liquides sont importés.

4.2.3.1 Le fuel lourd : principalement utilisé pour la production d'électricité, dans le cadre de cette étude, arrive par mer au port de Kouakchott, y est débarqué par sea-line et stocké.

Son prix, à la tonne, droits de douane et taxes incluses était de 12 039 F aux conditions en vigueur en Janvier 1972.

Ce prix était ramené à 9 260 F pour la Société Mauritanienne d'Electricité.

Enfin, il était vendu à la SOMIMA, en franchise de droits de douane et taxes, à 6 000 F, comme à toute Société ayant investi plus d'un milliard de francs pendant les 5 premières années d'exploitation de cet investissement. Le prix à Nouakchott est de 6 000 F/t.

Ces prix sont à majorer des coûts de transport éventuel entre le port de Nouakchott et le lieu de consommation.

Par exemple, rendue à Akjoujt, la tonne de fuel lourd coûterait, environ, (sur base d'un prix de transport de 10 F par tonne/km) 8 500 F.

4.2.3.2 Le gas-oil :

principalement utilisé comme carburant conion et éventuellement comme combustible de démarrage des groupes Diesel électriques, il arrive au port de Nouakchott dans les mêmes conditions que le fuel lourd.

Il est acheté par SOMIMA aux mêmes conditions que le fuel lourd 24 500 F la tonne.

4.2.4 Coke

Le coke de qualité métallurgique est nécessaire à la fusion du minerai dans l'une des solutions pyrométallurgiques présentées.

Ce coke serait importé par le port de Nouakchott, stocké, puis transporté au lieu d'utilisation.

Pour l'étude, son prix a été fixé, hors droits de douane et hors taxes (comme pour le fuel et le gas-oil) à

12 700 F la tonne rendue à Nouakchott

15 300 F la tonne rendue à Akjoujt

en prenant comme prix de transport 11 F par tonne/kilomètre, aux prix internationaux valables à la fin de l'année 1971.

4.2.5 Chaux

La chaux utilisée dans les opérations pyrométallurgiques doit être de la chaux vive (CaO , poids moléculaire 56) ou de la castine (carbonate de calcium $CaCO_3$, poids moléculaire 100).

Une étude de Mr GRANE, expert de l'UNIDO (rapport UNIDO/TCD 33) au sujet d'une usine à chaux à four rotatif de 12 t/jour utilisant des coquillages (aragonites sans phosphate) des plages fossiles de la région de Nouakchott conduit au prix suivant :

1 tonne de chaux rendue à Nouakchott : 7 300 F

1 tonne de chaux rendue à Akjoujt : 9 500 F

en admettant un prix de fuel de 7 000 F la tonne rendue à l'usine à chaux et un bénéfice de 20 % pour cette usine.

4.2.6 Silice

La silice utilisée dans les opérations pyrométallurgiques peut ne pas être d'une grande pureté. Un gisement de quartz, ayant une teneur minimum en silice de 80 %, conviendrait sous réserve que les impuretés ne contrarient pas le développement de ces opérations.

Or, la présence de gisements de quartz (à 95 % de silice environ) dans un rayon de 40 km environ autour d'Akjoujt est certaine.

L'exploitation de tels gisements n'offre pas de difficulté particulière. Il suffit de faire subir au minerai un concassage facilitant les opérations de manutention ultérieures.

On admet en général que la tonne de quartz vaut, au départ du gisement, 0,5 US \$ soit sensiblement 125 F (hors taxes).

Rendue à Akjoujt, elle vaudrait 525 F

Rendue à Nouakchott, elle vaudrait 3 125 F

4.2.7 Réfractaires

Les réfractaires utilisés pour le revêtement intérieur des convertisseurs et fours sont de type chrome-magnésite. Ces produits seraient importés dans les mêmes conditions que les produits importés précédemment indiqués, la tonne de réfractaire vaudrait :

84 200 F à Nouakchott

86 500 F à Akjoujt

4.2.8 Acide sulfurique

L'acide sulfurique est un appoint nécessaire au procédé tant dans la solution pyrométallurgique (électrolyse) que dans la variante hydrométallurgique (attaque sulfurique).

Mais, alors que la solution pyrométallurgique implique une consommation annuelle inférieure au millier de tonnes, la voie hydrométallurgique impliquerait une consommation annuelle de l'ordre de la dizaine de milliers de tonnes.

Malgré cette différence, il a été admis, pour cette étude que, dans les 2 voies, l'acide sulfurique serait importé aux mêmes conditions que les produits précédents, ce qui conduirait à un prix de 12 950 F/tonne à Nouakchott

15 250 F/tonne à Akjoujt

Toutefois, il faut noter que le soufre contenu dans les minerais sulfurés, est, quelque soit le procédé retenu, pour l'essentiel brûlé et évacué sous forme d'anhydride sulfureux (SO₂) à l'atmosphère.

Cette disposition ne pourrait être admise que si le site de l'usine était éloigné de toute agglomération (tel que Akjoujt par exemple). Les fumées seraient éventuellement traitées pour éliminer la plus grande partie de SO₂ (sans récupération d'acide sulfurique) afin de protéger le personnel et sauvegarder l'environnement.

A titre indicatif, le soufre contenu dans les minerais sulfurés à partir duquel on pourrait envisager la fabrication d'acide sulfurique correspondrait à une production annuelle de l'ordre de 100 000 tonnes.

Il resterait toutefois à démontrer qu'elle est possible et rentable en Mauritanie, l'absence de marché intérieur conduisant à son exportation vers les grands consommateurs ou à sa transformation en engrais adapté aux besoins régionaux de l'Afrique de l'ouest.

4.2.9 Produits divers :

Un certain nombre de produits interviennent dans les différentes étapes des procédés envisagés. Les quantités mises en oeuvre sont très faibles et les produits concernés de valeur peu élevée. Leur provenance est de répercussion négligeable, au niveau de cette étude, sur les coûts d'exploitation.

Pour mémoire, il s'agit de :

- Protection des moules de coulée d'anodes alunite ou équivalent
- Réducteur pour four à anodes
ce réducteur peut être indifféremment :
 - des troncs d'eucalyptus
 - du charbon de bois
 - du propane
- Eléments de cuves à électrolyse
il s'agit de machines prévues dans le poste "fabrication" pour la fabrication des anodes, et de la fabrication des cathodes, et de la fabrication des électrolyseurs.

4.3 LES STOCKS : IMPORTANCE ET COUT DE GESTION

Parmi les répercussions des méthodes d'entretien préventif figure la réduction des stocks en volume et la simplification de leur gestion.

Néanmoins, en Mauritanie, une limite s'impose en ce domaine liée aux délais d'approvisionnement des pièces de rechange.

Compte tenu des informations recueillies, ces délais se situent en moyenne aux environs de 8 mois entre la commande et la réception du rechange sur le site.

De tels délais se traduisent par un alourdissement des stocks. En effet, le nombre de pièces à prévoir en rechange dans chaque catégorie est d'autant plus élevé que le délai de ré-approvisionnement est plus élevé. De plus, des types d'équipement qui, en Europe, n'auraient pas à être stockés parce qu'ils sont IMMEDIATEMENT disponibles chez le fournisseur, ont à l'être en Mauritanie parce que les délais de livraison sont longs.

C'est pourquoi il a été fixé une dépense annuelle en pièces de rechange équivalente à 3 % du coût des équipements de procédé et mécaniques. Bien que ce pourcentage paraisse élevé en Europe, il est à considérer comme un minimum en Mauritanie.

Il est à noter qu'indépendamment de la majoration du coût d'exploitation de l'usine, l'importance des rechanges implique un stock initialement élevé et donc des frais de premier établissement ou fonds de roulement élevés qui viennent s'ajouter à l'investissement technique proprement dit, avant la mise en production de l'usine.

4.4 PERSONNEL : CLASSIFICATION ET SALAIRES

La classification donnée ci-après est schématiquement celle de la convention collective de l'industrie minière établie par accord entre l'U.N.I.E.M.A. et l'Union des Travailleurs de Mauritanie.

Cette classification établit et définit

pour les employés et ouvriers 7 niveaux de classification
repères S₁ à S₇

pour les agents de maîtrise et agents techniques
6 niveaux de classification
repères M₁ à M₆

En ce qui concerne les cadres, il a été admis 5 niveaux repères C₁ à C₅ et définis ainsi :

C ₁	Cadre
C ₂	Cadre, Chef de section
C ₃	Cadre, Chef de service
C ₄	Chef de département
C ₅	Directeur

Les salaires, y compris les charges sociales, donnés à titre indicatif se situaient au 31 décembre 1971 sensiblement au-dessus des derniers minima fixés par voie contractuelle en ce qui concerne le personnel mauritanien.

En ce qui concerne le personnel étranger, dit "expatrié", les salaires, à la même date, étaient calculés en incluant le coût d'un voyage annuel pour le salarié et sa famille (celle-ci comprend en moyenne 1,5 enfant) et celui des congés payés (à raison de 5 jours par mois de présence, soit 2 mois de congé par an après un an de présence).

L'ensemble des salaires "mensuels" est résumé dans le tableau ci-après et s'entend pour 40 heures de travail par semaine.

Ces valeurs exprimées en francs sont celles qui ont servi à la détermination du coût de personnel d'exploitation.

SALAIRES MENSUELS

<u>CLASSIFICATION</u>	<u>EXPATRIES</u>	<u>MAURITANIENS</u>
C5	990 000	-
C4	700 000	-
C3	520 000	275 000
C2	445 000	220 000
C1	390 000	178 000
M6	425 000	198 000
M5	370 000	160 000
M4	360 000	152 000
M3	325 000	127 000
M2	275 000	99 000
M1	-	66 500
S7	-	42 500
S6	-	36 500
S5	-	32 000
S4	-	20 500
S3	-	19 200
S2	-	16 800
S1	-	16 500



sofresid



V

CHAPITRE 5

CALCUL ECONOMIQUE DE RENTABILITE

5.1 EXPOSE DES VARIANTES

5.2 MONTANT DES INVESTISSEMENTS

5.2.1 Investissements

5.2.2 Fonds de roulement

5.2.3 Tableaux d'investissement et d'amortissement

5.3 COÛTS D'EXPLOITATION

5.3.1 Données de base pour l'établissement des coûts d'exploitation

5.3.2 Rappel des coûts des produits

5.3.3 Frais de personnel

5.3.4 Autres coûts d'exploitation

5.3.5 Récapitulation des coûts d'exploitation

5.3.6 Décomposition des coûts d'exploitation en frais fixes et frais variables

5.4 DETERMINATION DES RESULTATS ET CONCLUSIONS

5.4.1 Prix des produits commercialisables

5.4.2 Coûts d'exploitation des différentes variantes

5.4.3 Conclusions

5.5 RECHERCHE D'UNE RENTABILITE POSITIVE SIGNIFICATIVE

5.5.1 Accroissement de 50 % des réserves du gisement

5.5.2 Variante hydrométallurgique

5.5.3 Transformation des cathodes en produits
semi-finis

5.6 CONCLUSIONS

5.7 EFFETS INDUITS PAR UN TEL PROJET INDUSTRIEL

5.7.1 Les comptes de l'Etat

5.7.2 La balance des paiements

5.7.3 Collectivité nationale

5.8 SOURCES POSSIBLES DE FINANCEMENT

5.1. EXPOSE DES VARIANTES

Le but de l'étude est de choisir parmi les différentes variantes possibles celle qui est la plus rentable et pour celle-ci de juger de son opportunité.

Les variantes retenues sont au nombre de 8.

- Variante 1 : Usine à blister avec four réverbère à Akjoujt
- " 2 : " " " " à Nouakchott
- " 3 : " " " avec fours à cuve à Akjoujt
- " 4 : " " " " à Nouakchott
- " 5 : Usine à cathodes avec four réverbère à Akjoujt
- " 6 : " " " " à Nouakchott
- " 7 : " " " avec fours à cuve à Akjoujt
- " 8 : " " " " à Nouakchott

Les critères de rentabilité retenus seront : le bénéfice actualisé pour le choix des variantes et le taux de rentabilité interne pour la variante retenue en se plaçant du point de vue de l'entreprise. Ensuite sera étudiée la rentabilité du point de vue de l'Etat et de la collectivité pour cette variante.

5.2. MONTANT DES INVESTISSEMENTS

Pour chacune des variantes, la phase de construction s'échelonne sur trois années ; les dépenses d'investissement seront également réparties sur cette période.

5.2.1. Investissements

Les investissements pour l'usine et la cité minière sont résumés ci-dessous en chaque cas aux conditions actuelles.

Investissements en Millions de France	Akjoujt	Nouakchott
Usine à blister		
Four réverbère	4975	4700
Fours à cuve	4900	4625
Usine à cathodes		
Four réverbère	8763	8113
Fours à cuve	8688	8038

/SB - MYP 104

Par analogie avec les accords passés entre le gouvernement de la R.I.S. et la S.M.I.A. en tenant compte du fait que la durée d'exploitation du gisement des sulfures est de 12 ans (et également par souci de simplification) les amortissements sont pris à un même taux de $8\frac{1}{3}\%$ pour tous les investissements effectués (ce qui correspond à un amortissement linéaire sur 12 ans).

Les amortissements sont comptés à partir de la première année d'exploitation.

5.2.2. Fonds de roulement

Il correspond aux stocks et aux en cours de fabrication ainsi qu'aux retards de paiement de la part des clients.

Il est sensiblement équivalent à trois mois de chiffre d'affaires pour des unités industrielles de cet ordre ; l'apport est effectué la première année d'exploitation de l'usine et il sera récupéré au bout des 12 ans..

Pour les huit variantes, le montant du fonds de roulement est estimé à : 1.700 millions de F.

5.2.3. Tableaux d'investissement et d'amortissement

Variante 1 : Usine à blister avec four réverbère à Akjoujt

Millions de F	Année							
	A ₀	A1	A2	A3	A4	....	A13	A14
Investissement	1658	1658	1658					
Amortissements	-	-	-	415	415		415	415
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de r ^l	-	-	-	-	-		-	1700

Variante 2 : Usine à blister avec four réverbère à Nouakchott

Millions de F	Année							
	A ₀	A1	A2	A3	A4	....	A13	A14
Investissement	1566	1567	1567					
Amortissements	-	-	-	392	392		392	392
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1700

Millions de F	Ao	A1	A2	A3	A4	...	A13	A14
Variante 3								
Investissements	1633	1633	1634					
Amortissements	-	-	-	400	400		400	400
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1700
Variante 4								
Investissements	1541	1542	1542					
Amortissements	-	-	-	385	385		385	385
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1700
Variante 5								
Investissements	2921	2921	2921					
Amortissements	-	-	-	730	730		730	730
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1700
Variante 6								
Investissements	2704	2704	2705					
Amortissements	-	-	-	676	676		676	676
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1700

Millions de F

	A0	A1	A2	A3	A4	...	A13	A14
Variante 7								
Investissements	2896	2896	2896	-	-		-	-
Amortissements	-	-	-	724	724		724	724
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1700
Variante 8								
Investissements	2679	2679	2680	-	-		-	-
Amortissements	-	-	-	670	670		670	670
Fonds de roulement	-	-	-	1700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1700

/SB - NYP 104

5.3. COUTS D'EXPLOITATION**5.3.1. Données de base pour l'établissement des coûts d'exploitation**

Par analogie avec la convention d'établissement passée entre la R.I.L. et la SO.MI.MA. il est supposé qu'il y aura de la même façon pendant la durée d'exploitation du gisement "importation libre et en franchise de droits et taxes de douane, de toutes marchandises, matériels, machines, équipements, pièces de rechange et matières consommables nécessaires à la Société pour être utilisés soit pour elle même, soit pour elle par des entreprises travaillant pour son compte".

5.3.2. Rappel des coûts des produits**5.3.2.1. Production de blisters à Akjoujt.**

	Prix unitaire	four réverbère		fours à cuve	
		Consommation annuelle	Coût annuel en F.	Consommation annuelle	Coût annuel en F.
Eau	100 F/m ³	14.900 m ³	1.500.000	67.000 m ³	6.700.000
Fuel	8.500 F/t.	23.000 t.	195.000.000	7.440 t.	63.200.000
Coke	15.300 F/t.	-	-	7.440 t.	113.500.000
Chaux	9.500 F/t.	9.100 t.	86.500.000	9.100 t.	86.500.000
Silice	525 F/t.	41.600 t.	21.900.000	41.600 t.	21.900.000
Réfractaires	86.500 F/t.	200 t.	17.300.000	200 t.	17.300.000
Divers			10.000.000		10.000.000
Total			322.200.000		319.100.000

.../...

5.3.2.2. Production de blister à Nouakchott.

	Prix unitaire	Four réverbère		four à cuve	
		Consommation annuelle	Coût annuel en F.	Consommation annuelle	Coût annuel en F.
Eau	60 F/m ³	14.900 m ³	900.000	67.000 m ³	4.000.000
Fuel	6000 F/t.	23.000 t.	138.000.000	7.440 t.	44.600.000
Coke	12700 F/t.	-	-	7.440 t.	94.500.000
Chaux	7300 F/t.	9.100 t.	66.400.000	9.100 t.	66.400.000
Silice	3125 F/t.	41.600 t.	131.000.000	41.600 t.	131000.000
Réfractaires Divers	84200 F/t.	200 t.	16.800.000 10.000.000	200 t.	16.800.000
Total			363.100.000		367300.000

5.3.2.3. Supplément de coûts pour la production de cathodes.

	Quantités annuelles	Usine à Akjoujt		Usine à Nouakchott	
		Prix	Coût annuel F.	Prix	Coût annuel F.
Eau	39.000 m ³	100 F/m ³	3.900.000	60F/m ³	2.300.000
fuel	4.460 t.	8.500 F/t.	37.900.000	6000F/t	26.700.000
Acide Sulfurique	372 t.	15.250 F/t.	5.700.000	12950F/t.	4.800.000
Total			47.500.000		33.800.000

S O F R E S I D
/SB - NYP 104

5.3.2.4. Récapitulation des coûts des produits

coûts annuels en Milliers de F	Usine à Akjoujt	Usine à Nouakchott
Production de blister		
four reverbère	332.200	363.100
fours à cuve	319.100	367.300
Production de cathodes		
four reverbère	379.700	396.900
fours à cuve	366.600	401.100

5.3.3. Frais de personnel

5.3.3.1. Production de blister à Akjoujt

	Salaire annuel moyen en F.	four réverbère		fours à cuve	
		nombre	Frais en F.	nombre	Frais en F.
Ingénieur expatrié	6.250.000	4	25.000.000	4	25.000.000
Ingénieur Mauritanien	2.500.000	2	5.000.000	2	5.000.000
Maitrise expatriée	4.000.000	12	48.000.000	10	40.000.000
Maitrise Mauritanienne	1.250.000	19	23.700.000	16	20.000.000
Ouvriers/ Employés	375.000	236	88.500.000	232	87.000.000
Total		273	190.200.000	264	177.000.000

S O F R E S I O

/SB - NYP 104

5.3.3.2. Production de blister à Nouakchott

	Salaire annuel moyen.	four réverbère		four à cuve	
		nombre	frais	Nbre	frais
ingénieur expatrié	7.500.000	16	120.000.000	16	120.000.000
Ingénieur Mauritanien	3.000.000	5	15.000.000	5	15.000.000
Maitrise expatriée	4.000.000	24	96.000.000	22	88.000.000
Maitrise Mauritanienne	1.250.000	34	42.500.000	31	38.800.000
Ouvriers/ Employés	375.000	310	116.300.000	306	114.800.000
Total		389	389.800.000	380	376.600.000

5.3.3.3. Supplément de frais de personnel pour la production de cathodes.

	Salaire annuel moyen	Nombre	frais
Ingénieur expatrié	6.250.000	2	12.500.000
Ingénieur Mauritanien	2.500.000	2	5.000.000
Maitrise expatriée	4.000.000	5	20.000.000
Maitrise Mauritanienne	1.250.000	15	18.800.000
Ouvriers/ Employés	375.000	107	40.100.000
Total		131	96.400.000

100-100-100

S O F R E S I D

/SB - MYP 104

5.3.3.4. Récapitulation des frais de personnel

Coûts annuels à Milliers de F	Usine à Akjoujt	Usine à Nouakchott
Production de blister		
four réverbère	190.200	389.800
fours à cuve	177.000	376.600
Production de cathodes		
four réverbère	286.600	486.200
fours à cuve	273.400	473.000

5.3.4. Autres coûts d'exploitation

5.3.4.1. Frais généraux

On admet :

- Aucune charge sanitaire autre que la médecine du travail (pas d'hôpital)
- Aucune charge scolaire (pas d'école)
- La cité minière comporte exclusivement les maisons du personnel tant Mauritanienne qu'expatriée, venant compléter l'agglomération, celle d'Akjoujt comme celle de Nouakchott, donc pas de centre commercial (ni d'extension) pas de mosquée - Seul l'entretien de ces maisons est pris en compte, leurs habitants paieraient eau et électricité à la Maurelec - Pas de club à Nouakchott ; à Akjoujt, celui qui existe suffirait
- La charge inhérente aux voitures de fonction est prise en compte. Par contre est exclus le coût de l'avion, car si l'usine est à Nouakchott les liaisons aériennes régulières suffisent, si l'usine est à Akjoujt l'avion existant convient. Le transport du personnel est pris en compte.
- Réception et frais de siège social n'existent que pour l'usine de Nouakchott. A Akjoujt, il n'y a pas lieu d'en tenir compte, la fonction étant déjà assumée par SO.MI.MA.

.../...

S O F R E S I D
/SB - HYP 104

Dans ces conditions ; par analogie avec des unités semblables, les dépenses des frais généraux s'élèvent à :

Usine à Akjoujt	:	40.000.000 F.
Usine à Nouakchott	:	60.000.000 F.

5.3.4.2. Frais d'entretien

Les frais d'entretien hors main d'oeuvre sont égaux à 3 % du coût des équipements mécanique et de procédé.

	Coût des équipements	frais d'entretien
Production de blister	1.500.000.000 F	45.000.000 F
Production de cathodes	4.000.000.000 F	120.000.000 F

5.3.5. Récapitulation des coûts d'exploitation

Coûts annuels, en millions	Usine à Akjoujt		Usine à Nouakchott	
	four reverbère	fours à cuve	four reverbère	fours à cuve
• Coûts des produits	332.200	319.100	363.100	367.300
• Frais de personnel	190.200	177.000	389.800	376.600
• Frais généraux	40.000	40.000	60.000	60.000
• Frais d'entretien	45.000	45.000	45.000	45.000
Total	607.400	581.100	857.900	848.900

.../...

Coûts annuels en milliers de francs	Usine à Akjoujt		Usine à Nouakchott	
	four reverberaire	fours à cuve	four reverberaire	fours à cuve
Production de cathodes				
Coûts des produits	379.700	366.600	396.900	401.100
Frais de personnel	286.600	273.400	486.200	473.000
Frais généraux	40.000	40.000	60.000	60.000
Frais d'entretien	120.000	120.000	120.000	120.000
Total	826.300	800.000	1.063.100	1.054.100

5.3.6. Décomposition des coûts d'exploitation en frais fixes et frais variables

Par simplification, on admet que :

- Les frais fixes sont les frais de personnel, les frais généraux et les frais d'entretien.
- Les frais variables sont les coûts des produits.

Coûts annuels en milliers de francs	Usine à Akjoujt		Usine à Nouakchott	
	four reverberaire	fours à cuve	four reverberaire	fours à cuve
Production de blister				
Frais fixes	275.200	262.000	494.800	481.600
Frais variables	332.200	319.100	363.100	367.300
Total	607.400	581.100	857.900	848.900
Production de cathodes				
Frais fixes	446.600	433.400	666.200	653.000
Frais variables	379.700	366.600	396.900	401.100
Total	826.300	800.000	1.063.100	1.054.100

S O F R E S I D
/MP - NYP 104

5.4 DETERMINATION DES RESULTATS ET CONCLUSIONS

5.4.1 Prix des produits commercialisables

La base des prix des produits du cuivre, qu'il s'agisse de concentré, de blister, d'anodes ou de cathodes est le cours du cuivre métal établi sur le marché international par la bourse de Londres (L.M.E.)

Les calculs économiques ont donc été conduits avec les prix suivants :

1 000 US \$ par tonne de cuivre rendue en Europe sous forme de cathode.

Le blister, de qualité moyenne, vaut par tonne de cuivre contenu 100 US \$ de moins que la cathode, étant donné le coût actuel de transformation du blister en cathode soit 900 US \$ par tonne de cuivre contenu.

Le concentré vaut, par tonne de cuivre contenu, 140 US \$ de moins que la cathode, étant donné le coût actuel de transformation du concentré en cathode soit 860 US \$ par tonne de cuivre contenu

soit 215 US \$ par tonne de concentré à 25 % de cuivre, compte tenu d'un coût de fret de 15 US \$ par tonne de cathode, blister ou concentré, les prix de ces produits F.O.B. Nouakchott s'établissent ainsi :

Cathodes	:	985 \$/t	soit	246 300 F/t
Blister	:	885 \$/t	soit	221 300 F/t
Concentré	:	200 \$/t	soit	50 000 F/t

La valeur des métaux précieux n'entre pas en compte dans ce calcul car, leur teneur peu élevée (de 0,97 à 0,64 gramme d'or par tonne de minerai) ne change pas, de façon significative au niveau de cette étude, l'importance des recettes.

5.4.1.1 Prix du concentré (en F/t de produit)

Transport Akjoujt - Nouakchott	:	2 000 F/t
Frais d'aconage et de transit	:	1 250 F/t
Tarif portuaire	:	3 725 F/t

Soit	.Prix départ usine d'Akjoujt	:	43 000 F
	.Prix arrivée usine de Nouakchott	:	45 000 F

S O F R E S I D
/NP - NYP 104

5.4.1.2 Prix de la cathode et du blister

Transport Akjoujt - Nouakchott : 2 000 F/t
Frais d'aconage et de transit : 1 500 F/t
Tarif portuaire : 4 500 F/t

soit : Prix du blister

- Prix départ usine d'Akjoujt : 213 300 F/t
- Prix départ usine de Nouakchott: 215 300 F/t

Prix de la cathode

- Prix départ usine d'Akjoujt : 238 300 F/t
- Prix départ usine de Nouakchott: 240 300 F/t

5.4.1.3 Récapitulation

	USINE à AKJOUJT	USINE à NOUAKCHOTT
CONCENTRE Prix rendu usine Coût d'achat (130 000 t/an)	43 000 F/t 5 590 000 000 F/an	45 000 F/t 5 850 000 000 F/an
BLISTER Prix de vente usine Recettes (31 500 t/an)	213 300 F/t 5 719 000 000 F/an	215 300 F/t 6 782 000 000 F/an
CATHODES Prix de vente usine Recettes (31 000 t/an)	238 300 F/t 7 387 300 000 F/an	240 300 F/t 7 449 300 000 F/an

S O F R E S I D
/MP - NYP 104

5.4.2 Comptes d'exploitation des différentes variantes

La production démarre effectivement au bout de 6 mois de mise en route et atteint sa capacité nominale au bout d'un an.

La première année d'exploitation, la production doit s'établir au quart de la production nominale.

La deuxième année, la production sera approximativement égale aux trois quarts de la production nominale.

S O F R E S I D
/MP - NYP 104

Milliers de Francs	Recettes (1)	Achat de Concentré (2)	Coût d'Exploitation (3)	Résultats bruts (4) = 1 - (2+3)	Amortissements (5)	Résultats nets (6) = 4 - 5
VARIANTE 1						
Année A 3	1 679 800	1 397 500	359 200	- 76 900	415 000	-491 900
Année A 4	5 039 300	4 192 500	527 400	+ 320 000	415 000	- 95 000
Années A 5 à A 14	6 719 000	5 590 000	607 400	+ 521 600	415 000	+106 600
VARIANTE 2						
Année A 3	1 695 600	1 462 500	585 600	- 352 500	392 000	-744 500
Année A 4	5 086 500	4 387 500	767 200	- 68 200	392 000	-460 200
Années A 5 à A 14	6 782 000	5 850 000	857 900	+ 74 100	392 000	-317 900
VARIANTE 3						
Année A 3	1 679 800	1 397 500	341 800	- 59 500	408 000	-467 500
Année A 4	5 039 300	4 192 500	501 300	+ 345 500	408 000	- 62 500
Années A 5 à A 14	6 719 000	5 590 000	581 100	+ 547 900	408 000	+139 900
VARIANTE 4						
Année A 3	1 695 600	1 462 500	573 400	- 340 300	385 000	-725 300
Année A 4	5 086 500	4 387 500	757 100	- 58 100	385 000	-443 100
Années A 5 à A 14	6 782 000	5 850 000	848 900	+ 83 100	385 000	-301 900

S O F R E S I O

/MP - MYP 104

Milliers de Francs	Recettes (1)	Achat de concentré (2)	Coûts d'exploitation (3)	Résultats bruts (4) = 1 - (2+3)	Amortissements (5)	Résultats nets (6) = 4 - 5
VARIANTE 5						
Année A 3	1 846 600	1 397 500	541 500	- 92 200	730 000	- 822 200
Année A 4	5 540 500	4 192 500	731 300	+ 616 700	730 000	- 113 300
Années A 5 à A 14	7 387 300	5 590 000	826 300	+ 971 000	730 000	+ 241 000
VARIANTE 6						
Année A 3	1 862 300	1 462 500	765 400	- 365 600	676 000	-1011 600
Année A 4	5 587 000	4 387 500	963 800	+ 235 700	676 000	- 440 300
Années A 5 à A 14	7 449 300	5 850 000	1 063 100	+ 536 200	676 000	- 139 800
VARIANTE 7						
Année A 3	1 846 800	1 397 500	525 100	- 75 800	724 000	- 799 800
Année A 4	5 540 500	4 192 500	708 200	+ 639 800	724 000	- 84 200
Années A 5 à A 14	7 387 300	5 590 000	800 000	+ 997 300	724 000	+ 273 300
VARIANTE 8						
Année A 3	1 862 300	1 462 500	753 300	- 353 500	670 000	-1021 500
Année A 4	5 587 000	4 387 500	953 900	+ 245 700	670 000	- 424 300
Années A 5 à A 14	7 449 300	5 850 000	1 054 100	+ 545 200	670 000	- 124 800

S O F R E S I D
/SB - NYP 104

5.4.3. Conclusions

- La comparaison des différentes variantes conduit aux conclusions suivantes :

Le site : celui d'Akjoujt est indiscutablement à retenir.

Les éléments qui jouent en sa faveur sont :

- économie sur le transport du concentré
- économie sur la gestion de l'usine ;

leur influence est de beaucoup supérieure aux éléments défavorable à ce site :

- transport de certaines matières consommables
- cité minière.

Le type de production

La production de cathode est plus intéressante que le blister, étant donné les prix de vente retenus pour l'étude.

Le type de fours

Les fours à cuve sont plus avantageux que le four réverbère parce que la capacité de l'usine conduit à un four réverbère de taille trop petite pour justifier une récupération d'énergie électrique poussée, telle qu'elle est pratiquée d'une manière très rentable sur des réverbères de grosse capacité.

En effet, il ne satisfait que 50 % des besoins électriques de la fonderie et son bilan d'exploitation s'en trouve alourdi d'autant. En résumé, le four réverbère est une solution intéressante pour des fonderies dépassant 60 000 tonnes de cuivre par an : à ce niveau il assure leur autonomie en énergie.

- La variante la plus intéressante est celle de la production de cathodes avec fours à cuve à Akjoujt (variante 7) Pour celle-ci, en tenant compte d'un impôt sur les bénéfices de 30 % à partir de la cinquième année d'exploitation, mais en négligeant les frais financiers, les calculs indiquent un taux interne de rentabilité de moins de 2 %, taux très nettement insuffisant, d'autant que les hypothèses prises en considération pour l'établissement des coûts sont largement optimistes.

Il convient à ce moment-là de rechercher quelles seraient les conditions d'une rentabilité significative pour l'usine. Cette recherche s'exerce dans trois directions :

- Accroissement des réserves du gisement de 50%
- Emploi d'un nouveau procédé : variante hydro-métallurgique
- Transformation des cathodes en produits semi-finis.

.../...

5.5 RECHERCHE D'UNE RENTABILITE POSITIVE SIGNIFICATIVE

5.5.1 Accroissement de 50 % des réserves de gisement

La variante envisagée est une usine produisant des cathodes à Akjoujt avec des fours à cuve.

Pour cette variante, la durée d'exploitation est toujours de 12 ans ; par contre, la production est accrue de 50 %, soit 46 500 t. de cathodes par an.

5.5.1.1 Montant des investissements

- Les investissements sont sensiblement ceux des usines de 31 000 tonnes par an majorés de 33 %, soit : 11 700 millions de francs.

Les amortissements sont de la même façon pris linéaires sur 12 ans, soit au taux de 8 1/3 % et comptés à partir de la première année d'exploitation.

- Le fonds de roulement correspond sensiblement à trois mois de chiffre d'affaires, soit environ : 2 380 millions de francs.

- Tableaux d'investissement et d'amortissement

(Millions de f.)	Année A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	...	A_{13}	A_{14}
Investissement	3 900	3 900	3 900	-	-		-	-
Amortissement	-	-	-	975	975		975	975
Fonds de roulement	-	-	-	2 380	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	2 380

S O F R E S I D
/NP - NYP 104

5.5.1.2 Coûts d'exploitation

. Coûts des produits :

Ils sont supérieurs de 50 % aux coûts considérés pour les usines de 31 000 tonnes par an,
soit : 519 900 000 F.

. Frais de personnel :

Les installations restent les mêmes que pour les usines de 31 000 tonnes par an, seule change la capacité. Les frais de personnel restent inchangés,
soit : 273 400 000 F.

. Autres coûts d'exploitation :

Les frais généraux demeurent inchangés : 40 000 000 F
Les frais d'entretien vont être augmentés parallèlement à l'augmentation du coût des installations de procédé,
soit : 168 000 000 F.

. Récapitulation des coûts d'exploitation (en milliers de francs)

coûts des produits	:	519 900
frais de personnel	:	273 400
frais généraux	:	40 000
frais d'entretien	:	<u>168 000</u>
		1 001 300

. Décomposition des coûts d'exploitation en frais fixes et frais variables (en milliers de francs)

frais fixes	:	481 400
frais variables	:	<u>519 900</u>
		1 001 300

5.5.1.3 Détermination des résultats

. Prix des produits commercialisables.

	Prix unitaire	Quantité	Prix annuel.
Concentré	43 000 F/t	195 000 t	8 365 millions
Cathodes	238 300 F/t	46 500 t	11 081 millions

S O F R E S I D
/SP - NYP 104

. Comptes d'exploitation

Ils sont établis avec une production égale au quart de la production nominale la première année et aux trois quarts l'année suivante.

	Recettes (1)	Achat de concentré (2)	Coûts d'exploit- ation (3)	Résultats bruts (4) = 1-(2+3)	Amor- tisse- ments (5)	Résultats nets (6) = 4 - 5
Année A3	2 770 300	2 096 300	611 400	62 600	975 000	-912 400
- A4	8 310 800	6 288 800	871 400	+1 150 600	975 000	+175 600
- A5 à A14	11 081 000	8 385 000	1 001 300	+1 694 700	975 000	+719 700

5.5.1.4 Détermination du cash flow et du taux interne de rentabilité.

- . Pour avoir une indication de la rentabilité et par souci de simplification, les calculs sont menés sans tenir compte des frais financiers.
- . Conformément aux statuts mauritaniens, l'impôt sur les bénéfices est pris à 30 % du résultat net à partir de la cinquième année d'exploitation (année A5).

S O F R E S I D

/NP - NYP 104

Tableau des emplois et ressources (en milliers de Francs)
avec : signe + : ressources
signe - : dépenses

Années	Investissements et fonds de roulement	Amortissements	Résultats nets	Impôts	Cash flow	Solde emplois et ressources
A 0	- 3 900 000					- 3 900 000
A 1	- 3 900 000					- 3 900 000
A 2	- 3 900 000					- 3 900 000
A 3	- 2 300 000	975 000	- 912 400		+ 62 600	- 2 317 400
A 4		975 000	+ 175 600		+1150 600	+ 1 150 600
A 5		975 000	+ 719 700		+1694 700	+ 1 694 700
A 6		975 000	+ 719 700		+1694 700	+ 1 694 700
A 7		975 000	+ 719 700		+1694 700	+ 1 694 700
A 8		975 000	+ 719 700	215 900	+1478 800	+ 1 478 800
A 9		975 000	+ 719 700	215 900	+1478 800	+ 1 478 800
A 10		975 000	+ 719 700	215 900	+1478 800	+ 1 478 800
A 11		975 000	+ 719 700	215 900	+1478 800	+ 1 478 800
A 12		975 000	+ 719 700	215 900	+1478 800	+ 1 478 800
A 13		975 000	+ 719 700	215 900	+1478 800	+ 1 478 800
A 14	+ 2 300 000	975 000	+ 719 700	215 900	+1478 800	+ 3 858 800

Les calculs indiquent pour cette solution, en faisant abstraction des frais financiers mais en tenant compte de l'impôt sur le bénéfice, que les cumuls actualisés des emplois et ressources sont de :

- Actualisation à 3 % : + 836 000 000 F
- Actualisation à 4 % : - 188 000 000 F

Le taux interne de rentabilité se situe par conséquent à un petit peu moins de 4 %, ce qui est encore nettement insuffisant.

S O F R E S I D
/M - MYP 104

5.5.2 Variante hydrometallurgique

Usine à AKJOUJI produisant des cathodes (31000 t/an)
pendant 12 ans)

5.5.2.1 Montant des Investissements

Les investissements s'élèvent à 7 290 millions de l.
pour une exploitation d'une durée de 12 ans.

Avec les mêmes hypothèses que pour l'étude
précédente, le tableau d'investissement et
d'amortissement est :

millions de F.	Année Ao	A 1	A 2	A 3	A 4	---	A 13	A 14
Investissements	2 430	2 430	2 430	-	-		-	-
Amortissements	-	-	-	608	608		608	608
Fonds de roulement	-	-	-	1 700	-		-	-
Récupération du fonds de roulement	-	-	-	-	-		-	1 700

5.5.2.2 Coût d'exploitation

. Coûts des produits

	Prix Unitaire	Consommation Annuelle	Coût Annuel
Eau	100 F/m3	310 000 m3	31 000 000 F
Fuel	8 500 F/t	23 200 t	197 000 000 F
Chaux	9 500 F/t	7 440 t	70 600 000 F
Acide sulfurique	15 250 F/t	8 930 t	136 000 000 F
Divers			10 000 000 F

Total			444 600 000 F

S O F R E S I D
/ NP - MYP 104

. Frais de personnel

	Salaires Annuel Moyen	Nombre	Frais
Ingénieur expatrié	6 250 000 F	5	31 300 000 F
Ingénieur Mauritanien	2 500 000 F	4	10 000 000 F
Maîtrise expatriée	4 000 000 F	15	60 000 000 F
Maîtrise Mauritanienne	1 250 000 F	22	27 500 000 F
Ouvriers, Employés	375 000 F	127	47 600 000 F

Total			176 400 000 F

. Frais généraux

40 000 000 F, comme pour les usines étudiées précédemment.

. Frais d'entretien

3 % du coût des équipements mécaniques et de procédé.

. Récapitulation des coûts d'exploitation

Coût des produits	444 600 000 F
Frais de personnel	176 400 000 F
Frais généraux	40 000 000 F
Frais d'entretien	120 000 000 F

Total	781 000 000 F
dont : Frais fixes : 336 400 000 F	
Frais variables : 444 600 000 F	

5.5.2.3 Détermination des résultats et conclusions

(millions de Francs)	Année A 3	Année A 4	Années A 5 à A 14
Recettes	1 846 000	5 540 500	7 387 300
Achat de concentré	1 397 500	4 192 500	5 590 000
Coût d'exploitation	447 600	669 900	781 000
Résultats bruts	+ 1 700	+ 678 100	+ 1 016 300
Amortissements	608 000	608 000	608 000
Résultats nets	- 606 300	+ 70 100	+ 408 300

Cette solution apparaît économiquement plus intéressante que la solution avec fours à cuve tant du point de vue coût d'exploitation que du point de vue investissement.

Par contre, la rentabilité est encore insuffisante ; sans considération des frais financiers, mais en tenant compte des impôts sur le bénéfice, le taux interne de rentabilité se situe autour de 4 %.

/FH - NYP 104

5.5.3. Transformation des cathodes en produits semi-finis

Production de tôles

Pour un investissement productif (cité minière exclus) de 7.100.000.000 F en Mauritanie correspondant à la production annuelle de 15 000 tonnes de tôles, la valeur ajoutée à la cathode par tonne de tôle produite, représente sensiblement 1,3 fois celle ajoutée au concentré de cuivre par tonne de cathode produite.

Or, l'investissement direct d'une usine de production de 31.000 tonnes de cathodes par an à Akjoujt s'élève à 6.813.000.000 F.

Donc, pour un investissement comparable, la capacité de production de tôles est moitié de la capacité de production de cathodes; les coûts d'exploitation de ces usines sont comparables; la valeur ajoutée à la cathode n'étant que 1,3 fois celle ajoutée au concentré, la rentabilité d'un train de laminoirs défini précédemment est inférieure à celle de la fonderie et de l'électrolyse.

Ce résultat met en évidence l'effet d'échelle : la production de tôles est beaucoup trop faible pour justifier l'investissement envisagé; le seuil de rentabilité des projets actuels en pays industrialisés se situe entre 60 et 100.000 t/an.

En conséquence, la production de tôles est à exclure.

Production de tubes, fils, profilés

Pour un investissement productif (cité minière exclus) de 1.800.000.000 F en Mauritanie correspondant à la production annuelle de 20.000 tonnes de produits obtenus par filage, la valeur ajoutée à la cathode par tonne de produits sortants représente sensiblement 2 fois celle ajoutée au concentré de cuivre par tonne de cathode produite.

Par comparaison avec la production de tôles, la production de tubes, fils et profilés est nettement plus rentable.

En effet, le seuil de rentabilité des projets actuels se situe aux environs de 20.000 t/an.

En outre, une telle gamme de production est plus adaptée aux besoins locaux et régionaux que la production de tôles.

.../...

/FH - NYP 104

En conséquence, la production de semi-finis par filage sera à prendre en considération dès que les besoins du marché se situeront à un niveau proche de ce seuil.

5.6. CONCLUSIONS

Les études de rentabilité ont été menées en considérant les hypothèses les plus favorables pour l'usine : pas de taxes ni de frais de douane, un gros effort de formation du personnel mauritanien.

D'autre part, les calculs ont été menés sans considération des frais financiers pour le remboursement des emprunts.

Malgré toutes ces conditions, l'usine n'a pas de rentabilité significative, quelles que soient les variantes envisagées.

Par comparaison avec des usines similaires en Europe, l'avantage essentiel de l'usine de traitement et de raffinage du cuivre en Mauritanie consiste en économies de transport : 31.000 tonnes de cathodes plutôt que 130.000 tonnes de concentré par an.

Par contre les inconvénients sont nombreux :

- Les effets d'échelle : les usines les plus récentes ou en projet ont des capacités de production deux à trois fois supérieures, ce qui allège de façon considérable la part des coûts fixes.
- Les coûts de transports : la plupart des produits nécessaires à l'usine mauritanienne sont importés et les coûts de transport jusqu'à Akjoujt sont élevés; les coûts de l'ensemble des produits sont supérieurs de plus de 50 % à ceux que l'on aurait en Europe.
- L'infrastructure nécessaire au bon fonctionnement de l'usine est insuffisante, en particulier, il est nécessaire de construire une cité minière à proximité de l'usine.

De plus, il faut assurer le fonctionnement normal de l'usine dans un site non industrialisé, ce qui nécessite la création d'une infrastructure industrielle.

- Investissements supplémentaires dus aux conditions de site défavorable :
 - matériel adapté aux conditions climatiques
 - frais de montage par main d'oeuvre expatrié coûteux.

Quant aux frais de personnel, ils sont sensiblement égaux à ceux d'une usine européenne, le coût plus faible de la main d'oeuvre mauritanienne compensant seulement les coûts du personnel d'encadrement expatrié.

S O F R E S I D
/MP - MYP 104

5.7 EFFETS INDUITS PAR UN TEL PROJET INDUSTRIEL.

Si un tel projet se réalisait, il aurait des répercussions à la fois sur les comptes de l'Etat, la balance des paiements, et la collectivité nationale que l'on peut résumer brièvement.

5.7.1 Les comptes de l'Etat

Ce sont essentiellement :

- La taxe frappant le produit sortant de l'usine projetée : on admet qu'elle demeure identique à celle qui frappe le concentré produit actuellement par la SO.MI.MA.

(A titre d'exemple : pour le prix FOB Nouakchott de 985 \$/tonne de cuivre base de cette étude, cette taxe est : 1,25 cent/livre de cuivre soit 6 875 F/tonne de cuivre métal).

Jouant de la même façon sur le produit entrant et le produit sortant des projets envisagés, les effets de cette taxe s'annulent, raison pour laquelle son montant n'a pas été pris en compte dans les prix d'achat et de vente de ces produits.

- Les impôts sur les bénéfices de l'usine pour le cas où celle-ci serait rentable.
- Les impôts sur le revenu du personnel travaillant à l'usine.
- Les impôts sur les sociétés et le personnel de celles-ci pour des entreprises situées en Mauritanie et travaillant directement ou indirectement pour l'usine.
- Les impôts indirects sur la consommation du personnel.

Il est entendu que les produits importés ne subissent aucune taxe.

5.7.2 La balance des paiements

L'apport en devises est bien entendu supérieur dans le cas de l'exploitation de cathodes (ou de blister) que de concentré.

Ce gain est tempéré d'une part, par l'importation de matières consommables et par une partie du paiement de la main d'oeuvre expatriée et d'autre part par l'investissement importé.

5.7.3. Collectivité nationale

Ces effets proviennent de la création de revenus dus aux salaires versés au personnel de l'usine et des sociétés mauritaniennes travaillant pour celle-ci.

Une précédente étude faisait apparaître dans le cadre d'un projet à ROSSU (usine textile) l'utilisation du salaire versé de la façon suivante :

	Main d'oeuvre expatriée	Main d'oeuvre Mauritanienne
Consommation locale impôts indirects déduits	15	65
Consommation importée	30	15
Salaires redistribués	5	-
Impôts (directs et indirects)	40	15
Épargne	10	5
TOTAL.	<u>100</u>	<u>100</u>

Pour la main d'oeuvre expatriée et la plus grande partie de la main d'oeuvre Mauritanienne (anciens nomades vivant essentiellement d'autoconsommation), il y a réellement création de revenus dont les effets induits sont importants sur l'économie.

.../...

/FH - MYP 104

5.8. SOURCES POSSIBLES DE FINANCEMENT

Pour le cas où l'usine serait jugée rentable et où des investisseurs acceptaient de participer à la création du capital de la société; le financement pourrait provenir de sources diverses :

- Investissements bancaires privés.
- Investissements d'Etats étrangers.
- Prêts de la B.I.R.D. et de sa filiale la S.F.I.
- Prêts du F.E.D. et de la Banque Européenne d'investissement.
- Fonds d'aide à la coopération (F.A.C.) et caisse centrale de coopération économique (C.C.C.E.)

De plus peuvent participer à ce financement :

- Les firmes détentrices des procédés préconisés.
 - Les constructeurs d'équipement process.
 - Les acheteurs importants de la production (soit blister, soit cathodes, soit semi-produits).
-



sofresid

S O F R E S I D
/AD - MYP 104

CHAPITRE 6

CONDITIONS DU DEVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE DU CUIVRE

6.1 LES CAUSES D'UNE OPPORTUNITE INSATISFAISANTE

6.2 LE MARCHE

6.3 L'INNOVATION DANS LE DOMAINE DES PROCEDES

6.4 L'AMENAGEMENT DES SITES INDUSTRIELS

6.5 LES RESSOURCES HUMAINES

6.1 LES CAUSES D'UNE OPPORTUNITE INSATISFAISANTE

L'opportunité des projets envisagés est en aucun cas, satisfaisante bien que la totalité des produits entrants en Mauritanie ait été considérée hors taxes et hors douane.

En effet, en aucun cas le taux interne de rentabilité, frais financiers (inhérents aux emprunts et à leur remboursement) EXCLUS, ne dépasse 4 %. Pour justifier une étude plus poussée dans les conditions de la Mauritanie, ce taux devrait atteindre, frais financiers INCLUS, le minimum de 10 %.

Les causes de cette rentabilité insuffisante, développées précédemment, sont :

Essentiellement

- Une capacité annuelle de production liée à la capacité de l'usine SOMIMA (30000 tonnes) trop faible : la taille de l'usine est trop petite.

Accessoirement

- Les transports des produits importés trop longs et trop onéreux.
- L'infrastructure industrielle et urbaine à créer.

Cette opportunité n'est pas satisfaisante dans les conditions actuellement connues du marché et de la technologie.

Cette conclusion est donc à remettre en question chaque fois qu'un élément nouveau vient infirmer les hypothèses faites pour cette étude.

En effet, la réalisation envisagée se situerait à moyen terme. Il n'est donc pas exclus que dans un intervalle de 5 à 6 ans interviennent des mutations susceptibles de modifier les projections et les hypothèses sur lesquelles se fondent les résultats précédents.

Dans cet esprit, les causes de rentabilité insuffisante sont examinées et les chances de mutation potentielle envisagées pour chacune d'elles.

6.2 LE MARCHÉ

Un projet industriel n'est opportun économiquement que s'il satisfait un marché.

- Justifiant une capacité de production techniquement rentable
- Permettant d'ajouter le maximum de valeur aux matières premières.

Or le marché des produits semi-finis et finis de cuivre, tant intérieur qu'extérieur, reste à trouver. Le marché extérieur peut être organisé de sorte que les produits mauritaniens bénéficient de l'éloignement relatif de leurs clients potentiels (les pays de l'Afrique de l'Ouest, peut être ceux d'Afrique du Nord) par rapport aux centres actuels de production de produits semi-finis et finis.

Le marché intérieur suppose, étant donné le caractère captif de l'industrie du cuivre (son développement est lié à celui des activités utilisatrices : construction électrique, chaudronnerie, plomberie, etc...) le développement important d'un tissu industriel diversifié capable d'absorber la production des produits semi-finis et finis.

En fait, une combinaison de ces 2 marchés, joints à celui de l'exportation de cathodes sur le marché international, serait nécessaire pour atteindre un seuil technique dont l'étude montre qu'il devrait dépasser largement les 45 000 tonnes de cuivre par an.

La rentabilité est d'autant mieux assise que la part de cuivre transformée en produits semi-finis et finis est importante.

En ce domaine, l'effet de taille ne jouerait pas au désavantage de la Mauritanie car tant en ce qui concerne les fils que les barres, tubes et profilés, les unités de production sont en général, de faible capacité.

En conséquence, s'il s'avèrait possible de franchir la barre des opérations de transformation de concentré en cuivre pur, le développement d'une petite industrie de production de barres, ronds, profilés et fils serait envisageable sous réserve de la mise en place d'une organisation commerciale permettant l'écoulement de cette production également chez les nations les plus proches de la République Islamique de Mauritanie.

6.3 L'INNOVATION DANS LE DOMAINE DES PROCÉDÉS

L'accélération du progrès technologique est une constatation actuelle et un fait récent, valable dans tous les domaines y compris la métallurgie.

Qui plus est, l'utilisation d'un procédé de traitement de minerai de cuivre récemment mis au point, le T.O.R.C.O. se traduit par la production d'un minerai très enrichi, jamais traité en tant que tel. C'est donc une incitation réelle à l'innovation dans le domaine des procédés de traitement de ce minerai enrichi.

Enfin les solutions que nous présentons relèvent de techniques éprouvées, même si leur adaptation au minerai mauritanien suppose des études complémentaires tant au laboratoire qu'en pilote industriel.

C'est dans ce domaine que peut intervenir une mutation susceptible de provoquer la remise en question des conclusions de cette étude, dans un avenir relativement proche.

2 possibilités parmi d'autres sont à signaler

- Le traitement des produits du T.O.R.C.O. par un procédé PECHINEY actuellement non divulgué.
- Le traitement métallurgique des concentrés de sulfure, grillés ou non, dans un four WORCRA dont les performances industrielles sont en cours de vérification au niveau d'usine de petites capacités. Ce procédé pourrait dans un futur proche être utilisé comme base d'une étude technico-économique supplémentaire.

Là se situe les chances les plus nettes de développer l'industrie du cuivre en Mauritanie à des conditions économiquement avantageuses pour toutes les parties, à commencer par l'investisseur potentiel.

Néanmoins, on ne peut envisager de procédé nouveau sans attirer l'attention sur les risques inhérents à sa mise au point. Là est généralement la limite de l'innovation. A la séduction des calculs économiques doit s'opposer l'examen réaliste des délais de réalisation, de démarrage et de mise au point puis ceux de montée en production pour atteindre la capacité nominale.

Il est évident qu'un engineering compétent peut faciliter la tâche de l'investisseur et contribuer à réduire tous les aléas et délais. Il ne peut

- Ni se substituer au détenteur de procédé dans la définition et la conception des unités de production.
- Ni tenir compte de conditions locales jusqu'à maintenant peu connues ou méconnues.

6.4 L'AMENAGEMENT DES SITES INDUSTRIELS

6.4.1 Infrastructure industrielle

Les moyens de communication coûtent cher :
Tant maritimes que routiers, les coûts de transport sont élevés.

Pour les transports routiers, les prix de revient sont ceux pratiqués dans le cadre d'une entreprise industrielle équivalente à celle envisagée. Ils sont sensiblement MOITIÉ des tarifs officiels des transports mauritaniens. Une étude reste à faire, visant à définir un coût minimum de transport routier et ses conditions (organisation moyens, infrastructure) ; les répercussions de coûts de transport routier, réduits de moitié par exemple par rapport aux coûts admis dans cette étude, seraient intéressantes à prendre en compte en cas d'opportunité positive.

les transports maritimes sont actuellement lourdement grévés par :

- Un surfret de 60 % à Nouakchott par rapport à Dakar
- Des frais élevés de port et de transit.

Ces derniers frais, constituent plus des 2/3 du coût total des transports des produits manutentionnés du port de Nouakchott à Akjoujt.

Toute amélioration des tarifs a donc une répercussion immédiate et sensible sur les coûts des produits livrés ou expédiés, à fortiori si ceux-ci vont ou proviennent de Nouakchott. Il y aurait à chiffrer l'influence de leurs variations possibles en fonction d'une évolution à la baisse, si toutefois une telle évolution est envisageable.

Le trafic total du port de Nouakchott se trouverait plutôt réduit qu'augmenté puisqu'à l'exportation de 130 000 t de concentré par an se substituerait celle de 30 000 t de métal et l'importation de 20 000 tonnes de matières premières.

Les sources d'énergie sont difficilement améliorables à moyen terme, compte-tenu du niveau actuel des besoins et de leur évolution prévisible.

Néanmoins la découverte et l'exploitation de ressources nationales à des conditions avantageuses améliorerait la situation

S O F R E S I O

/AB - MYP 104

6.4.2 Urbanisation

En ce domaine, l'origine de la seule mutation favorable au développement industriel ne pourrait venir que de la puissance publique réalisant elle-même les aménagements urbains nécessaires, habitations et équipements collectifs médicaux, scolaires, commerciaux et socio-culturels.

Pratiquement il s'agit de transférer à l'Etat une charge qui repose actuellement sur l'investisseur, privé en l'occurrence.

L'approche des projets envisagés s'en trouverait sensiblement modifiée. En effet, une telle décision de transfert, améliorerait la rentabilité de ces projets au point de rendre intéressante celle du projet de production de cathodes à Akjoujt, 45 000 t/an, avec fours à cuve.

6.5 LES RESSOURCES HUMAINES

Toute mutation est impossible à envisager en ce domaine.

L'amélioration de la qualification professionnelle de la main d'oeuvre, son aptitude à s'intégrer dans un processus complexe de fabrication industrielle ne peut résulter que d'une action globale et concertée des parties intéressées (l'Etat Mauritanien étant la première de ces parties).

De toute façon, les effets de cette action de formation ne sont sensibles qu'à long terme car ils postulent une transformation collective des mentalité et attitude de la population mauritanienne à l'égard du travail industriel.

Enfin, les hypothèses faites pour cette étude sont déjà très optimistes par rapport à la situation actuelle et nous y avons déjà intégré le bénéfice probable d'une action de formation entreprise dès maintenant.

*SOME FIGURES
OF THIS DOCUMENT
ARE TOO LARGE
FOR MICROFICHING
AND WILL NOT
BE PHOTOGRAPHED.*

C-614



85.01.21

AD.86.07

ILL 5.5+10