



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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.

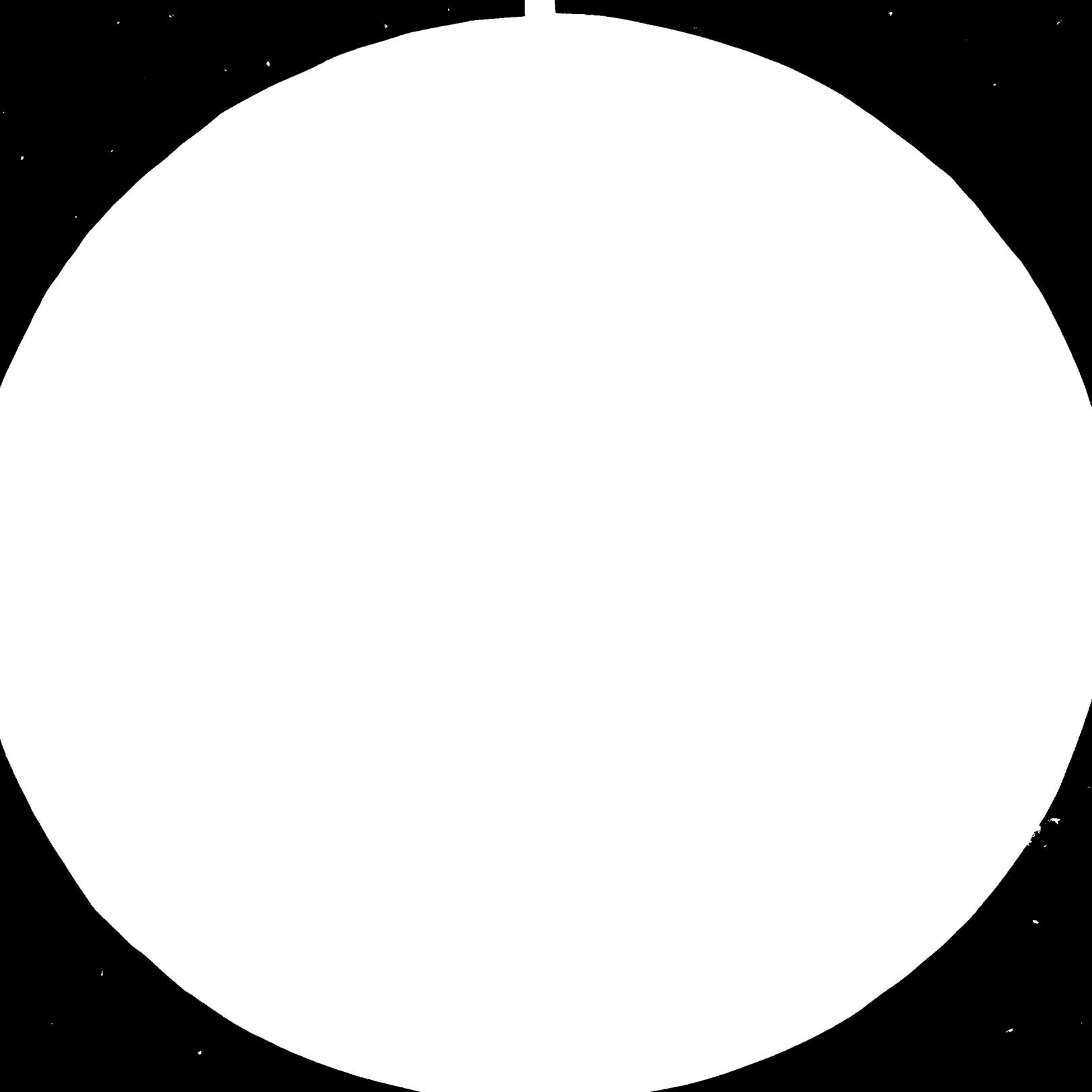
## FAIR USE POLICY

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](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





2.8 2.5



Figure 1. Resolution test patterns. The resolution of the test patterns is indicated by the number next to the pattern. The resolution of the test patterns is 1.0, 1.1, 1.25, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, and 2.8.

DISTRIBUTION RESTREINTE

DP/ZA1/81/015

FEVRIER 1983

Français

12957

Zaïre.

ÉTUDE D'OPPORTUNITÉ

POUR L'IMPLANTATION D'UNE USINE

DE

FERRO-SILICIUM

ET

MÉTAL SILICIUM

AU ZAÏRE

Établie pour le Gouvernement du Zaïre par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, agent d'exécution du Programme des Nations Unies pour le développement

D'après l'étude de TALAAT ORFALY

Economiste industriel et analyste financier

Organisation des Nations Unies  
pour le développement industriel

Vienne



NOTES EXPLICATIVES

Sauf indication contraire, le terme "dollar" (\$) correspond au dollar des Etats-Unis d'Amérique.

L'unité monétaire du Zaïre est le "zaïre" (Z). Durant la période correspondant au présent rapport, la valeur du dollar des Etats-Unis d'Amérique en Z, dollar canadien et mark d'Allemagne fédérale, était:

\$ 1	= Z 5.5	D.M.1 = \$0.42
Z 1	= \$0.181818	\$1 = D.M. 2.38
\$ 1	= \$ canadien 1.235	
\$ canadien 1	= \$0.81	

Abréviations

Les abréviations suivantes ont été utilisées dans le présent rapport:

ZOFI	Zone franche d'Inga
ONUUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
T.A.	Tonne américaine (Short Ton = 2000 livres ou 907.2 kg)
T.	Tonne métrique (2204.6 livres ou 1000 kg)
E.U.	Etats-Unis d'Amérique
MW	Mégawatt (1000 kW)
O.C.D.E.	Organisation de Coopération et de Développement économique
CZE	Pays de la communauté économique européenne
m	Mètre
mm	Millimètre
D.M.	Mark de l'Allemagne fédérale
F.A.B.	Franco à bord
C.A.F.	Coût, assurance et freight
CO	Monoxyde de carbone
Si	Silicium
SiO <sub>2</sub>	Dioxyde de silicium
PPM	Particules par million
FeSi	Alliage de fer et de silicium communément appelé ferro-silicium. Cette alliage vient en diverses concentrations de silicium de 8% à 99.7% de Si. Toutefois, dans les concentrations de silicium de 96% et plus, il est communément appelé aux E.U. "Metal Silicium", car à ces hautes concentrations de Si, la

quantité de fer est très petite et considérée comme impureté. L'étude utilise donc l'appellation Métal Silicium pour les concentrations de plus de 96% de Si.

Metal Silicium

Alliage à 96% et plus de silicium

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique du pays, des territoires, des villes ou zones, ou de leur autorité, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Les frontières indiquées sur les cartes ne comportent ni approbation ni acceptation officielle de la part de l'ONUDI.

La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

TABLE DES MATIÈRES

<u>CHAPITRES</u>		<u>PAGES</u>
	SOMMAIRE.....	9
	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	11
I.	CONTEXTE ET HISTORIQUE DU PROJET.....	14
II.	ETUDE DU MARCHÉ ET CAPACITÉ DE L'USINE....	23
III.	MATÉRIAUX ET FACTEURS DE PRODUCTION.....	50
IV.	LOCALISATION ET EMPLACEMENT.....	66
V.	ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET.....	71
VI.	ORGANISATION DE L'USINE, FRAIS GÉNÉRAUX ET CALENDRIER D'ÉXÉCUTION.....	81
VII.	MAIN D'OEUVRE.....	83
VIII.	EVALUATION FINANCIÈRE ET ÉCONOMIQUE.....	87

TABLEAUX

PAGE

1.	Production des 4 concentrations d'alliage de fer et silicium telle que proposée par la ZOFI.....	14
2.	Capacité de production proposée par la ZOFI.....	15
3.	Matières premières et facteurs de production requis pour la production d'une tonne de FeSi 75% de Si et du métal silicium 98% de Si.....	15
4.	Capacité de production d'un four de 12 MW.....	17
5.	Production de l'acier aux E.U.....	24
6.	Production, importation et exportation des alliages de fer aux E.U.....	25
7.	Production, importation et exportation du FeSi aux E.U.....	27
8.	Production du FeSi et métal silicium aux E.U.....	28
9.	Importation du FeSi et métal silicium aux E.U.....	30
10.	Pays de la CEE exportateurs du FeSi en 1980.....	31
11.	Pays de la CEE importateurs du FeSi en 1980.....	31
12.	Principaux pays du monde producteurs de FeSi.....	33
13.	Production mondiale de l'acier.....	35
14.	Principaux pays exportateurs de FeSi.....	36
15.	Principaux pays importateurs de FeSi.....	37
16.	Evolution du prix du FeSi aux E.U.....	40
17.	Prix du FeSi en Europe.....	41
18.	Economie dans le coût de production d'une tonne de FeSi et de métal silicium au Zaïre.....	43
19.	Pourcentage de FeSi à diverses concentrations de Si importé aux E.U.....	44
20.	Pourcentage de FeSi à diverses concentrations de Si importé en R.F. d'Allemagne.....	44

TABLEAUX

	<u>PAGE</u>
21. Programme de production.....	46
22. Estimé des revenus.....	49
23. Quantité de quartz nécessaire à la production d'une tonne.....	50
23. Coke, charbon et copeaux de bois nécessaires à la production du FeSi et du métal silicium.....	56
24. Matières premières et facteurs de production.....	65
25. Calendrier de mise en oeuvre.....	82
26. Personnel de l'usine.....	83
27. Personnel administratif et de ventes.....	84
28. Personnel affecté à l'opération excavation et transport du quartz.....	86
29. Coût total du projet.....	87
30. Financement du projet.....	88

ANNEXES ET APPENDICES

<u>No.</u>	<u>Annexes</u>	<u>Page</u>
I.	Estimé des coûts de production annuelle...	97
II.	Etat des profits et pertes et ratios de rentabilité.....	98
III.	Mouvement de trésoreries (Cash-Flow) pour la planification financière.....	99
IV.	Projection du bilan.....	100
V.	Calcul de la valeur actualisée et du taux de rentabilité interne.....	101
VI.	Période de recouvrement.....	102
VII.	Seuil de rentabilité.....	103
VIII.	Evaluation de la contribution du projet à l'Economie nationale.....	104
IX.	Estimé des coûts de production annuelle (coût d'exploitation 10% de plus que le cas de base).....	107
X.	Etat des profits et pertes et ratios de rentabilité (coût d'exploitation 10% de plus que le cas de base).....	108
XI.	Calcul de la valeur actualisée et taux de rentabilité interne (coût d'exploitation 10% de plus que le cas de base).....	109

<u>No.</u>	<u>Appendices</u>	<u>Page</u>
I.	Terrain et préparation du terrain.....	110
II.	Structures et génie civil.....	111
III.	Coût de l'ingénierie, de l'équipement et des machineries, du montage et de l'installation, de l'équipement roulant.....	112
IV.	Coût d'équipement de bureau.....	113
V.	Réserves et contingences.....	114
VI.	Dépenses préopérationnelles et mise en marche.....	115
VII.	Calcul du fond de roulement.....	117
VIII.	Entretien et réparations, frais de fabrication, frais administratifs et frais de vente.....	118
IX.	Emprunt, intérêt et calendrier de remboursement.....	119
X.	Amortissement et période de remplacement..	120
XI.	Bibliographie et firmes consultées.....	121
XII.	Description du poste.....	123

## SOMMAIRE

Le régime de la zone franche d'Inga (ZOFI) a pour objectif principal de renforcer le développement industriel au Zaïre par l'implantation d'entreprises industrielles grandes consommatrices d'électricité, et ce en vue de faire usage au maximum de l'énergie produite par les installations hydro-électriques d'Inga I et Inga II qui ont une capacité totale de près de 1750 MW.

Pour ce faire, la ZOFI a identifié un certain nombre de projets afin d'en faire une étude plus approfondie en vue d'une implantation éventuelle en correspondance avec l'objectif établi.

Conséquemment, le gouvernement du Zaïre a demandé à l'ONUDI d'entreprendre trois études d'opportunité visant l'implantation éventuelle de trois usines dont:

- une usine de carbure de calcium
- une usine de ferro-silicium, et,
- une usine de carbure de silicium (carborandum)

L'expert a donc été chargé par l'ONUDI d'effectuer ces trois études afin de déterminer la rentabilité de chacune des usines projetées et d'en définir les paramètres (voir la description du poste à l'appendice XII). Ces études serviront aussi comme documents de base et seront présentées aux investisseurs étrangers et/ou aux bailleurs de fonds afin de les intéresser à participer au financement des usines, si les études en démontrent la viabilité. Une fois l'intérêt des investisseurs étrangers et/ou des bailleurs de fonds acquis, une élaboration plus approfondie sera nécessaire et ce par le biais d'études de pré faisabilité, pour finalement déboucher sur des études de faisabilité avant l'implantation.

La présente étude couvre le projet d'une usine produisant du ferro-silicium et du métal silicium

L'expert s'est rendu à Kinshasa du 18 novembre au 6 décembre 1982 où il a rencontré les responsables de la ZOFI et d'autres institutions en vue de la cueillette des données nécessaires aux trois études ci-haut mentionnées ainsi que pour la planification et l'organisation d'un séminaire de perfectionnement dans le domaine de la préparation, de l'évaluation et du financement de projets industriels (voir description du poste à l'appendice XII).

L'expert a complété la collecte des données pour cette étude, par de nombreux contacts effectués auprès de producteurs de ferro-silicium canadiens et étrangers et de fournisseurs d'équipement et de matières premières (voir la bibliographie à l'appendice XI), et par la consultation d'ouvrages disponibles, à la bibliothèque de l'ONUDI à Vienne, à celle du département de métallurgie de l'université de Montréal et à celle de l'université McGill et celle de l'université Concordia à Montréal.

### CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. La présente étude recommande l'implantation d'une usine qui produirait 60,000 tonnes/an de ferro-silicium 75% de Si et 11,000 tonnes/an de métal silicium 98% de Si. Ces quantités seront totalement destinées à l'exportation car la demande mondiale n'a cessé de croître durant les dernières années. C'est en raison de cette demande croissante que les quantités proposées dans la présente étude sont supérieures aux quantités élaborées dans le document de projet initial et retenues par le ZOFI. Les 60,000 tonnes/an de ferro-silicium et 11,000 tonnes/an de métal silicium représenteront moins de 5% des exportations ou importations mondiales, et moins de 2% de la production mondiale. Ces pourcentages sont conservateurs et peuvent donc être facilement atteints.
2. Ce projet est financièrement et économiquement viable et sa rentabilité justifie pleinement son implantation. Le taux de rendement interne s'élève à près de 30% avec un retour sur capital de plus de 44% à la 11<sup>ème</sup> année de production, et la période de recouvrement est de 6 ans incluant la période de construction.
3. Le coût des investissements requis pour ce projet est de l'ordre de \$49,074,000 en \$ février 1983, dont près de 50% seront supposément financés par capital social et 50% par emprunt. Le taux d'intérêt sur l'emprunt est supposé être de 11%. De plus, une ligne de crédit de l'ordre de \$3,400,000 financera le fond de roulement initialement requis.
4. Le projet ci-haut proposé devra être conditionnel à ce que:
  - a) des réserves suffisantes de quartz d'une qualité acceptable et standard soient trouvées et établies.
  - b) une étude de localisation quant à la région la plus avantageuse à ce projet soit définie et ce dans le secteur Muanda/Matadi.
5. L'importation du carburant, du coke, du charbon de bois, des électrodes et de la mitraille de fer devrait être assurée par des contrats de longue période afin d'en garantir la continuité d'approvisionnement, et le transport fait sur la base d'affrètement maritime d'un bateau nolisé (spot charter) tous les mois. Ce même bateau pourra être affrété à nouveau en ferro-silicium et métal silicium à son retour en direction de l'Europe ou de l'Amérique, ceci réduira le coût du transport maritime et assurera la viabilité du projet.

6. La fabrication du ferro-silicium et du métal silicium à partir du quartz, du coke, du charbon de bois, de la mitraille de fer, des électrodes et de l'électricité est une technologie déjà bien établie. Les installations consisteront en deux fours de 35 MW pour la production de 60,000 T/an de ferro-silicium 75% de Si, et un four de 20 MW pour la production de 11,000 T/an de métal silicium 98% de Si. Les fours seront chauffés électriquement et feront fondre le mélange et en produiront les quantités ci-haut mentionnées. L'usine fonctionnera sur une base de 3 périodes par jour, et une moyenne de 344 jours/an.
7. Le transport du quartz des réserves au site de l'usine devra être assuré par le projet même comme une unité d'opération interne afin que son approvisionnement soit continu et les coûts de transport à l'usine modérés. Un atelier d'entretien et de réparations des véhicules roulants ainsi qu'une main d'oeuvre efficace et qualifiée seront nécessaires en vue de garder la flotte de camions transporteurs de quartz continuellement sur la route.
8. La rentabilité du projet est sensible aux variations du coût d'exploitation, de façon que si ce coût augmente de 10%, le taux de rentabilité interne du projet baisserait à près de 20% mais demeurerait encore très acceptable. Il est à souligner que les prix de vente proposés à l'étude de \$700 la tonne de ferro-silicium 75% et de \$900 la tonne de métal silicium 98% sont des prix en vigueur en Europe tandis que les prix des E.U. sont 35% supérieurs. Il serait donc bien plus rentable de pénétrer le marché des E.U., même si le coût de transport maritime des produits finis est un peu plus élevé. D'autre part, les prix de 1982 aux E.U. sont en deçà des prix qui prévalaient en 1981 et ce à cause de la forte récession qui a sévit durant cette période. Toute augmentation du prix vente ne pourra que rendre le projet encore plus viable.
9. Le projet nécessitera des facilités portuaires à Boma afin d'accommoder la réception et l'expédition des matières premières et finies. Tout congestionnement du port qui retarderait les affrètements mènerait soit à l'acquisition et l'entreposage de plus grandes quantités de matières premières importées, soit à une réduction dans la production de l'usine due au manque de matières premières. Cette situation pourra porter atteinte à la situation financière de l'usine si l'exportation des produits finis est entravée. Il est donc essentiel d'examiner avec soin cet élément important du projet. De plus, des améliorations d'infrastructures (routes et ponts) seront nécessaires pour le transport routier du quartz.

10. Les coûts de l'électricité et de la main d'oeuvre sont les deux facteurs de production qui avantageront l'implantation de cette industrie. Toute hausse dans ces deux coûts ne ferait qu'éroder la compétitivité du projet.
11. Le projet fera appel à des matières premières et à des facteurs de production localement disponibles au Zaïre, spécifiquement le quartz, l'électricité et la main d'oeuvre. La valeur locale ajoutée s'élèvera à \$19,891,000, ce qui bénéficiera à l'économie nationale du Zaïre en plus de valoriser les investissements d'Inga.
12. Le projet rencontre les objectifs du plan de développement industriel établi par le gouvernement et introduira au Zaïre une technologie avancée dans le processus de la fabrication des alliages de fer et silicium.

CHAPITRE I

CONTEXTE ET HISTORIQUE DU PROJET

Le projet de ferro-silicium<sup>1</sup> tel que décrit par la ZOFI propose l'installation d'une usine qui serait en mesure de produire une ou plusieurs des quatre concentrations de l'alliage fer et silicium tel que présenté au tableau 1.

TABLEAU 1

Production des 4 concentrations alliage fer et silicium  
telle que proposée par la ZOFI<sup>2</sup>

alliage à 45% de silicium, teneur en silicium: 45% à 49%
et/ou
alliage à 75% de silicium, teneur en silicium: 75% à 79%
et/ou
alliage à 90% de silicium, teneur en silicium: 90% à 94%
et/ou
alliage à 98% de silicium, teneur en silicium: 96% à 98.5%

Quant aux quantités de production proposées, celles s'établissent comme au tableau 2.

- 
1. Dans les concentrations de 96% et plus de Si, il est appelé métal silicium car les quantités de fer sont négligeables et sont considérées comme impuretés. Cette pratique est utilisée par le bureau des mines du Département de l'Intérieur des E.U.
  2. Source: Document de projet, Département de l'Economie nationale et de l'Industrie, Direction des études, par M. Tahy Ivan, juin 1978.

TABLEAU 2

Capacité de production proposée par la ZOFI<sup>1</sup>

alliage à 45% de Si	=	57,600 T./an
	ou	
alliage à 75% de Si	=	31,200 T./an
	ou	
alliage à 90% de Si	=	20,640 T./an
	ou	
alliage à 98% de Si	=	19,200 T./an
	ou	

Il s'agit donc de produire soit une seule concentration de FeSi au tonnage proposé au tableau 2, ou, un combinaison des concentrations dont le tonnage serait proportionnel au temps accordé à cette production.

Les quantités de matières premières et des facteurs de production requis sont présentées au tableau 3.

TABLEAU 3

Matières premières et facteurs de production requis pour la production d'une tonne de ferro-silicium 75% de Si et de métal silicium 98% de Si<sup>2</sup>

Matières premières et facteurs de production	FeSi de 75% de Si	métal silicium 98% de Si
Quartz en kg	1,700	3,000 <sup>3</sup>
Coke en kg	950	--
Charbon de bois en kg	175	1,750
Mitraille de fer en kg	200	--
Electrodes en kg	65	120
Electricité en kWh	9,000	15,000

1. Source: Document de projet, Département de l'Economie nationale et de l'Industrie, Direction des études, par M. Tahy Ivan, juin 1978 et le premier rapport préliminaire intitulé "Projet de Création de la Zone Franche industrielle d'Inga", page 12 à 14.

2. Source: Document de projet: Département de l'Economie nationale et de l'Industrie du Zaïre, Direction des études, juin 1978.

3. Source: SKW, Canada.

L'eau nécessaire au refroidissement du four serait en circuit fermé et nécessitera des additions mineures pour remplacer l'évaporation. Le gaz ne serait nécessaire que s'il y a des impuretés dont il faut se débarrasser, ce qui n'est pas prévu.

Le projet nécessitera l'importation principalement du coke, de la mitraille de fer, des électrodes et du carburant pour véhicules. Le charbon de bois pourra partiellement être fournie localement. Au cas où cette dernière matière ne serait pas disponible localement, on pourra l'importer en totalité pour approvisionner l'usine.

Le quartz semble être disponible dans le bas Zaïre, à proximité de la région de Songololo ainsi que dans d'autres localités non définies à présent. Toutefois, aucune études du sol n'a été encore fait pour déterminer la localisation exacte des réserves disponibles, leurs quantités et les propriétés chimiques et physiques de ces réserves. Il est donc essentiel d'entreprendre une études des réserves avant l'implantation du projet. La présente étude d'opportunité définit les paramètres du projet et sa rentabilité, et l'implantation sera conditionnelle aux résultats de l'étude des réserves de quartz.

L'électricité sera fournie par le complexe hydro-électrique d'Inga I et Inga II.

L'emplacement de l'usine tel que proposé par la ZOFI, serait dans la région du bas Zaïre entre les villes portuaires de Boma et de Muanda, à l'ouest de Matadi. Il aurait été préférable économiquement de localiser l'usine à Matadi, ce qui aurait eu comme conséquence de réduire le transport du quartz des réserves à l'emplacement de l'usine. Toutefois, cette dernière ville portuaire n'a pas été retenue en raison du manque d'espace et de l'encombrement de son port, lequel semble-t-il, a atteint sa capacité maximale.

Pour les fins de cette étude, la localité considérée sera la ville portuaire de Boma.

Le document de projet tel qu'établi par la ZOFI propose l'acquisition de 3 fours de 12 MW chacun pour une capacité totale de 36 MW pouvant produire l'une ou l'autre des concentrations telles qu'établies au tableau 2. La capacité de production de chacun des fours préalablement mentionnée serait telle que présentée au tableau 4.

TABEAU 4

Capacité de production d'un four de 12 MW<sup>1</sup>

alliage à 45% de Si = 2.4 T/heure
alliage à 75% de Si = 1.33 T/heure
alliage à 90% de Si = .86 T/heure
alliage à 98% de Si = .80 T/heure

1. UTILISATION DU FERRO-SILICIUM

Le ferro-silicium est utilisé dans une multitude d'applications, dont les plus importantes sont les suivantes:

- A. pour la production de la fonte dans l'industrie automobile;<sup>2</sup>
- B. comme agent de désoxydation dans la fabrication de l'acier.

En moyenne la production d'une tonne d'acier nécessite 1,6 kg de FeSi;

- C. pour la fabrication des alliages ferro-silicium et pour la production de l'acier et la fonte au silicium qu'on utilise comme matériel de construction des appareillages, équipements et machineries de l'industrie chimique et cela en raison de sa grande résistance à la corrosion chimique;
- D. pour les alliages nécessaires à la production de l'outillage divers exigeant une grande dureté et une bonne résistance à l'usure;
- E. pour la production des circuits intégrés dans l'industrie de l'électronique et des télécommunications;

---

1. Source: Document de projet: Département de l'Economie nationale et de l'Industrie du Zaïre, Direction des études, juin 1978.

2. Source: Mineral Yearbook, Metal & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1981.

F. le métal silicium de 96% de Si est utilisé comme agent d'alliage à l'aluminium et au cuivre ainsi que comme agent de réduction dans la production du magnésium métallique, et il est devenu la matière première pour la production des chlorures de silicium et des alkylchlorosilanes.

2. ORIENTATION DU PROJET

Ce projet repose sur la base de l'existence au Zaïre d'une des matières premières nécessaires soit le quartz, mais aussi et surtout sur le fait d'une grande disponibilité d'électricité à un coût très modique. L'objectif principal est donc d'exploiter cette énergie électrique disponible afin de rentabiliser les coûts des installations hydro-électriques déjà existantes d'Inga I et II. De même, faire usage de quartz et de la main d'oeuvre disponible permettra de créer une industrie nouvelle et mondialement compétitive et d'en faire bénéficier l'économie nationale du Zaïre. Le projet, en plus d'utiliser des matières premières et facteurs de production disponibles au Zaïre, satisfera un marché extérieur qui ne cesse de croître.

D'autre part, ce projet se veut vouer à l'exportation presque totale de sa production en raison du marché très limité du Zaïre. En conséquence, une grande planification sera nécessaire pour organiser la vente et l'exportation du ferro-silicium vers des marchés extérieurs.

D'autre part, le ferro-silicium devra être acheminé par voie maritime de même que le coke, le charbon de bois, la mitraille de fer, le carburant pour véhicules et les électrodes, matières premières essentielles à la production. Or, les opinions sont divisées quant à la capacité d'affrètement du port de Boma. En toute éventualité, cette incertitude quant à la possibilité pour ce port d'accueillir l'affrètement de ce projet devra être examinée de près lors de l'étude de faisabilité ultérieure. De plus, les tonnages à importer ou exporter devront être limités à près de 18,000 tonnes au maximum à cause du tirant d'eau du fleuve Zaïre et ce, pendant 4 à 5 mois par an; ceci semble acceptable pour la taille de ce projet.

### 3. CAPACITÉ DE PRODUCTION DU PROJET

En raison du marché mondial de l'exportation et de l'importation du ferro-silicium (jusqu'à 96% de Si) et le métal silicium (de 96% à 99.7% de Si) qui sont en croissance continue, et étant donné les facteurs influant sur la consommation durant les années '80, ce qui sera analysé en détail au chapitre II sous "L'étude du marché", la capacité proposée du présent projet a été plus que doublée en vue de répondre à cette demande mondiale croissante. Pour ce faire, cette étude analysera l'installation de deux fours de 35 MW chacun soit un total de 70 MW qui seront en mesure de produire 60,000 T/an de ferro-silicium de 75% de Si, et un four de 20 MW pour la production de 11,000 T/an de métal silicium de 98% de Si.

Chacun de ces deux premiers fours de 35 MW pourra produire des alliages de FeSi à des concentrations allant de 50% à 85% de Si<sup>1</sup>. Toutefois, la concentration de FeSi la plus en demande est celle de 75% de Si<sup>2</sup>. Étant donné que la demande mondiale de FeSi à des concentrations de moins de 50%, et celle de plus de 85% ne représentent qu'un pourcentage mineur de la production mondiale, environ 15%<sup>2</sup>, il est donc plus opportun de mettre l'accent sur les concentrations de 50% à 85% où la part du marché mondial est la plus importante partie.

Cette approche aura donc pour effet d'acquiescer une part mineure du marché mondiale d'exportation de FeSi 75% ce qui ne perturberait pas le marché mondial et serait un objectif réaliste. L'analyse de ce choix sera examinée en détail au chapitre II "Etude du marché".

De plus, la production de 11,000 T de métal silicium (98% de Si) représentera moins de 2% de la production mondiale ou moins de 5% des exportations mondiales.

L'implantation de l'usine exigera deux ans d'exécution et ce, à partir du moment où le projet sera retenu par un ou plusieurs investisseurs et que le financement sera aligné.

---

1. Source: Union Carbide Canada.

2. Voir le chapitre II: Etude du marché.

Le programme de production initiale de ferro-silicium sera donc étudié ici dans la perspective d'une capacité totale de 60,000 tonnes/an de FeSi d'une concentration de 75%, et de 11,000 tonnes/an pour le métal silicium d'une concentration de 98%.

Le programme de production sera basé sur une année de travail de 344 jours ouvrables de trois périodes de travail chacun. La capacité de production durant les années initiales sera de:

- 1ère année: 60% de la capacité réalisable et nominale, soit 36,000 tonnes/an (FeSi 75% Si) et de 6,600 T de métal silicium (98% de Si)
- 2ème année: 75% de la capacité réalisable et nominale, soit 45,000 tonnes/an (FeSi 75% Si) et de 8,250 T de métal silicium (98% de Si)
- 3ème année: 90% de la capacité réalisable et nominale, soit 54,000 tonnes/an (FeSi 75% Si) et de 9,900 T de métal silicium (98% de Si)
- 4ème année: 100% de la capacité réalisable et nominale, soit 60,000 tonnes/an (FeSi 75% de Si) et de 11,000 T de métal silicium (98% de Si)

#### 4. POLITIQUE ÉCONOMIQUE

Pour rentabiliser l'exploitation du complexe hydro-électrique d'Inga déjà achevé, il est apparu nécessaire aux autorités zaïroises de concevoir un statut spécial d'investissement susceptible de favoriser avant tout, l'utilisation de l'énergie disponible et difficilement exportable sous une forme autre que son incorporation à l'élaboration des produits finis ou semi-finis, et ce en stimulant l'implantation des industries grandes consommatrices d'énergie électrique. La production ainsi envisagée sera orientée principalement vers l'exportation.

Pour ce faire, la zone franche d'Inga fut instituée dans le cadre d'une politique de développement visant à accélérer l'industrialisation du Zaïre et à améliorer son commerce extérieur.

A cette fin, la ZCFI a pour mission de

- s'assurer de la bonne marche de la zone franche;
- coordonner les formalités administratives nécessaires au fonctionnement des entreprises industrielles de la zone;
- proposer tout plan de développement relatif à l'aménagement de la zone;
- notifier aux entreprises l'agrément d'installation dans la zone.

De multiples incitations financières sont offertes pour l'implantation de nouvelles industries qui répondent aux normes établies. Ces principales incitations sont:

- i. la garantie de transfert à l'étranger des rémunérations pour la partie transférable du personnel expatrié, des paiements des prestations et services rendus par les fournisseurs étrangers dans la réalisation du projet agréé;
- ii. la garantie de transfert des revenus en matière de bénéfices taxables;
- iii. la garantie contre les risques politiques ou la nationalisation;
- iv. l'exonération pour la durée de vie de l'entreprise des droits agréés et taxes d'entrée et de sortie relatives aux biens et produits;
- v. l'exemption totale ou partielle de la contribution sur les revenus professionnels;
- vi. l'exemption totale d'impôts corporatifs sur les bénéfices durant les 6 années de production initiale du projet et par la suite une imposition de 25% sur les bénéfices nets de la 7<sup>ème</sup> à la 15<sup>ème</sup> année et par la suite une imposition fiscale régulière tel qu'établie au Zaïre;
- vii. différentes autres exonérations de taxes et de douanes telles qu'énumérées dans le "Recueil des textes organiques sur la zone franche d'Inga" aux pages 4, 5 et 6;

- viii. un taux d'électricité des plus avantageux au monde, soit le prix de revient de l'énergie au point de livraison calculé conformément à la législation comptable en vigueur au Zaïre et ce de la 1ère à 7ème année de production. De la 7ème année à la 15ème année, le prix de revient majoré de 50% au taux de la marge normale applicable. Au delà de la 15ème année, la majoration sera de 75% de la marge normale applicable. Pour les fins de la présente étude, le coût de base d'électricité sera de \$8 par MW.

Ce projet répond non seulement aux objectifs de développement industriel du Zaïre mais de plus, il favorise l'utilisation des ressources électriques existantes, la création de 400 nouveaux emplois, l'utilisation de la matière première disponible au pays soit le quartz (et partiellement le charbon de bois) et l'introduction au Zaïre d'une technologie avancée.

5. ÉTAT DU PROJET

Initialement, un document de projet a été établi en juin 1978 par la Direction des études technicoéconomiques, Département de l'Economie nationale et de l'Industrie du Zaïre, par M. Tahy Ivan.

La présente étude d'opportunité a pour objectif d'analyser la rentabilité du projet et d'en établir les paramètres en vue de s'assurer du bon fondement du projet, et dans l'affirmative, d'intéresser les investisseurs et bailleurs de fonds étrangers à participer au financement.

CHAPITRE II

ÉTUDE DU MARCHÉ ET CAPACITÉ DE L'USINE

1. ANALYSE DE LA DEMANDE

A. Demande locale

Le marché de ferro-silicium au Zaïre semble être très limité. Son utilisation présente pourrait être vouée soit pour la production de l'acier à l'usine de Maluku soit comme alliage au cuivre qui est produit localement. En tout éventualité, les quantités de FeSi utilisées semblent être minimes et les estimés futurs de son utilisation ne semblent présenter aucun volume d'importance.

Par conséquent, la production totale de l'usine proposée sera vouée à l'exportation et ce principalement vers les pays d'Europe.

B. Demande mondiale

Etant donné que la production totale du projet proposé sera destinée à être exportée, il est alors impératif d'évaluer la consommation mondiale du ferro-silicium et du métal silicium durant les dernières années.

Or, la demande sur les marchés internationaux compétitifs est égale à la consommation. D'autre part, la consommation au niveau mondial " $C_m$ " est égale à la production plus les stocks du début de la période moins les stocks de la fin de la période:

$$C_m = P_m + (S_d - S_f)$$

où

$C_m$  = consommation mondiale

$P_m$  = production mondiale

$S_d$  = stock du début de la période

$S_f$  = stock de la fin de la période

Les importations et les exportations au niveau mondial s'annulent mutuellement. De plus, les stocks de début et de fin de période chaque année s'égalent à long terme et par conséquent:

$$D_m = C_m = P_m$$

où

$$D_m = \text{demande mondiale}$$

2. ÉVOLUTION DU MARCHÉ DE L'ACIER, DES ALLIAGES DE FER ET DU FERROSILICIUM AUX ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE

A) Production de l'acier aux E.U.

Étant donné qu'une des principales utilisations du FeSi sert à la production de l'acier, il est donc essentiel d'examiner l'évolution de sa demande. Le tableau 5 présente la production de l'acier aux E.U. durant les 11 dernières années.

TABLEAU 5

Production de l'acier aux E.U.<sup>1</sup>  
en millier de tonnes Américaines (2000 LIVRES)

Année	Totale
1970	131,514
1971	120,443
1972	133,241
1973	150,799
1974	145,720
1975	116,642
1976	128,000
1977	125,333
1978	137,031
1979	136,341
1980	111,835
1981	119,912

<sup>1</sup>. Source: Commodity Yearbook, 1982, page 193.

De 1970 à 1979, la production de l'acier semble s'être maintenue au niveau de 130 millions de tonnes américaines, les années 1980 et 1981 n'étant pas représentatives à cause des hauts taux d'intérêts et de la récession qui prévalait en cette période. D'autre part, ce qui serait plus important à examiner serait la consommation de l'acier aux E.U. car il se pourrait que l'importation de l'acier ait augmentée pour satisfaire à la demande. Toutefois les données sur l'importation de l'acier aux E.U. n'ont pu être obtenues.

B) Production, importation et exportation des alliages de fer<sup>1</sup> aux E.U.

Il est important d'examiner l'évolution de la production, des importations et des exportations des différents alliages de fer<sup>1</sup> dont le FeSi fait partie afin de déceler des tendances générales. Le tableau 6 en présente les faits saillants.

TABLERAU 6

Production, importation et exportation des alliages de fer<sup>2</sup> aux E.U.<sup>2</sup> en ('000) de tonnes américaines (2000 livres)

Année	Production +	Importation -	Exportation =	Demande totale
1975	1,926	927	97	2,756
1976	1,910	1,054	50	2,914
1977	1,754	1,098	41	2,811
1978	1,666	1,367	66	2,967
1979	1,875	1,381	113	3,143
1980	1,547	1,149	128	2,568
1981	1,493	1,516	63	2,946

Du tableau 6, il appert que bien que la production aux E.U. est en régression, les importations compensent largement cette diminution et compensent même les augmentations mineures des exportations pour porter le total de la demande substantiellement à la hausse. Entre 1975 et 1979, cette hausse est de 14% soit une hausse de plus de 3.3% annuellement.

1. Par alliage de fer, on entend le: ferromanganèse, le siliciummanganèse, le ferro-silicium, le métal silicium, le ferrochromium, le ferrochromium-silicium, les ferronickel, et autres tels que présentés par le Bureau des Mines du Département de l'Intérieur des E.U.
2. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1977 à 1981.

En 1980, l'Afrique du Sud et le Zimbabwe ont fourni aux E.U. 50% de ses importations en alliage de fer<sup>1</sup>, et ceci en dépit du coût de transport maritime élevé entre les deux continents. Il est donc économiquement possible d'exporter des alliages de fer sur une grande distance.

En 1981, les importations des alliages de fer aux E.U. provenaient de<sup>2</sup>:

L'Afrique :	43%
L'Europe :	30%
Hémisphère occidental:	21%
Divers autres:	6%

Il semble donc économiquement viable d'exporter des alliages de fer sur un grande distance maritime.

D'autre part, l'Association des alliages de fer aux E.U. rapporte que les compagnies membres ont utilisé 8 milliards de kWh en 1980 contre 9.9 milliards de kWh en 1979<sup>1</sup>. Ceci reflète une diminution de production des alliages de fer qui semble être due à l'augmentation du coût de l'électricité et de la main d'oeuvre, ce qui rend le prix de la production local non-compétitif.

Il appert que la production des alliages de fer a tendance à une migration des pays industrialisés vers des pays où le coût de l'électricité et de la main d'oeuvre sont modiques et la matière première disponible.<sup>1</sup>

C'est le cas des E.U. comme démontré préalablement au tableau 6 et du Japon où le coût de l'électricité a forcé les compagnies Fukuden Kogyo et Kurcha Seitatu à fermer leur usine de 1,900 T/an et 27,000 T/an respectivement. La Chine, ayant accaparé une partie de ce marché, affrète . présentement<sup>4</sup> FeSi pour le marché japonais à un coût très modique.<sup>1</sup>

- 
1. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1980.
  2. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1981.

C) Production, importation et exportation de FeSi et de métal silicium aux E.U.

Le tableau 7 présente l'évolution du marché du FeSi aux E.U.

TABEAU 7

Production, importation et exportation du FeSi aux E.U.<sup>1</sup>  
en ('000) tonnes américaines (2000 livres)

Année.	Production	+ Importation	- Exportation	= Demande Totale
1976	732	98	12	818
1977	776	114	11	879
1978	703	135	12	826
1979	712	114	22	804
1980	559	71	27	603
1981	550	156	16	690

Les années 1980 et 1981 ne sont pas représentatives à cause de la récession et les hauts taux d'intérêts qui ont affecté considérablement la production de l'acier et de l'automobile dont les moteurs en fonte utilisant un pourcentage important du FeSi aux E.U.<sup>2</sup>. Si l'on compare l'année 1976 à l'année 1979, la diminution de la production n'est que 3% tandis que l'importation a augmenté de 16% pour la même période. Le fait le plus marquant est l'importation du FeSi qui a plus que doublé entre 1980 et 1981<sup>3</sup> en dépit de la récession.

1. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1976 à 1981.
2. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1980, page 319.
3. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1981.

En dépit d'une demande plus grande d'alliages de fer aux E.U., demande plus grande que dans les autres pays producteurs d'acier, les producteurs de FeSi aux E.U. ont eu du mal à compétitionner avec les bas prix des importations de FeSi venant de l'étranger.<sup>1</sup>

Les principaux fournisseurs de FeSi aux E.U. étaient:

Brésil:	29%	Canada:	13%
Norvège:	20%	Autres:	23%
Vénézuéla:	15%		

D'autre part, la production du FeSi et du métal silicium aux E.U. est présentée au tableau 8.

TABLEAU 8

Production de FeSi et du métal silicium aux E.U.<sup>2</sup>

Année	Production du FeSi et métal silicium en ('000) T. Américaines
1970	550
1971	497
1972	521
1973	530
1974	932
1975	791
1976	861
1977	894
1978	820
1979	857
1980	686
1981	680 <sup>3</sup>

Des données précédentes, il appert que la production du FeSi de 8% à 96% de Si et du métal silicium est demeurée stable entre 1970 et 1973 mais qu'en 1974 une grande augmentation a eu lieu. Toutefois, en 1979, la production était de 55% plus élevée qu'en 1970.

1. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1981.

2. Source: Metal Statistics 1982, pages 171 et 172.

3. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1980 et 1981.

Les quantités de ferro-silicium et de métal silicium importées aux E.U. durant la période de 1975 à 1981 étaient composées des concentrations de Si telles que présentées au tableau 9.

Du tableau 9, il appert que les importations aux E.U. du FeSi à des concentrations de 80% et plus représentent des quantités minimales ou négligeables qui sont de moins de 1% de l'importation totale.

L'importation de FeSi de 8% à 30% représente en moyenne 3% à 4%, tandis que celle de 30% à 60% représente en moyenne 24%. L'importation majeure du FeSi se trouve donc dans la concentration de 60% à 80% et représente en moyenne plus de 72% des importations.

Cette distribution atteint des proportions plus ou moins semblables pour les importations de la République Fédérale d'Allemagne qui seront examinées ultérieurement.

D'autre part, l'importation du métal silicium de 96% à 99.7% aux E.U. a plus que triplé entre 1975 et 1979. Cette tendance pourrait favoriser sa production au Zaïre et, par conséquent, ses ventes aux E.U.

3. EXPORTATION ET IMPORTATION DU FESI AU MARCHÉ COMMUN EN 1980

A) Exportation du FeSi des pays du Marché Commun

Le tableau 10 présente les principaux pays exportateurs du Marché Commun en 1980.

---

<sup>1</sup>. Source: Mineral Yearbook, Metal & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1977 à 1981.

TARLEAU 9

Importation de FeSi (8% à 96% de Si) et de métal silicium de 96% à 99.7% de Si  
aux E.U. en tonnes américaines (2000 livres)<sup>1</sup>  
(poids brut)

	1975		1976		1977		1978		1979		1980		1981	
	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%
<u>Ferro-Silicium</u>														
8% à 30%	15,329	22%	31,575	32%	32,717	29%	4,915	4%	4,491	4%	1,187	3%	2,783	2%
30% à 60%							45,598	34%	26,477	23%	19,631	27%	18,602	12%
60% à 80%	54,026	77%	66,205	68%	80,691	70%	84,687	62%	82,122	73%	50,102	70%	132,995	85%
80% à 90%	825	1%	160	-%	184	-%	291	-%	463	-%	97	-%	1,153	1%
90% à 96%	257	-%	354	-%	1,196	1%	129	-%	-	-%	135	-%	115	-%
<b>T O T A L</b>	<b>70,437</b>	<b>100%</b>	<b>98,294</b>	<b>100%</b>	<b>114,788</b>	<b>100%</b>	<b>135,620</b>	<b>100%</b>	<b>113,553</b>	<b>100%</b>	<b>71,152</b>	<b>100%</b>	<b>155,648</b>	<b>100%</b>
<u>Métal Silicium</u>														
96% à 99.7%	7,690		9,526		26,395		34,971		26,986		21,257		28,802	

1. Source: Mineral Yearbook, Metal & Minerals, U.S.  
Department of Interior, Bureau of Mines, 1977 à 1981.

TABLEAU 10

Pays de la CEE exportateurs de FeSi 1980<sup>1</sup>  
en tonnes métriques

Rép. féd. d'Alle- magne	France	Italie	Pays- Bas	Belg- Lux	Roy- aume Uni	Total
55,714	80,338	5,578	2,616	3,285	1,355	148,882

Il appert que la France suivie de la République fédérale d'Allemagne soient les deux plus grands exportateurs du FeSi dans la C.E.E.

B) Importation du FeSi aux pays de la CEE en 1980

Le tableau 11 présente les importations du FeSi au Marché Commun.

TABLEAU 11

Pays de la CEE importateurs de FeSi 1980<sup>1</sup>  
en tonnes métriques

Rép. féd. d'Alle- magne	Dane- mark	France	Italie	Pays- Bas	Belg- Lux	Roy- aume Uni	Ir- lande	Total
216,858	4,648	20,736	52,900	9,878	32,584	72,842	203	410,649

Il appert que des importations de 410,649 tonnes furent acheminées vers les pays du Marché Commun. Le plus grand fournisseur de ces pays était la Norvège avec près de 196,000 T.<sup>1</sup> ou près de la moitié des importations de la CEE.

Ce marché et celui des E.U. pourraient éventuellement être les plus importants débouchés de la production de FeSi et de métal silicium du Zaïre.

<sup>1</sup>. Source: Eurostat 1980 (Tableau analytique) site 671.62  
BTN.73.028, pages 1128 et 714.

Les importations des huit pays ci-haut nommés en plus des E.U. représentent des importations d'une moyenne annuelle de plus de 550,000 tonnes métriques de FeSi.

4. PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS EXPORTATEURS ET IMPORTATEURS DU FESI ET DU MÉTAL SILICIUM

A) Production

Le tableau 12 présente une compilation des principaux pays du monde producteurs du FeSi et du métal silicium.

De ces quantités produites, le métal silicium a été présenté séparément en vue d'une analyse éventuelle.

Les 5 plus grands producteurs de FeSi en 1981 étaient par ordre décroissant:

U.R.S.S.	:	700,000 T.A.
E.U.	:	550,000 T.A.
Norvège	:	302,000 T.A.
Japon	:	259,000 T.A.
France	:	221,000 T.A.

Ces cinq producteurs fournissaient 59% de la production mondiale en 1981 (voir tableau 12).

On constate que de 1976 à 1979, la production mondiale de FeSi a progressé de 12%, soit près de 4% annuellement. Les années 1980 et 1981 n'étaient pas représentatives.

Le taux de croissance de 4% annuellement bien que pour une période limitée (4 ans) pourrait être un indicateur des tendances futures de la demande de FeSi mondiale.

Du tableau 12, il s'avère aussi que la production mondiale du métal silicium est en très rapide progression entre 1976 et 1979; cette progression était de plus de 30%, soit de près de 9% annuellement.

TABEAU 12

Compilation des principaux pays du monde producteurs de FeSi et de métal  
silicium en ('000) tonnes américaines (2000 livres)<sup>1</sup>  
(poids brut)

	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Afrique du Sud	87	82	83	164	157	121
Allemagne démocratique	25	22	34	33	32	32
Allemagne fédérale	166	151	110	142	126	101
Argentine	19	17	11	17	15	14
Australie	8	21	21	21	21	20
Autriche	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Belgique	—	—	—	—	—	—
Brésil	50	66	80	83	120	136
Bulgarie	28	21	19	18	18	18
Canada	94	126	143	105	153	121
Chili	5	3	2	6	6	5
Chine	110	120	165	180	185	180
Chine (Taiwan)	26	27	33	41	39	44
Colombie	1	1	1	1	1	1
Corée du Nord	22	25	33	33	33	33
Corée du Sud	38	30	34	42	33	39
Egypte	—	5	5	—	—	—
Espagne	62	75	108	132	102	101
France	261	266	219	300	271	221
Hongrie	8	8	8	9	11	12
Islande	—	—	—	17	28	28
Inde	59	49	58	56	47	66
Italie	87	84	75	89	79	61
Japon	345	321	291	352	335	259
Mexique	20	25	27	27	30	28
Nouvelle-Calédonie	—	—	—	—	—	—
Norvège	306	246	293	372	353	302
Pérou	—	1	1	1	1	1
Philippine	8	17	15	20	22	22
Pologne	57	61	58	63	61	61
Portugal	25	26	33	28	28	26
Suède	41	25	1	—	—	—
Suisse	6	6	7	6	6	6
Royaume-Uni	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Tchécoslovaquie	30	39	39	36	35	34
Thaïlande	1	—	2	2	—	—
Turquie	—	3	3	3	3	3
URSS	661	661	683	694	695	700
Etats-Unis d'Amérique	732	776	703	712	559	550
Vénézuéla	3	12	31	43	24	24
Yougoslavie	109	61	66	75	74	75
T O T A L ('000 de tonnes américaines)	3,500	3,478	3,511	3,923	3,703	3,445
T O T A L ('000 de tonnes métriques)	3,175	3,155	3,185	3,559	3,359	3,125
Métal Silicium de 96% à 99.7% de Si						
T O T A L (en '000 de tonnes métriques)	421	455	468	548	572	566

<sup>1</sup>. Source: Minerals Yearbook, Metal & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1976 to 1981.

Du tableau 12, il s'avère que la capacité proposée de 60,000 T/an de FeSi représenterait moins de 2% de la production mondiale, ce qui est assez réaliste. Quant aux 11,000 T/an de métal silicium proposé par l'étude, il ne représenteront que 2% de la production mondiale.

Mais ce qui est important c'est de mesurer la production du projet, qui est vouée totalement à l'exportation, vis-à-vis les exportations mondiales ou les importations mondiales.

D'autre part, étant donné que la production de l'acier nécessite du FeSi, une certaine corrélation pourrait en découler. Pour cela, il y a lieu tout d'abord d'examiner la production mondiale de l'acier et ses tendances futures.

Le tableau 13 présente la production mondiale de l'acier.

TABLEAU 13

Production mondiale de l'acier<sup>1</sup>

en millions de tonnes américaines

Année	Bel- gique	Bré- sil	Can- da	Tchéc.	France	All. Féd.	Ital- ie	Japon	Lux.	Chine	Pol- ogne	Suède	URSS	Roy. Uni	E.U.	Total Monde T.A.	en T.
1969	14.1		10.3	11.9	24.8	50.0	18.1	90.6	6.1	18.0		5.9	121.6	29.6	141.3	632.6	574
1970	13.9		12.3	12.7	26.2	49.6	19.0	102.9	6.0	20.0		6.1	127.7	31.2	131.5	655.2	594
1971	13.7		12.2	13.3	25.2	44.4	19.2	97.6	5.8	23.0		5.8	133.0	26.6	120.4	640.5	581
1972	16.0		13.1	14.0	26.5	48.2	21.8	106.8	6.0	25.0		5.8	138.4	27.9	133.2	692.7	628
1973	17.1		14.8	14.5	27.8	54.6	23.1	131.5	6.5	30.0	15.5	6.2	144.9	29.4	150.8	769.1	698
1974	17.9	8.3	15.0	15.0	29.8	58.7	26.2	129.1	7.1	30.0	16.0	6.6	150.1	24.7	145.7	780.4	708
1975	12.8	9.2	14.4	15.8	23.7	44.6	24.1	112.8	5.1	28.0	16.5	6.2	155.8	22.3	116.6	710.1	644
1976	13.4	10.1	14.7	16.2	25.6	46.8	25.8	118.4	5.0	22.6	17.2	5.7	159.6	24.6	128.0	742.4	674
1977	12.4	12.3	15.0	16.6	24.4	43.0	25.7	112.9	4.8	26.2	19.7	4.4	161.7	22.6	125.3	738.6	670
1978	13.9	13.3	16.4	16.9	25.3	45.5	26.8	112.6	5.3	35.0	21.2	4.8	166.9	22.5	137.0	782.6	710
1979	14.8	15.2	17.7	16.3	25.8	50.8	26.7	123.2	5.5	38.0	21.2	5.2	164.4	23.7	136.3	816.3	741
1980p	13.5	16.9	17.5	15.7	25.5	48.3	29.2	122.8	5.1	39.8	21.5	4.7	163.1	12.5	111.8	780.0	708
1981e								110.0		38.0			163.0		120.0	768.0	697

p = préliminaire.

e = estimé.

<sup>1</sup>. Source: Commodity Yearbook, 1982.

Le banque mondiale estime que pour l'année 1990, la production mondiale d'acier variera de 830 millions à 920 millions de tonnes métriques<sup>1</sup> soit une augmentation moyenne annuelle de 2.2% pour les 10 prochaines années.

Cette production d'acier à la hausse engendrer nécessairement une consommation croissante de FeSi.

Bien que la projection de la croissance de 2.2% de la production mondiale de l'acier est plus basse que la croissance de la production du FeSi entre 1976 et 1979 qui est de 4% annuellement, il est possible que les autres utilisations du FeSi compensent au futur cette différence.

B) Exportation du FeSi

Le tableau 14 présente une compilation des principaux pays exportateurs de FeSi.

TABLEAU 14

Principaux pays exportateurs de FeSi<sup>2</sup>  
en tonnes métriques

	1975	1976	1977	1978	1979	1980
R.F. d'Allemagne						
jusqu'à 60% Si	N.D.	N.D.	10,314	13,924	16,446	17,549
de 60% à 80% Si	N.D.	N.D.	12,750	11,527	14,608	35,874
de 80% et plus	N.D.	N.D.	179	367	498	2,290
Si						
Canada	N.D.	N.D.	50,144	66,300	44,599	57,501
Espagne	N.D.	N.D.	17,126	39,760	67,632	14,265
Etats-Unis	N.D.	N.D.	50,528	11,901	27,598	33,980
France	N.D.	N.D.	78,631	78,704	92,671	80,337
Inde	N.D.	N.D.	10,383	6,424	9,560	7,594
Japon	N.D.	N.D.	2,972	2,336	2,003	2,695
Norvège	N.D.	N.D.	228,180	314,673	304,519	268,966
Suède	N.D.	N.D.	15,350	663	258	3,683
Royaume-Uni	N.D.	N.D.	1,480	1,948	1,804	1,352
U.R.S.S.	154,492	160,246	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Yougoslavie	N.D.	N.D.	40,202	46,878	46,210	N.D.
TOTAL	154,492	160,246	518,239	595,405	628,406	526,086

1. Source: Iron & Steel Engineer, Oct. 1982, page 239.

2. Source: Metal Bulletin Handbook, 1981, pages 329 à 351.

Il s'avère que les exportations des principaux pays exportateurs de FeSi ont progressé considérablement entre 1977 et 1979 (1980 n'étant pas représentatif). Cette progression est de plus de 21% pour une période de 2 ans.

De plus, il semble que ces exportations n'incluent pas d'autres exportateurs d'importance tels que l'URSS (en 1977 à 1980), l'Afrique du Sud, le Brésil, et la Chine. Une fois ces derniers exportateurs pris en considération, il y a lieu de croire que les exportations mondiales atteindront 1 million de tonnes métriques/an, soit près du tiers de la production mondiale (1979).

c) Importation du FeSi

Le tableau 15 présente une compilation des principaux pays importateurs de FeSi.

TABLEAU 15

Principaux pays importateurs de FeSi<sup>1</sup>  
en tonnes métriques

	1977	1978	1979	1980
R.F. d'Allemagne				
jusqu'à 60% Si	24,110	28,808	30,075	35,561
de 60% à 80% Si	107,460	118,638	143,333	167,082
de 80% et plus	9,463	11,964	13,387	14,214
Si				
Autriche	12,642	15,410	16,046	14,020
Belgique	30,495	35,587	38,237	20,017
Canada	10,039	11,554	21,827	20,393
Etats-Unis	74,485	84,858	75,529	48,366
d'Amérique <sup>2</sup>				
France	12,788	12,308	11,132	20,735
Italie	41,795	47,098	57,018	46,749
Japon	45,293	100,316	133,494	122,012
Suède	22,477	32,805	37,565	32,538
Royaume-Uni				
de 20% à 55%	7,440	6,201	8,339	7,457
de 55% et plus	85,464	89,078	107,157	61,539
T O T A L	483,951	594,625	693,139	610,683

1. Source: Metal Bulletin Handbook, 1981, pages 329 à 351.

2. La quantité présentée pour les E.U. est le poids net du contenu Si et l'on peut supposer qu'il en soit de même pour les autres pays. Conséquemment, le poids brut est beaucoup plus grand.

Du tableau 15, il appert que les importations du FeSi ont augmenté considérablement entre 1977 et 1979 (1980 n'étant pas représentatif) soit plus de 43%.

Il appert que la production de FeSi soit en voie de migrer des pays industrialisés où les coûts, sans cesse croissants de l'électricité et de la main d'oeuvre ont grandement augmenté, vers les pays où ces deux facteurs de production sont offerts à un coût modique rendant la production plus compétitive.<sup>1</sup> Cette migration s'est effectuée vers la Chine, le Brésil et la Norvège, à titre d'exemple. C'est pour cela que les exportations atteignent ce haut pourcentage de 33% de la production mondiale. C'est aussi ce qui favorise fortement l'implantation de ce projet au Zaïre.

D'autre part, il semble que le tableau 15 n'inclut pas tous les pays importateurs. En plus, les quantités présentées semblent être le poids net du Si contenu dans l'alliage. Tenant compte de ces deux éléments, les importations en poids brut pourraient atteindre alors 1 million de tonnes en 1979. Ce chiffre rejoindrait les quantités exportées mondialement et mentionnées ultérieurement, car les importations mondiales sont égales aux exportations mondiales.

On peut alors conclure que près du tiers de la production mondiale est exportée et importée.

Les statistiques mondiales sur les exportations et importations du métal silicium (96% à 99.7% Si) ne sont pas disponibles. Toutefois, étant donné que son prix est bien plus élevé et son poids bien moindre que le FeSi 75%, son coût de transport vers des débouchés extérieurs ne représentera qu'un plus petit pourcentage de son prix de vente total, rendant ainsi son exportation encore plus viable. D'autre part, étant donné qu'il faut près de deux fois plus d'électricité pour le produire et que le coût de l'électricité offre un avantage compétitif majeur au Zaïre, il semble de prime abord qu'il serait plus rentable de produire le métal silicium comparativement au FeSi.

---

<sup>1</sup>. Source: Minerals Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1981.

5. PROJECTION DU MARCHÉ

A) FeSi

De ce qui précède, il s'avère que la production mondiale de FeSi a progressé à un taux de 4% entre 1976 et 1979, tandis que la production de l'acier à elle seule pourrait éventuellement progresser à un taux composé de 2,2% par année jusqu'au 1990. D'autre part, la progression des exportations et des importations de FeSi, bien que substantielle (10,5% et 21,5% respectivement), elle ne sera prise en considération qu'à titre indicatif car la période examinée est trop courte (1977 à 1979). Toutefois, étant donné la migration des usines de FeSi des pays industrialisés vers les pays à coût modique d'électricité et de main-d'oeuvre, il y a lieu de s'attendre à une progression rapide dans les exportations et les importations de FeSi.

En vue d'une approche conservatrice, on supposera que les importations mondiales de FeSi progresseront au même taux que la production mondiale passée soit 4%. Cela suppose donc que la migration de cette industrie vers des pays à coûts modiques d'électricité sera arrêtée, ce qui est très conservateur.

En supposant que le projet aura besoin d'un an pour intéresser les investisseurs, de deux ans de mise en route et de quatre ans pour atteindre sa capacité de croisière de 60,000 tonnes/an, les exportations mondiales qui auront augmenté à un taux de 4% annuellement atteindront 1,315,000 T/an. La production de l'usine proposée sera alors de moins de 4,5% des exportations mondiales, ce qui est réaliste.

C'est pour cela que l'étude présente s'est engagée dans un approche plus libérale en doublant la capacité des fours de l'usine proposée par la ZOFI de 36 MW à la nouvelle capacité de 70 MW pour le FeSi.

B) Métal Silicium

Étant donné que la production mondiale du métal silicium est en progression rapide, soit à un taux composé annuel de plus de 9% (tableau 12), et que le métal silicium utilise plus intensément de l'électricité et de la main-d'oeuvre, il faut s'attendre à ce que sa production soit encore plus

sujette à migrer des pays industrialisés vers les pays à un coût bas d'électricité et de main-d'oeuvre. C'est le cas des E.U. où l'importation du métal silicium a plus que triplé entre 1975 et 1979 (voir tableau 9). Toutefois, dans l'optique d'une approche conservatrice, on va supposer que les pourcentages d'importations mondiales sont du même ordre de grandeur pour le métal silicium que le FeSi, soit près du tiers de la production mondiale ou 190,000 T/annuellement. Ce tonnage, projeté à un taux de croissance conservateur de 4% totaliserait près de 250,000 T/an de métal silicium importé et exporté à travers le monde quand l'usine atteindra sa capacité de 11,000 T/an. Cette production représenterait moins de 4,5% des exportations mondiales.

C'est pour cela que l'étude a jugé viable et utile d'élargir la production de l'usine à celle du métal silicium 98% de Si par un four additionnel de 20 MW.

6. ÉVOLUTION DU PRIX DU FERRO-SILICIUM ET DU MÉTAL SILICIUM

Le tableau 16 présente l'évolution du prix du FeSi aux E.U.

TABLEAU 16

Évolution du prix du FeSi<sup>1</sup>  
aux E.U. en \$/T.

Année	50% de Si	75% de Si
1975	\$ 727	\$ 805
1976	738	816
1977	750	816
1978	783	865
1979	926	1,020
1980	926	1,020
1981	1,086	1,174
janvier 1982 <sup>2</sup>	992	1,036

1. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1976 to 1981.

2. Source: Metal Week du 27/12/82.

De 1975 à 1981, le prix du FeSi a progressé en moyenne à un taux composé de 7% annuellement. Toutefois, de 1979 à 1980, les prix se sont maintenus à cause du début de la récession en 1980, tandis qu'en 1982 les prix ont régressé en raison de la forte récession pendant cette période.

D'autre part, les prix du FeSi en Europe sont plus modiques que ceux des E.U., tels que présentés au tableau 17.

TABLEAU 17

Prix du FeSi et du métal silicium en Europe<sup>1</sup>

<u>FeSi: 75% de Si</u>	janvier 1980	\$520-540 / T.
	février 1981	\$755-805 / T.
	décem. 1981	\$675-805 / T.
 <u>Métal silicium 98% de Si</u> janvier à octobre 1981 Livre sterling 512.5 = \$975.		

Il semble que les pays d'Europe aient un prix de FeSi considérablement moins cher qu'aux E.U. soit en moyenne \$760 contre \$1,174 pour l'année 1981. Ceci représente 35% de moins qu'aux E.U.

Cette différence de prix pourrait être due au fait que les E.U. semblent devenir non compétitifs. Cela justifierait la baisse de la production du FeSi aux E.U. (voir tableau 7) et l'augmentation des importations.

---

<sup>1</sup>. Source: Metal Bulletin Handbook, 1981, pages 101 et 105.

Cette tendance semble se confirmer au Canada aussi car le FeSi 75% se vend à Montréal au même prix que le FeSi 50% soit 52¢ la livre<sup>1</sup>. Ceci est dû à l'importation du FeSi 75% à des prix substantiellement plus bas que la production canadienne de même concentration. Par conséquent, le prix canadien de FeSi 75% a dû être abaissé afin de pouvoir compétitionner avec l'importation de cette même concentration. Le FeSi 50% n'est pas importé au Canada.

7. CHOIX DE LA CONCENTRATION DU FESI A PRODUIRE

Avant de déterminer le choix de la concentration de Si à produire, il y a lieu de souligner que trois facteurs de production donnent au Zaïre un avantage compétitif important vis-à-vis les autres pays producteurs industrialisés. Ces trois facteurs sont:-

L'électricité

L'électricité est estimée à \$8 le MW au Zaïre contre \$25 en moyenne dans les autres pays producteurs.

Étant donné que le prix de l'électricité au Zaïre reviendrait à \$17 de moins cher que dans les autres pays producteurs, il s'ensuit un avantage économique certain, soit un coût moindre de production à chacune des concentrations de Si suivant, telles qu'établies au tableau 18.

---

<sup>1</sup>. Source: SKW Canada, février 1983.

TABLEAU 18

Économie dans le coût de la production d'une tonne de FeSi et de métal silicium au Zaïre

Concentration de Si	Besoin d'énergie	Economie par MW	Economie pour produire une tonne
45%	5 MW	\$ 17	\$ 85
75%	9 MW	\$ 17	\$ 153
90%	14 MW	\$ 17	\$ 238
98% (métal silicium)	15 MW	\$ 17	\$ 255

La main-d'oeuvre

La main d'oeuvre locale revient à moins du tiers du coût moyen de celle des pays producteurs.

L'exercice présenté au tableau 18 pourrait être répété en considérant la main d'oeuvre et tendrait à des résultats semblables.

Impôt corporatif

L'exonération de l'impôt corporatif au taux réduit donnerait au projet un avantage compétitif certain.

A) Choix de la concentration de FeSi 80% et plus

Si l'on examine les quantités de FeSi 80% et plus importées—telles que présentées aux tableaux 9 et 15, on constate qu'aux E.U. on importe moins de 1% de FeSi 80% et plus, tandis qu'en République fédérale d'Allemagne, on importe en moyenne 7% de FeSi à cette concentration. D'autre part, les exportations de FeSi 80% et plus de ce dernier pays représentent en moyenne 1,5%.

Ceci nous amène à conclure que deux des plus grands importateurs de FeSi ont une demande minime de FeSi 80% et plus. La production du FeSi 80% de Si et plus ne pourrait donc être recommandée surtout à l'échelle proposée, car elle serait bien plus grande que les besoins du marché.

B) Choix de la concentration de FeSi à 45% de Si

La concentration de 45% de Si n'offre que \$85 d'économie d'électricité à la production d'une tonne (voir tableau 18). Ce montant est minime (10% du prix de vente) et serait presque totalement amorti par le coût du transport maritime à l'importation des matières premières et à l'exportation du FeSi, laissant ainsi une marge de profit peu attrayante. De plus, il engendrerait une plus grande quantité de FeSi à être affrêtée augmentant le coût total du transport et l'encombrement du port de Boma.

C) Importation aux E.U. et en République Fédérale d'Allemagne des diverses concentrations de FeSi

D'autre part, on peut extraire du tableau 9 la moyenne des concentrations de FeSi importé aux E.U. Cette distribution est présentée au tableau 19.

TABLEAU 19

Pourcentage moyen de FeSi à diverses concentrations de Si importée aux E.U.

Concentrations	% Importé
FeSi 8% à 30% de Si	3%
FeSi 30% à 60% de Si	24%
FeSi 60% à 80% de Si	72%
FeSi 80% et plus	1%

En ce qui concerne la République fédérale d'Allemagne, on procède de la même façon en prenant les moyennes du tableau 15 pour obtenir la distribution présentée au tableau 20.

TABLEAU 20

Pourcentage moyen de FeSi à diverses concentrations de Si importé en rép. féd. d'Allemagne

Concentrations	% Importé
FeSi jusqu'à 60% de Si	17%
FeSi 60% à 80% de Si	76%
FeSi 80% et plus	7%

Il appert des tableaux 19 et 20 que les deux plus grands importateurs du monde importent 72% et plus de FeSi dans la concentration de 60 à 80% de Si. Il y a lieu d'indiquer que Le Royaume-Uni importe moins de 10% de FeSi à des concentrations de moins de 55% de Si (voir tableau 15).

On peut alors dire que la tendance générale des importations semble être concentrée dans la fourchette de 60% à 80% de Si.

Il est donc évident de concentrer les efforts du projet dans le secteur où la demande serait la plus forte, ce secteur étant la concentration 60 à 80%. La concentration intermédiaire de référence la plus fréquente dans la littérature est celle de 75% de Si. C'est pour cette raison que le projet a retenu cette concentration.

Un four qui produit du FeSi à 75% serait en mesure de produire une gamme de concentration allant de 50% à 85% de Si.<sup>1</sup> En dehors de cette fourchette, des ajustements à ce four seraient requis allant même jusqu'à l'addition d'un second four qui serait ajusté en conséquence.<sup>1</sup>

Donc, l'installation d'un four pour la production de FeSi de 75% de Si offrirait une fourchette très intéressante à la production (50% à 85% de Si) et couvrirait nécessairement un pourcentage plus haut que 72% de la demande des importations.

C'est pour cela que l'étude de projet a retenu l'alternative de la production de FeSi à 75% de Si, les autres alternatives ne répondant pas aux besoins et paramètres de la demande mondiale.

Quant au métal silicium, il semble que la concentration de 98% de Si soit celle qui est la plus en demande.<sup>2</sup> C'est pour cette raison que la production de 11,000 T/an de métal silicium a été retenue.

## 8. PROGRAMME DE PRODUCTION

Le programme de production s'établit comme au tableau 21.

---

<sup>1</sup>. Source: Union Carbide du Canada et SKW Canada.

<sup>2</sup>. Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1980 & 1981

TABLEAU 21

Programme de production  
en ('000) de tonnes

Années	Période de Construction		Production			
	1	2	3	4	5	6
% de la capacité installée	-	-	60%	75%	90%	100%
Production de FeSi 75% de Si	-	-	36	45	54	60
Production de métal silicium 98% de Si			6.6	8.25	9.9	11

Vers la fin de la deuxième année de construction, il est prévu un mois de mise en marche.

Ce programme tient compte de plusieurs éléments initiaux qui font que la capacité prévue n'est atteinte qu'à la quatrième année de production.

Les matières premières devront être d'une grande pureté et la période d'entreposage nécessaire sera comme suit:

Explosifs	3 mois
Coke	3 mois
Caisses d'emballage	1 mois
Electrodes	3 mois
Charbon de bois	3 mois
Carburant	2 mois
Mitraille de fer	3 mois
Produit fini	1 mois

Le ferro-silicium produit aura en moyenne une teneur de 75% de Si mais l'on pourra varier la production de 50% à 85% de Si selon la demande du marché.

9. CAPACITÉ DE L'USINE

La capacité de l'usine s'entend "Capacité normale possible" et non "Capacité théorique". La capacité normale possible tient compte d'une période d'arrêt des fours de 30 jours tous les 5 ans, pour le changement du réfractaire des fours et 15 jours annuellement pour l'entretien général soit une moyenne générale de 8,256 h/an.

Deux fours d'une capacité de 51 MVA où une puissance de 35 MW sera atteinte, seront suffisants pour la production de 60,000 tonnes/an de FeSi 75% de Si.

La production du ferro-silicium dans un four de 35 MW s'obtient en moyenne à un rythme de 3.65 T/heure. Par conséquent, le nombre d'heures requis pour la production de 60,000 T/an de FeSi 75% Si serait de:

$$60,000T / (3.65T \times 2 \text{ fours}) = 8,219h.$$

soit 8,256 heures/an ou 344 jours/an. (la différence négligible du nombre d'heure peut-être due à la variation de la qualité des matières premières).

Quant à la production de 11,000T/an de métal silicium 98% de Si, cela nécessitera un four d'une puissance de 20 MW. La production moyenne de ce four serait d'environ 1.35 T par heure.

Le nombre d'heures requis à la production de 11,000 T/an de métal silicium serait de:

$$11,000 T / 1.35 T = 8,148 \text{ heures/an}$$

soit 8,256 heures/an ou 344 jours/an. (La différence négligible du nombre d'heure peut-être due à la variation de la qualité des matières premières).

La production totale serait de 60,000 T de FeSi 75% de Si et de 11,000 T de métal silicium 98% de Si.

Cette capacité répond donc au programme de production établi préalablement et par conséquent atteint ces objectifs.

Le volume de production est économiquement viable étant donné que la majorité des producteurs à travers le monde ont leurs usines d'une capacité moindre de 71,000 tonnes/an, voir tableau 12. De plus, la taille économique du projet serait relativement plus petite au Zaïre étant donné que ce dernier détient des avantages compétitifs aux facteurs de production tels que décrits préalablement.

L'usine proposée utilisera une puissance de 90 MW, ce qui est bien au-dessus du 10 MW établi par la ZOFI pour bénéficier du statut de la Zone Franche.

12. ESTIMÉ DES REVENUS DES VENTES ET DES COÛTS DE VENTE

L'évolution des prix du ferro-silicium aux Etats-Unis d'Amérique et en Europe est présentée aux tableaux 16 et 17. Il faut noter que ces prix sont les prix minimum de la fin d'année et peuvent subir des fluctuations au cours de l'année et d'une région à une autre.

Les prix les plus récemment obtenus au Canada s'établissent comme suit:<sup>1</sup>

FeSi 75% = \$910 à \$946 la tonne métrique  
métal silicium 98% = \$1,204 à \$1,216 la tonne métrique

En vue de pouvoir pénétrer le marché européen dont les prix sont plus bas que ceux de l'Amérique du Nord, et en vue d'une approche conservatrice, l'estimé des prix de vente sera basé comme suit:

FeSi 75% à \$700 la tonne métrique  
métal silicium 98% à \$900 la tonne métrique

Ces prix s'entendent F.A.B. port Boma auxquels il y a lieu d'ajouter le coût d'affrètement maritime d'environ \$40 la tonne livrée à un port d'Europe<sup>2</sup>, ce qui reviendrait à:

\$740 pour FeSi 75% de Si	} port d'Europe
\$940 pour métal silicium 98% de Si	

Ces prix pourront être concurrentiels comparativement aux prix d'Europe et des E.U. (voir tableaux 16 et 17).

Le tableau 22 résume les revenus attendus et les coûts de vente qui montent à 3% des revenus.

---

1. Source: SKW Canada, février 1983.

2. Source: Logtrans, Canada, agent maritime.

TABLEAU 22

Estimé des revenus et des coûts de vente  
en \$ ('000)

Années	Période de Construction		Production			
	1	2	3	4	5	6
Capacité	-	-	60%	75%	90%	100%
FeSi 75% @ \$700/T			25,200	31,500	37,800	42,000
Métal silicium 98% de Si @ \$900/T			5,940	7,425	8,910	9,900
Estimé des revenus totaux			31,140	38,925	46,710	51,900
Estimé du coût de vente			934	1,168	1,401	1,550

CHAPITRE III

MATÉRIAUX ET FACTEURS DE PRODUCTION

Les matières premières nécessaires à la production du FeSi et du métal silicium sont les suivants:

1. LE QUARTZ

Le quartz est la matière première de base nécessaire à la production du FeSi et du métal silicium. Il doit posséder une teneur de plus de 98% de dioxyde de silicium (SiO<sub>2</sub>) car les impuretés telles que l'oxyde d'aluminium et l'oxyde de calcium forment une scorie très visqueuse et causent une augmentation de la consommation du courant électrique.

Etant donné les variations de la teneur du dioxyde de silicium dans le quartz, il y a lieu de prévoir 5% de plus de quartz et un autre 5% afin de parer aux pertes occasionnées lors de son transport des réserves à l'usine et lors de son entreposage. Pour ce faire, les quantités nécessaires à la production d'une tonne sont présentées au tableau 23.

TABLEAU 23

Quantité de quartz nécessaire à la production  
d'une tonne<sup>1</sup>

$\begin{aligned} \text{FeSi } 75\% &= 1,700 \text{ kg} + 10\% = 1,870 \text{ kg} \\ \text{Métal silicium } 98\% &= 3,000 \text{ kg} + 10\% = 3,300 \text{ kg} \end{aligned}$
--

Le Bas-Zaïre semble disposer de réserves de quartz localisées non loin de l'emplacement de l'usine. Ces réserves semblent être dans la région est de Songololo. Toutefois, il est essentiel de s'assurer que des réserves suffisantes (+10 millions de tonnes) existent, d'en définir le site exact et les propriétés chimiques avant l'accord final pour démarrer le projet. Donc, le projet sera conditionnel à une réponse affirmative au sujet de ces réserves.

---

<sup>1</sup>. Source: SKW, Canada.

Le coût du quartz serait éventuellement le coût de son excavation et le transport de sa source à l'usine. Ceci est analysé en détail comme suit:

A) Explosifs pour dynamitage des mines de quartz

Pour obtenir le quartz, il y a lieu de prévoir un coût de dynamitage des mines de quartz afin de pouvoir l'obtenir. Ce coût est estimé à près de \$500,000 par an, soit \$3.35 pour obtenir un tonne de quartz.

B) Carburant pour camions et tracteurs

Le transport de quartz ne peut-être cédé en totalité à un contracteur car cela mettrait l'usine à la merci du contracteur, et le coût pourrait devenir bien plus cher. Pour cela, l'étude incorpore le transport du quartz comme partie intégrale du projet.

La quantité de quartz requise quand l'usine fonctionnera à pleine capacité sera de:

FeSi 75%	= 1.87T x 60,000	= 112,200 T.
métal silicium 98%	= 3.3T x 11,000	= <u>36,300 T.</u>
	Total	148,500 T.

Le transport journalier sera de:

148,500 T ÷ 365 jours = 406.8 T. ou 407 T/jour

utilisant des camions de 10 tonnes, le nombre de camions requis sera de:

407 T/jour ÷ 10 T. = 40.7 ou 41 camions

plus 5% pour chargements non complets soient 43 camions.

Il est estimé que la distance entre les réserves de quartz à Boma sont d'environ 240 km. Parcourant, cette distance à un vitesse moyenne de 25 km/h, chaque camion pourra livrer une cargaison de 10 T. et revenir, et cela en près de 19.2 heures; en ajoutant  $\frac{1}{2}$  heure de chargement, cela laisserait plus de 4 heures pour son entretien journalier, ce qui est suffisant.

Pour ce faire, 43 voyages journaliers de 240 km dans chaque direction, soit 480 km/jour par voyage, seront nécessaires pour accomplir la livraison de 407 T/jour de quartz. D'autre part, il est prévu 15% de plus de camions de réserve soit 7 camions de plus pour un total de 50 camions.

Il faut aussi prévoir 2 camions-remorques entièrement équipés et 3 tracteurs de chargement.

La consommation moyenne de carburant d'un camion s'établit à près de 3.3 km par litre.<sup>1</sup> En conséquence, la consommation journalière serait de:

$480 \text{ km/voyage} \times 43 \text{ voyages/jour} = 20,640 \text{ km/jour}$

$20,640 \text{ km/jour} \div 3.3 \text{ km} = 6,255 \text{ litres/jour}$   
soit  
146 litres/jour/camion

La consommation annuelle serait de:

$6,255 \text{ litres} \times 365 \text{ jours} = 2,283,075 \text{ litres/an}$

soit 2.5 millions de litres/an incluant l'opération de 2 camions-remorques et 2 tracteurs de chargement dont la consommation moyenne journalière serait de 140 litres/jour.

Le coût du carburant importé est estimé à 50¢ le litre<sup>2</sup> à la porte de l'usine. Ce prix est conservateur et inclut le prix du transport maritime jusqu'à la ville de Boma. Le coût annuel de carburant serait alors de:

$2.5 \text{ millions de litres} \times 50¢ = \underline{\$1,250,000}$

Le carburant serait affrété indépendamment sur un bateau citerne, et le coût de transport maritime serait inclus dans le prix de 50¢ le litre.

L'approvisionnement pourrait être fait des sources proches, telles que le Gabon ou Cabinda. C'est pour cela que les stocks proposés seraient seulement de deux mois étant donné la proximité de la source potentielle d'approvisionnement.

- 
1. Source: International Harvester et Ford Canada.
  2. Le prix du marché spot Rotterdam serait aux alentours de 20¢/L. En y ajoutant le transport, assurance, perte à l'évaporation, on peut l'estimer à 50¢ à l'usine.

C. L'entretien de l'équipement roulant

L'entretien des camions (pièces de rechange, huile et pneus excluant la main d'oeuvre) est estimé à 20% de la valeur du camion.

Le prix approximatif d'un camion à déchargement automatique de 10T de cargaison et six roues est de 36,000 \$ canadien<sup>1</sup> soit \$29,000. Toutefois, si l'achat se fait en gros, il est attendu que le prix soit réduit à \$27,000. Si l'on ajoute les pièces de rechange, les frais de transport et assurances qui totalisent \$8,000, le camion reviendrait à \$35,000 et son entretien reviendrait à \$7,000 annuellement soit au total:

50 camions de 10 T., 6 roues x \$7,000	=	\$350,000
2 camions-remorques (au prix de \$35,000 chacun) x \$7,000	=	14,000
3 tracteurs de chargement (au prix de \$50,000 chaque) x 10,000	=	<u>30,000</u>
		<u>\$394,000</u>

D. Salaire des camionneurs, des opérateurs de tracteur et des mécaniciens

A cela il faut ajouter le nombre suivant de chauffeurs de camion:

43 voyages par jour x 2 directions = 86 V  
(9.6h chaque direction/chauffeur)

ajuster pour 7 jours/semaine cela deviendrait:

(86 v/5 j) x 7 jours = 120.4 ou 121 chauffeurs;

121 + 17% pour maladie, congés et autre = 142 chauffeurs

Plus 6 conducteurs de tracteurs de chargement, et 6 pour camions-remorques = 12 conducteurs

ajuster pour 7 jours/semaine = (12h/5j)x7j = 16.8 soit 17 chauffeurs

17c + 17% pour maladie, congé et autre = 20 chauffeurs

soit un total de 162 hommes.

---

<sup>1</sup>. Source: International Harvester et Ford, Canada.

Plus 10 superviseurs, soit au total 172 hommes à un salaire plus avantages sociaux et primes d'éloignement de \$475 par mois en moyenne, tenant compte que les chauffeurs de camion travailleront 9.6h par jour au lieu de 8 heures par jour.

172 x \$475 x 12 mois = \$980,400. annuellement.

De plus, il y a à prévoir 24 mécaniciens pour l'entretien des camions à un salaire moyen et avantages sociaux de \$500:

24 M x \$500 x 12 mois = \$144,000/an

Finalement, 10 opérateurs de dynamitage des mines de quartz sont prévus:

10 x \$500 x 12 mois = \$60,000/an

Les salaires totaux seront de \$1,184,000.

E. Amortissement des unités mobiles

Les camions et camions-remorques sont estimés avoir un vie de 3 ans et devront être remplacés par la suite. Le coût de leur amortissement est de

\$35,000/3 ans = \$ 11,666.66

\$11,666.66 x 52 camions = \$606,667/an

Les trois tracteurs de chargement de \$50,000 chacun ont la même période d'amortissement, soit:

$$\$50,000/3 \text{ ans} = \$16,667.$$

$$\$16,667 \times 3 \text{ tracteurs} = \$ 50,000 \text{ annuellement}$$

Le total de l'amortissement serait donc de \$656,666 annuellement.

F. Assurance de l'équipement

L'assurance des véhicules et tierce partie est estimée à 4% du coût de l'équipement:

Camions	= \$35,000 x 50 =	\$1,750,000.
Camions-remorques	= \$35,000 x 2 =	70,000.
Tracteurs	= \$50,000 x 3 =	150,000.
Garage et équipement	=	275,000.
60 habitations pour = chauffeurs de camion au site		\$ 300,000.
des réserves		
	TOTAL	\$2,545,000.

$$\$2,545,000 \times 4\% = \underline{\underline{\$101,800.}}$$

G. Frais financiers

Si l'on suppose que l'équipement roulant et l'équipement accessoire soient financés par un prêt, le coût financier des intérêts sera de:

$$\$2,545,000 \times 11\%<sup>1</sup> = \underline{\underline{\$279,950.}}$$

Donc les coûts totaux de l'opération excavation et transport du quartz devraient se chiffrer à:

a) Explosifs et dynamitage	=	\$ 500,000.
b) Carburant	=	1,250,000.
c) Entretien	=	394,000.
d) Salaires	=	1,184,400.
e) Amortissement	=	606,667.
f) Assurances	=	101,800.
g) Frais financiers	=	<u>279,950.</u>
	TOTAL	<u><u>\$4,316,817.</u></u>

<sup>1</sup>. Taux préférentiel aux E.U. en février 1983.

L'excavation et le transport de la tonne de quartz sur une base d'opération indépendante serait alors de:

Coût total du l'excavation et du transport/nombre de tonnes transportées:

$$\$4,316,817. / 148,500. T = \$29.07/T.$$

A titre comparatif, le coût de la tonne de quartz livrée à l'usine SKW, CANADA<sup>1</sup> fluctue de \$17 à \$33 la tonne, soit en moyenne \$25.

A toutes fins pratiques, l'opération transport devrait être effectuée par l'entreprise afin de s'assurer de l'approvisionnement continu.

Pour les fins de cette étude un stock de deux mois de carburant et de 3 mois d'explosifs sera prévu.

## 2. COKE, CHARBON DE BOIS

Le tableau 3 présente les quantités nécessaires à la production d'une tonne de FeSi et de métal silicium. Toutefois, on peut fabriquer ces deux produits à partir d'autres mélanges, soit de coke, de charbon bitumineux et de copeaux de bois aux proportions présentes au tableau 23.

TABLEAU 23

Coke, charbon et copeaux de bois  
nécessaires à la production d'une tonne du  
FeSi 75% Si et métal silicium 98%<sup>2</sup>

	FeSi 75% de Si	Métal silicium
Coke en kg	200	200
Charbon	1,500	1,200
Copeaux de bois de 2,5 cm de diam. en kg	1,000	2,000

1. Source: SKW, Canada, usine à Beauharnois.

2. Source: SKW, Canada.

Ce mélange est privilégié à cause de la disponibilité de ces matières près des installations de la compagnie<sup>1</sup> et en raison de leurs coûts plus modiques.

Toutefois, pour les besoins de cette étude, on utilisera les quantités de coke et de charbon de bois telles que présentées au tableau 3 et dont les grandeurs seront de 5 à 20 mm.

A) Le coke

Le coke sera importé des usines d'aciéries qui transforment le charbon en coke.

Différents fournisseurs qui commercialisent le coke ont été rejoints afin d'obtenir le prix de cette matière.<sup>2</sup> Il est à noter que l'Afrique du Sud est aussi un grand producteur de coke, lequel pourrait être ainsi obtenu à un prix sensiblement moins élevé à cause de sa proximité du Zaïre. Un des grands fournisseurs de l'Afrique du Sud serait la "General Mining Union Corporation". Toutefois, aucun contact n'a été effectué avec les fournisseurs de ce pays.

Le bon fonctionnement des fours dépend de la quantité d'agents de réduction (coke et/ou charbon de bois). Quand la quantité de carbone est insuffisante, il se forme une scorie visqueuse qui cause des pertes en  $\text{SiO}_2$  et augmente la consommation du courant électrique. D'autre part, un excédant de carbone forme une scorie très dure qui peut boucher le four et interrompre la production.

Il est prévu 5% de plus de coke que cela est présenté au tableau 3 et ce pour couvrir les pertes encourues lors du transport du coke soit 1 tonne métrique de coke pour la production d'une tonne de FeSi 75% de Si. Ceci veut dire que les quantités de coke nécessaires à la production de l'usine seront de 60,000 T. de coke par an.

- 
1. Source: SKW Canada, usine à Beauharnois.
  2. Gibbons Dudley Limited - Royaume Uni; Lessing - Rép. Féd. d'Allemagne; Degussa - Rép. Féd. d'Allemagne; Raab Karcher - Rép. Féd. d'Allemagne; Algoma Steel - Canada; Stelco-Canada; Carbure Shawinigan - Canada.

Les prix du coke varient selon la taille des pièces. Par exemple, la compagnie Algoma Steel du Canada<sup>1</sup> vend son coke 90%C et 9% cendres, selon la taille:

moins 10 mm	=	40 \$ canadien	=	\$ 32 F.A.B.
de 10 mm à 25 mm	=	68 \$ canadien	=	\$ 55 F.A.B.
de 25 mm à 90 mm	=	120 \$ canadien	=	\$ 97 F.A.B.

Étant donné que la dimension requise est dans la fourchette 5 à 20 mm, le prix devrait être approximativement de \$55.

SKW du Canada utilise du coke dont le coût (ex-académie d'Hamilton, Ontario) lui revient à \$80 la tonne, F.A.B..

Pour les fins de cette étude, le prix de \$80 la tonne de coke sera la base de calcul. Le prix du coke pourrait être réduit si des engagements à long terme sont pris pour l'approvisionnement de l'usine proposée.

D'autre part, il faudrait ajouter à ces prix le coût du transport maritime. Le projet nécessitera l'importation de \$60,000 T. de coke, ce qui représente 5,000 tonnes tous les mois.

Le coût de transport maritime de coke d'un port d'Europe à Boma pour un bateau d'une capacité de 12,000 tonnes coûterait \$40 la tonne.<sup>2</sup>

De même, le coût du transport maritime du FeSi et du métal silicium de Boma à un port d'Europe serait de \$40 la tonne pour un bateau de 12,000 tonnes.<sup>1</sup>

---

1. en février 1983.

2. Source: Logtrans Canada, agent maritime.

Il s'agit donc de planifier que le bateau apportant le coke, le charbon de bois, la mitraille de fer, et les électrodes reparte avec le FeSi et le métal silicium. Dans un tel cas, un 15% de réduction serait accordé soit un coût moyen de \$34 la tonne.<sup>1</sup>

D'autre part, si un bateau de 12,000 tonnes est loué à long terme, soit un an ou deux pour des voyages mensuels, il y a lieu de prévoir un autre 10 à 15% de réduction.

Pour les fins de cette étude, le coût moyen du transport maritime Europe/Boma et vice versa pour le coke, les électrodes, le charbon de bois, la mitraille de fer, le FeSi et le métal silicium sera donc basé à \$40 la tonne.

Le poids total des matières premières à importer excluant le carburant mais incluant la totalité du charbon de bois (s'il est non-disponible localement) serait de plus de 112,000 T/an (voir tableau 24). Par contre, les exportations de FeSi et de métal silicium serait de 71,000 T/an.

Un bateau de 10,000 à 12,000 tonnes affrété tous les mois répondrait idéalement à ce besoin.

Le coke transporté reviendrait à \$120/tonne C.A.F.

Un stock de 3 mois est prévu pour le coke.

#### B) Le charbon de bois

Les quantités de charbon de bois sont:

175 kg pour chaque tonne de FeSi 75% Si

1750 kg pour chaque tonne de métal silicium 98% de Si

en ajoutant 5% pour compenser les pertes dues au transport et à l'entreposage, les quantités s'élèveraient à:

$175 + 5\% = 183.75$  kg pour chaque tonne de FeSi 75% de Si, et,

$1750 + 5\% = 1837.5$  kg pour chaque tonne de métal silicium 98% de Si

---

<sup>1</sup>. Source: Logtrans Canada, janvier 1983.

Les quantités nécessaires de charbon de bois pour ce projet sont:

$$183.75 \text{ kg} \times 60,000 \text{ T} = 11,025 \text{ T.}$$

$$1837.5 \text{ kg} \times 11,000 \text{ T} = \underline{20,213 \text{ T.}}$$

$$31,238 \text{ T.}$$

Le charbon de bois peut être fourni de source locale. Toutefois, si ce la n'est pas possible, il faudra prévoir son importation.

Pour les fins de l'étude, le coût du charbon de bois livré à l'usine de Boma serait d'environ \$150 la tonne métrique.<sup>1</sup>

Un stock de 3 mois est prévu pour le charbon de bois.

### 3. MITRAILLE DE FER

Le fer est utilisé en forme de petites pièces obtenues de mitraille ou en forme de courtes limailles. Il doit avoir une faible teneur en phosphore et doit être libre des composants d'alliage.

Pour produire une tonne FeSi 75% de Si on a besoin de près de 250 kg de mitraille de fer<sup>2</sup>. Si l'on ajoute 5% pour perte lors du transport et de l'entreposage, cela totaliserait:

$$250 \text{ kg} + 5\% = 262,5 \text{ kg}$$

Les besoins annuels seraient donc de:

$$262,5 \text{ kg} \times 60,000 \text{ T.} = 15,750 \text{ T.}$$

Pour produire le métal silicium 98%, on n'ajoute aucune quantité de fer. L'importation de la mitraille de fer est prévue. Le coût sur le marché oscille entre \$60 et \$80 dépendamment des périodes. Pour les fins du projet, le coût utilisé sera de \$80 en plus du transport de \$40 la tonne soit un coût total de \$120 la tonne.

---

1. Source: Ultramar Canada - fournisseur de charbon de bois, de coke, d'anhracite. Prix ajusté pour grande quantité.

2. SKW, Canada.

Un stock de 3 mois sera prévu pour les fins du projet.

### 3. LES ÉLECTRODES

#### A. FeSi 75% de Si

Pour la production du FeSi 75% de Si, on utilise les électrodes à autocuisson Södenburg. Ces électrodes, à action continue se consomment dans la masse fondue et doivent être ajustés par des additions d'un mélange pâteux composé d'antracite, de coke, de goudron et de poix appelé "masse verte". Cette masse est mise dans un cylindre de tôle à nervures dont le diamètre des électrodes varie de 1 à 3 m.

Etant donné que les électrodes Södenburg Paste n'existent pas au Zaïre, leur importation est prévue. Le coût des électrodes est de 1100 DM<sup>1</sup> équivalant à \$462 la tonne livraison Mer du Nord. A cela, il y a lieu d'ajouter le coût de transport maritime.

D'autre part, la compagnie SKW, Canada achète les électrodes (masse verte) en moyenne à \$590 la tonne. Le coût moyen des électrodes pour les fins de cette étude sera donc de \$525. Or à cela, il y a lieu d'ajouter le coût du transport maritime soit de \$40 la tonne pour un coût total de \$565 la tonne.

La production d'une tonne de FeSi 75% requiert près de 65 kg d'électrodes Södenburg Paste, ou masse verte. De plus, 5% est prévu pour les pertes occasionnées par le transport et l'entreposage, soit 68.25 kg d'électrodes pour une tonne de FeSi 75% de Si, soit un total de 4,095 tonnes métriques /an nécessaires à la production de 60,000 T/an de FeSi 75% Si.

Les électrodes sont montées sur le couvercle de la cuve du four. La partie supérieure porte des plaques porte-contacts liées avec les transformateurs, la partie inférieure est plongée dans le mélange qui se trouve dans le four. Les électrodes possèdent des mécanismes automatiques, qui permettent leur descente ou leur montée dans le four afin de régler la tension électrique et compenser les pertes par usure.

---

<sup>1</sup>. La Compagnie VAW: 30/12/82.

B) Métal silicium 98% de Si

Pour la production du métal silicium 98% de Si, les électrodes Södenburg ne peuvent être utilisés car leur tôle s'use et à cause de cela augmente la teneur du fer dans le Si. Ils sont donc remplacés par les électrodes de graphite ou de carbone. Pour produire une tonne de métal silicium, on a besoin de 120 kg auxquels on ajoute 5% pour les pertes soit un total de 126 kg.

Le prix d'une tonne d'électrodes de carbone est de \$1,218<sup>1</sup> port Mer du Nord, Europe. A cela, il y a lieu d'ajouter \$40 pour l'affrètement maritime soit un total de \$1,258 rendu à l'usine.

Un stock de 3 mois des deux genres d'électrodes est prévu pour la bonne marche du projet.

5. EMBALLAGE

Au contact de l'humidité ou de l'eau le FeSi dégage des gaz très toxiques et inflammables tels que décrits au chapitre IV. De plus, il sera transporté par voie maritime et exposé à l'eau, il s'agit de le protéger de toute attaque d'eau, tout en laissant échapper l'hydrogène qui se dégage. Aussi, est-il prévu d'emballer le FeSi dans des caisses de bois, chacune ayant des trous de 2,5 cm de diamètre pour laisser dégager l'hydrogène tout en le préservant de l'eau<sup>2</sup>. L'estimé des coûts de ces caisses qui seront façonnées localement et dont le bois sera obtenu localement est de \$12.50 la caisse pouvant contenir 250 kg de FeSi.

Le métal silicium sera affrété en vrac.

Le coût total estimé serait donc de:

$$60,000 \text{ T.} \times \$50. = \$3,000,000$$

Un stock d'un mois est prévu pour le projet.

6. L'ÉLECTRICITÉ

La production de FeSi et de métal silicium nécessitent une quantité majeure d'électricité. C'est pour cela que leur production est généralement proche des grandes sources électriques bon marché.

---

1. La Compagnie VAW: 30/12/82.

2. Division de la navigation norvégienne, janvier 1953 et octobre 1967.

Au Zaïre, les complexes hydro-électriques de Inga I et Inga II produisent présentement près de 1750 MW. L'approvisionnement en énergie électrique sera assuré par une source constante car de cette électricité produite, seule une petite quantité est utilisée à présent.

Tel que stipulé dans le "Recueil des Textes Organiques" sur la zone franche d'Inga", page 5, le prix du courant électrique durant les six premières années sera chargé à l'entreprise au prix de revient de l'énergie au point de livraison. Ce prix est estimé à \$8 le MW en date de rédaction de ce rapport. Ce prix est l'un des plus bas au monde, car l'électricité industrielle au Canada est de 23 \$ canadien le MW soit \$18.63 le MW. De plus, il est à souligner que le prix de l'électricité au Canada (principalement au Québec) est l'un des plus bas au monde.

La production d'une tonne de FeSi 75% nécessite en moyenne 9 MW.

Quant au métal silicium 98%, il requiert 15 MW d'électricité pour la production d'une tonne.

Il est évident que la production du métal silicium 98% de Si au Zaïre donnerait un plus grand avantage compétitif comparativement à la production du FeSi 75% de Si.

Coût de l'électricité moyen des pays industrialisés	:	\$25 MW
Estimé du coût moyen de l'électricité au Zaïre	:	\$ 8 MW
Economie en \$ pour chaque MW utilisé:		<u>\$17 MW</u>

Economie pour la production d'une tonne de métal silicium 98%: 15 MW x \$17:	\$255
Economie pour la production d'une tonne de FeSi 75%: 9 MW x \$17:	<u>\$153</u>
Economie supplémentaire du coût d'électricité à la production d'une tonne de métal silicium	\$102

Il appert que la production du métal silicium offre un avantage financier de \$102 de plus que le FeSi 75% de Si.

Une ligne de haute tension prévue viendra approvisionner l'usine de ferro-silicium.

7. EAU, GAZ

Les fours ont leur système de refroidissement à eau à circuit fermé et ne nécessitent que des additions mineures d'eau pour remplacer les quelques quantités évaporées.<sup>1</sup>

L'addition de gaz n'est nécessaire que s'il y a des impuretés dont il faut se débarrasser. Toutefois, on ne s'attend pas qu'il y ait des impuretés et l'usage du gaz sera négligeable.

Le tableau 24 récapitule les quantités et les coûts nécessaires pour chaque matière et les facteurs pour le programme de production établi préalablement.

---

<sup>1</sup>. Source: SKW, Canada.

TABLEAU 24

Matières premières et facteurs de production

Année	Construction		Mise en oeuvre							
	1	2	3		4		5		6	
Programme de Production Référence	-	-	60%	\$( '000)	75%	\$( '000)	90%	\$( '000)	100%	\$( '000)
<b>MATIERES PREMIÈRES ET FACTEURS PRODUCTION</b>										
Carburant pour véhicule @ 50¢ le litre	-	-	1,500,000	750	1,875,000	938	2,250,000	1,125	2,500,000	1,250
Explosifs pour excavation	-	-		300		375		450		500
Coke @ \$120/T.	-	-	36,000	4,320	45,000	5,400	54,000	6,480	60,000	7,200
Charbon de bois @ \$150/T.	-	-	18,743	2,811	23,429	3,514	28,114	4,217	31,238	4,680
Mitraille de fer @ \$120/T.	-	-	9,450	1,134	11,813	1,418	14,175	1,701	15,750	1,890
Electrodes Södenburg @ \$565/T.	-	-	2,457	1,388	3,071	1,736	3,686	2,083	4,095	2,310
Electrodes de carbone @ \$1258/T.	-	-	832	1,046	1,040	1,308	1,247	1,570	1,386	1,740
Caisnes d'emballage @ \$12.50/caisse	-	-	144,000	1,800	180,000	2,250	216,000	2,700	240,000	3,000
Électricité @ \$8/MG	-	-	423,000	3,384	528,750	4,230	634,500	5,076	705,000	5,640

## CHAPITRE IV

### LOCALISATION ET EMBLACEMENT

Pour la production du FeSi et du métal silicium, de grandes quantités de quartz, de coke, de charbon de bois et de mitraille de fer sont indispensables. Il s'agit de minimiser le coût du transport.

Les éléments fondamentaux et caractéristiques indispensables à la localisation sont:

- a. la proximité des transports maritimes, soit le moyen le moins coûteux de transport;
- b. la proximité des sources des matières premières (quartz, coke etc.);
- c. la proximité de l'énergie électrique;
- d. la proximité de la main d'oeuvre qualifiée;
- e. la proximité des centres de services et des infrastructures - téléphone, télex, banques, assurances, transitaires, routes, etc...

Le port de Boma semble au premier abord répondre à tous ces besoins. Le port de Matadi aurait été préférable, en vue de réduire le coût de transport terrestre du quartz, mais cela ne semble pas être possible comme mentionné préalablement.

Tout éloignement à l'ouest de Boma occasionnerait un coût supplémentaire de transport terrestre du quartz tout en maintenant le coût de transport maritime des matières importées au même niveau, ce dernier n'étant pas sensible à une courte diminution de parcours. Par exemple, le coût de l'affrètement d'une tonne d'un port d'Europe à Boma serait le même si l'affrètement était déchargé à Muanda.

L'usine devrait être au port même ou très proche afin de minimiser le coût de déchargement des matières importées et de leur transport terrestre, et de même pour les produits finis à exporter. De plus, le port de Boma entre dans la zone franche d'Inga.

### TERRAIN

La superficie de terrain nécessaire à cette usine est estimée à environ 150,000m<sup>2</sup>. Ceci comprend:

- l'aire d'emmagasinement du quartz
- l'aire d'emmagasinement du coke
- l'aire d'emmagasinement du charbon de bois
- l'aire pour le mélange du coke, du charbon de bois et de la mitraille de fer
- l'aire pour l'unité de préparation des électrodes
- l'aire des fours
- l'aire d'installation pour le concassage et le broyage du quartz
- l'aire de fabrication des caisses d'emballage
- l'aire d'emmagasinement de la mitraille de fer
- l'aire d'emmagasinement des électrodes Södenburg
- l'aire d'emmagasinement des électrodes de carbone
- l'aire d'entreposage du FeSi 75% de Si et du métal silicium 98% de Si
- l'aire des ateliers mécaniques pour l'entretien de l'usine
- l'aire des ateliers mécaniques pour l'équipement roulant
- l'aire du stationnement des camions
- l'aire du laboratoire de contrôle et de production
- l'aire des bureaux administratifs
- l'aire des habitations pour les superviseurs des postes clés de l'usine

Le terrain est supposé être fourni par la ZOFI contre un coût de location estimé à 50¢ le m<sup>2</sup>/an.

Ce terrain serait relié au réseau routier et aura un accès direct au quai du port. Une route intérieure dans l'usine sera aménagée jusqu'au lieu d'entreposage des matières premières. Le sol devra pouvoir supporter les structures supérieures. Il devra être relié au fleuve Zaïre pour tirer l'eau nécessaire.

Il y a lieu de prévoir que le site de l'usine soit assez élevé pour le protéger contre toutes possibilités d'inondation.

La région de Boma sera approvisionnée par une ligne de haute tension en provenance d'Inga I et II et l'usine proposée devra avoir un raccordement d'une capacité de 100 MW. Elle devra être aussi reliée par un réseau téléphonique et télex.

Il faut prévoir près de 15 habitations sur le terrain de l'usine et ceci pour le personnel clé de l'usine, chaque habitation ayant environ 100m<sup>2</sup>. Le reste du personnel viendrait de la ville de Boma.

Il y a lieu de prévoir un coût estimatif pour le nivellement et la préparation du terrain au coût de \$3 le m<sup>2</sup>.

#### EFFETS EXERCÉS SUR L'ENVIRONNEMENT ET MESURES PRÉVENTIVES A PRENDRE

La production de l'usine n'aura pas d'effets polluants sur le fleuve Zaïre étant donné que l'eau de refroidissement des fours est en circuit fermé.

D'autre part, les effluents de poussière seront recueillis par des précipitateurs. Les émissions des déchets de poussière dans l'atmosphère seront donc considérablement réduites. Mais en dépit de cela, la direction des vents devra être étudiée et prise en considération afin de minimiser ces effets.

Le monoxyde de carbone dégagé sera traité et ces effets grandement atténués.

Le grand danger réside non pas dans le procédé de la production du FeSi, mais dans le FeSi lui-même une fois produit. Au contact de l'humidité de l'eau ou de l'acide, il se dégage non seulement de l'hydrogène, qui est extrêmement inflammable, mais aussi les gaz de phosphine et arsine qui sont extrêmement toxiques. Les émanations proportionnelles de ces gaz, qui seraient dans un endroit bien ventilé, augmentent la possibilité d'empoisonnement plus que le danger de l'explosion. Ces gaz se dégagent par la réaction de l'eau à l'attaque, non du FeSi lui-même, mais des impuretés qui y sont concentrées.<sup>1</sup>

Il y résulte que la plus grande émanation des gaz se produit pendant ou immédiatement après que les nouvelles surfaces de FeSi soient exposées à l'eau, suite à l'effritement ou au bris dû au transport.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>. Source: Organisation Maritime Consultative Inter-gouvernementale, 25 janvier 1980.

Généralement, les plus grandes émanations proviennent du FeSi de concentration de 30 à 50% de Si. L'augmentation graduelle de Si réduit les émanations de gaz jusqu'au point où la concentration de Si atteint 90%. Les émanations de gaz ne se produisent plus alors.

Donc, le métal silicium de 98% de Si au contact de l'eau ne produirait pas ces émanations de gaz.<sup>1</sup>

Il est à noter que l'humidité ambiante serait normalement suffisante pour commencer une réaction spécialement dans le FeSi 40% à 50% de Si, si d'autres conditions sont présentes.<sup>2</sup> De toute évidence, le FeSi doit toujours être protégé de l'eau.

Après que le FeSi est produit, il doit être emmagasiné un certain nombre de jours (de 3 à 10 jours), période durant laquelle des émanations de gaz se produisent (hydrogène, phosphine et arsine). Après cette période, il n'y aura pas normalement des émanations de gaz. Toutefois, lors de la manutention, du chargement et du déchargement, quelques pièces de FeSi peuvent se briser et ces nouvelles surfaces exposées à l'air pourraient au contact de l'humidité dégager des gaz.<sup>2</sup> Il est donc normal qu'après sa manutention des gaz se dégagent. Le FeSi de 40% à 50% de Si est le plus dangereux. Le FeSi 75% est moins sujet à l'émanation des gaz.

Le phosphine est un gaz très toxique, incolore et a une odeur de carbide ou oignon. A titre indicatif, ses effets sont:<sup>2</sup>

<u>Concentration</u>	<u>Effet</u>
0.05 PPM	Pas d'effet nocif
jusqu'à 20 PPM	Tolérable durant 30 à 60 minutes
au delà de 100 PPM	Mort immédiate

Les symptômes d'empoisonnement sont: mal de tête, mollesse, nausée. Il est impératif pour l'usine de contrôler et vérifier constamment l'aire de l'emmagasinage du FeSi 75% et ce à l'aide de détecteurs

- 
1. Source: Organization Maritime Consultative Inter-gouvernementale, 25 janvier 1980.
  2. Source: Association des producteurs de FeSi norvégiens, 4 mars 1966

de gaz Drager afin de vérifier la concentration de phosphine. Une autre méthode de détection du phosphine serait l'utilisation de la solution de nitrate d'argent. Le phosphine est 18% plus lourd que l'air; par conséquent, il a tendance à s'accumuler à la surface du sol.<sup>1</sup>.

A cause des émanations possibles des gaz, il est impératif que lors de son affrètement maritime, de strictes précautions soient prises pour prévenir tout empoisonnement et ceci au moyen de:

- la ventilation et l'aération continues;
- le contrôle et la vérification continus au moyen de détecteurs Drager;
- l'empêchement de tout contact du FeSi avec l'eau;
- un type de bateau spécial;
- un étiquetage indicatif du danger.

Le FeSi sera donc emballé et transporté dans des caisses de bois ayant des trous de 2,5 cm de diamètre tel que recommandé par la division de navigation norvégienne.<sup>2</sup>

---

1. Source: Association des producteurs de FeSi norvégiens, 4 mars 1966

2. Janvier 1953 et octobre 1967.

## CHAPITRE V

### ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET

#### 1. DESCRIPTION DU PROCESSUS DE PRODUCTION

La production industrielle du ferro-silicium 75% de Si se forme d'après la réaction du fer et du quartz silicieux.

A la production du métal silicium, on n'ajoute aucune quantité de fer car le métal silicium est composé à 98% de Si et les 2% restants sont formés d'impuretés.

Comme donneur de carbone, on prend le coke et/ou charbon de bois. Le coke doit être en granulation d'une dimension de 5 à 20 mm et son humidité ne doit pas dépasser 1%.

La production se déroule dans 3 fours ouverts et rotatifs triphasés dont les puissances s'élèvent à 35 MW dans deux fours et de 20 MW dans le troisième.

Le FeSi 75% de Si et le métal silicium se forment entre les températures de 1800°C et 2200°C.

Les matières premières utilisées pour la fabrication du FeSi et du métal silicium doivent être d'une grande pureté.

Pour la mise en marche du four, on procède tout d'abord à son remplissage avec du coke granulé et/ou du charbon de bois et on passe le courant électrique. Sous cette influence, il se forme entre le coke et les électrodes un arc électrique qui chauffe le coke. Après 12 heures de chauffage, on commence à introduire le mélange de coke et/ou charbon de bois et/ou mitraille de fer et, aux températures ci-haut mentionnées, le FeSi ou le métal silicium commence à se former. Ces derniers en fusion sont coulés des fours par des failles de coulée, qui se trouvent au fond des fours, aux cuves qui sont revêtues à l'intérieur par des briques de carbone.

Le FeSi est versé sous forme liquide environ à chaque heure, du four à des cuves d'où on le coule dans des coquilles ou moules où il devient solide par refroidissement.

Les précautions d'emmagasinage, de transport et de livraison sont décrites au chapitre IV.

A part le fer, le FeSi contient environ 1% à 2% d'autres éléments tels que aluminium, calcium, magnésium, manganèse, soufre, phosphore, carbone et titane. Le pourcentage de ces éléments dépend de la pureté des matières premières.

Le poids spécifique du FeSi 75% de Si est de 3.27 tandis que celui du métal silicium est de 2.35.<sup>1</sup>

2. MATIÈRES ET FACTEURS NÉCESSAIRES A LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE FESI ET DE MÉTAL SILICIUM

La production d'une tonne de FeSi 75% de Si et de métal silicium 98% de Si nécessite des quantités de matériaux et des facteurs de production tel que décrits au chapitre IV.

3. BESOINS ÉNERGETIQUES NÉCESSAIRES POUR LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE FESI 75% DE SI ET DE MÉTAL SILICIUM 98% DE SI

En pratique industrielle, la consommation énergétique pour le FeSi s'élève aux alentours de 9000 kWh et 15000 KWH pour le métal silicium et ce dépendant de la construction du four électrique et de la pureté des matières premières utilisées. La différence entre les besoins théoriques et la consommation pratique résulte des pertes causées par la transformation et la conduite électrique, par les réactions secondaires pendant la formation du FeSi et du métal silicium dans le four, par l'émission de chaleur du four et par la conduction de chaleur avec l'eau de refroidissement.

Une grande partie de l'énergie consommée pour la production des alliages est perdue sous forme de chaleur par ces alliages sortant du four.

A cause de cette grande consommation d'énergie électrique, la production de FeSi et de métal silicium est toujours implantée proche des sources électriques bon marché.

---

<sup>1</sup>. Source: Document de projet: Département de l'Economie nationale et de l'Industrie du Zaïre, Direction des études, juin 1978.

#### 4. DESCRIPTION DES FOURS ÉLECTRIQUES ET TECHNOLOGIE

Les fours généralement utilisés sont du type ouvert et rotatif<sup>1</sup> et sont triphasés et composés d'une cuve recouverte d'un couvercle sur lequel se trouvent les entrées pour les matières premières et les entrées des électrodes. Au fond de la cuve, il y a plusieurs trous pour la sortie des alliages.

La cuve du four est construite en tôle de fer fondu, et recouverte d'une couche de magnésite et chamotte et des briques de carbone qui la protège de la combustion et de la corrosion. Le fond de la cuve est couvert de plaques de carbone d'une épaisseur de 1.5 mètre.

Les gaz dégagés sortent de la partie supérieure de la cuve qui est refroidie par l'eau.

On utilise 3 électrodes qui sont posées aux angles d'un triangle équilatéral sur le couvercle de la cuve. Cet arrangement des électrodes en symétrie contribue à la diminution de l'influence inductive des conduites. Le four est alimenté par le courant triphasé du réseau de distribution, qui doit être transformé à la puissance et tension nécessaire du four. Chaque électrode est alimentée par un transformateur propre. Cette constitution des circuits électriques est d'une part, moins coûteuse du point de vue investissement, et d'autre part, elle donne un meilleur rendement d'utilisation du courant électrique et offre la possibilité de toujours avoir une réserve car si un transformateur tombe en panne, on peut par le couplage en angle diédral (V) garder le four en marche. Les transformateurs doivent être refroidis par une huile en circulation.

Pour la production du FeSi, les électrodes utilisées sont celles renommées de Södenberg qui travaillent à action continue et qui se consomment par l'attaque de la masse fondue de FeSi et pour cela elles doivent être ajustées continuellement par l'addition de la masse verte. La masse verte est utilisée pour remplir les cylindres des électrodes, tandis que pour la production du métal silicium 98% de Si, on utilise les électrodes de carbone précuites.

---

<sup>1</sup>. Source: ELKEM a/s Engineering Division, Elkem Electric Smelting Furnaces Brochures.

Les électrodes possèdent les mécanismes automatiques qui permettent leur abaissement ou leur remontée dans le four pour régler la puissance et la tension électrique et pour compenser les pertes par l'usure.

La capacité de production d'un four dépend de la teneur en Si des alliages à produire.

Pour la production de FeSi 75% de Si, un four de 35 MW serait en mesure de produire 3.65 T./heure.

Par contre, la production de métal silicium de 98% de Si dans un four de 20 MW serait de 1.34 T./heure.

Ces fours ont besoin une fois tous les cinq ans de changement de réfractaires et sont supposés fonctionner en moyenne 8,265 h/an (incluant 30 jours d'arrêt pour la cinquième année soit 8,400 h/an pour 4 ans et la 5ième 7,680 h).

#### 5. FOURNISSEURS POTENTIELS DES FOURS

Plusieurs compagnies européennes sont en mesure de fournir les fours électriques et l'équipement périphérique. A titre indicatif, quelques-unes de ces compagnies sont:

- Demag - Elektro - métallurgie, Duisburg/R.F. d'Allemagne
- Elkem a/s Engineering Division, Oslo/Norvège
- Krupp, Rheinhausen/R.F. d'Allemagne
- Fesil, Oslo/Norvège

Les compagnies Elkem et Demag ont fourni des estimés des fours et équipements connexes du projet. Les estimés de la compagnie Elkem étant plus bas que ceux de Demag, ils ont donc été la base du calcul des coûts de projet.

Les fours produits par la compagnie Elkem varient de 2.5 MVA à 96 MVA.

Pour la production du FeSi 75%, le choix d'acquérir 2 fours de 35 MW chacun est basé sur le fait qu'un four gigantesque de 70 MW ne semble pas avoir été bâti au préalable d'une part, et d'autre part, deux fours pourront être fixés à différentes concentrations de FeSi si désiré, soit un four à 50% de Si et l'autre à 80% de Si.

6. ESTIMATION DES COÛTS

A) Préparation du terrain, nivellement et mur d'enceinte

Tel que mentionné préalablement, un coût de \$3 par m<sup>2</sup> serait requis à cette fin. Le coût total s'établirait comme suit:

$$\$3 \times 150,000 \text{ m}^2 = \$450,000$$

B) Équipement et machineries

L'équipement pour deux fours de 35 MW chacun<sup>1</sup> et un four de 20 MW inclut ce qui suit:

- a) manutention de matières premières, station de pesée, transport;
- b) fours et équipements périphériques, grues d'électrodes et supports de suspension, protecteurs de fumée, équipements de chargement;
- c) coulée des alliages et manutention, équipements de coulée, creusets;
- d) installations électriques, distribution au four, capaciteurs, transformateurs des fours, équipements de régularisation et de contrôle;
- e) système de refroidissement d'eau du four, traitement des gaz par système d'eau;
- f) équipement de traitement des gaz, traitement des gaz bruts, traitement des gaz propres, équipement d'analyse et de contrôle;
- g) systèmes d'électrodes;
- h) atelier de préparation des électrodes;

---

<sup>1</sup>. Source: La compagnie Elkem, Norvège.

i) en outre, ces fours comprennent un moyen de manutention des matières premières, de leur dépôt à la fournaise;

un tableau d'instrumentation du four contrôlé par ordinateur,  
un système d'électrodes,  
un chargement de four par contenants et chutes,  
une facilité de coulée complète,  
filtres de gaz et autres équipements;

j) pièces de rechange.

Le total approximatif pour 2 fours de 35 MW chacun et d'un four de 20 MW serait de \$16 millions.<sup>1</sup>

A cela, il a lieu d'ajouter le coût d'autres équipements non-inclus, soit:

- grues pour entreposage, manutention et préparation du coke, charbon de bois, mitraille de fer.....\$	350,000
grues et convoyeur pour quartz....\$	300,000
broyeur de quartz.....\$	200,000
poste d'arrivée haute tension transformation et distribution du courant électrique.....\$	250,000
tour d'eau pour la distribution...\$	100,000
équipement mécanique et électrique pour l'entretien de l'usine.....\$	250,000
équipement d'atelier pour l'entretien et la réparation de l'équipement roulant.....\$	250,000
équipement de laboratoire.....\$	200,000

---

<sup>1</sup>. Source: Elkem, Norvège.

quatre unités mobiles de chargement à l'usine d'une capacité d'une tonne chacune.....\$	100,000
divers autres équipements.....\$	<u>175,000</u>
TOTAL	\$ 2,175,000

Le coût total de l'équipement de l'usine monterait donc à \$18,175,000.

A ce coût, il y a lieu d'ajouter les frais de transport maritime et d'assurances qui s'élèveront à près de 10% du coût de l'équipement et cela par groupement de chargement en deux ou trois lots.

Le coût total C.A.F. reviendrait donc à \$19,992,500. soit \$20 millions.

Aucun frais de douane ne serait prélevé étant donné que l'équipement serait en franchise de douane.

Les termes de paiement sont supposés être de 25% à la commande par lettre de crédit irrévocable, et de 75% sur expédition de l'équipement. A cela, il faudrait ajouter \$500,000 de fournitures locales soit un total de \$20.5 millions.

C) Installation de l'équipement

L'installation et le montage de l'équipement sont estimés à 25% du coût total de l'équipement, soit:

$$\$20.5 \text{ millions} \times 25\% = \$5,125,000$$

Ce coût est global et devrait être offert par le fournisseur de l'équipement et s'entend en \$ de janvier 1983; il est donc sujet à un % d'escalade supplémentaire pour les années futures.

Ce montant est supposé être versé à la mise en marche de l'usine.

D) Ingénierie

Ce coût fournit par la compagnie Elkem comprend:

- a) pour l'équipement fournit par la compagnie, dessins et détails nécessaires au dessin, spécifications des équipements;

- b) pour le reste de l'équipement
  - données de base
  - dessins nécessaires à l'installation;
- c) diagrammes électriques principaux;
- d) diagrammes hydrauliques principaux;
- e) données sur les gaz et effluents dégagés;
- f) spécifications sur l'atelier de préparation des électrodes;
- g) détails des fondations, disposition des constructions et dessins, élévation du sol, chargement et points de raccord électrique et autres services;
- h) licence, technologies et droits;

pour un montant global de \$2 millions.

Etant donné que ce projet sera entrepris par une compagnie étrangère ayant déjà la technologie, il y a lieu de réduire le coût de la licence et des droits d'un montant forfaitaire estimé à \$500,000.

Par conséquent, le coût de l'ingénierie sera de \$1.5 million.

E) Génie civil

Ce coût est estimé à près de 32% du coût de l'équipement et de l'installation. Ce pourcentage est une approximation dans le domaine des industries comparables.

Ce coût s'élèverait donc à

$$\$25,625,000 \times 32\% = \$8,200,000$$

+ 15 habitations pour les dirigeants des postes clés de l'usine, soit: 15 x \$15,000.	= \$ 225,000
+ 60 chambres modestes sur le site des réserves de quartz pour hébergement des conducteurs 60 x \$5000	= 300,000
TOTAL	<u>\$ 8,725,000</u>

F) Equipement roulant

Ceci représente exclusivement les camions, les camions-remorques et les tracteurs de chargement du site des réserves de quartz.

Il est à noter que le projet devrait avoir l'équipement nécessaire à cette opération sinon l'approvisionnement peut devenir hasardeux et mettre en péril le projet.

Toutefois, cette opération peut être considérée comme une opération à un centre de profit indépendant du projet même.

Les coûts d'investissement et de remplacement doivent faire partie du coût total des investissements requis pour ce projet. Cette flotte se compose donc de:

- 50 camions de 10 tonnes, 6 roues et pièces de rechange.  
Coût C.A.F. = \$35,000 x 50 = \$1,750,000
- 2 camions-remorques et pièces de rechange.  
Coût C.A.F. = \$35,000 x 2 = 70,000
- 3 tracteurs chargeurs et pièces de rechange.  
Coût C.A.F. = \$50,000 x 3 = 150,000  
\$1,970,000

Il est à noter que pour la 1ère année on n'aura besoin que de 28 camions, 2 camions-remorques et 3 tracteurs et ceci en raison de la capacité réduite de production durant les 3 premières années. Toutefois, on suppose que l'acquisition de tous les camions s'effectuera en un fois et ceci afin d'obtenir un prix de gros, d'accumuler les stocks de quartz nécessaires d'un mois et de familiariser les chauffeurs de camion à la route. Par conséquent, la première année on pourra faire rouler toute la flotte pour 219 jours au lieu de 365, et par la suite augmenter le nombre de jours de livraison du quartz.

G) Equipement de bureau

Il y a lieu de prévoir près de 30 bureaux, 30 unités de classement, 60 chaises, 10 dactylos, 10 calculatrices, 2 photocopieurs, 2 machines Gestetner, 40 unités de téléphone, intercom et divers autres équipements nécessaires aux secteurs administratif, des ventes, et de la gérance de l'usine. L'importation de ces équipements est prévue. Le coût total de ces équipements de bureau est estimé à \$200,000.

H) Dépenses pré-opérationnelles n'incluant pas la mise en marche)

Ces coûts comprennent ce qui suit:

- étude de pré-investissement	\$ 100,000
- analyse du sol et des réserves	200,000
- supervision et coordination de l'implantation	100,000
- recrutement et entraînement	250,000
- divers autres frais (légaux, comptables, promotionels, etc.)	200,000
	<u>\$ 850,000.</u>

I) Réserves pour contingences

Une réserve pour les contingences de 10% sur l'ensemble de l'équipement, le coût de son installation, la préparation du terrain et le génie civil, les véhicules roulants et l'équipement de bureau permet de parer à toutes autres dépenses imprévues. Cette contingence ne couvre que les imprévus des quantités physiques et ne représente nullement un taux d'escalade pour couvrir toute hausse de coût inflationniste. Il est entendu que les coûts exposés ci-haut sont pour février 1983. Tout délai substantiel occasionnerait des coûts supplémentaires d'escalade. Cela n'est pas inclus et devrait porter un ajustement en considérant la période attendue et l'effet de l'inflation durant cette période. La réserve de contingence s'appliquerait aux composantes suivantes:

Coût de préparation du terrain	= \$ 450,000
Coût de l'équipement	= \$20,500,000
Coût de l'installation	= \$ 5,125,000
Coût de l'équipement de bureau	= \$ 200,000
Coût de génie civil	= \$ 8,725,000
Coût de l'équipement roulant	= \$ 1,970,000

## CHAPITRE VI

### ORGANISATION DE L'USINE, FRAIS GÉNÉRAUX ET CALENDRIER DE MISE EN OEUVRE

Bien que l'usine produira le FeSi 75% de Si et le métal silicium 98% de Si, les deux lignes de production utiliseront des facilités communes. En raison de cela, il serait quelque peu difficile spécialement à ce stade de l'étude d'allouer des coûts qui sont conjoints et qui desservent les deux lignes de production.

C'est pour cela que le projet sera considéré comme une seule unité de production, à un seul centre de profit, en tenant compte que les deux produits sont similaires.

#### Entretien et réparations

L'entretien et les réparations sont estimés à 3% de l'équipement de l'usine et du génie civil et couvrent seulement les pièces de rechange excluant la main d'oeuvre qui elle est incluse au chapitre VII intitulé Main d'oeuvre.

Quant à l'équipement roulant, il est de 20% à cause de l'usure considérable due aux conditions de la route et au climat.

#### Frais généraux de fabrication

Les frais généraux tels que location du terrain, communications, voyages, services sociaux, fournitures de laboratoire, assurances, etc. sont estimés à 3% du coût de fabrication de l'usine.

#### Frais généraux de vente et d'administration

Tels qu'énumérés préalablement, les frais généraux de vente sont estimés à 3% des ventes totales (voir tableau 22) et les frais administratifs tels que fournitures de bureau, transport, loyers, redevances, etc. à 3% du coût de fabrication.

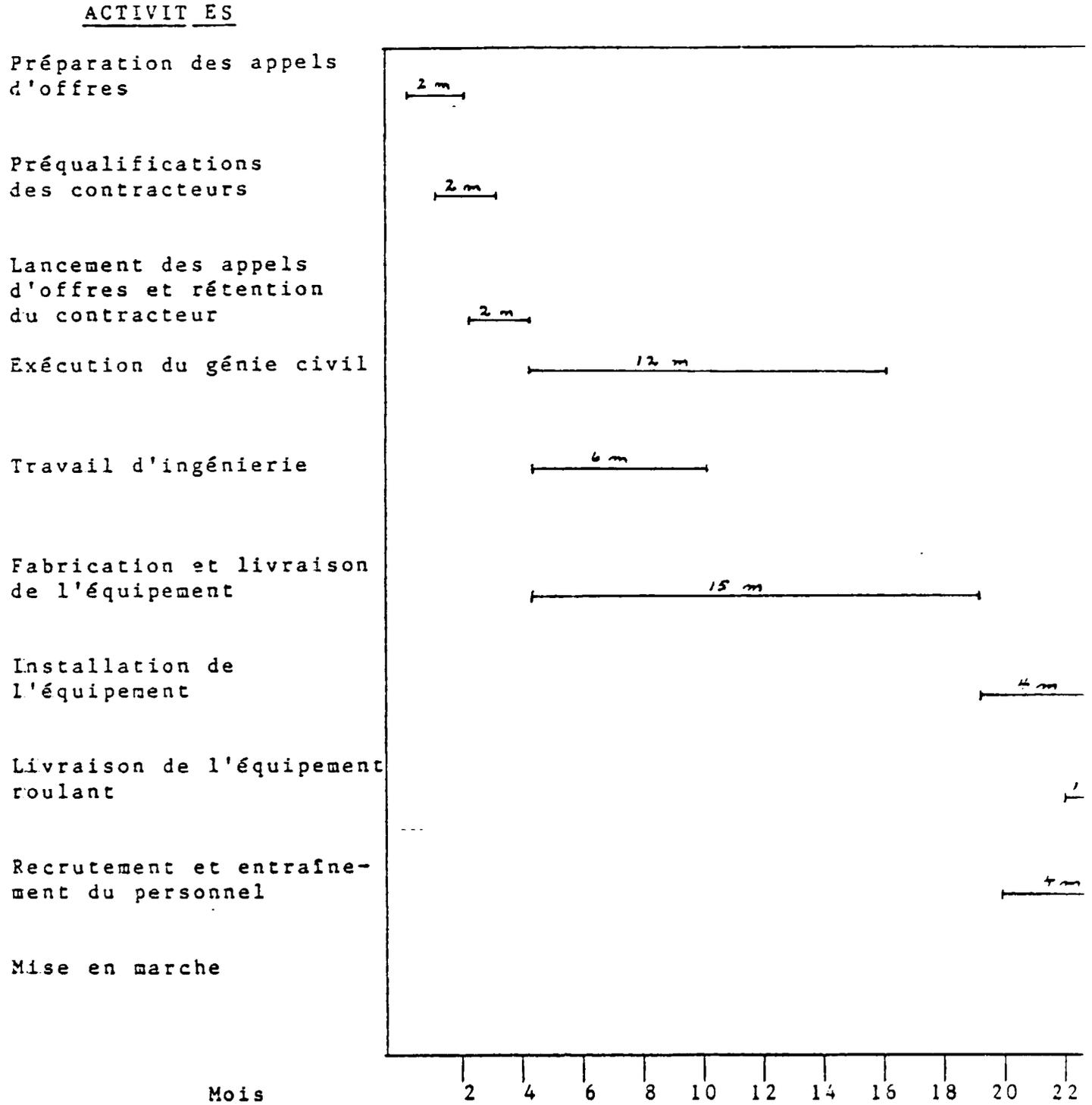
#### Calendrier de mise en oeuvre

Ce projet est conditionnel à la présence de réserves de quartz suffisantes pour une période de 30 années pour les besoins propres de l'usine. De même, la qualité du quartz doit être conforme aux spécifications exigées.

Conséquemment, le calendrier de mise en oeuvre s'établit comme au tableau 25 et ce à partir du jour où le projet sera agréé par le gouvernement, que la constitution de la compagnie soit formelle et que le financement soit aligné.

TABLERAU 23

Calendrier de mise en oeuvre



CHAPITRE VII

MAIN D'OEUVRE

Le tableau 26 représente le personnel nécessaire à la bonne marche de l'usine et les salaires prévus.

TABLEAU 26

Personnel de l'usine

	Nombre	Coût	Coût total
	Expatriés	homme/mois	annuel
	Locaux	\$	en \$ ('000)
<u>Personnel de l'usine</u>			
Directeur de production	1	5,000	60.
Assistant directeur de production	1	4,000	48.
Directeurs des opérations des fours	8	750	72.
Opérateurs des fours	12	400	57.6
Opérateurs de grues	12	300	43.2
Ouvriers de chargement	12	200	28.8
Opérateurs de soudure des électrodes	12	400	57.6
Electriciens des fours et équipements	10	400	48.0
Mécaniciens des fours et équipements	10	400	48.0
Opérateurs de coulée	12	400	57.6
Opérateurs de conduite diesel	12	400	57.6
Ouvriers pour matière réfractaire	10	300	36.0
Opérateurs de la station de nettoyage des gaz	10	300	36.0
Opérateurs de la station de gaz comprimé	10	300	36.0
Magasiniers des alliages	10	300	36.0
Analystes de laboratoire	10	500	60.0
Divers ouvriers pour travaux généraux et emballage	20	200	48.0
Gardiens d'usine	10	200	24.0
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	2	180	\$854.4

Les taux mensuels ci-haut énumérés incluent 25% pour les avantages sociaux.

D'autre part, un programme d'entraînement à l'étranger et localement est prévu afin de familiariser le personnel des postes importants à comprendre et manoeuvrer l'équipement. Ce programme s'échelonnnera sur une période de 4 mois et coûtera \$250,000.

Le personnel sera recruté localement à l'exception du directeur de production et son assistant.

Le tableau 27 présente le personnel administratif et de vente.

TABLEAU 27

Personnel administratif et de vente et salaires prévus

	Nombre		Coût homme/mois \$	Coût total annuel en \$( '000)
	Expatriés	Locaux		
<u>Personnel administratif et de vente</u>				
Directeur général	1		6,000	72.
Assistant directeur général	1		5,000	60.
Directeur administratif		1	750	9.
Assistants administratifs		5	600	36.
Directeur des ventes	1		5,000	60.
Assistant directeur des ventes	1		4,000	48.
Commis de vente		3	500	18.
Secrétaires/dactylos		8	400	38.4
Chef comptable		1	700	9.
Assistants comptables		6	400	28.8
	4	24		379.2

Soit \$234,000 pour les salaires administratifs et \$145,200 pour les salaires de vente soit un grand total de \$379,200.

Le personnel sera recruté localement à l'exception du directeur général, et de celui des ventes et leurs assistants.

Les taux des salaires ci-haut énumérées incluent les avantages sociaux qui montent à 25% du salaire de base.

De plus, le personnel clé de 15 postes soit 6 expatriés et 9 locaux, auront droit aux habitations fournies par l'usine à même son site.

D'autre part, il y a lieu de considérer que le transport du quartz nécessitera un personnel oeuvrant sur la base de 9.6 heures de travail par jour par chauffeur de camion.

Ceci nécessitera 43 camions de 10 tonnes.

Etant donné la distance de 240 km à 25 km/h, cela nécessitera 9.6 heures pour un voyage dans une direction soit le travail d'une journée d'un conducteur où il pourra se reposer jusqu'au lendemain.

Le retour s'effectuera avec un autre chauffeur qui sera arrivé la veille. Et ainsi, un relais continu assurera la continuité de l'opération.

Soixante chambres modestes au site des réserves de quartz assureront un gîte de repos pour les conducteurs en relais.

Nombre de conducteurs de camion journaliers à aller	= 43
Nombre de conducteurs de camion journaliers au retour	= 43
	<u>86</u>

Les 86 chauffeurs sont nécessaires pour 5 jours ouvrables. Pour 7 jours ouvrables, cela nécessitera  $(86/5) \times 7 = 121$  chauffeurs de camion. Considérant les congés annuels, maladie et autres pour les chauffeurs, cela exigera donc  $121 + 17\% = 142$  chauffeurs de camion.

D'autre part, deux tracteurs de chargement et deux camions-remorques seront en continuelle opération et ceci représente donc 12 opérateurs journaliers.

Suivant le même exercice précédant pour tenir compte des 7 jours de la semaine et des autres facteurs, ceci reviendrait à:

$[(12/5) \times 7] + 17\% = 20$  opérateurs de tracteurs et camions-remorques

L'opération exigera aussi des superviseurs à chaque terminal soit 6 journaliers. Suivant le même exercice, le nombre total de surveillants serait de 10.

L'entretien et les réparations de l'équipement roulant nécessiteront 15 mécaniciens à tous les 24 heures. Ceci veut dire que 15 mécaniciens tous les 24 heures auront à entretenir et réparer 43 camions soit en moyenne

2.8 heures de travail pour chaque camion par jour. Suivant le même exercice, le total de mécaniciens d'élèverait à 24 mécaniciens.

Finalement, 10 opérateurs de dynamitages des mines de quartz seront prévus.

Les salaires des chauffeurs de camion, de camion-remorque, des opérateurs de tracteur de chargement, des mécaniciens et des opérateurs de dynamitage incluent 25% d'avantages sociaux.

Le tableau 28 récapitule le personnel nécessaire à l'opération excavation et transport du quartz.

TABLEAU 28

Personnel affecté à l'opération excavation et transport du quartz

	Nombre	Coût homme/mois \$	Coût total annuel en \$('000)
Chauffeurs de camion 10 tonnes	142	474	809
Opérateurs de tracteur de chargement et de camion-remorque	20	475	114
Surveillants de l'opération transport	10	475	57
Mécaniciens de véhicule roulant	24	500	144
Opérateurs de l'opération dynamitage du quartz	<u>10</u>	500	<u>60</u>
	196		\$1184

Soit un total de \$1,184,000 et ceci inclut 25% d'avantages sociaux.

Tout le personnel sera recruté localement. Toutefois un programme de formation pour les mécaniciens et un autre de familiarisation pour les chauffeurs de camions sont prévus.

CHAPITRE VIII

EVALUATION FINANCIÈRE ET ÉCONOMIQUE

1. COÛT DU PROJET

Le coût total du projet pour une usine produisant 60,000 tonnes/an de FeSi 75% de Si et de 11,000 T/an de métal silicium 98% de Si s'élèverait à \$49,074,000 tel que présenté au tableau 29.

TABLEAU 29

Coût total du projet de FeSi 75% de Si  
et de métal silicium 98% de Si  
en \$('000)

	Appendice	Année I Total	Année II Total	Grand Total
<u>A-Immobilisation</u>				
1. Terrain	I	-	-	-
2. Préparation du terrain	I	450	-	450
3. Génie civil (structure)	II	4362	4363	8725
4. Coût d'ingénierie	III	750	750	1500
5. Coût de l'équip. & machinerie	III	5125	15375	20500
6. Coût de montage & installation	III	-	5125	5125
7. Coût de l'équip. roulant	III	-	1970	1970
8. Coût de l'équipement de bureaux	IV	-	200	200
9. Réserves, contingences	V	994	2703	3697
Sous-total		11681	30486	42167
<u>B-Dépenses préopérationnelles</u>	VI	300	3135	3435
<u>C-Fond de roulement</u>	VII	-	3472	3472
Total		11981	37093	49074

Les investissements requis la première année montent à \$11,981,000 et la deuxième à \$37,093,000.

Les composantes de ces coûts sont présentées aux appendices indiqués au tableau 29.

## 2. FINANCEMENT DU PROJET

Le financement proposé du projet (immobilisation et dépenses pré-opérationnelles) serait à base de près de 50% de capital social et le reste par emprunt. Une ligne de crédit ou découvert bancaire sera prévue pour financer le fond de roulement.

Ce financement s'établit donc comme présenté au tableau 30.

TABLEAU 30

Financement du projet en \$('000)

	Année 1	Année 2	Total
Capital social	11,981	11,093	23,074
Emprunt	-	22,600	22,600
Ligne de crédit	-	<u>3,400</u>	<u>3,400</u>
Total	11,981	37,093	49,074

Les termes de l'emprunt qui est supposé être avancé par des banques étrangères s'établissent comme suit:

- taux d'intérêt 11% (taux préférentiel présent aux Etats-Unis d'Amérique);
- période de grâce de 3 ans à partir de la première année de production;
- période de remboursement de 5 ans.

La ligne de crédit financera le fond de roulement nécessaire à l'usine. L'augmentation du fond de roulement durant les premières années de production sera financée à même l'augmentation du "cash flow" du projet.

Cette ligne de crédit portera le même taux d'intérêt que l'emprunt et sera remboursée une fois le remboursement de l'emprunt terminé.

Le capital social est supposé être la contribution de l'investisseur (ou des investisseurs) étrangers et sera donc financé en devises.

### 3. HYPOTHÈSES DE BASE

En vue de l'évaluation financière et économique du projet, les hypothèses suivantes ont été faites:

- a) le projet sera implanté à Boma qui fait partie de la zone franche d'Inga et jouira des facilités légales et fiscales soit l'exonération de toutes taxes pour matériaux, équipement et produits importés.
- b) la capacité de l'usine sera de 60,000 tonnes/an de FeSi 75% et de 11,000 tonnes/an de métal silicium 98% de Si. La production s'établira comme suit durant la première, la deuxième, la troisième et la quatrième années de production:

	<u>Année 1</u>	<u>Année 2</u>	<u>Année 3</u>	<u>Année 4</u>
FeSi 75% de Si	36,000 T.	45,000 T.	54,000 T.	60,000 T.
Métal silicium 98% de Si	6,600 T.	8,250 T.	9,900 T.	11,000 T.

Programme de production:

60%                      75%                      90%                      100%

- c) la vie économique du projet sera de 15 ans et nécessitera de plus deux ans de construction. La valeur résiduelle de l'usine après 15 ans sera de \$2,285,000 et le fond de roulement sera de \$12,938,000.
- d) l'usine fonctionnera 350 jours l'an pendant 4 ans et la 5ième année 320 jours seulement, soit un arrêt de 30 jours supplémentaires pour les changements des réfractaires. La moyenne sera de 344 j/an ou 8,256 h/an.
- e) le prix de vente de la tonne de FeSi 75% sera de \$700 tandis que pour le métal silicium 98% il sera de \$900 la tonne et ceci sur la base F.A.B. Boma. Si l'on ajoute \$40 de transport maritime qui sera pris en charge par l'acheteur européen, le prix montera à \$740 et \$940 respectivement la tonne et ceci est un prix très compétitif avec les prix européens et nord-américains.

- f) les prix de vente et le coût de production des matières premières soit les deux côtés de l'équation sont en \$ constants durant toute la vie du projet et ne tiennent pas compte de l'inflation.
- g) les bénéfices de la compagnie sont exempts d'impôts de la première à la 6ème année de production mais de la 7ème à la 15ème, ils seront de 50% du taux normal estimé à 50% sur les bénéfices.
- h) des dividendes de 10% du capital social seront déclarés à partir de la 3ème année et pourront être versés aux investisseurs et ce à partir de la 4ème année de production soit une année après que le remboursement de l'emprunt aura débuté.
- i) le coût de l'électricité est basé sur \$8 le MW.
- j) un emprunt financera près de 50% du coût du projet tandis qu'une ligne de crédit financera le fond de roulement.

#### 4. RÉSULTAT DE L'ÉVALUATION FINANCIÈRE

Les projections financières ont été faites sur une durée de 17 ans et sont présentées aux annexes I à V. De ces projections il résulte ce qui suit:

##### A. Méthodes simples d'évaluation financière

- a) la marge de profits bruts aux ventes totales se situe entre 5% à partir de la première année de production à 26% pour la 9ème année et les années suivantes (annexe II). Ceci indique une bonne productivité d'usine.
- b) la marge de profits nets aux ventes totales se situe entre 5% à partir de la deuxième année de production à 19% pour la 8ème année et les subséquentes, ce qui représente une bonne marge de profit (annexe II).
- c) le retour sur capital investi se situe entre 7% à partir de la deuxième année de production à 44% pour la 9ème année et les années subséquentes (annexe II). Ce taux est très favorable aux investisseurs.

- d) la période de recouvrement est de 6 ans incluant la période de construction. Si l'on élimine la période de construction, elle s'élèverait à 4 ans (annexe VI).

Cette période est assez courte considérant l'ampleur du projet et milite fortement en sa faveur.

- e) le seuil de rentabilité se situe à 48% de la capacité totale (annexe VII). Ceci favorise fortement le projet.

#### B. Méthodes actualisées

Le taux de rendement interne se situe au delà de 29% soit 29.6% (annexe V).

Ce taux qui tient compte de la valeur actualisée justifie largement ce projet.

De tous les taux présentés préalablement, il s'avère que le projet est très rentable financièrement et se justifie largement.

### 5. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

D'autre part, si le coût d'exploitation augmente de 10%, le capital investi devra être augmenté de près de \$950,000 et cela afin de couvrir les pertes initiales et parer à une augmentation de fond de roulement requis (annexes IX, X, XI). Ceci aurait aussi comme résultat d'amoinrir la rentabilité du projet aux proportions suivantes:

#### A) Méthodes simples d'évaluation financière

- a) La marge de profits bruts aux ventes totales se situera de 14% à 19% et ce pour la période de pleine production de l'année 6 et les années suivantes (voir annexe X). Ceci démontre que même à des coûts d'exploitation de 10% de plus que les coûts de base, la productivité de l'usine est maintenue.
- b) La marge de profits nets aux ventes totales est de 14% à pleine capacité ce qui représente encore un marge de profit acceptable (voir annexe X).

- c) Le retour sur capital investi se situe à 32% quand l'usine atteindra sa pleine capacité soit à l'année 6 et les années suivantes (voir annexe X). Ce taux est encore très favorable aux investisseurs.
- d) La période de recouvrement est de 6 ans 11 mois incluant la période de construction. Si l'on élimine la période de construction, elle s'élève à 4 ans 11 mois.

B) Méthodes actualisées

Avec un coût d'exploitation de 10% supérieur au cas de base, le taux de rentabilité interne baisserait à 20.9%, ce qui justifierait encore largement le projet (annexe XI).

Il est à noter que cette rentabilité découle des trois facteurs suivants:

- le coût moyen de l'électricité industrielle au Canada s'élève à près de \$20 le MW en considérant que le Canada est l'un des pays où l'électricité est la moins chère et ceci en raison des complexes hydro-électriques des plus grands au monde où l'électricité produite est très bon marché. On peut estimer le coût moyen de l'électricité dans d'autres pays du monde à \$25 le MW. Le Zaïre offre donc un avantage compétitif de \$17 le MW ce qui représente une économie de plus de \$153 la tonne de FeSi 75% et de \$255 la tonne de métal silicium;
- le coût de la main d'oeuvre est beaucoup moins cher au Zaïre que dans les pays industrialisés, ceci représente une économie substantielle dans les coûts de production. La moyenne des salaires utilisée dans l'étude s'élève à:

\$2,417,600. ÷ 406 employés = \$5955/an

tandis que les salaires dans les pays industrialisés totalisent au moins 3 fois ce salaire moyen même en tenant compte de la productivité.

L'économie des coûts de la main-d'oeuvre pour la production moyenne d'une tonne serait donc:

$(\$2,417,600 \times 2) \div 71,000 \text{ t.} = \$68/\text{T.}$

- l'exonération totale de l'impôt corporatif pour les 6 premières années et partielle pour le reste de la vie du projet donne un avantage compétitif très important au projet.

Les effets des trois facteurs ci-haut énumérés rendent ce projet très viable même en tenant compte du coût de transport maritime des matières premières et du produit fini.

#### 6. ÉLÉMENTS CRITIQUES DU PROJET

Les éléments critiques dans la survie de ce projet sont:

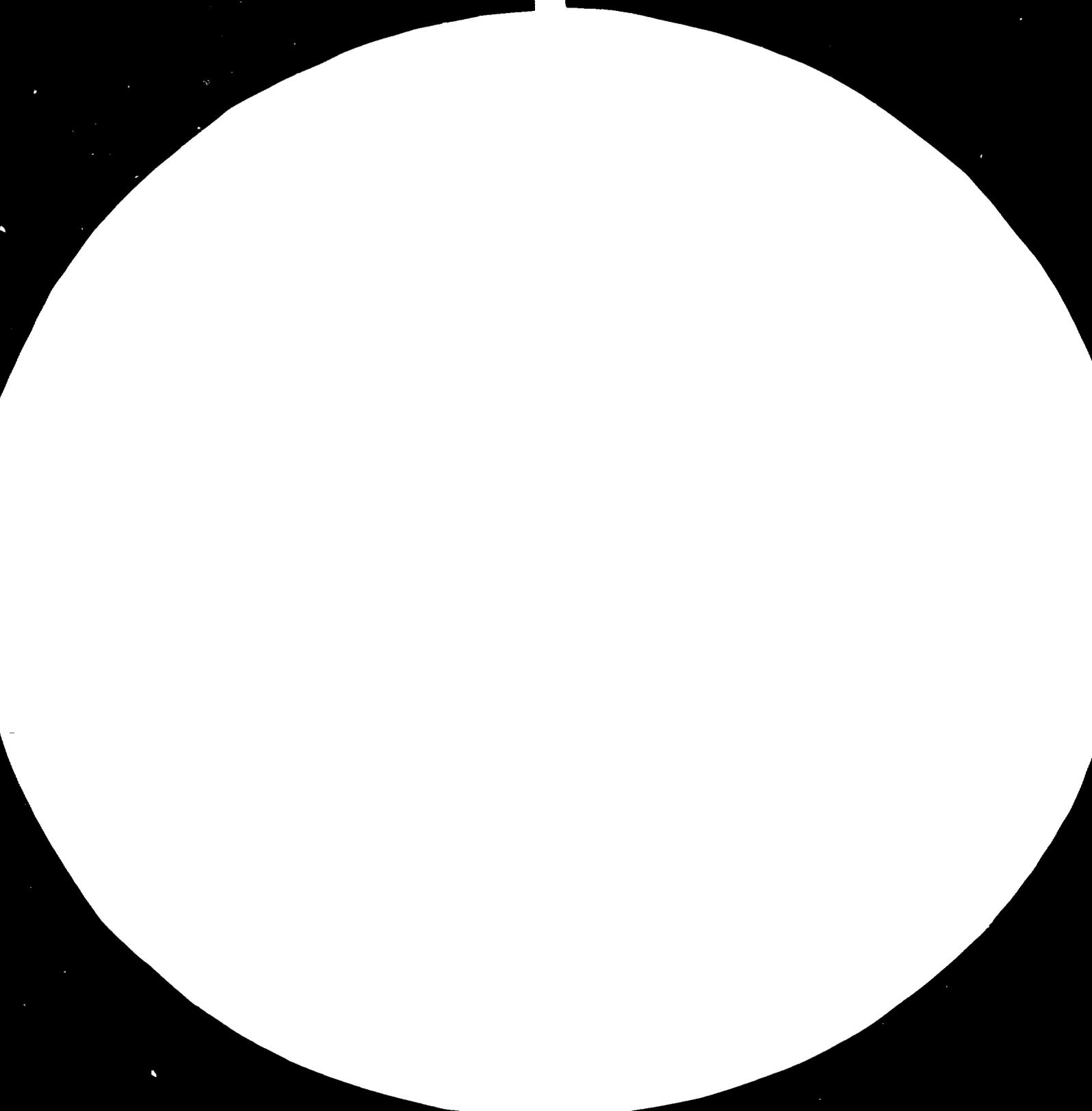
- la disponibilité continue des matières premières importées (coke, charbon de bois, mitraille de fer, carburant et électrodes);
- le coût de l'affrètement maritime qui doit être minimisé et ce par des voyages nolisés mensuel de bateaux de 12,000 tonnes et ce dans les deux directions;
- les grandes précautions de sécurité quant à l'emballage, à l'entreposage et à l'affrètement maritime du FeSi 75%;
- l'accès à un port maritime pour l'acheminement des matières premières et produits finis;
- des installations d'entretien et une main d'oeuvre efficace pour les réparations des véhicules roulants afin de s'assurer de l'approvisionnement du quartz.

#### 7. RÉSULTAT DE L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

Etant donné que le projet sera entrepris par des investisseurs étrangers et assujetti aux règlements de la zone franche d'Inga et que le produit fini en sa totalité sera exporté, les retombées économiques de ce projet seront limitées à:

##### a) la création d'emploi

Ce projet générera 400 nouveaux emplois locaux et ceci aidera à diminuer le chômage au pays.





2.8 2.5



When you are looking at a resolution test chart, the number of lines per inch that you can just barely resolve is the resolution of your system. In this case, the resolution is 1.5 lines per inch.

La création de chaque emploi nécessitera un investissement de \$122,685.

La somme totale des rémunérations de la main-d'oeuvre locale montera à \$2,069,600 (annexe VIII-A).

b) Rentrée nette de devises

L'implantation de l'usine proposée créera des rentrées nettes de devises de l'ordre de \$26,940,000. Toutefois, ces rentrées pourront être réexportables au bénéfice de l'investisseur et limiteront donc les effets économiques qui pourraient profiter au Zaïre (annexe VIII-B).

c) la valeur locale ajoutée

La valeur locale ajoutée à la 9ème année de production montera à \$19,891,000 (annexe VIII-C).

d) la valeur locale ajoutée aux revenus totaux

La valeur locale ajoutée pour produire et vendre à la 9ème année de production représente 38% du prix total (annexe VIII-D).

En d'autres mots, du prix de vente de \$700 la tonne de FeSi et de \$900/T. de métal silicium, 38% seront des intrants locaux et 62% des intrants importés. Ceci représente un bon pourcentage qui bénéficiera à l'économie nationale du Zaïre.

e) la valeur ajoutée au coût total d'investissement

A la 9ème année de production, la valeur ajoutée sera de 41% du total des investissements (annexe VIII-E).

f) la productivité de la main d'oeuvre

A la 9ème année de production chaque nouvel emploi local développera une valeur ajoutée au montant de \$49,728 (annexe VIII-F).

Des résultats a) à e), il s'avère que ce projet sera très bénéfique à l'économie nationale du Zaïre non seulement par ses effets directs mais aussi par ses effets multiplicateurs. Ses facteurs d'entraînement amplifieront les retombées économiques de façon à accélérer le développement industriel au Zaïre, par l'utilisation de grandes quantités d'électricité

et rentabiliseront ainsi les installations hydro-électriques d'Inga I et II, permettront la création de 400 nouveaux emplois directs et locaux, la valorisation des matières premières locales utilisées dans le projet, soit le quartz, le charbon de bois et le bois d'emballage ainsi que la création d'une multitude d'activités activant l'économie nationale du Zaïre.

ANNEXES ET APPENDICES

ANNEXE I  
ESTIME DES COÛTS DE PRODUCTION ANNUELLE EN \$('000)

Année	Construction	Mise en route					Pleno capacité											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>MATIERES PREMIERES ET FACTEURS PRODUCTION</b>	<b>Référence</b>																	
Carburant pour transport du quartz	Tableau 24	-	-	750	938	1125	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Explosifs pour excavation	Tableau 24	-	-	300	375	450	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Coke	Tableau 24	-	-	4320	5400	6480	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
Charbon de bois	Tableau 24	-	-	2811	3514	4217	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686
Mitraille de fer	Tableau 24	-	-	1134	1418	1701	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890
Electrodes Södenberg	Tableau 24	-	-	1388	1736	2083	2314	2314	2314	2314	2314	2314	2314	2314	2314	2314	2314	2314
Electrodes de carbone	Tableau 24	-	-	1046	1308	1570	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744
Caisses d'emballage	Tableau 24	-	-	1800	2250	2700	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Electricité	Tableau 24	-	-	3384	4230	5076	5640	5640	5640	5640	5640	5640	5640	5640	5640	5640	5640	5640
Main d'oeuvre	Tableaux 26 et 28	-	-	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039	2039
Entretien & réparation	App. VIII	-	-	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431	1431
Frais généraux de fabrication	App. VIII	-	-	612	739	866	951	951	951	951	951	951	951	951	951	951	951	951
<b>= COÛT DE FABRICATION</b>		-	-	21015	25378	29738	32645	32645	32645	32645	32645	32645	32645	32645	32645	32645	32645	32645
Frais administratifs	App. VIII			865	995	1126	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213	1213
Frais de vente	App. VIII			1079	1313	1546	1702	1702	1702	1702	1702	1702	1702	1702	1702	1702	1702	1702
<b>= COÛT D'EXPLOITATION</b>				22959	27686	32410	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560
Coût financier	App. IX			2860	2860	2860	2310	1760	1210	660	374	-	-	-	-	-	-	
Amortissement	App. X			3624	3624	3624	3624	3624	2938	2938	2938	2938	2938	2938	2938	2938	2938	
<b>COÛT TOTAUX DE PRODUCTION</b>				29443	34170	38894	41494	40944	39708	39158	38872	38498	38498	38498	38498	38498	38498	

ANNEXE II  
ÉTAT DES PROFITS ET PERTES ET RATIOS DE RENTABILITÉ EN \$(000)

Année	Construction		Mise en route					Plaine capacité									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Production FeSi 75% Si en tonnes	-	-	36000	45000	54000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Production métal silicium 98% Si en T.	-	-	6600	8250	9900	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000
Ventes FeSi @ \$700 T.	-	-	25200	31500	37800	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000
Ventes métal silicium @ \$900 T.	-	-	5940	7425	8910	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900
= VENTE TOTALE	-	-	31140	38925	46710	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900
- Coût de la production	-	-	29443	34170	38894	41494	40944	39708	39158	38872	38498	38498	38498	38498	38498	38498	38498
= BÉNÉFICES BRUTS IMPOSABLES	-	-	1697	4755	7816	10406	10956	12192	12742	13028	13402	13402	13402	13402	13402	13402	13402
- Impôt @ 25%	-	-	-	-	-	-	-	-	3186	3257	3351	3351	3351	3351	3351	3351	3351
= BÉNÉFICES NETS	-	-	1697	4755	7816	10406	10956	12192	9556	9771	10051	10051	10051	10051	10051	10051	10051
- Dividendes: 10% du capital	-	-	-	-	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307
= BÉNÉFICES NON DISTRIBUÉS	-	-	1697	4755	5509	8099	8649	9885	7249	7464	7744	7744	7744	7744	7744	7744	7744
BÉNÉFICES ACCUMULÉS	-	-	1697	6452	11961	20060	28709	38594	45843	53307	61051	68795	76539	84283	92027	99771	107515
<u>RATIOS</u>																	
Bénéfices bruts: Vente (%)	-	-	5	12	17	20	21	23	25	25	26	26	26	26	26	26	26
Bénéfices nets: Vente (%)	-	-	5	12	17	20	21	23	18	19	19	19	19	19	19	19	19
Bénéfices nets: Capital social (%)	-	-	7	21	34	45	47	53	41	42	44	44	44	44	44	44	44

ANNEXE III  
 MOUVEMENT DE TRÉSORERIES (CASH FLOW) POUR LA PLANIFICATION FINANCIÈRE EN \$('000)

Année	Construction		Mise en route				Pléine capacité										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>A - RENTRÉE DES TRÉSORERIES</b>																	
Total des ressources financières	11981	37093	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventes totales	-	-	31140	38925	46710	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900
<b>Total</b>	<b>11981</b>	<b>37093</b>	<b>31140</b>	<b>38925</b>	<b>46710</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>	<b>51900</b>
<b>B - SORTIE DES TRÉSORERIES</b>																	
Acquisitions des actifs & remplacem.	10987	30918	-	-	1970	-	-	1970	-	-	1970	-	-	1970	-	-	-
Accroissement du fond de roulement	-	3472	5691	1787	1490	643	(45)	(45)	(24)	(31)	-	-	-	-	-	-	-
Coût d'exploitation	-	-	22959	27686	32410	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560
Intérêt sur emprunt	-	-	2486	2486	2486	1936	1386	836	286	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur ligne de crédit	-	-	374	374	374	374	374	374	374	374	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de l'emprunt	-	-	-	-	5000	5000	5000	5000	2600	-	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de la ligne de crédit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3400	-	-	-	-	-	-	-
Impôt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3186	3257	3351	3351	3351	3351	3351	3351
Dividendes	-	-	-	-	-	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307
<b>Total</b>	<b>10987</b>	<b>34390</b>	<b>31510</b>	<b>32333</b>	<b>43730</b>	<b>45820</b>	<b>44582</b>	<b>46002</b>	<b>41103</b>	<b>44796</b>	<b>43094</b>	<b>41218</b>	<b>41218</b>	<b>43188</b>	<b>41218</b>	<b>41218</b>	<b>41218</b>
Excédent (ou déficit)	994	2703	(370)	6592	2980	6080	7318	5898	10797	7104	8806	10682	10682	8712	10682	10682	10682
Solde de trésorerie accumulé	994	3697	3327	9919	12899	18979	26297	32195	42992	50096	58902	69584	80266	88978	99660	110342	121024

ANNEXE IV  
PROJECTION DU BILAN EN \$('000)

Année	Construction		Mise en route			Pléne capacité											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>A - ACTIF</b>																	
Solde de trésorerie	994	3697	3327	9919	12899	18979	26297	32195	42992	50096	58902	69584	80266	88978	99660	110342	121024
Actif circulant	-	3472	9163	10950	12440	13083	13038	12993	12969	12938	12938	12938	12938	12938	12938	12938	12938
Actif fixe, et remplacement et dépenses pré-opérationnelles	10987	41905	38281	34657	33003	29379	25755	24787	21849	18911	17943	15005	12067	11099	8161	5223	2285
<b>Total</b>	<b>11981</b>	<b>49074</b>	<b>50771</b>	<b>55526</b>	<b>58342</b>	<b>61441</b>	<b>65090</b>	<b>69975</b>	<b>77810</b>	<b>81945</b>	<b>89783</b>	<b>97527</b>	<b>105271</b>	<b>113015</b>	<b>120759</b>	<b>128503</b>	<b>136247</b>
<b>B - PASSIF</b>																	
Engagement courant (Dividendes & impôt)	-	-	-	-	2307	2307	2307	2307	5493	5564	5658	5658	5658	5658	5658	5658	5658
Emprunt	-	22600	22600	22600	17600	12600	7600	2600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligne de crédit	-	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital social	11981	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074	23074
Réserves	-	-	1697	6452	11961	20060	28709	38594	45843	53307	61051	68795	76539	84283	92027	99771	107515
<b>Total</b>	<b>11981</b>	<b>49074</b>	<b>50771</b>	<b>55526</b>	<b>58342</b>	<b>61441</b>	<b>65090</b>	<b>69975</b>	<b>77810</b>	<b>81945</b>	<b>89783</b>	<b>97527</b>	<b>105271</b>	<b>113015</b>	<b>120759</b>	<b>128503</b>	<b>136247</b>

**ANNEXE V**  
**CALCUL DE LA VALEUR ACTUALISÉE ET DU TAUX DE RENTABILITÉ INTERNE EN \$('000)**

Année	Construction		Mise en route						Plaine capacité									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	--
<b>A - RENTRÉE DES TRÉSORERIES</b>																		
Revenu de ventes	-	-	31140	38925	46710	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	-
Valeur résiduelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2285
Fond de roulement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12938
<b>Total</b>	-	-	31140	38925	46710	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	15223
<b>B - SORTIE DES TRÉSORERIES</b>																		
<b>1. Coût total des Investiss.</b>																		
Capital social	11981	11093	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de l'emprunt	-	-	-	-	5000	5000	5000	5000	2600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur l'emprunt	-	-	2486	2486	2486	1936	1386	836	286	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remb. ligne de crédit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3400	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur ligne de crédit	-	-	374	374	374	374	374	374	374	374	-	-	-	-	-	-	-	-
Remplacement des véhicules	-	-	-	-	1970	-	-	1970	-	-	1970	-	-	1970	-	-	-	-
<b>2. Coût d'exploitation</b>	-	-	22959	27636	32410	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	35560	-
<b>3. Impôt</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3186	3257	3351	3351	3351	3351	3351	3351	-
<b>Total</b>	11981	11093	25819	30546	42240	42870	42320	43740	38820	42520	40787	38911	38911	40881	38911	38911	38911	-
<b>= CASH FLOW NET</b>	(11981)	(11093)	5321	8379	4470	9030	9500	8160	13080	9380	11113	12909	12989	11019	12989	12989	12989	15223
Valeur actualisée @ 29%	(9285)	(6667)	2480	3025	1252	1960	1609	1061	1321	732	678	610	481	309	286	221	169	152 =39
Valeur Actualisée @ 30%	(9213)	(6567)	2421	2933	1202	1869	1523	1004	1230	685	622	559	429	275	260	195	156	152 = (26)

TAUX DE RENDEMENT INTERNE = 29.6%

ANNEXE VI

PÉRIODE DE RECOUVREMENT

C'est le temps nécessaire pour récupérer les dépenses initiales d'investissement grâce aux profits retirés du projet. Le profit s'entend bénéfice net plus frais financiers plus amortissement.

La durée de construction étant incluse, la période de recouvrement s'établirait comme suit:

Années	Profit en \$('000)	Solde des montants de l'investissement en \$('000)
1 ière année (construction)	-	11981
2 ième année (construction)	-	49074
3 ième année (production)	8181	40893
4 ième année (production)	11239	29654
5 ième année (production)	14300	15354
6 ième année (production)	16340	(986)
		= 5 ans et 343 jours soit 6 ans

ANNEXE VII

SEUIL DE RENTABILITÉ

Le seuil de rentabilité s'établit comme suit:

Coût de production fixe +  
(Revenus des ventes à pleine capacité - Coût de production variable)

à l'année 6; quand l'usine atteindra sa pleine capacité les coûts fixes et variables s'établissent comme suit:

	Coût Fixe en \$('000)	Coût Variable en \$('000)
Carburant	-	1250
Explosifs	-	500
Coke	-	7200
Charbon de bois	-	4686
Mitraille de fer	-	1890
Electrodes Södenberg	-	2314
Electrodes de carbone	-	1744
Caisses d'emballage	-	3000
Electricité	-	5640
Main d'oeuvre	2039	-
Entretien et réparation	-	1431
Frais généraux: [50% fixe et 50% variable]	476	475
Frais administratifs	1213	-
Frais de vente	-	1702
Coût financier	2310	-
Amortissement	3624	-
	-----	-----
Total	9662	31832

Le seuil de rentabilité s'établissait donc à:

$$\frac{\$9,662,000}{\$51,900,000 - \$31,832,000} = 48\% \text{ de la capacité totale}$$

ANNEXE VIII

EVALUATION DE LA CONTRIBUTION DU PROJET A L'ECONOMIE NATIONALE

A) Création d'emplois

Le projet créera le nombre suivant d'emplois pour des travailleurs locaux:

	<u>Emplois</u>	<u>Salaires</u>
- Transport du quartz	196	\$1,184,000.
- Usine	180	746,400.
- Administration et vente	24	139,200.
	<u>400</u>	<u>\$2,069,600.</u>

Pour chaque emploi à créer ceci nécessitera un investissement de:

$$\frac{\$49,074,000}{400} = \$122,685/\text{emploi}$$

Ce projet est un projet à capital intensif.

B) Rentrée nette de devises

Sur la base de l'exportation totale de la production, il résulte ceci:

	4ème année de produc- tion 71,000 tonnes
	<u>\$('000)</u> <u>\$('000)</u>
Revenu des exportations	\$51,900.
Moins: - amortissement	3,624.
- frais financiers	2,310.
- importation carburant	1,250.
- importation explosifs	500.
- important coke	7,200.
- charbon de bois (50%)	2,343.
- mitraille de fer	1,890.
- électrodes Södenberg	2,314.
- électrodes carbone	1,744.
- pièces de rechange	1,431.
- salaires expatriés	348.
	<u>\$24,954.</u>
Gain de devises étrangères	<u>\$26,946</u>

Toutefois, étant donné que le projet est assujetti aux règlements de la ZOFI, ces devises pourront être rapatriées vers l'extérieur sans aucun profit au Zaïre.

C) Valeur locale ajoutée: en \$ ('000) pour la 9ème année de production.

Éléments de l'état des Profits et Pertes	Valeur \$('000)	Valeur locale ajoutée \$('000)	Valeur étrangère \$('000)
Carburant	1250	-	1250
Explosifs	500	-	500
Coke	7200	-	7200
Charbon de bois	4686	2343	2343
Mitraille de fer	1890	-	1890
Electrodes Södenberg	2314	-	2314
Electrodes de carbone	1744	-	1744
Caisses d'emballage	3000	3000	-
Electricité	5640	5640	-
Main d'oeuvre	2039	1931	108
Entretien et réparations	1431	-	1431
Frais généraux de fabrication	951	951	-
Frais administratifs	1213	1081	132
Frais de vente	1702	1594	108
Amortissement	2938	-	2938
Impôt	3351	3351	-
Bénéfices	10051	-	10051
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Total	51900	19891	32009

Le total de la valeur locale ajoutée monte à \$19,891,000.

D) Valeur locale ajoutée: Revenu Total =

<u>Valeur local ajoutée</u>	=	<u>\$19,891,000</u>	=	38%
Revenu total		\$51,900,000		

à la 9ème année de production, ceci égale 38%

E) Valeur locale ajoutée: Coût total des investissements =

<u>Valeur locale ajoutée</u>	=	<u>\$19,891,000</u>	=	41%
Coût total des investissements		\$49,074,000		

à la 9ème année de production, ceci égale 41%

F) Productivité de la main-d'oeuvre locale =

<u>Valeur ajoutée locale</u>	=	<u>\$19,891,000</u>	=	\$49,728
Création d'emplois nouveaux		400		

à la 9ème année de production, ceci égale \$49,728 par emploi.



ANNEXE X  
 ETAT DES PROFITS ET PERTES ET RATIOS DE RENTABILITÉ EN \$(000)  
 Coût d'Exploitation 10% de Plus que le Cas de Base

Année	Construction		Mise en route			Plaine capacité											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Vente FeSi @ \$700 T.	-	-	25200	31500	37800	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000	42000
Métal Silicium @ \$900 T.	-	-	5940	7425	8910	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900	9900
<b>VENTE TOTALE</b>	-	-	31140	38925	46710	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900
- Coût de production	-	-	31739	36939	42135	45050	44500	43264	42714	42428	42054	42054	42054	42054	42054	42054	42054
= Bénéfices Bruts Imposables	-	-	(599)	1986	4575	6850	7400	8636	9186	9472	9846	9846	9846	9846	9846	9846	9846
Impôt @ 25%	-	-	-	-	-	-	-	-	2297	2368	2462	2462	2462	2462	2462	2462	2462
= Bénéfices Nets	-	-	(599)	1986	4575	6850	7400	8636	6089	7104	7384	7384	7384	7384	7384	7384	7384
- Dividendes 10% du capital	-	-	-	-	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307	2307
Bénéfices Accumulés	-	-	(599)	1986	2268	4543	5093	6329	4582	4797	5077	5077	5077	5077	5077	5077	5077
<b>RATIOS</b>																	
Bénéfices Bruts : Ventes (%)	-	-	-	5	10	13	14	17	18	18	19	19	19	19	19	19	19
Bénéfices Nets : Ventes (%)	-	-	-	5	10	13	14	17	13	14	14	14	14	14	14	14	14
Bénéfices Nets : Capital social (%)	-	-	-	9	20	30	32	37	30	31	32	32	32	32	32	32	32

1016

**ANNEXE XI**  
**CALCUL DE LA VALEUR ACTUALISÉE ET DU TAUX DE RENTABILITÉ INTERNE EN \$('000)**  
**Coût d'Exploitation 10% de Plus que le Cas se Base**

Année	Construction		Mise en route					Pléine capacité										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>A - RENTRÉE DES TRESORERIES</b>																		
Revenu de ventes	-	-	31140	38925	46710	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	-
Valeur résiduelle des actifs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2285
Fond de roulement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12938
<b>Total</b>	-	-	31140	38925	46710	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	51900	15223
<b>B - SORTIE DES TRESORERIES</b>																		
<b>1. Coût total des Investiss.</b>																		
Capital social	11981	11093	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de l'emprunt	-	-	-	-	5000	5000	5000	5000	2600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur l'emprunt	-	-	2486	2486	2486	1936	1306	836	286	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remb. ligne de crédit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3400	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur ligne de crédit	-	-	374	374	374	374	374	374	374	374	-	-	-	-	-	-	-	-
Remplacement des véhicules	-	-	-	-	1970	-	-	1970	-	-	1970	-	-	1970	-	-	-	-
<b>2. Coût d'exploitation</b>	-	-	25255	30455	35651	39116	39116	39116	39116	39116	39116	39116	39116	39116	39116	39116	39116	-
<b>3. Impôt</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2297	2368	2462	2462	2462	2462	2462	2462	-
<b>Total</b>	11981	11093	28115	33315	45	6	45879	47296	42376	45187	43454	41578	41578	43548	41578	41578	41578	-
Cash Flow Net	(11981)	(11093)	3025	5610	1225	-474	6024	4604	9524	6713	8446	10322	10322	8352	10322	10322	10322	15223
Valeur Actualisée @ 20%	(9984)	(7703)	1751	2705	494	1833	1681	1071	1846	1084	1137	1158	965	651	670	558	465	572=954
Valeur Actualisée @ 21%	(9902)	(7576)	1708	2617	474	1744	1586	1002	1713	998	1038	1048	866	579	592	489	404	492=(128)

TAUX DE RENDEMENT INTERNE = 20.9%

APPENDICE I

TERRAIN

Le terrain nécessaire est d'une superficie de 150,000 m<sup>2</sup>.

Il est supposé que le terrain sera loué à un coût de location de 50¢ le mètre carré.

Un examen de la topographie sera nécessaire dans des études subséquentes afin d'en déterminer la compatibilité.

PRÉPARATION DU TERRAIN

La préparation du terrain telle que nivellement, mûr d'enceinte, compactement du sol, etc. sera nécessaire. Le coût de ces opérations s'élève à \$3 le mètre carré.

Le coût total serait de 150,000 m<sup>2</sup> x \$3. = \$450,000.

APPENDICE II

STRUCTURES ET GÉNIE CIVIL

Ceci comprend les structures des différentes bâtisses et des ateliers et facilités connexes.

Le détail de ces coûts n'est pas possible à ce stade de l'étude. Toutefois, il est estimé à \$8,725,000 tel que détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

Ce montant serait utilisé comme suit:

Période de Construction

<u>1<sup>ère</sup> année</u>	<u>2<sup>ème</sup> année</u>	<u>Total</u>
\$4,362,000.	\$4,363,000.	\$8,725,000.

APPENDICE III

COÛT D'INGÉNIERIE

Ce coût de \$1,500,000 est fourni par la compagnie Elkem de Norvège et détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

COÛT DE L'ÉQUIPEMENT ET MACHINERIES

Ce coût de \$20,500,000 est fourni par la compagnie Elkem de Norvège et détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

COÛT DE MONTAGE ET INSTALLATION DE L'ÉQUIPEMENT

Ce coût de \$5,125,000 est détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

COÛT DE L'ÉQUIPEMENT ROULANT

Ce coût de \$1,970,000 est détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

APPENDICE IV

COÛT DE L'ÉQUIPEMENT DE BUREAU

Ce coût comporte le prix de bureaux administratifs, calculateurs, machines à photocopier, dactylos, classeurs et différents appareils et ameublements de bureau.

Le montant total est estimé à \$200,000.

APPENDICE V

RÉSERVES ET CONTINGENCES

Une réserve de 10% sur les composantes suivantes a été prise et ce pour compenser pour toutes autres dépenses non prévisibles en ce moment:

	<u>\$( '000)</u>
Préparation du terrain	450
Génie civil	8,725
Equipement et machinerie	20,500
Montage et installation	5,125
Equipement roulant	1,970
Equipement de bureau	<u>200</u>
	\$36,970
 10% pour réserves =	 \$ 3,697,000

APPENDICE VI

DÉPENSES PRÉOPÉRATIONNELLES

A. MISE EN MARCHÉ DE L'USINE (30 JOURS)

Durant la période de mise en marche, on aura besoin d'un mois de matières premières et de facteurs de production suivants:

	<u>\$( '000)</u>
Carburant	1,250
Explosifs	500
coke	7,200
charbon de bois	4,686
mitraille de fer	1,890
Electrodes Södenberg	2,314
Electrodes carbone	1,744

Pas de caisses d'emballage = (Produit fini ne sera pas  
vendu)

Electricité	5,640
Main d'oeuvre	2,039
Entretien & réparations	1,431
Frais généraux	<u>951</u>
	\$29,645

Le montant de \$29,645,000 représente la production de 344 jours ouvrables par année et par conséquent, pour un mois, cela serait de:

$$(\$29,645,000/344) \times 30 = \$2,585,320.$$

II. AUTRES DÉPENSES PRÉOPÉRATIONNELLES

Etude de pré-investissement	\$100,000.
Analyse du sol (examen des réserves de quartz)	200,000.
Supervision et coordination de l'implantation	100,000.
Recrutement et entraînement	250,000.
Divers autres frais (légaux, comptables, promotionels)	<u>200,000.</u>
	\$850,000.

Total des dépenses pré-opérationnelles =

\$2,585,320.
<u>850,000.</u>
\$3,435,320.

soit \$3,435,000.

APPENDICE VII  
CALCUL DU FOND DE ROULEMENT EN \$ ('000)

Année	No de Jours requis	Con- struc- tion	Mise en route					Plaine capacité											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
I Comptes à recevoir	30/365	-	-	2559	3199	3839	4266	4266	4266	4266	4266	4266	4266	4266	4266	4266	4266	4266	4266
II Stock Inventaire																			
-Carburant pour transport	60/365	-	123	154	185	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
-Explosifs	90/365	-	74	92	111	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123
-Coke	90/344	-	1130	1413	1695	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884
-Charbon de bois	90/344	-	736	919	1103	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226	1226
-Mitraille de fer	90/344	-	297	371	445	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
-Electrodes Södenberg	90/344	-	363	454	545	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605
-Electrodes de carbone	90/344	-	274	342	411	456	456	456	456	456	456	456	456	456	456	456	456	456	456
-Caisses d'emballage	30/344	-	157	196	235	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261
-Pièces de rechange	120/365	-	-	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471
- Produits finis	30/344	-	-	1908	2300	2692	2953	2953	2953	2953	2953	2953	2953	2953	2953	2953	2953	2953	2953
III En Caisse*	30/365	-	613	653	693	675	630	585	540	516	485	485	485	485	485	485	485	485	485
= Actif Courant		-	3767	9532	11393	12932	13575	13530	13485	13461	13430	13430	13430	13430	13430	13430	13430	13430	13430
Moins: Passif Courant																			
- - - Électricité	30/344	-	295	369	443	492	492	492	492	492	492	492	492	492	492	492	492	492	492
= Fond de Roulement Net		-	3472	9163	10950	12440	13083	13038	12993	12969	12938	12938	12938	12938	12938	12938	12938	12938	12938
Accroissement du Fond de Roulement		-	3472	5691	1787	1490	643	(45)	(45)	(24)	(31)	-	-	-	-	-	-	-	-

\* En caisse renferme: Coût de main d'oeuvre + frais généraux de fabrication + frais administratifs + frais de ventes + frais financiers

APPENDICE VIII

ENTRETIEN ET REPARATIONS

L'entretien et les réparations couvrent exclusivement les pièces de rechange de l'usine et des véhicules roulants, la main d'oeuvre de réparation étant couverte sous le volet main d'oeuvre.

Usine: L'entretien et les réparations sont estimés à 3% du coût du génie civil, de l'équipement et de la machinerie, du montage et de l'installation, et de l'équipement de bureau soit:

$$\$34,550,000 \times 3\% = \$1,036,500$$

Véhicules roulants: L'entretien des véhicules roulants est estimé à 20% de leur valeur soit:

$$\$1,970,000 \times 20\% = \$394,000$$

Pour un grand total de \$1,430,500

FRAIS DE FABRICATION

Ce coût est estimé à 3% des coûts de fabrication et couvre une multitude de dépenses telles que, assurances, loyers, taxe foncière, transport, voyages, télécommunications, etc.

FRAIS ADMINISTRATIFS

Ce coût est estimé à 3% du coût total de fabrication, et couvre une foule de dépenses telles que éclairage, fournitures de bureau, assurances, redevances, voyages, transport, loyer, eau, services sociaux, plus \$234,000 qui représentent les salaires administratifs.

FRAIS DE VENTE

Ce coût est estimé à 3% des revenus plus \$145,200 qui représentent les salaires de vente.

APPENDICE IX

EMPRUNT, INTÉRÊT ET CALENDRIER DE REMBOURSEMENT

L'emprunt de \$26 millions sera conditionnel aux termes et modalités suivantes:

- 3 ans de période de grâce
- 5 ans de remboursement
- 11% taux d'intérêt

Le tableau suivant présente le calendrier de remboursement et les intérêts à payer.

Années	Emprunt	Rem- bourse- ment	Solde	Intérêt sur emprunt	Intérêt sur ligne de crédit pour fond de roulement	Frais finan- ciers
1 ère année d'opération	22600	-	22600	2486	374	2860
2 ème année d'opération	22600	-	22600	2486	374	2860
3 ème année d'opération	22600	5000	17600	2486	374	2860
4 ème année d'opération	17600	5000	12600	1936	374	2310
5 ème année d'opération	12600	5000	7600	1386	374	1760
6 ème année d'opération	7600	5000	2600	836	374	1210
7 ème année d'opération	2600	2600	-	286	374	660
8 ème année d'opération	-	-	-	-	374	374
9 ème année d'opération	-	-	-	-	-	-
10 ème année d'opération	-	-	-	-	-	-

Une ligne de crédit de \$3,400,000 est prévue afin de financer le fond de roulement et l'intérêt serait de 11%. Pour cela, l'intérêt sur la ligne de crédit s'élèvera à \$374,000. Cette ligne de crédit ne sera remboursée qu'après le remboursement total de l'emprunt.

APPENDICE X  
COÛT D'AMORTISSEMENT ET PÉRIODE DE REMPLACEMENT EN \$('000)

Année	Nombre d'années	Montant \$('000)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Préparation du terrain & Génie Civil	20	9175															
Amortissement			459	459	459	459	459	459	459	459	459	459	459	459	459	459	459
Ingénierie, Machinerie, Equipement	15	27325															
Montage et Installation, Eq. Bur.			1821	1821	1821	1821	1821	1822	1822	1822	1822	1822	1822	1822	1822	1822	1822
Amortissement																	
Dépenses Pré-opérationnelles	5	3435															
Amortissement			687	687	687	687	687	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipement roulant et remplacement	3	1970															
Amortissement			657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657
<b>Total d'Amortissement</b>			<b>3624</b>	<b>3624</b>	<b>3624</b>	<b>3624</b>	<b>3624</b>	<b>2938</b>									
Période de remplacement (Equip. roulant)					1970			1970			1970			1970			

APPENDICE XI

BIBLIOGRAPHIE ET FIRMES CONSULTÉES

A. BIBLIOGRAPHIE

- Mineral Yearbook, Metals & Minerals, United States Department of the Interior, Bureau of Mines, 1975 to 1981
- Document de projet, Département de l'Economie nationale et de l'Industrie du Zaïre, Direction des études, juin 1977
- Metal Bulletin Handbook, 1981 & 1982
- Metal Statistics 1982
- Metal Week 1977 to 1982
- Eurostat 1980
- Commodity Yearbook 1982
- Iron and Steel Engineer, Oct. 1982
- Governmental Maritime Consultative Organisation, Subcommittee on containers and cargoes
- Association des producteurs de FeSi Norvégiens, 4 Mars 1966
- Projet de création de la Zone Franche Industrielle d'Inga
- Recueil de Textes Organiques sur la Zone Franche d'Inga
- International coal report, July 2, 1982
- Yearbook of International Trade Statistics
- International Financial statistics
- U.N. Monthly bulletin of statistics, Dec. 1982
- European Chemical News - shipping rate, Dec. 6, 1982
- Iron & Steel International, Dec. 82
- Iron Age, January 21, 1983
- International Metal Review, 1982
- Metal Forum, Summer 1982
- Metal Finishing, February 1983
- Metal Sciences, January 1983

- Iron & Steel Making
- Lami Chilton's 1/82
- Iron & Steel Maker, February 1982
- International Cast Metals Journals, March 81
- International Metals Review 1982
- Metallurgia, February 1982
- The Metallurgist and Materials Technologist, Sept. 82
- Canadian Metallurgical Quarterly
- Scandinavian Journal of Metallurgy 1983
- American Society for Metals, January 1983
- Metal Science, February 1982
- Metallurgical Transactions, December 1981, January 1983
- Sheet Metal Industries, October 1982
- Journal of Metal, September 1982
- Metal Progress, January 1983
- Revue de Metallurgie, September 1982
- Modern Metals, June 1982
- Metal Technology, May, November 1982
- Oxidation of Metals, April 1982
- Metal Construction, January 1982

B. FIRMES CONSULTÉES

- SKW, Canada
- Union Carbide, Canada
- International Harvester, Canada
- Ford, Canada
- Stelco, Canada
- Algoma Steel of Canada
- Ultramar, Canada
- Logtrans Maritime du Canada
- I.P. Sharp Associés Limitée, Canada
- Elkem, a/s Engineering Division, Norway
- V.A.W. - R.F. d'Allemagne
- Mannesmann Demag - R.F. d'Allemagne
- Krupp Industrie und Stahlbau - R.F. d'Allemagne
- Amiza - Zaïre



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

ONU DI

APPENDICE XII

## DESCRIPTION DE POSTE

DP/ZAI/81/015/11-57 31.6.B

Désignation du poste                      Economiste industriel - Analyste financier

Durée de la mission                        5 semaines

Date d'entrée en fonctions                2 novembre 1982

Lieu d'affectation                         Kinshasa avec déplacements à l'intérieur du pays

But du projet                                Assister la Zone Franche Industrielle d'Inga (ZOFI) dans la préparation et dans l'organisation d'un séminaire de perfectionnement dans le domaine de la préparation, l'évaluation et le financement de projets industriels.

Attributions

L'expert devra participer dans les travaux préparatoires pour le séminaire et plus particulièrement devra :

- a) préparer une proposition détaillé du programme d'un tel séminaire,
- b) sélectionner et préparer, si nécessaire, les études de cas à utiliser pendant le séminaire,
- c) conseiller sur le choix de matériaux didactiques (pédagogiques),
- d) conseiller sur la méthodologie de préparation, d'évaluation et de financement des projets industriels notamment en ce que concerne l'analyse financière et économique et sur la méthodologie de formation des cadres s'occupant de ce problème.

En plus, l'expert devra assister un consultant en production de ferro-silicium, de carbure de calcium et de carbure de silicium dans la préparation des aspects

Appendice XII

- 124 -

financiers et économiques d'une étude de pré-investissement que doit être préparée dans ce domaine.

Formation et  
expérience requises

Analyste de projets ayant une vaste expérience dans le domaine de la préparation et l'évaluation de projets d'investissement ainsi que dans la formation de cadres dans ce sujet.

Connaissances  
linguistiques

Français indispensable, anglais souhaité

enseignements  
complémentaires

Le régime de la Zone Franche d'Inga (ZOFI) créée par une ordonnance-loi en 1981 a comme objectif principal de rentabiliser les investissements déjà exécutés et de renforcer le développement industriel. L'ONUDI a contribué à la préparation de ce projet depuis 1972 et apporte une assistance permanente depuis 1981.

La ZOFI veut promouvoir directement et indirectement l'implantation d'entreprises industrielles grosses consommatrices d'électricité. Les entreprises agréées bénéficieront d'un tarif d'électricité parmi les plus bas du monde ainsi que d'exonérations douanières et fiscales et de garanties en matière de devises. La ZOFI est en même temps le coordinateur général du développement des infrastructures nécessaires pour le développement industriel.

## NATIONS UNIES



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

ONUDI

## DESCRIPTION DE POSTE

DP/ZAI/81/015/11-60 31.6.3

Désignation du poste      Economiste industriel - Analyste financier

Durée de la mission      3 mois

Date d'entrée en fonctions    dès que possible

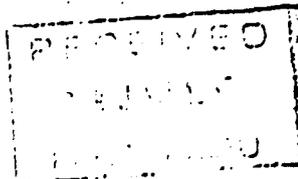
Lieu d'affectation      Montreal, Canada

But du projet      Assister la Zone Franche Industrielle d'Inga (ZOFI) dans la préparation de trois études sur la faisabilité de produire au Zaïre le ferro-silicium, le carbure de calcium et le carbure de silicium.

Attributions      En utilisant les résultats de l'étude sur la commercialisation de ferro-silicium, carbure de calcium et carbure de silicium, l'expert entreprendra les travaux suivants :

1. Evaluation de la disponibilité et des coûts des matières premières nécessaires pour les productions envisagées;
2. Evaluation des technologies disponibles pour les productions envisagées, à la base de recherches générales et de contacts supplémentaires avec quelques-uns des principaux fournisseurs d'équipement;
3. Elaboration de propositions alternatives pour des unités de production envisageables, en spécifiant les produits, les éléments principaux de production (four, stockage etc.) et les matières premières nécessaires (disponibles au Zaïre ou à importer).
4. Définition des conditions de localisation requises (énergie, terrains, infrastructures etc.) et évaluations des localisations potentielles (Horna, Moanda-Banana et autres, si nécessaire).
5. Elaboration d'une évaluation économique (calculs de rentabilité et analyses de sensibilité) pour les propositions d'unités de production alternative.

..../..



Toutes candidatures ou communications relatives à cette description de poste devront être adressées à:

Section de recrutement du personnel affecté aux projets, Division des opérations industrielles  
ONUDI, Centre International de Vienne. B.P. 300. A-1100 Vienne (Autriche).

6. Elaboration d'une proposition spécifique pour une unité de production optimale, en spécifiant les éléments principaux (e.g. technologie et capacité des fours, localisation, coûts), ainsi qu'une proposition pour un calendrier pour la poursuite du projet.
7. Elaboration d'un dossier de pré-investissement à soumettre aux investisseurs étrangers potentiels.
8. Eventuellement participation dans l'évaluation de soumissions d'investisseurs potentiels.

Formation et  
expérience  
requis

Expert ayant une vaste expérience en production de ferro-silicium, carbure de calcium et carbure de silicium et en négociation de contrats.

Connaissances  
linguistiques

Français nécessaire; anglais/allemand souhaitables

Renseignements  
complémentaires

Les centrales hydroélectriques d'Inga I et II avec une puissance installée de 1 750 MW sont opérationnelles depuis la fin 1981. Actuellement, moins de 20 % de la capacité est utilisée.

Le régime de la Zone Franche d'Inga (ZOFI) créée par une ordonnance-loi en 1981 a comme objectif principal de rentabiliser les investissements déjà exécutés et de renforcer le développement industriel. L'ONUDI a contribué à la préparation de ce projet depuis 1972 et apporte une assistance permanente depuis 1981.

La ZOFI veut promouvoir directement et indirectement l'implantation d'entreprises industrielles grosses consommatrices d'électricité. Les entreprises agréées bénéficieront d'un tarif d'électricité parmi les plus bas du monde ainsi que d'exonérations douanières et fiscales et de garanties en matière de devises. La ZOFI est en même temps le coordinateur général du développement des infrastructures nécessaires pour le développement industriel.

