



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

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



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

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

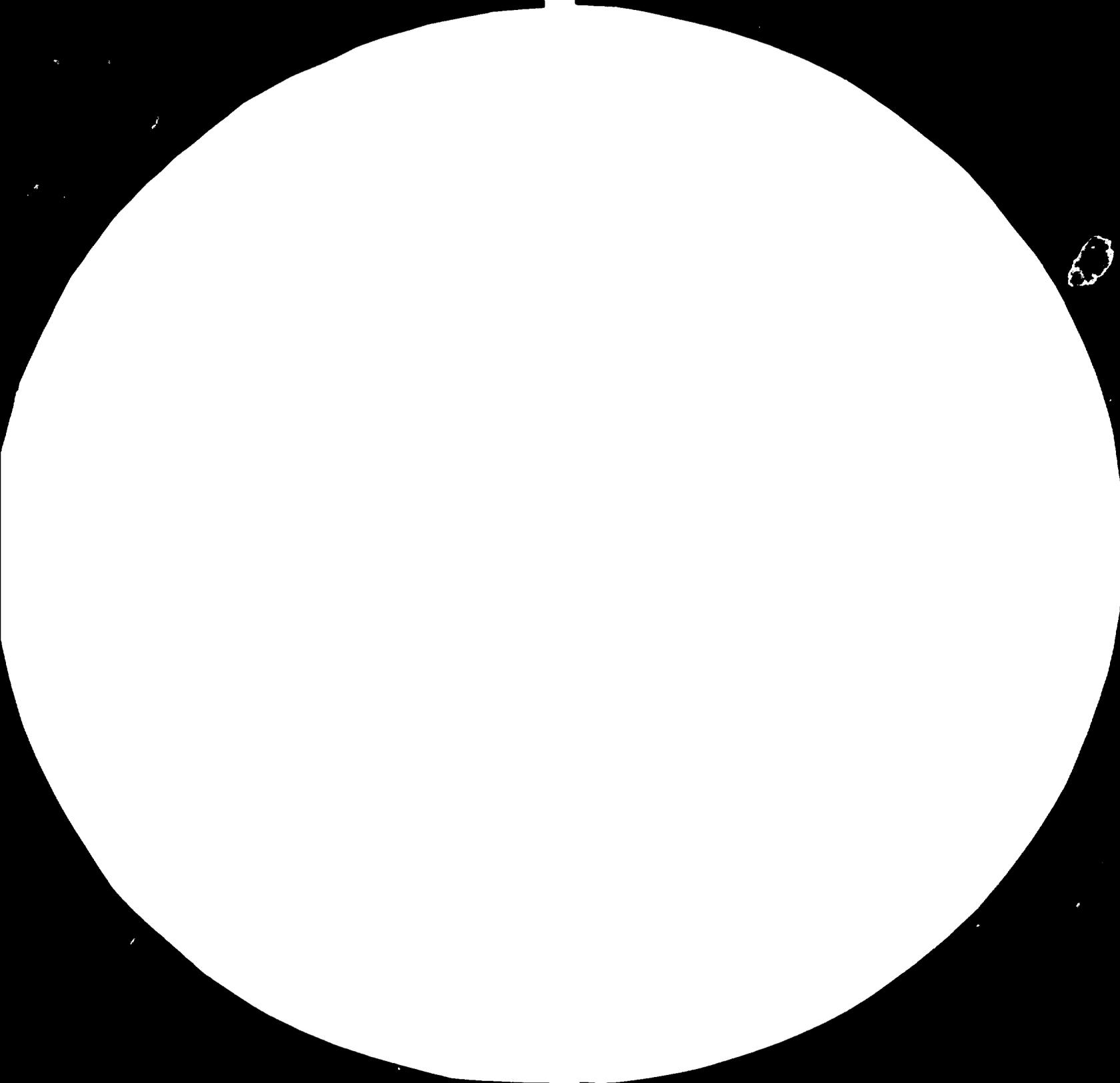
FAIR USE POLICY

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

CONTACT

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

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





32



36



4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010A
(ANCEP) PREPARED TEST CHART NO. 2

DISTRIBUTION RESTREINTE

DP/ZA1/81/015

MARS 1983

Français

13349

Zaire.

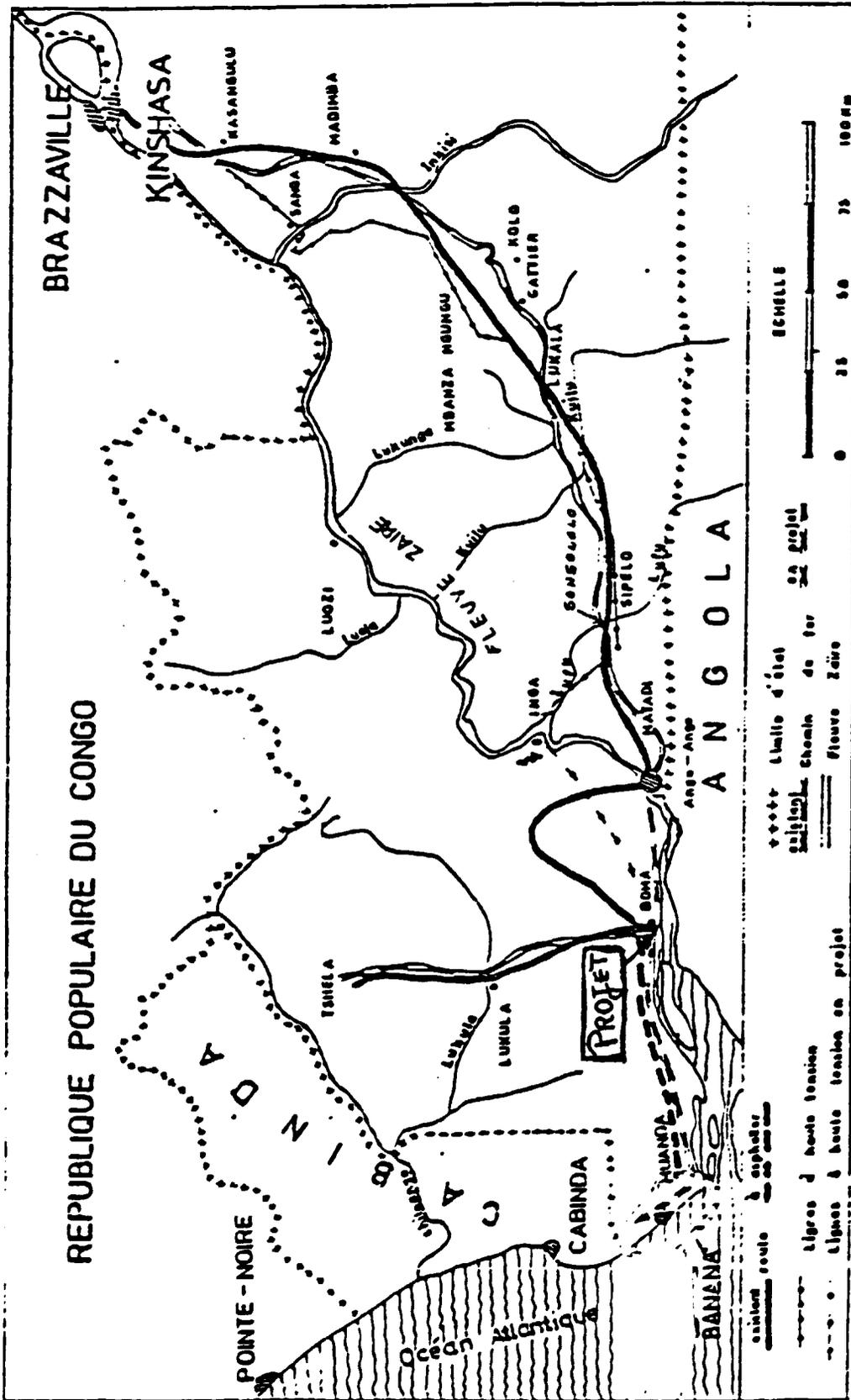
ÉTUDE D'OPPORTUNITÉ
POUR L'IMPLANTATION D'UNE USINE
DE
CARBURE DE SILICIUM
AU ZAÏRE

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
Économiste industriel et analyste financier

Organisation des Nations Unies
pour le développement industriel
Vienne

received from Mr. M. Kulczycki
D-1348



Carte de la région du Bas-Zaïre

NOTES EXPLICATIVES

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

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

£	Livre sterling du Royaume-Uni
ZOFI	Zone franche d'Inga
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
T.	Tonne métrique (2204.6 livres ou 1000 kg)
É.-U.	États-Unis d'Amérique
SiC	Carbure de silicium ou carborundum
MW	Mégawatt (1000 kW)
C.E.E.	Pays de la communauté économique européenne
m	Mètre
mm	Millimètre
D.M.	Mark de la République fédérale d'Allemagne
F.A.B.	Franco à bord
C.A.F.	Coût, assurance et fret
CO	Monoxyde de carbone
AL ₂ O ₃	Oxyde d'aluminium, alumine, corindon
SiO ₂	Silice, sable, quartz

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 à l'égard du tracé de leurs frontières ou limites.

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

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 (ONUUDI).

TABLE DES MATIÈRES

<u>CHAPITRES</u>		<u>PAGES</u>
	SOMMAIRE.....	9
	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	11
I.	CONTEXTE ET HISTORIQUE DU PROJET.....	14
II.	ÉTUDE DU MARCHÉ ET CAPACITÉ DE L'USINE....	32
III.	MATÉRIAUX ET FACTEURS DE PRODUCTION.....	53
IV.	LOCALISATION ET EMPLACEMENT.....	68
V.	ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET.....	71
VI.	ORGANISATION DE L'USINE, FRAIS GÉNÉRAUX ET CALENDRIER D'EXÉCUTION.....	85
VII.	MAIN D'OEUVRE.....	87
VIII.	ÉVALUATION FINANCIÈRE ET ÉCONOMIQUE.....	91

TABLEAUX ET FIGURES

	<u>TABLEAUX</u>	<u>PAGE</u>
1.	Matières premières et facteurs requis pour la production d'une tonne de carbure de silicium.....	14
2.	Dureté de certains abrasifs sur l'échelle Mohs.....	17
3.	Caractéristiques de certaines matières abrasives...	18
4.	Distribution des utilisations du SiC aux É.-U.....	23
5.	Production du SiC aux É.-U. et au Canada.....	33
6.	Manufacturiers de SiC nord-américains et localités de leurs usines.....	34
7.	Exportations et importations de SiC aux É.-U.....	35
8.	Exportations du SiC du Canada.....	36
9.	Exportations du SiC des pays de la C.E.E.....	37
10.	Importations du SiC aux pays de la C.E.E.....	38
11.	Exportations et importations du SiC en R.F. d'Allemagne.....	39
12.	Producteurs mondiaux du SiC.....	41-42
13.	Principaux pays exportateurs du SiC.....	44
14.	Principaux pays importateurs du SiC.....	44
15.	Nouvelles capacités additionnelles des producteurs de SiC entre 1978 et 1980.....	46
16.	Évolution du prix du SiC.....	48
17.	Programme de production.....	50
18.	Estimé des revenus et des coûts de vente.....	52
19.	Matières premières et facteurs de production requis à la production d'une tonne de SiC.....	53
20.	Quantité de sable nécessaire à la production d'une tonne de SiC.....	54
21.	Matières premières et facteurs de production durant la mise en route.....	67
22.	Estimé d'escalade des coûts.....	78
23.	Calendrier de mise en oeuvre.....	86

<u>TABLEAUX (suite)</u>	<u>PAGE</u>
24. Personnel de l'usine.....	87
25. Personnel administratif et de vente et salaires prévus.....	88
26. Personnel affecté à l'opération du transport de sable.....	90
27. Coût total du projet de SiC 99%.....	91
28. Financement du projet.....	92

FIGURES

1. Four de SiC prêt à chauffer de la Compagnie Carburundum.....	75
2. Four de SiC prêt à chauffer de la Compagnie Nortcn.....	75
3. Diagramme de la production du SiC.....	77

ANNEXES ET APPENDICES

	<u>Annexes</u>	<u>Page</u>
I.	Estimé des coûts de production annuelle...	101
II.	Etat des profits et pertes et ratios de rentabilité.....	102
III.	Mouvement de trésoreries (Cash-Flow) pour la planification financière.....	103
IV.	Projection du bilan.....	104
V.	Calcul de la valeur actualisée et du taux de rentabilité interne.....	105
VI.	Période de recouvrement.....	106
VII.	Seuil de rentabilité.....	107
VIII.	Évaluation de la contribution du projet à l'Économie nationale.....	108
IX.	Estimé des coûts de production annuelle (coût d'exploitation 10% de plus que le cas de base).....	111
X.	Etat des profits et pertes et ratios de rentabilité (coût d'exploitation 10% de plus que le cas de base).....	112
XI.	Calcul de la valeur actualisée et taux de rentabilité interne (coût d'exploitation 10% de plus que le cas de base).....	113
XII.	Coûts spécifiques d'investissement et de production.....	114

	<u>Page</u>
I. Terrain et préparation du terrain.....	115
II. Structures et génie civil.....	116
III. Coût de l'ingénierie, de l'équipement et des machineries, du montage et de l'installation, de l'équipement roulant.....	117
IV. Coût d'équipement de bureau.....	118
V. Réserves et contingences.....	119
VI. Dépenses préopérationnelles et mise en marche.....	120
VII. Calcul du fond de roulement.....	122
VIII. Entretien et réparations, frais de fabrication, frais administratifs et frais de vente.....	123
IX. Emprunt, intérêt et calendrier de remboursement.....	124
X. Amortissement et période de remplacement..	125
XI. Bibliographie et firmes consultées.....	126-127
XII. Description du poste.....	128

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 dans l'intention 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.

A cet effet, la ZOFI a identifié un certain nombre de projets afin d'en faire une étude plus approfondie en vue d'une implantation éventuelle correspondant à l'objectif établi.

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

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

M. T. Orfaly consultant auprès de l'ONUDI a donc été chargé par cette organisation 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 de carbure de silicium.

En un premier temps, 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).

Ensuite, l'expert a complété la collecte des données pour l'étude actuelle, par de nombreux contacts effectués auprès de producteurs de carbure de 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 celles de l'université McGill et de l'université de Concordia à Montréal, ainsi qu'à celles de l'université de Montréal et de la compagnie Alcan.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. La présente étude recommande l'implantation d'une usine qui produirait 20,000 tonnes/an de carbure de silicium 99% tel que proposé dans le document initial et retenu par la ZOFI. Ces quantités seront totalement destinées à l'exportation car la demande mondiale n'a cessé de croître durant les dernières années. Les 20,000 tonnes/an de carbure de silicium représenteront moins de 6.5% des exportations ou importations mondiales, ou 3% 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 27.6% avec un retour sur capital de plus de 41% à la 9ème année de production, et la période de recouvrement est de 6 ans et un mois incluant la période de construction.
3. Le coût des investissements requis pour ce projet est de l'ordre de \$18,740,000 en \$ mars 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 \$970,000 financera le fond de roulement initialement requis.
4. Le projet ci-haut proposé devra être conditionnel à ce que:
 - a) des réserves suffisantes de sable 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 sel, de la soude caustique et de l'acide sulfurique 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 partiel d'un bateau tous les 2 mois. Ce même bateau pourra être affrété à nouveau en carbure de 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 carbure de silicium à partir de sable, de coke, de farine de bois, de sel, et d'électricité est une technologie déjà bien établie. Les installations consisteront en 43 fours de 2 MW chacun, regroupés en huit sections dont chaque section renfermera de 5 à 6 fours pour la production de 20,000 T/an de carbure de silicium. Les fours seront chauffés électriquement et feront fondre le mélange et en produiront la quantité ci-haut mentionnée. L'usine fonctionnera sur une base de 365 jours/an.
7. Le transport du sable 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 sable 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 20.4% mais demeurerait encore acceptable. Il est à souligner que le prix de vente de \$875 la tonne de SiC 99% proposé à l'étude est un prix compétitif avec les prix en vigueur en Europe en janvier 1983. D'autre part, les prix de 1983 sont en deçà des prix qui prévalaient en 1982 et 1981 et ce à cause de la forte récession qui a sévi durant cette période. Toute augmentation du prix de 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 sable.

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 sable, la farine de bois, l'électricité et la main d'oeuvre. La valeur locale ajoutée s'élèvera à \$6,070,000, 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 industrielle.

CHAPITRE I

CONTEXTE ET HISTORIQUE DU PROJET

Le projet de carbure de silicium tel que décrit par la ZOFI¹ propose l'installation d'une usine d'une capacité de production de 20,000 tonnes métriques par an.

Les quantités de matières premières et des facteurs de production requis sont présentées au tableau 1.

TABEAU 1

Matières premières et facteurs de production requis pour la production d'une tonne de carbure de silicium¹

<u>Matières premières et facteurs de production</u>	
Sable	1,580 kg
Coke	1,000 kg
Farine de bois	320 kg
Chlorure de sodium (sel)	55 kg
Soude caustique	50 kg
Acide sulfurique	50 kg
Électricité	9,000 kwh
Eau	1,000 M ³
Fût d'emballage	10 unités

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

Le projet nécessitera principalement l'importation du coke, du sel, de la soude caustique, de l'acide sulfurique, et du carburant pour véhicules. Le sable et la farine de bois seront fournis localement.

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

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 coût de transport du sable 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'établi¹ propose l'acquisition de 8 fours de 4 MW chacun.

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

1. DESCRIPTION DU CARBURE DE SILICIUM¹

Le SiC est un composé chimique qui renferme du carbone et du silicium connu dans le commerce sous le nom de "Carborundum". C'est en chauffant du sable silic. avec du coke dans un four électrique à la température de 1000°C - 2500°C qu'il est obtenu. C'est un matériel extrêmement dur et résistant à la chaleur mais aussi un bon conducteur d'électricité. Il est fait de particules moulues de différentes tailles et d'une très grande force de tension. Il ne s'amollit pas et fond au delà des températures de 2500°C. Il n'est pas affecté par l'attaque de la plupart des acides, mais il s'oxyde quand il est chauffé à l'air. Dans le commerce, il est aussi connu sous le nom de "Crystolon ou Carbolan²".

C'est Edward G. Acheson qui en 1891 chargeant un four électrique de carbone et d'argile, produisit sans s'en rendre compte des cristaux de SiC. Sous l'impression que le composé était du corindon et du carbone, il l'appela "Carborundum".³

1. Source: Glossary of Chemical Terms, second edition, 1982, Page 265.

2. Source: Industrial Minerals and Rocks, fourth edition, 1974, Lefond, Page 28.

3. Source: Industrial Minerals and Rocks, December 1980, Page 65.

2. UTILISATION DU CARBURE DE SILICIUM

Le carbure de silicium est essentiellement utilisé dans les applications suivantes:

A. Abrasifs

Les abrasifs peuvent être de sources naturelles ou artificiellement fabriqués par l'homme.

a) Définition et description

Le terme abrasif est donné à un matériel qui broie, gratte, égratigne ou raye un autre. Plus spécifiquement, un abrasif est une substance qui par sa dureté et sa résistance est bonne à broyer, couper, ou polir une autre substance par frottement ou par impact "pression à air" de l'abrasif "pressure blasting". En termes élargis, l'abrasif peut varier de la poudre de talc (1 sur l'échelle Mohs qui divise de 1 à 10 la dureté des substances) au diamant (10 à l'échelle Mohs).

Chaque abrasif est utilisé à des fins spécifiques; le choix dépend de l'efficacité et de l'économie de sa performance à l'application. Les propriétés physiques des abrasifs sont d'une grande importance, particulièrement la dureté et la résistance. Ces deux propriétés ne sont pas synonymes, bien qu'elles soient interdépendantes, l'une décroissant quand l'autre croît.

Ainsi la dureté d'une substance est plus grande qu'une autre quand elle peut l'égratigner. L'échelle Mohs quantifie la dureté de certains abrasifs qui sont présentés à titre indicatif au tableau 2.

TABLEAU 2

Dureté de certains abrasifs à l'échelle Mohs¹

10	diamant	7.0-7.5	staurolite/andaluxite
9.7-9.8	carbure de boron	7.0	silice
9.5-9.6	carbure de silicium	6.0-7.0	olivine
9.0-9.4	oxyde d'aluminium	6.0-7.0	scorie
7.0-9.0	émeri	6.0	feldspath
8.5	mitraille de fer	5.5-6.0	Pierre ponce
7.0-8.0	mitraille d'acier	5.0-5.5	grain de verre
7.5-8.0	grenat		

1. Source: Industrial minerals, November 1978, Page 48.

L'importance de la dureté de l'abrasif a nécessité la mise en place d'autres méthodes de mesure plus précises. La mesure la plus connue est l'échelle Knoop. A titre indicatif, le tableau 3 présente quelques caractéristiques de certains abrasifs naturels et synthétiques.

TABLEAU 3
Caractéristiques de certaines matières abrasives¹

	Minéraux		Composition Chimique	Dureté Mohs	Dureté Knoop
	Naturel	Synthétique			
Carbone	Diamant	Diamant	C	10	8,200
Silice	Sable/Quartz		SiO ₂	7	788
	Silex		SiO ₂	7	788
	Tripoli		97% SiO ₂	7	788
	Pierre ponce		80% SiO ₂	5.5-6.5	560
	Diatomite		SiO ₂		
	Feldspath		K, Na, Ca, Silicate d'Aluminium	6	560
	Olivine		(MgFe) ₂ SiO ₄	6-7	560-820
	Grenat		Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	7.5-8	788-1,190
	Verre/ Grain de verre		Verre Sodalime	6-5.5	483-550
			Carbure de Silicium SiC	9.5-9.6	2,500
Alumine	Corindon	Oxyde d'aluminium	Al ₂ O ₃	9	1,950-2,200
	Émeri		SiO ₂ FeOAl ₂ O ₂ complexe	7-9	c.1,800
	Andalusite/ Staurolite, etc.		MgFe Al Silicate	7-7.5	788-900
Boron		Zirconia alumina	Zr/Al		
		Carbure de Boron	B ₄ C	9.5	2,800
		Cubique boron nitride	Bn	9.7-9.8	4,700
Scories		Cu/Sn/Fe/Pb/Zn		6-7	560-820
Acier		Mitraille d'acier		7-8	780-1,190
Fer		Mitraille de fer		8.5	1,190-2,200

¹. Source: Industrial Minerals, November 1978, Page 51.

La résistance est la seconde caractéristique importante d'un abrasif et définit la capacité de se fracturer sous un choc ou pression, en d'autre terme, sa friabilité. Une substance très dure n'est nécessairement pas très résistante à la fracture. Le diamant est un excellent exemple, c'est la substance la plus dure mais il peut se fracturer aisément sous un choc. Toutefois il y a un degré d'interaction entre la dureté et la rigidité. Ceci peut être illustré par l'exemple de l'oxyde d'aluminium, un abrasif synthétique¹ qui à 99% de concentration Al_2O_3 a une dureté plus grande qu'à 94% de concentration, mais la résistance à 99% de concentration est moindre que celle n'est à 94% de concentration. Ceci donc lui procure des avantages dans certaines applications. D'autre part, le carbure de silicium est plus dur mais moins résistant que l'alumine. Il se brise relativement plus facilement produisant des arêtes aigues, tandis que l'alumine demeure plus stable et se brise plus lentement créant ainsi des surfaces polies, lisses et égales. C'est pour cela, que le SiC est idéal pour des coupes en profondeur en vue d'enlever une couche épaisse de matériel, tandis que l'alumine est plus approprié pour le polissage et d'autres actions similaires. Dans certaines applications, une extrême dureté est requise comme c'est le cas pour le forage des puits de pétrole avec des diamants. Dans d'autres cas, le facteur de grande importance est la résistance. Dans les applications critiques, les différents types d'abrasifs sont rarement interchangeables complètement.

En final, le choix des abrasifs de qualité dépend de la qualité et de la quantité de travail à être exécuté par une unité. Le coût initial d'une unité d'abrasif artificiel peut être plus grand que celui d'un abrasif naturel, mais l'abrasif artificiel peut exécuter le travail plus efficacement en moins de temps, rendant ainsi son coût final moindre que l'autre. C'est pour cela que le coût de l'abrasif doit être évalué en fonction de ses performances et des nécessités imposées par l'opération. La fourchette des prix des abrasifs est très large variant de quelques \$ pour le sable à quelques milliers de \$ pour le diamant.

¹. L'oxyde d'aluminium "Alumine" se trouve aussi dans la nature sous forme de corindon ou émeri. Voir tableau 2.

D'autres caractéristiques sont aussi importantes, telles que:

- i. la taille des grains;
- ii. la composition chimique de l'abrasif;
- iii. le liant qui tient les grains (pression et chaleur, résineux, caoutchouc, lacque);
- iv. la forme des grains d'abrasifs;
- v. le poids spécifique des grains d'abrasifs.

b) Formes sous lesquelles les abrasifs sont utilisés¹

- i. Près de 70% des abrasifs sont utilisés pour la fabrication des meules.² Les grains d'abrasifs sont liés par pression et chaleur "bonded form" et moulés en formes données, dont la plus courante est la meule "grinding wheels".
- ii. Une deuxième forme est l'encollage des grains d'abrasifs sur un matériau comme le papier, le tissu, etc. L'agent liant dans ce cas peut être une colle animale ou une résine synthétique.
- iii. Une troisième forme est la projection des grains d'abrasifs sur une surface à polir (méthode d'impact).

c) Abrasifs synthétiques

En dépit de la grande variété des matériaux disponibles dans l'industrie des abrasifs, le développement des abrasifs synthétiques a élargi le champ des choix. Ces derniers ont acquis une popularité telle qu'ils ont accaparé une très grande part du marché des abrasifs naturels. Les plus importants abrasifs synthétiques utilisés dans l'industrie moderne sont:³

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| - le carbure de silicium | en 1891 |
| - l'oxyde d'aluminium | en 1897 |
| - le carbure de boron | en 1934 |
| - le diamant synthétique | en 1953 |
| - le C.B.N. (cubic boron nitride) | en 1969 |

L'industrie s'est vu offrir d'autres possibilités par la création des abrasifs synthétiques. Leur production dans des conditions contrôlées a permis d'obtenir une composition et des spécifications constantes.

1. Source: Industrial Minerals, Nov. 1978, Page 49.

2. Meule : corps très solide, cylindrique et plat qui sert à broyer ou à affûter.

3. Source: Industrial Minerals, Nov. 1978, Page 56.

d) Spécifications et utilisations du SiC

L'utilisation du SiC comme abrasif requiert des spécifications bien contrôlées. Ceci non seulement en ce qui concerne sa couleur qui indique sa pureté mais aussi quant à la taille des grains.

Le plus pur carbure de silicium produit est d'une couleur vert clair et son contenu de SiC est de plus de 99.5%; il ne contient que très peu d'aluminium, moins de 0.01%. Cette variété est généralement utilisée à la production de meules et d'abrasifs enduits sur un matériau contenant un agent liant. Le SiC noir contient 99% de SiC et l'aluminium considéré comme impureté est responsable de sa coloration. Ce matériau peut être utilisé comme abrasif et aussi comme réfractaire.

Dans certain cas, il existe une différence entre le SiC d'une couleur vert clair et vert sombre ou noir. Le SiC vert clair est spécialement en demande comme abrasif utilisé dans la production des composants d'ingénierie de très haute qualité. Par exemple, un des grands consommateurs de meules de SiC vert clair dans le Royaume-Uni est la compagnie Rolls-Royce Aero Division¹.

Le SiC vert clair est plus cher puisque c'est un abrasif de première qualité. Toutefois, il est plus friable que le SiC noir et par conséquent se brise plus facilement (faible résistance) présentant ainsi de nouvelles arêtes. Le SiC noir est meilleur marché mais par contre il est plus résistant et moins friable. Le SiC noir est plus en demande à cause de son coût moins élevé.

D'autre part, le carbure de silicium de 98% à 99% de SiC est utilisé dans la fabrication des scies servant à la production d'outils de découpage de pierre décorative de construction. Les principaux pays utilisateurs de ce genre de SiC sont: l'Italie, la France et la Norvège¹.

¹. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 65.

L'utilisation de SiC libre et par éjection sous pression d'air (blasting) est plutôt limitée.

Dans les utilisations métallurgiques, le SiC à 90% est utilisé comme additif dans les fours électriques des fonderies de fer et d'acier.¹ Des concentrations de SiC à 80% sont utilisées dans certains fours verticaux cylindriques pour faire fondre du fer.¹

La classification des tailles des grains est très importante. En Europe, la fédération des standards pour les producteurs européens d'abrasifs a établi ses normes, tandis qu'aux É.U. ces normes sont légèrement différentes. La consommation de grains de carbure de silicium la plus courante est sous forme de mailles de 8 à 220 (8-220 mesh)¹ appelées "macro-grits". Toutefois, on produit aussi des grains de SiC dans les mailles de 230-1200 (230-1200 mesh) appelées "micro-grits". Celles-ci sont produites en plus petites quantités que les "macro-grits" et leurs prix est beaucoup plus élevé.²

La production des "micro-grits" de 230-1200 est plus développée en Europe qu'elle ne l'est aux É.-U.². En effet, les "micro-grits" sont exportés de l'Europe aux É.U. tandis que les "macro-grits" sont exportés des É.U. vers l'Europe.

L'industrie des abrasifs est très conservatrice et au cours des dernières années, il n'y a eu que des changements mineurs quant au marché, aux utilisations et aux spécifications. Le changement majeur fût l'émergence des meules de "Zirconia alumina" qui ont accaparé certaines applications qui étaient préalablement réservées au carbure de silicium.

Une autre tendance qui apparaît est la demande croissante des mailles 230-1200 "micro-grits".

Dans le cas des abrasifs enduits, la plupart de la production est maintenant limitée à du papier

1. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 65.

2. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 67.

imperméable ou étanche aux mailles 120 et plus. La demande des rouleaux en tissu de SiC et des ceintures est actuellement restreinte.¹

Aux É.-U. et au Canada, l'utilisation du SiC comme abrasif en 1980 et 1981 était respectivement de 30% et 38%.² D'autre part, il appert que l'utilisation de SiC comme abrasif entre 1970 et 1977 aux É.-U. a régressé de 50% à 29%. Il semble, par contre, que l'utilisation du SiC en métallurgie prend une importance majeure tel que le démontre les chiffres présentés au tableau 4.

TABLEAU 4

Distribution des utilisations de SiC aux E.U.³
en tonnes américaines (2000 livres)

<u>Années</u>	<u>Abrasifs</u>	<u>Réfractaires*</u>	<u>Métal- lurgie*</u>	<u>Total</u>	<u>% des abrasifs</u>
1970	83,500	20,000	63,500	167,000	50%
1971	67,600	15,600	46,800	130,000	52%
1972	94,600	19,900	51,500	166,000	57%
1973	77,800	19,400	64,800	162,000	48%
1974	61,000	19,600	82,400	163,000	38%
1975	56,300	16,100	61,600	134,000	42%
1976	58,800	19,100	81,100	159,000	37%
1977	58,300	20,100	122,600	201,000	29%

*Estimés

B. Métallurgie

En dépit de la récession (1980 à 1982) qui a ralenti l'industrie métallurgique, l'utilisation du SiC comme additif au fer et à l'acier dans les fours est de plus en plus croissante.

Dans les fonderies d'acier, la fusion du métal est exécutée dans des fours électriques. Pour cette pratique, du SiC 90% de concentration est utilisé et donne certaines propriétés au produit en fusion. Il agit comme désoxydant.

1. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 65.

2. Source: Mineral Yearbook, Metals and Minerals, U.S. Department of Interior, Bureau of Mines, 1981, Page 72.

3. Source: Industrial Minerals, Nov. 1978, Page 59.

Le facteur le plus important lors de cette réaction est qu'elle soit exothermique. Ce supplément de chaleur permet l'addition de plus grandes proportions de ferraille réduisant ainsi les coûts.¹

Dans les fonderies où les fours verticaux et cylindriques sont utilisés pour la fusion du fer, la demande du SiC est aussi croissante. Dans ce cas, du SiC 80% est utilisé. Une fois le matériel en fusion, le SiC se décompose en silicium et carbone et agit comme agent désoxydant. La réaction exothermique produit un métal fondant qui est surchauffé, ce qui facilite et permet un mince moulage de la fonte prévenant ainsi toute solidification prématurée. Ceci permet aussi l'utilisation des qualités inférieures de ferraille.

Un autre avantage important de l'utilisation du SiC dans la production de la fonte est qu'elle assiste la cristallisation du graphite dans le fer. Ceci produit une meilleure qualité de fonte.

Tout ceci pourrait bien augmenter l'utilisation de SiC dans les fonderies.¹

Il est important de souligner que le ferro-silicium compétitionne avec le SiC dans ce domaine, surtout par son prix inférieur. Toutefois, les propriétés du SiC sont supérieures.¹ par exemple, le SiC a un pourcentage d'impureté d'aluminium inférieur au ferro-silicium. Ceci est important dans la fusion de l'acier électriquement car l'aluminium peut causer des petits trous dans l'acier produit.

Si la différence de prix augmente suffisamment, les fonderies auront recourt à des additions de ferro-silicium à un bas contenu d'aluminium.

Les prix du SiC aux É.-U. sont très bas présentement à cause des excédents de stocks sur le marché. Le prix du SiC 90% est d'environ \$400 à \$500 la tonne.¹ L'industrie automobile qui utilise de grandes quantités de fonte est particulièrement touchée et la tendance à produire de plus petites et légères voitures pourra freiner le marché de SiC pour cet usage.

¹. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Pages 67-68.

C. Réfractaires

L'utilisation du SiC comme réfractaire dépend largement des industries produisant des métaux. Le marché des réfractaires, de 1980 à 1982, est en état de stagnation à cause de la récession et du bas niveau de production des métaux.

Etant donné que le SiC est un réfractaire relativement cher, ses utilisations sont généralement limitées à des applications où ses propriétés atteignent des performances supérieures. Ses propriétés mécaniques le rendent supérieur dans plusieurs applications. De plus, étant lui-même un abrasif, ceci le rend résistant aux effets d'abrasion. Dans plusieurs cas où le réfractaire exige d'avoir une bonne conductivité thermique et une résistance à l'attaque chimique et mécanique, le SiC peut être utilisé étant donné qu'il a une bonne conductivité thermique qui est stable au dessus de 1 000°C.¹

Plusieurs autres utilisations du SiC sont en cours, ou sous essais. A titre d'exemple, des essais ont été effectués pour l'emploi du SiC sur les parois des fours électriques refroidis à l'eau et les résultats paraissent prometteurs.¹ Toutefois cette application n'a pas encore été totalement acceptée. D'autre part, le pourcentage d'utilisation peu élevé de la capacité des fours n'encourage pas l'emploi du SiC pour remplacer d'autres réfractaires moins chers.

L'agent liant des briques de SiC est important car l'échec du SiC comme réfractaire peut souvent provenir de la défaillance de l'agent liant même. Il importe donc de bien choisir l'agent liant afin qu'il supporte l'environnement dans lequel le réfractaire sera utilisé. Les agents liants les plus communs sont: l'argile, le silicium, le nitrure de silicium et l'éthyl silicate. L'utilisation directe de SiC comme agent liant des matériaux est généralement très dispendieuse pour son usage dans les réfractaires et cette utilisation est normalement limitée aux applications de haute technologie.

Le moulage du SiC réfractaire est généralement effectué par pression à sec, martelage et vibration; quelques autres moulages sont préparés par pression et chaleur

¹. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 67.

afin de former des pièces utilisées dans des applications spéciales telles que les lames des turbines.¹

Le SiC réfractaire est aussi employé dans des applications thermiques (bouilloires, recuisson, capitonnage des fours), dans les éléments à résistances électriques et dans la production des gaz.¹

Un nouvel usage du SiC réfractaire est son emploi comme réfractaire monolithique. Une proportion de 25% de SiC est ajoutée à certains mélanges afin d'améliorer la résistance au choc thermique et changer les caractéristiques de dilatation. Cette application n'est pas encore répandue et elle est surtout pratiquée au Japon.²

D. Autres usages (quantités mineures)

Le SiC a une multitude d'autres applications:

- a) mélangé au béton et à d'autres agents liants, il est utilisé pour la production des surfaces non glissantes des planchers et des marches et leur donne une plus grande durabilité.

Cette utilisation est employée en Suisse, particulièrement dans la région de Bâle où des qualités inférieures de SiC sont produites par la compagnie "Lonza".² Mais en ce domaine, d'autres matières compétitionnent avec le SiC.

- b) il est aussi utilisé dans les équipements des précipitateurs de poussière et comme additif aux peintures qui doivent être anticorrosives et antiabrasives. En France, les peintures utilisées sur les parois extérieures des bateaux contiennent quelque-fois du SiC de qualité médiocre qui ne s'utilise pas à d'autres fins.³

1. Source: Industrial Minerals and Rocks, 4th edition, 1975, Page 365.

2. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 67.

3. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 68.

- c) d'autres applications du SiC sont dans les domaines des composantes d'équipements électriques. La pureté chimique du SiC est alors très importante dans ce cas car son utilisation dépend surtout des propriétés semi-conductrices des composantes du varistor¹. Le SiC est aussi utilisé dans les paratonnerres, les résistances à voltage variable, et comme protecteur des variations de voltage. Les compagnies ESK et Lonza sont les deux seules à fournir le SiC à ces fins.²
- d) un important usage du SiC a été récemment développé sous forme d'auto-liaison (self-bonded) par une réaction de chauffage sans atteindre le point de fusion. Il est alors utilisé dans des composants résistant à l'usure et aux hautes températures. C'est grâce à l'Agence de l'énergie atomique du Royaume-Uni que cette méthode de liaison du SiC fut découverte et ce n'est que depuis 8 ans que cette méthode fut commercialisée par la "British Nuclear Fuels" et la demande s'est substantiellement accrue pour ce produit qui pourra être ultérieurement utilisé pour des turbines de gaz et des composants des moteurs d'automobiles.²

3. ORIENTATION DU PROJET

Ce projet repose sur la base de l'existence au Zaïre de matières premières nécessaires soit le sable silicieux et la farine de bois, mais aussi et surtout sur le fait d'une grande disponibilité d'électricité à un coût très modique. L'objectif est donc d'exploiter cette énergie électrique disponible afin de rentabiliser les coûts des installations hydro-électriques déjà existantes d'Inga I et II. Les matières premières à être importées sont le coke, le sel, l'acide sulfurique et la soude caustique. Des fûts d'emballage seront façonnés localement par l'usine projetée.

1. Une résistance électrique qui varie sa résistance suivant le voltage utilisé.

2. Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 68.

D'autre part, ce projet tel qu'indiqué préalablement se veut voué à l'exportation totale de sa production. En conséquence, une grande planification sera nécessaire pour organiser la vente et l'exportation du carbure de silicium vers des marchés extérieurs. De plus, le carbure de silicium devra être acheminé par voie maritime de même que le coke et les autres matières premières essentielles à la production du SiC.

Les matières premières à importer (coke, sel, soude caustique et acide sulfurique) représenteront un mouvement d'affrètement de près de 31,480 tonnes/an qui devront transiter par le port de Boma. De plus le carburant pour véhicule à être importé sera de 650,000 litres soit 4,063 barils, et finalement, l'exportation de 20,000 tonnes/an de SiC.

Or, les opinions sont divisées quant à la capacité 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 évacuer 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.

4. CAPACITÉ DE PRODUCTION DU PROJET

Le projet proposé se basera sur une production annuelle de 20,000 tonnes de carbure de silicium tel que proposé par la ZOFI.

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.

Le programme de production initiale de carbure de silicium sera donc étudié ici dans la perspective d'une capacité totale de 20,000 tonnes/an.

Le programme de production sera basé sur une année de travail de 365 jours ouvrables. La capacité de production durant les années initiales sera de:

- 1ère année: 60% de la capacité réalisable et nominale de 20,000 tonnes/an
- 2ème année: 75% de la capacité réalisable et nominale de 20,000 tonnes/an
- 3ème année: 90% de la capacité réalisable et nominale de 20,000 tonnes/an
- 4ème année: 100% de la capacité réalisable et nominale de 20,000 tonnes/an

5. 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 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 ZOFI 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 des nouvelles industries qui répondent aux normes établies. Ces principales incitations sont:

- 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;

- la garantie de transfert des revenus en matière de bénéfiques taxables;
- la garantie contre les risques politiques ou la nationalisation;
- 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;
- l'exemption totale ou partielle de la contribution sur les revenus professionnels.
- l'exemption totale d'impôts corporatifs sur les bénéfiques durant les 6 années de production initiale du projet et par la suite une imposition de 25% sur les bénéfiques nets de la 7ème à la 15ème année et par la suite une imposition fiscale régulière telle qu'établie au Zaïre.
- 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.
- 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 la 6ème 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 secteur de l'énergie électrique. Au delà de la 15ème année, la majoration sera de 75% de la marge normale applicable au secteur de l'énergie électrique. 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 plus de 179 nouveaux emplois, l'utilisation des matières premières disponibles au pays soit le sable et la farine de bois et l'introduction au Zaïre d'une technologie avancée.

6. ÉTAT DU PROJET

Initialement, un premier document de projet a été établi en septembre 1978 par la Direction des études technico-économiques, Département de l'Économie nationale et de l'Industrie du Zaïre, par M. Tahy Ivan. En 1981, les données ont été révisées dans un document ultérieur.

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 de son bon fondement 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 carbure de silicium au Zaïre semble être très limité. Son utilisation présente pourrait être vouée à la production de l'acier à l'usine de Maluku. En toute éventualité, les quantités de SiC qui pourraient être utilisées semblent être minimales 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 carbure de 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 DE LA PRODUCTION DE L'EXPORTATION ET DE L'IMPORTATION DU CARBURE DE SILICIUM AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE ET AU CANADA

A) Évaluation de la production du SiC aux É.-U. et au Canada

Le tableau 5 présente la production du carbure de silicium en Amérique du Nord (É.-U. et Canada).

TABLEAU 5

Production du SiC aux É.-U. et au Canada¹
en millier de Tonnes Métriques

Année	Totale
1981	142
1980	154
1979	178*
1978	165
1977	174
1976	144
1975	122
1974	148
1973	147
1972	151

*Estimé

¹. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, 1974-1981.

Il appert au tableau 5 que l'Amérique du Nord est la région où une partie importante de la production mondiale fut produite soit 178,000T en 1979. Ceci représente 13,000T de plus qu'en 1978 et 4,000T de plus qu'en 1977. La production de 1979 représentait 95% de la capacité installée en ce temps¹ soit près de 187,500T.

La liste des producteurs nord-américains et la localité de leurs usines sont présentées au tableau 6.

TABLEAU 6

Manufacturiers de SiC nord-américains et localités de leurs usines²

Nom de la compagnie	Localité de l'usine
Carborundum Electro Minerals Company, Division of Standard Oil of Ohio.	Shawinigan, Qué. (Canada) Niagara Falls, N.Y. (É.-U.) Vancouver, Wash. (É.-U.)
ESK Corporation	Hennedin, Ill. (É.-U.)
The Exolon Co.	Thorold, Ont. (Canada)
Electro Refractories & Abrasives Co., Part of Ferro Corp., Specialty Ceramics Group	Cap-de-la-Madeleine, Qué. (Canada)
General Abrasive Div. of Dresser Ind.	Niagara Falls, Ont. (Canada)
Norton Co.	Cap-de-la-Madeleine, Qué. (Canada)
Satellite Alloy Corp.	Springfield, P.A. (É.-U.)

1. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 69.

2. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, 1981, Page 71.

Il est à noter qu'une part importante des installations est concentrée autour des complexes hydro-électriques de Niagara Falls des deux côtés de la frontière des É.-U. et du Canada, ainsi qu'à d'autres endroits où l'électricité bon marché prévalait quand ces usines ont été implantées.

Or le prix de l'électricité - qui était la source énergétique la meilleure marché aux alentours de 1970 - a augmenté considérablement¹. C'est pour cela que la Compagnie Carborundum a dû fermer les portes de son usine à Jacksboro, Tenn. (É.-U.) en 1979-1980. Ironiquement, elle avait implanté en 1970 son usine dans cette région à cause du coût de l'énergie bon marché. En effet, ce coût a augmenté de 600% depuis 1970.¹

En général, le coût de l'énergie représente 12% du coût de fabrication¹ et ce dans les pays industrialisés où l'usine est localisée proche des ressources énergétiques à coût modique. Donc, toute augmentation sensible dans le coût de l'énergie affecte la profitabilité de cette industrie.

B. Évolution des exportations et des importations du SiC aux É.-U. et au Canada

Les exportations et importations du SiC aux E.U. figurent au tableau 7.

TABLEAU 7

Exportations et Importations de SiC aux É.-U.²
en Milliers de Tonnes Métriques

<u>Années</u>	<u>Exportations</u>	-	<u>Importations</u>	=	<u>Résultat Net</u>
1981	10		77		67
1980	12		55		63
1979	9		93		84
1978	11		103		92
1977	10		87		77
1976	9		82		73
1975	12		78		66
1974	12		92		80
1973	7		106		99
1972	5		97		92
1971	6		92		86

1. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Pages 68 & 71.

2. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, 1971 à 1981.

Il ressort du tableau 7 que les importations du SiC aux É.-U. sont très supérieures aux exportations et que les É.-U. ne sont pas autosuffisants en ce qui concerne ce composé.

Quant aux exportations du SiC du Canada, elles apparaissent au tableau 8. Le Canada ne semble pas importer du SiC.

TABLEAU 8

Exportation du SiC au Canada¹
en Milliers de Tonnes métriques

Années	Exportations
1979	76
1978	97
1977	78
1976	78
1975	71
1974	83

L'étude de ce dernier tableau nous démontre que les exportations du SiC du Canada se sont maintenues aux environs de 85,000T/an. La quasi-totalité de cette exportation était destinée aux É.-U. Il est clair que le Canada ayant des ressources hydro-électriques à un coût très modique exploitât cette énergie électrique dans la production du SiC et son exportation. De plus, il semble que la province de Québec au Canada a dû importer des É.-U. du sable silicieux de haute qualité pour satisfaire les besoins des usines de carbure de silicium dans cette province.² Ceci indique qu'il est rentable de transporter le sable sur une longue distance pour fabriquer le SiC pour autant que le coût de l'électricité soit modique.

1. Source: Mineral Yearbook International, Metals & Minerals, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, 1976-1979.

2. Source: Statistiques industrielles du Québec, Page 29.

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

A) Exportation du SiC des pays du Marché Commun

Le tableau 9 présente les principaux pays membres du Marché Commun, qui sont exportateurs du carbure de silicium, du carbure de boron, et du carbure métallique. Ces trois substances sont regroupées sous le même numéro de classification (SITC 523.94). Toutefois, le carbure de boron et le carbure métallique représentent au plus 15%¹ des chiffres à ce tableau.

TABLEAU 9

Exportations du SiC des pays de la CEE en 1980
en tonnes métriques²

Matériel	Rép. féd. d'Alle- magne	France	Italie	Pays- Bas	Belg- Lux	Roy- aume Uni	Ir- lande	Dane- mark	Total
Carbure de silicium ³									
Carbure de boron	28,554	352	14,194	37	789	1,102	16	30	45,074
Carbure métallique									
Carbure de silicium ³	24,271	299	12,065	31	671	937	14	26	38,314

Il est évident que d'après le tableau 9, les plus grands exportateurs de la CEE étaient la R.F. d'Allemagne suivie de l'Italie.

1. Estimé.

2. Source: Eurostat 1980 (tableau analytique) SITC 523.94.

3. Estimé à 85% du total.

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

Le tableau 10 nous offre les mêmes pays qu'au tableau 9, importateurs cette fois du carbure de silicium, du carbure de boron, et du carbure métallique. Globalement regroupées sous le même numéro de classification (SITC 523.94), le SiC, ici aussi, représente 85%¹ des quantités importées.

TABLEAU 10

Importations du SiC aux pays de la CEE en 1980
en tonnes métriques²

Matériel	Rép. féd. d'Alle- magne	Dane- mark	France	Italie	Pays- Bas	Belg- LUX	Roy- aume uni	Ir- lande	Total
Carbure de silicium ³									
Carbure de boron	72,880	629	21,423	12,253	1,279	6,703	17,168	93	132,428
Carbure métallique									
Carbure de silicium ³	61,948	535	18,210	10,415	1,087	5,698	14,593	79	112,565

Selon ce dernier tableau, les trois plus grands importateurs sont:

La R.F. d'Allemagne	61,948 T
La France	18,210 T
Le Royaume-Uni	14,593 T

1. Estimé.

2. Source: Eurostat 1980 (tableau analytique) SITC 523.94.

3. Estimé à 85% du total.

Étant donné l'importance que revêt la République Fédérale d'Allemagne dans le domaine des exportations et des importations du SiC, il serait intéressant de connaître l'évolution de celles-ci d'après le tableau 11.

TABLEAU 11

Exportations et importations du SiC en R.F. d'Allemagne¹
en ('000) Tonnes

Année	Exportations	-	Importations	=	Résultat Net
1974	12		45		33
1975	17		50		33
1976	21		62		41
1977	23		62		39
1978	24		62		38
1979	29		67		38
1980 ²	24		62		38

Il appert de ce tableau que la République Fédérale d'Allemagne importe près de trois fois la quantité de ses exportations du SiC et que néanmoins elle demeure - après les É.-U. - un importateur d'une nette importance.

Il est nécessaire de noter que la Compagnie allemande Electroschmelzwerk Kempten (ESK) a installé son usine de 50,000 T/an (la plus grande d'Europe) au Pays-Bas (voir tableau 12). La grande majorité de la production de cette usine est destinée à la République Fédérale d'Allemagne qui réexporte une partie de l'importation de cette usine.

1. Source: Mineral Yearbook International, Metals & Minerals, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, 1976-1980.

2. Source: Eurostat 1980, SITC 523.94.

4. PRODUCTEURS, CAPACITÉS INSTALLÉES ET PRODUCTION
MONDIALE DU SiC

A. Producteurs et capacités installées

Seuls quelques pays du monde produisent le carbure de silicium dont les standards varient quelque peu selon les pays producteurs. Les quantités produites sont minimales ne dépassant pas 600,000 T/an (voir tableau 12).

C'est pour cela qu'il existe un commerce international considérable en cette substance.¹

La répartition des facilités de production est grandement influencée par deux facteurs importants:²

- i. la disponibilité des sources énergétiques à coûts modiques,
- ii. une grande demande du SiC.

Toutefois, il semble que le coût de l'énergie soit le facteur décisif et que les facilités de production de cette matière soient portées à migrer vers les pays et/ou régions où l'énergie est à un coût modique. C'est le cas de la Compagnie Carborundum qui a fermé son usine située à Jacksboro, Tenn. (É.-U.) à cause de la hausse considérable du coût de l'électricité, et aussi le cas de la compagnie ESK qui a implanté une nouvelle usine de 25,000 T/an à Hennedon, Ill. (É.-U.) et dont le choix de la localité a été principalement basé en fonction du coût de l'énergie.³ Il n'y a aucun doute que ESK dans son choix de la localité de sa nouvelle usine a prêté une attention toute particulière à la situation du coût de l'énergie.

Le tableau 12 présente les producteurs mondiaux de SiC, la localité de leurs usines et la capacité des installations.

Il appert donc que les capacités installées des producteurs mondiaux dépassent les 510,000 T (excluant le Mexique, l'Argentine, l'Inde et les pays du bloc de l'Est).

1. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 71.

2. Source: Industrial Minerals, Nov. 1978, Page 59.

3. Source: Industrial Minerals, Aug. 1979.

TABLEAU 12
Producteurs mondiaux de SiC¹

Pays	Nom de la Compagnie	Localité de l'usine	Capacité de l'usine en T.	Remarques
France	Sté-française d'Électro-métallurgie (SOFREM)	Aiguebelle (Savoie)	18,000	Présentement fait partie du groupe Péciney-Ugine-Kulmann
R.F. d'Allemagne	Lonza Werke GMBH	Waldshut	20,000	Subsidaire de Alusuisse
Italie	Soc. Azionaria Miniere Metallurgica (SAMIM) F.I.A.S.A.A. - AMMI	Scurelle, Valsugana St. Michele all'adige, Trento	20,000 20,000	Présentement gérés par la compagnie d'état ENI
Pays-Bas	Electroschmelzwerk Kempten GMBH (ESK)	Delfzijl	50,000	A commencé ses opérations en 1977, fait partie de la compagnie Wacker-Chemic GMBH une subsidiaire Wacker-Chemical de New-York É.-U.
Norvège	Arendal Smelteverk A/S	Arendal	41,600	Subsidaire de la compagnie de carborundum des É.-U.
	Norton	Lillesand	17,000	Subsidaire de la compagnie Norton des É.U.
	Orkla Exolon A/S & Co.	Orkanger	12,000	Possédée par les compagnies Orkla-Grube AB, Elkem-Spigerverk & Exolon des É.-U.
Espagne	Navarro SA	Vadillos	8,000	Licence technique de carborundum
Suisse	Lonza SA	Bodio	12,000	
Japon	Pacific Metals Co. Ltd. Shinano Denkiseiren Co. Ltd. Showa Denko KK Yakushima Denko Co. Ltd.	Iwase Nagano Nagano Yakushima	30,000 10,000 40,000 20,000	
Brésil	Electroschmelzwerk Kempten GMBH (ESK)	Barbenca	6,000	Projet conjoint de la Co. ESK et Cia. Pualiste de Ferro ligas de San Paulo

TABLEAU 12
Producteurs mondiaux de SiC¹ (suite)

Pays	Nom de la Compagnie	Localité de l'usine	Capacité de l'usine en T.	Remarque
Mexique	Carborundum	Vera Cruz	Non-Disponible	Projet conjoint de la compagnie carborundum avec le gouvernement mexicain et investisseurs locaux
États-Unis et Canada	Carborundum Electro Minerals Minerals Co., Div. of Standard Oil of Ohio	Shawinigan, Qué. (Canada) Niagara Falls, N.Y. (É.-U.) Vancouver, Wash. (É.-U.)	--187,000	
	ESK Corporation	Hennedin, Ill. (É.-U.)		
	The Exolon Co.	Thorold, Ont. (Canada)		
	Electro Refractories & Abrasives Co., Part of Ferro Corp., Specialty Ceramics Group	Cap-de-la-Madeleine, Qué. (Canada)		
	General Abrasive Div. of Dresser Ind.	Niagara Falls, Ont. (Canada)		
	Norton Co.	Cap-de-la-Madeleine, Qué. (Canada)		
	Satellite Alloy Corp.	Springfield, P.A. (É.-U.)		
Argentine	Fabril Casale	Non-Disponible		
Inde	Norton Grindwell	Non-Disponible		
Pays du Bloc de l'Est: URSS, Pologne, Tchécoslovaquie, Chine, Yougoslavie		Non-Disponible		

¹. Source: Industrial Minerals, Nov. 1978, Page 59 à 63, et Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 68 à 71.

B. Production du SiC

A cause des quantités limitées de SiC produites mondialement, les statistiques quant à la production totale mondiale ne sont pas disponibles.

Toutefois, la production du SiC peut être estimée entre 80% et 90% des capacités installées. Ceci veut dire que de 400,000 à 450,000 T sont produites annuellement. Si l'on inclut les pays du bloc de l'Est, on peut estimer la production mondiale à près de 600,000 T/an.

A titre indicatif, la production dans les pays suivants a été de:

États-Unis et Canada	= 178,000 T en 1979. ¹
Japon	= 67,000 T en 1977. ²
Brésil	= 5,000 T en 1977. ²

L'usine de 20,000 T/an de SiC proposée au Bas-Zaïre représenterait donc près de 3% de la production mondiale, ce qui est conservateur. Mais ce que l'on doit surtout examiner ce sont les exportations et les importations mondiales.

5. EXPORTATIONS ET IMPORTATIONS MONDIALES DE SiC

A. Exportations mondiales de SiC

Étant donné que la production mondiale est limitée à un petit nombre de pays producteurs, il s'ensuit qu'un grand pourcentage de sa commercialisation est constitué d'exportation des pays producteurs, où l'électricité est à un coût modique, vers les marchés de consommation.³

Les principaux exportateurs mondiaux semblent donc être les pays favorisés par cet important facteur de production.

Les 5 plus importants pays exportateurs sont reproduits au tableau 13.

1. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 69.

2. Source: Industrial Minerals, Nov. 1978, Page 63.

3. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 71.

TABLEAU 13

Principaux Pays Exportateurs du SiC
en ('000) de Tonne

Le Canada ¹	97	en 1978
La Norvège ¹	50	en 1980
Les Pays-Bas ⁴	40*	
L'Italie ³	12	en 1980
Les États-Unis ²	12	en 1980

*Estimé

On peut estimer le total des exportations du SiC à 50% de la production mondiale, soit aux alentours de 250,000 T/an.

La production de 20,000 T/an de l'usine proposée au Bas-Zaïre représenterait donc 8% des exportations mondiales, ce pourcentage est assez conservateur et des éventuelles exportations du Zaïre n'auront pas d'effets perturbateurs sur les marchés d'exportation.

B. Importations mondiales de SiC

Sur le marché international, les exportations sont égales aux importations. Les principaux pays importateurs de SiC sont présentés au tableau 14.

TABLEAU 14

Principaux Pays Importateurs du SiC
en ('000) de Tonne

États-Unis ²	103	en 1978
R.F. d'Allemagne ³	62	en 1980
France ³	18	en 1980
Royaume-Uni ³	15	en 1980
Italie ³	10	en 1980
Belgique/Luxembourg ³	6	en 1980
Japon ⁴	7	en 1979
Corée du Sud ⁴	4	en 1979
Taiwan ⁴	3	en 1979

1. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, 1979 et 1980.
2. Source: Mineral Yearbook, Metals & Minerals, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, 1978 et 1980.
3. Source: Eurostat 1980, SITC 523.94.
4. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 71.

Le tableau 14 démontre que 228,000 T/an ont été transigées (excluant plusieurs petits importateurs et les pays du bloc de l'Est). On peut alors supposer qu'une moyenne de 250,000 T/an sont importées. L'usine proposée au Bas-Zaïre ne représenterait que 8% des importations mondiales, ce qui est réaliste et conservateur.

6. PROJECTION DU MARCHÉ

De ce qui précède, il s'avère que la production aux États-Unis et au Canada de SiC a progressé de 151,000 en 1972 à 178,000 T en 1979, (1980 et 1981 n'étant pas représentatives à cause de la récession).

D'autre part, les utilisations du SiC se multiplient dans le domaine de la métallurgie, des abrasifs, des réfractaires ainsi que dans d'autres domaines de haute technologie (voir Chapitre I).

A titre d'exemple, le tableau 4 indique qu'aux É.-U. pendant que l'utilisation traditionnelle du SiC comme abrasif a régressé de 83,500 T en 1970 à 58,300 T. en 1977, son utilisation dans la métallurgie a presque doublé de 63,500 T en 1970 à 122,600 en 1977 compensant largement les diminutions dans son utilisation comme abrasif.

Ceci a mené certains producteurs européens à augmenter la capacité des installations de leurs fours. A titre d'exemple entre 1978 et 1980 le tableau 15 offre la liste des producteurs qui ont augmenté la capacité de leur installation.

TABEAU 15

Nouvelles capacités des installations additionnelles des producteurs du SiC entre 1978 et 1980¹

Pays	Producteurs	Capacité en 1978	Capacité en 1980	Capacité additionnelle
R.F. d'Allemagne	Lonza Werke	18,000 T	20,000 T	2,000 T
Norvège	Arendal Smelteverk A/S	37,000 T	41,600 T	4,600 T
	Norton	12,000 T	17,000 T	5,000 T
Espagne	Navarro SA	5,000 T	8,000 T	3,000 T
Suisse	Lonza SA	10,000 T	12,000 T	2,000 T
Italie	(SAMIM) F.I.A.S.A.-AMMI	38,000 T	40,000 T	2,000 T
Brésil	ESK (nouvelle usine)	-	6,000 T	6,000 T
Mexique	Carborundum (nouvelle usine)	-	Non-connue	Non-connue

On reconnaît au tableau 15 qu'entre 1978 et 1980, une augmentation de capacité de production de plus de 24,600 T a eu lieu, soit près de 5% de la production mondiale et 4,600 T de plus que l'usine proposée au Bas-Zaïre.

Ceci indique donc que la consommation mondiale du SiC est en progression et que les capacités additionnelles ont été implantées afin de répondre à cette demande croissante. A titre d'exemple, la consommation du SiC aux É.-U. seulement a augmenté de près de 2.7% par année entre 1970 et 1977 (voir tableau 4).

¹. Source: Industrial Minerals, Nov. 1978 et Dec. 1980.

D'autre part, étant donné la migration des usines de SiC 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 mondiales de SiC.

En vue d'une approche conservatrice, on supposera que les importations mondiales de SiC progresseront à un taux moyen de 2.6% par an. Cela suppose donc que la migration de cette industrie vers des pays à coûts modiques d'électricité sera arrêtée, ce qui est très conservateur.

Dans l'hypothèse que le projet aura besoin d'un an pour intéresser les investisseurs, de deux ans d'implantation et de quatre ans pour atteindre sa capacité de croisière de 20,000 tonnes/an, les exportations mondiales qui auront augmenté à un taux de 2.6% annuellement atteindront 300,000 T/an. La production de l'usine proposée sera alors de près de 6.6% des exportations mondiales, ce qui est réaliste.

Finalement, il est important de souligner que la production du SiC est quasi-totalement contrôlée par les grands producteurs apparaissant au tableau 12, car la production requiert, en plus des investissements d'importance une grande expertise, un contrôle de la production et de la qualité. C'est pour cela que les nouvelles facilités de production implantées dans les pays en développement (Brésil, Mexique, Inde) sont des projets conjoints où un des grands producteurs est en association avec des firmes locales et pourvoit à la supervision de la production par le biais d'assistance technique à la production et à la mise en marché.

7. ÉVOLUTION DU PRIX DE CARBURE DE SILICIUM

La compagnie Krupp a quoté les prix suivant de SiC et ce en décembre 1982:

- SiC pour mouture:	\$1.26 à 1.68 le kilo
- Le meilleur SiC vert pour polissage:	\$6.72 à 7.56 le kilo
- SiC 93% à 94% de concentration:	\$1.13 le kilo
- SiC 95% à 97% de concentration:	\$1.26 le kilo
- SiC 98% à 99% de concentration:	\$1.39 le kilo

D'autre part, le tableau 16 présente l'évolution du prix du SiC.

TABLEAU 16

Évolution du prix du SiC¹
en £ et \$ par Tonne

En	Moyenne du du Taux de change £/\$ ¹	SiC Vert 99.5%		SiC Noir 99%	
		£	\$	£	\$
janv. '83	1.6	850-950	= 1360-1520	580-700	= 928-1120
janv. '82	2.0	830-870	= 1660-1740	620-690	= 1240-1380
janv. '81	2.4	800-820	= 1920-1968	650-670	= 1560-1608
janv. '80	2.2	710-730	= 1562-1606	570-590	= 1254-1298
janv. '79	1.9	710-730	= 1349-1387	560-580	= 1064-1102

Il appert au tableau 16 que le prix du carbure de silicium vert 99.5% de SiC a progressé entre janvier 1979 et janvier 1983 de 4.6% par an en £, mais à cause des fluctuations des taux de change, la valeur en \$ n'a changé que relativement peu. Ceci s'applique aussi pour le carbure de silicium noir à 99% de SiC.

Toutefois, la plus grande progression en dollars a eu lieu entre janvier 1979 et janvier 1981 et elle a été d'environ 44% en moyenne pour les deux concentrations. Par la suite, les prix ont régressé considérablement entre janvier 1981 et janvier 1983 et ce à cause des effets de la récession qui ont commencé à se faire plus durs et à affecter le prix du SiC sur le marché mondial.

En ce qui concerne les prix futurs de SiC, ils devront progresser beaucoup plus qu'ils ne l'ont fait durant les 5 dernières années.² Ceci afin de récupérer et compenser les augmentations importantes du prix des matières premières et des facteurs de production qui s'est accru considérablement durant les dernières années.

1. Source: Industrial Minerals, Jan. 1979 à Jan. 1983.

2. Source: Industrial Minerals, December 1980, Page 71.

Pour les fins de cette étude, l'estimé du prix de la tonne de SiC 99% F.A.B. Port de Boma serait de \$875.

8. CHOIX DE LA CONCENTRATION DU SiC A PRODUIRE

Certains producteurs de SiC prétendent que les différences de performance quelque peu supérieure du SiC vert (99.5%) ne justifie pas son prix qui est bien supérieur au SiC noir (99%). Bien que la plupart de la consommation du carbure de silicium est d'une concentration de 99% et plus de SiC,¹ il demeure qu'il existe un important marché pour les grades inférieurs.

Toutefois, pour les besoins de cette étude, la concentration de SiC retenue sera celle de 99% où la majeure partie de la demande se trouve localisée.

9. PROGRAMME DE PRODUCTION

Le programme de production s'établit comme au tableau 17.

¹. Source: Industrial Minerals, Dec. 1980, Page 65.

TABLEAU 17

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 carbure de silicium 99% de SiC	-	-	12	15	18	20

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:

Carburant	2 mois
Sable	1 mois
Coke	3 mois
Farine de bois	1 mois
Sel	3 mois
Soude caustique	3 mois
Acide sulfurique	3 mois
Coke pour électrodes	3 mois
Fûts d'emballage	1 mois
Produit fini	1 mois

Le carbure de silicium produit aura en moyenne une teneur de 99% de SiC mais l'on pourra varier la production en fonction de la demande du marché.

10. CAPACITÉ DE L'USINE

Huit sections regroupant chacune 5 à 6 fours dont la puissance de chacun est de 2,000 kw seront en mesure de produire 20,000 T de SiC par an.¹ Un four de 2 MW sera en mesure de produire près de 9 T par cueillette qui requiert une période d'une semaine.¹ Donc la production d'un four par année de 52 semaines sera de 468 T. L'entretien du four et de ses parois s'exécute lors de la cueillette pendant que le four est froid (voir Aspects Techniques du projet chapitre 5).

Le temps total de la cuisson, refroidissement, etc. jusqu'à la nouvelle opération de cuisson est d'une semaine¹ (33 heures chauffer le four, 36 heures pour refroidissement, et 4 jours pour ouvrir le four, le vider et le préparer pour la nouvelle opération).¹

Donc, afin de produire 20,000 T, on aura besoin de près de 43 fours regroupés en huit sections.²

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

Le volume de production est économiquement viable étant donné que plusieurs producteurs à travers le monde ont leurs usines d'une capacité moindre de 20,000 T/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.

La puissance électrique requise à ces installations est de 22.5 MW, ce qui est au-dessus du 10 MW établi par la ZOFI pour bénéficier du statut de la Zone Franche.

-
1. Source: Les compagnies Electro Refractories & Abrasives of Canada et Norton du Canada.
 2. La compagnie Norton du Canada a 42 fours d'une puissance moyenne de 2 MW et produit approximativement 20,000 de SiC par an.

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

L'évolution des prix du carbure de silicium aux États-Unis d'Amérique et en Europe est présentée au tableau 16. Il faut noter que ces prix sont les prix du mois de janvier de chaque année et peuvent subir des fluctuations au cours de l'année et d'une région à une autre.

En vue de pouvoir pénétrer le marché européen et en vue d'une approche conservatrice, l'estimé des prix de vente sera basé comme suit:

SiC 99% à \$875 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 \$50 la tonne livrée à un port d'Europe¹, ce qui reviendrait à:

\$925 pour la Tonne de SiC 99%
C.A.F. port d'Europe

Ces prix pourront être concurrenciels comparativement aux prix d'Europe et des É.-U. (voir tableau 16).

Le tableau 18 résume les revenus attendus et les coûts de vente qui montent à 3% des revenus.

TABLEAU 18

Estimé des revenus et des coûts de vente

Années	Période de Construction		Production			
	1	2	3	4	5	6
Capacité	-	-	60%	75%	90%	100%
SiC 99% en Tonnes			12,000	15,000	18,000	20,000
Estimé des revenus @ \$875/T en \$('000)			10,500	13,125	15,750	17,500
Estimé du coût de vente 3% des revenus en \$('000)			315	394	473	525

1. Source: Logtrans, Canada, agent maritime.

CHAPITRE III

MATÉRIAUX ET FACTEURS DE PRODUCTION

Les matières premières nécessaires à la production du SiC tel que décrit au document de projet sont présentées au tableau 1. Toutefois les quantités des matières premières peuvent varier et ceci en fonction du procédé, des qualités de ces matières premières et de la concentration du SiC et ceci tel qu'il est démontré au tableau 19.

TABLEAU 19

Matières premières et facteurs de production requis à la production d'une tonne de SiC à 99%¹

Sable	1500 kg	} - 50% matières premières fraîchement introduites
Coke	1200 kg	
Farine de bois	175 kg	
Matières recyclées		- 50% matières premières de la cuisson préalable et recyclées après traitement
Sel	-	
Soude caustique	-	
Acide sulfurique	-	
Électricité	7.7 MW	
Eau (recirculer)	Négligeable	

1. Source: D'après les compagnies Electro Refractories & Abrasives of Canada et Norton Canada.

A toutes fins pratiques, la présente étude utilisera les quantités présentées au tableau 1 à l'exception du coke et de l'électricité pour lesquels les quantités utilisées seront de 1,200 kg et 8 MW respectivement pour la production d'une tonne de SiC.

1. LE SABLE

Le sable silicieux est la matière première de base nécessaire à la production du SiC. Il doit posséder une teneur de plus de 99.5% de dioxyde de silicium (SiO₂).

Étant donné les variations de la teneur du dioxyde de silicium dans le sable, il y a lieu de prévoir 5% de plus de sable 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 de SiC sont présentées au tableau 20.

TABLEAU 20

Quantité de sable nécessaire à la production
d'une tonne de SiC¹

1,580 kg + 10% = 1,738 kg

Le Bas-Zaïre semble disposer de réserves de sable silicieux localisées non loin de l'emplacement de l'usine proposée. Ces réserves semblent être dans la région est de Songololo. Toutefois, il est essentiel de s'assurer que des réserves suffisantes (+5 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 de sable.

¹. Source: Tableau 1 établi d'après le document de projet, Département de l'économie national et de l'industrie du Zaïre, Direction des études, septembre 1978.

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

A) Carburant pour camions et tracteurs

Le transport du sable 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 élevé. Pour cela, l'étude incorpore le transport du sable comme partie intégrale du projet.

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

$$\text{SiC } 99\% = 1.738\text{T} \times 20,000 \text{ T} = 34,760 \text{ T.}$$

soit 35,000 tonnes annuellement.

Le transport journalier sera de:

$$35,000 \text{ T} \div 365 \text{ jours} = 95.9 \text{ T. ou } 96 \text{ T/jour}$$

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

$$96 \text{ T/jour} \div 10 \text{ T.} = 9.6 \text{ ou } 10 \text{ camions}$$

Il est estimé que la distance entre les réserves de sable et Boma est d'environ 240 km. Parcourant, cette distance à une 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, 10 voyages journaliers de 240 km dans chaque direction, soit 480 km/jour par voyage, seront nécessaires pour accomplir la livraison de 96 T/jour de sable. D'autre part, il est prévu 20% de plus de camions de réserve soit 2 camions de plus pour un total de 12 camions.

Il faut aussi prévoir 1 camion-remorque entièrement équipé et 1 tracteur de chargement.

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

$$480 \text{ km/voyage} \times 10 \text{ voyages/jour} = 4,800 \text{ km/jour}$$

$$4,800 \text{ km/jour} \div 3.3 \text{ km} = 1,455 \text{ litres/jour}$$

soit
146 litres/jour/camion

La consommation annuelle serait de:

$$1,455 \text{ litres} \times 365 \text{ jours} = 531,075 \text{ litres/an}$$

soit 650,000 litres/an incluant l'opération d'un camion-remorque et 1 tracteur de chargement dont la consommation moyenne journalière serait de 160 litres/jour.

Le coût du carburant importé est estimé à 50¢ le litre² 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:

$$650,000 \text{ de litres} \times 50¢ = \underline{\underline{\$325,000}}$$

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¢ le litre rendu à l'usine.

B. L'entretien de l'équipement roulant

L'entretien annuel 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 \$ canadien¹ 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:

12 camions de 10 T., 6 roues x \$7,000	=	\$ 84,000
1 camion-remorque x \$7,000	=	7,000
1 tracteur de chargement (au prix de \$50,000) x 10,000	=	<u>10,000</u>
		<u>\$101,000</u>

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

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

- i. 10 voyages par jour x 2 directions = 20 V
(9.6h chaque direction/chauffeur)

ajuster pour 7 jours/semaine cela deviendrait:

(20 v/5 j) x 7 jours = 28 chauffeurs;

28c + 17% pour maladie, congés et autre = 33 chauffeurs

- ii. Plus 3 conducteurs de tracteurs de chargement, et 3 pour camions-remorques = 6 conducteurs

ajuster pour 7 jours/semaine = (6h/5j)x7j = 8.4 chauffeurs

8.4c + 17% pour maladie, congé et autre = 10 chauffeurs

¹. Source: International Harvester et Ford, Canada.

iii. Plus 10 superviseurs, soit au total (i + ii + iii) 53 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.

53 x \$475 x 12 mois = \$302,100. annuellement.

iv. De plus, il y a à prévoir 6 mécaniciens pour l'entretien des camions à un salaire moyen et avantages sociaux de \$500:

6 M x \$500 x 12 mois = \$36,000/an

Les salaires totaux seront de \$302,100 + \$36,000
= \$338,100.

D. Amortissement des unités mobiles

Les camions et le camion-remorque 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 13 camions = \$151,667/an

Le tracteur de chargement de \$50,000 a la même période d'amortissement, soit:

\$50,000/3 ans = \$16,667. annuellement

Le total de l'amortissement serait donc de \$168,334 annuellement.

E. Assurance de l'équipement

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

Camions	= \$35,000 x 12 =	\$ 420,000.
Camion-remorque	= \$35,000 x 1 =	35,000.
Tracteur	= \$50,000 x 1 =	50,000.
Garage et équipement	=	175,000.
15 habitations pour = chauffeurs de camion au site des réserves (\$5,000 chacune)		\$ <u>145,000.</u>
	TOTAL	\$ <u>825,000.</u>

\$825,000 x 4% = \$33,000.

F. 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:

$$\$825,000 \times 11\%¹ = \underline{\underline{\$90,750.}}$$

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

a) Carburant	=	325,000.
b) Entretien	=	101,000.
c) Salaires	=	338,100.
d) Amortissement	=	168,334.
e) Assurances	=	33,000.
f) Frais financiers	=	<u>90,750.</u>
	TOTAL	<u><u>\$1,056,184.</u></u>

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

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

$$\$1,056,184. / 35,000 \text{ T} = \$30.18/\text{T}.$$

A titre comparatif, le coût de la tonne de sable livrée à l'usine de "Electro Refractories & Abrasives of Canada est de \$35 la tonne.

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 sera prévu.

2. LE COKE

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

¹. Taux préférentiel aux É.-U. en février 1983.

Différents fournisseurs qui commercialisent le coke ont été rejoints afin d'obtenir le prix de cette matière.¹ 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 coke ne doit pas contenir plus de 1% de cendres.²

Il est prévu 5% de plus de coke que cela est présenté au tableau 19 et ce pour couvrir les pertes encourues lors de son transport soit 1.26 tonne métrique de coke pour la production d'une tonne de SiC. Ceci veut dire que les quantités de coke nécessaires à la production de l'usine seront de 25,200 T. de coke par an.

Les prix du coke varient selon la taille des pièces. Par exemple, la compagnie Algoma Steel du Canada³ vend son coke 90%C et 9% cendres, selon la taille:

	(Prix par tonne)	
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.

La dimension des grains de coke requise est de 2 mm. Toutefois, la quantité des cendres ne doit pas dépasser 1%. Il s'ensuit que le coût serait définitivement plus haut que \$32.

La "Compagnie Electro Refractories & Abrasives of Canada" importe du coke qui lui revient à près de \$75 (porte d'usine).

-
1. 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.
 2. Source: Carborundum, Canada.
 3. en février 1983.

Pour les fins de cette étude, le prix de \$75 la tonne de coke sera la base du 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 \$25,200 T. de coke, ce qui représente plus de 4,000 tonnes tous les deux mois.

Le coût de transport maritime d'une tonne de coke d'un port d'Europe à Boma pour un bateau d'une capacité de 12,000 tonnes reviendrait à \$40 la tonne.¹ Toutefois, étant donné que l'affrètement sera un affrètement partiel de bateau (4,000 T. tous les 2 mois) il y a lieu d'estimer le coût du transport du coke à \$50 la tonne pour un coût C.A.F. Boma de \$125.

De même, le coût du transport maritime du SiC de Boma à un port d'Europe serait de \$40 la tonne pour un bateau de 12,000 tonnes.¹ Mais pour les fins du projet, il sera estimé à \$50 la tonne à cause de l'affrètement partiel de bateau.

Il s'agit donc de planifier que le bateau apportant la soude caustique, l'acide sulfurique et le sel reparte avec du SiC et ce afin de réduire encore le coût de l'affrètement maritime.

Pour les fins de cette étude, le coût moyen du transport maritime Europe/Boma et vice versa pour le coke, la soude caustique, l'acide sulfurique et le sel sera de \$50 la tonne.

Le coke transporté reviendrait à \$125/tonne C.A.F.

Un stock de 3 mois est prévu pour le coke.

1. Source: Logtrans Canada, agent maritime.

3. LA FARINE DE BOIS

La farine de bois serait obtenue localement et ce à cause de la grande disponibilité du bois au bas-Zaïre.

La quantité nécessaire de farine de bois figure au tableau 1 et est de 320 kg pour chaque tonne de SiC produite. Il y a lieu d'ajouter 5% pour les pertes dues au transport soit un total de 336 kg pour chaque tonne de SiC.

$$336 \text{ kg} \times 20,000 \text{ T. de SiC} = 6,720 \text{ T.}$$

La Compagnie "Electro Refractories & Abrasives of Canada" obtient sa farine de bois à environ \$18 la tonne.¹

Pour les fins de cette étude, le coût de la tonne de farine de bois sera de \$25 et ce pour couvrir les frais de transport.

Un stock d'un mois sera prévu pour cette matière première.

4. LE SEL

La production de chaque tonne de SiC nécessitera l'importation de 55 kg de sel.³ A cela, il y a lieu d'ajouter 5% pour les pertes occasionnées par le transport. Ceci monterait donc à près de 58 kg par tonne de SiC, soit un total annuel de 1,160 T.

Le coût de sel serait de \$50 la tonne courte (2000 lbs)² ce qui reviendrait à \$55. la tonne métrique. A cela, le coût du transport maritime de \$50 la tonne fera revenir la tonne de sel au port de Boma à \$105 la tonne.

Un stock de 3 mois sera prévu pour le sel.

5. LA SOUDE CAUSTIQUE

Le projet nécessitera l'importation de 50 kg de soude caustique pour chaque tonne de SiC produite.³ A cela, il y a lieu d'ajouter 5% pour les pertes dues au transport et à l'emmagasinement soit 53 kg par tonne de SiC ou un total annuel de 1,060 tonnes.

1. 1¢ Cdn la livre.

2. Source: Chemical Marketing Reporter, November 8, 1982.

3. Voir tableau 1.

Le coût d'une tonne courte (2000 livres) de soude caustique varie de \$240 à \$570¹ dépendant de la qualité. Un coût moyen d'une tonne métrique reviendrait à \$400 la tonne. A cela, le coût du transport maritime la ferait revenir à \$450 C.A.F. Boma.

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

6. L'ACIDE SULFURIQUE

L'importation de 50 kg d'acide sulfurique pour chaque tonne de SiC sera nécessaire.² A cela, si l'on ajoute 5% pour les pertes de transport elle reviendrait à près de 53 kg pour un tonne de SiC ou 1,060 tonnes annuellement.

Le coût d'une tonne courte (2,000 livres) d'acide sulfurique varie de \$61 à \$95¹ selon le grade et la qualité. Un coût moyen d'une tonne métrique serait alors de \$85. A cela, le coût du transport maritime ferait revenir la tonne à \$135 C.A.F. Boma.

Un stock de 3 mois sera prévu.

7. LES ÉLECTRODES

Les deux côtés du four sont équipés d'électrodes de graphite posés entre les plaques de cuivre, qui sont jointes aux amenées du courant électrique. Un noyau conducteur construit d'une enveloppe remplie de coke granulé (grains de 20 mm) et de coke en poudre relie les deux électrodes.³ On ajoute une tonne de coke granulé pour chaque 7 tonnes de SiC produit⁴, soit environ 143 kg par tonne de SiC. Si l'on ajoute 5% pour les pertes dues au transport, ceci reviendrait à 150 kg soit une consommation annuelle de 3,000 tonnes.

Le coût de la tonne de coke rendu à Boma serait de \$125 tel que préalablement décrit.

-
1. Source: Chemical Marketing Reporter, November 8, 1982.
 2. Voir tableau 1.
 3. Source: Document de projet, Département de l'économie nationale et de l'industrie du Zaïre, Direction des études, septembre 1978.
 4. Source: Compagnie Norton du Canada.

8. L'EAU

Plus de 1000 M³ d'eau seront requis pour la production d'une tonne de carbure.¹ Cette eau est destinée au refroidissement industriel.

L'approvisionnement de cette quantité d'eau ne posera aucun problème étant donné que Boma est sur le fleuve Zaïre et les quantités nécessaires pourront être tirées du fleuve et traitées pour usage industriel.

Le coût du pompage et le traitement de l'eau soit l'élimination des matières en suspension serait une opération interne à l'usine et on peut estimer le coût de cette opération tel que le coût du carburant pour les pompes et les filtres à 1¢/m³.

Il est à noter que certaines compagnies recyclent l'eau et par ce fait réduisent considérablement la consommation d'eau à 1M³ pour une tonne de SiC et compensent les pertes dues à l'évaporation par de légères additions.²

9. L'ÉLECTRICITÉ

La production de carbure de silicium nécessite une quantité majeure d'électricité. C'est pour cela que sa production est généralement proche des grandes sources électriques bon marché.

Au Zaïre, les complexes hydro-électriques de Inga I et Inga II produisent présentement près de 1750 MW. L'approvisionnement en énergie électrique sera assurée 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

1. Source: Document de projet, département de l'économie nationale et de l'industrie du Zaïre, Direction des études, sept. 1978.

2. Source: Electro Refractories & Abrasives of Canada.

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 et que la moyenne normale dans les pays industrialisés est de \$25./MW.

La production d'une tonne de SiC 99% nécessite en moyenne 8 MW.¹

Il est évident que le coût de l'énergie pour la production du carbure de silicium 99% au Zaïre donnerait un plus grand avantage compétitif comparativement à sa production dans un autre pays.

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

10. FÛTS MÉTALLIQUES DE 100 KG POUR EMBALLAGE

La production de 20,000 tonnes de SiC nécessitera 200,000 fûts métalliques² d'une capacité de 100 kg chacun. Ce volume est beaucoup plus économique pour le projet, qu'un fût d'une capacité de 50 kg.

Ces fûts métalliques seront fabriqués sur place à l'aide de presses hydrauliques, de soudure électrique et de capsules de fermeture.

On peut estimer le coût de fabrication de ces simples fûts, qui seront d'une capacité de 100 kg, à \$12 l'unité.³ Pour cela, un équipement (presse hydraulique, soudure électrique, peinture et capsule de fermeture) sera nécessaire pour la fabrication de ces fûts.

Un stock d'un mois sera prévu pour les fins du projet.

-
1. Industrial Minerals, December 1980, rapporte que la production d'une livre de SiC consomme 3.5 kW ce qui revient à 7.7 kW le kilo. La moyenne de 8 MW utilisé est pour compenser des variations dans les propriétés chimiques des matières premières et pour un carbure de 99% de SiC. D'autre part, les compagnies Electro Refractories et Norton du Canada estiment la consommation électrique pour la production d'un kilo de SiC de 7 kW à 8 kW.
 2. Des contenants faits de matières synthétiques peuvent être aussi utilisés.
 3. Étant donné que ces fûts ne sont pas extrêmement étanches et résistants comme c'est le cas pour le carbure de calcium, dont le coût est estimé à \$18 (selon Industrial Containers Co.), le coût des fûts métalliques est réduit à \$12. l'unité.

Le tableau 21 récapitule les quantités et les coûts nécessaires pour chaque matière et les facteurs pour le programme de production établi préalablement.

TABLEAU 21
Matières premières et facteurs de production durant la mise en route

Année	Construction		Mise en route							
	1	2	3		4		5		6	
Programme de Productions	-	-	60%	\$('000)	75%	\$('000)	90%	\$('000)	100%	\$('000)
MATIÈRES PREMIÈRES ET FACTEURS DE PRODUCTION										
Carburant pour véhicule @ 50¢ le litre	-	-	390,000 L	195	487,500 L	244	585,000 L	293	650,000 L	325
Coke @ \$125/T.	-	-	15,120 T	1890	18,900 T	2363	22,680 T	2835	25,200 T	3150
Farine de bois @ \$25/T.	-	-	4,032 T	101	5,040 T	126	6,048 T	151	6,720 T	168
Sel (chlorure de sodium) @ \$105/T.	-	-	696 T	73	870 T	91	1,044 T	110	1,160 T	122
Soude caustique pour lavage @ \$450/T.	-	-	636 T	286	795 T	358	954 T	429	1,060 T	477
Acide sulfurique pour lavage @ \$135/T.	-	-	636 T	86	795 T	107	954 T	129	1,060 T	143
Électricité @ \$8./MW	-	-	96,000 MW	768	120,000 MW	960	144,000 MW	1152	160,000 MW	1280
Coke pour électrodes @ \$125/T.	-	-	1,800 T	225	2,250 T	281	2,700 T	338	3,000 T	375
Eau en ('000) de M3 @ 1¢ le M3	-	-	12,000 M3	120	15,000 M3	150	18,000 M3	180	20,000 M3	200
Fûts d'emballage de 100 kg @ \$12 l'unité	-	-	120,000 U	1440	150,000 U	1800	180,000 U	2160	200,000 U	2400

CHAPITRE IV

LOCALISATION ET EMPLACEMENT

Pour la production du carbure de silicium, de grandes quantités de sable, de coke, et de farine de bois 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 (sable, farine de bois, 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 sable, 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 sable tout en maintenant le coût de transport maritime des matières importées au même niveau, ce dernier n'étant pas sensible à une diminution de court parcours maritime. 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 du terrain nécessaire à cette usine est estimée à environ 75,000m². Ceci comprend:

- l'aire d'emmagasinement du sable
- l'aire d'emmagasinement du coke
- l'aire d'emmagasinement de la farine de bois
- l'aire pour le mélange du coke, et du sable
- l'aire pour l'unité de préparation des électrodes
- l'aire des fours
- l'aire d'installation pour le concassage et le broyage du SiC
- l'aire de fabrication des fûts d'emballage
- l'aire d'emmagasinement de sel, de la soude caustique et de l'acide sulfurique
- l'aire d'entreposage du SiC
- 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
- l'aire du pompage et traitement d'eau

Le terrain est fourni gratuitement par la ZOFI.

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 du fleuve Zaïre.

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 25 MW. Elle devra être aussi reliée par un réseau téléphonique et télex.

Il faut prévoir près de 8 habitations pour le personnel clé de l'usine. Chaque habitation ayant environ 100m² sera érigée sur le terrain même de l'usine. 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 de \$3 le m².

CHAPITRE V

ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET

1. DESCRIPTION DU PROCESSUS DE PRODUCTION

La production industrielle du carbure de silicium se forme d'après la réaction chimique suivante:



La réaction de la formation du carbure de silicium est très endothermique. La réduction de l'oxyde de silicium par le carbone dans un four électrique donne le carbure de silicium. Les matières premières de base sont le sable silicieux et le carbone en forme de coke. Afin de faciliter l'échappement du gaz CO; qui se forme pendant la formation du carbure de silicium, on ajoute de la farine de bois pour augmenter la porosité et dégager plus facilement le CO.

On ajoute au mélange du sel (chlorure de sodium) qui se mélange avec les impuretés du sable et du coke pour former les chlorides, que l'on peut éliminer par volatilisation.

Le sable doit contenir au moins 99.5% de SiO_2 de .06-0.25% de Al_2O_3 et 0.1% Fe_2O_3 . Il ne doit pas contenir de phosphore et doit être d'une granulation de moins de .5mm de grains.

Le coke doit contenir moins de 1% de cendres et doit être broyé en grains de moins de 2mm. Un haut contenu de fer et d'alumine dans les cendres du coke doit être évité, car ces derniers aident à la formation du graphite et du silicium métallique durant la réaction.

La production du carborundum s'exécute dans un four électrique à résistance. Les matières premières sont bien mêlées avant leur introduction. Par la suite, on remplit le four jusqu'à sa mi-hauteur et on introduit le noyau-conducteur au milieu du mélange et finalement on remplit le four concentrique autour du noyau jusqu'à sa hauteur totale.

On chauffe alors le four par un courant électrique. La sortie du gaz CO par tous les joints des parois caractérise le commencement de la réaction de la formation du SiC. Après 36 heures¹, les flammes de CO disparaissent, ce qui signifie la fin de la réaction.

La température du four varie entre 1820°C et 2220°C,² tandis que la température au noyau du four atteint normalement 2350°C \pm 30°C² si la température est trop haute, le carborundum se décompose, le carbone se graphitise et la silice se volatilise.¹

Si la température est trop basse, la cristallisation n'est pas complète et des particules de graphite apparaîtront dans la composition et causeront le bris prématuré des cristaux si utilisé comme abrasif.

Le four est laissé à refroidir pour une période de 24h à 36 heures.³ Après cette période, on commence à enlever avec précaution d'abord les produits non-réagis qui se séparent facilement du carborundum produit. Pour la suite, le carborundum s'obtient sous forme d'un tube autour du noyau. L'épaisseur du SiC cristallisé sur le noyau est d'une épaisseur de 20 cm à 30 cm.⁴ La grosseur des cristaux diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du noyau conducteur.⁴ Le tube de carborundum est couvert par l'intérieur d'une fine couche de graphite, qui doit être éliminée mécaniquement.⁴ Par la suite, on brise le tube et on le laisse refroidir.

Les morceaux de SiC sont ensuite broyés en 20 différentes dimensions (grains de 5 mm à 50 microns). Après le broyage, on retire le fer venu des broyeurs et ce au moyen de séparateurs magnétiques et on le soumet à une solution de soude caustique pour écarter le silicium et la dioxyde de silicium. Finalement, il est soumis à un lavage d'acide chaud pour éliminer les impuretés métalliques.⁴

-
1. Source: Industrial Minerals and Rocks, 4th edition, Lefond 1975, Page 28.
 2. Source: Electrothermie, Page 512.
 3. Source: Industrial Minerals, December 1980 et la compagnie Electro Refractories & Abrasives of Canada.
 4. Source: Document de projet, Département de l'économie national et de l'industrie du Zaïre, Direction des études, Septembre 1978.

Les grains et la poudre de SiC sont alors emballés dans des fûts métalliques d'une capacité de 100 kilos. La pureté du SiC détermine sa couleur:

99.8% de SiC	= Vert clair
99.5% de SiC	= Vert foncé
99% de SiC	= Noir
90% de SiC	= Gris

La qualité du produit dépend largement de la qualité des matières premières utilisées, de la précision des opérations et du contrôle des fours.

L'opération totale soit du moment où l'on commence à chauffer le four, le refroidissement, la récupération du SiC, l'examen des parois du four et leur remplacement jusqu'au moment du début de la seconde cuisson s'opère en une période totale de 7 jours. Soit une cuisson par semaine.¹ Le pourcentage de la conversion des matériaux est de 70 à 80%.³

Tous les 4 à 6 fours sont regroupés dans une section et la puissance de chaque four est d'environ 1.5 à 2.5 MW¹

Le poids moléculaire du SiC est de 40.0

Les conditions de son emmagasinage, de son transport et de sa livraison sont standardisées et il s'agira de se référer à ces réglementations.

2. MATIÈRES ET FACTEURS NÉCESSAIRES À LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE SiC

La production d'une tonne de SiC nécessite des quantités de matériaux et des facteurs de production tel que décrits aux tableaux 1 et 19. La proportion d'une charge typique est de: sable .544 T., coke .351 T., farine de bois, .070 T., et sel .035 T.³

3. BESOINS ÉNERGÉTIQUES NÉCESSAIRES POUR LA PRODUCTION D'UNE TONNE DE SiC

En pratique industrielle, la consommation énergétique pour une tonne de SiC s'élève aux alentours de 7700 kWh² et ce dépendant de la construction du four électrique et de la pureté des matières premières utilisées. L'intensité initiale du courant utilisé s'élève à 6,000 Amp.³ tandis que son intensité final atteint 20,000 Amps.³ L'intensité initiale du voltage varie de 200 à 300 V., tandis que son intensité final est de 75 V.³

Finalement, l'efficacité énergétique est de 50% à 60%.³

-
1. Source: Les compagnies Electro Refractories & Abrasives of Canada et Norton of Canada.
 2. Source: Industrial Minerals, December 1980.
 3. Source: Electrothermics, Page 514.

La différence entre les besoins théoriques et la consommation pratique s'établit comme suit:

- 50% pour la formation du carborundum;
- 16% pour échauffement des produits de réaction;
- 10% pour l'énergie thermique qui sort avec le CO;
- 24% pour les pertes thermiques du four.

Une grande partie de l'énergie consommée pour la production du SiC est perdue sous forme de pertes thermique du four.

A cause de cette grande consommation d'énergie électrique, la production du SiC est toujours implantée proche des sources électriques bon marché.

4. DESCRIPTION DES FOURS ÉLECTRIQUES ET TECHNOLOGIE

Généralement, les installations des fours de carbure de silicium sont regroupées en sections renfermant chacune de 4 à 6 fours.¹

Les installations d'une usine de carbure de silicium renferment ordinairement plusieurs fours, car le four n'est chauffé que pendant 33 à 36 heures.¹ Par la suite, les opérations de refroidissement, l'ouverture des parois, la collecte du SiC du noyau, l'entretien et le rechargement requièrent près de cinq jours et demi.¹ Donc, une cueillette de SiC du début jusqu'à la fin des opérations s'obtient en une semaine.¹ Par la suite, le four est prêt aux opérations de la deuxième cuisson.¹ Donc, 52 cueillettes annuelles sont possibles.¹

La production de 20,000 T/an de SiC requerra près de 43 fours d'une puissance de 2 MW chacun et regroupés en huit sections, dont chacune renfermera de 5 à 6 fours. En tout temps, un four de chaque section est sous chauffage pendant que les 4 ou 5 autres sont en refroidissement, ou en collecte du SiC, etc. Quand le chauffage d'un four est terminé, un autre de la même section est déjà prêt au chauffage. C'est de même pour toutes les autres sections de façon qu'il y aura continuellement 8 fours sous chauffage pendant que les autres subissent les différentes autres opérations.¹

1. Source: les compagnies Electro-Refractories & Abrasives of Canada et Norton Canada.

Les deux figures suivantes présentent deux modèles de fours prêt à chauffer.¹

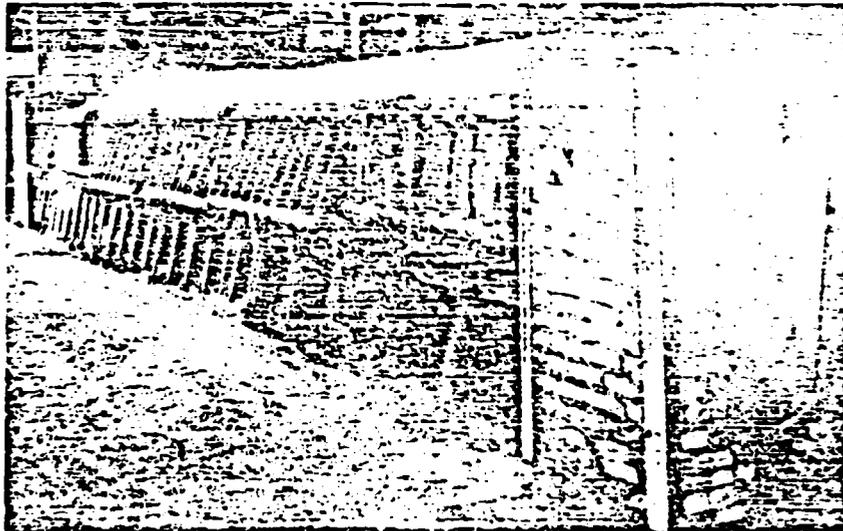


Fig. 1 - Four de SiC prêt à chauffer
de la compagnie Carburundum

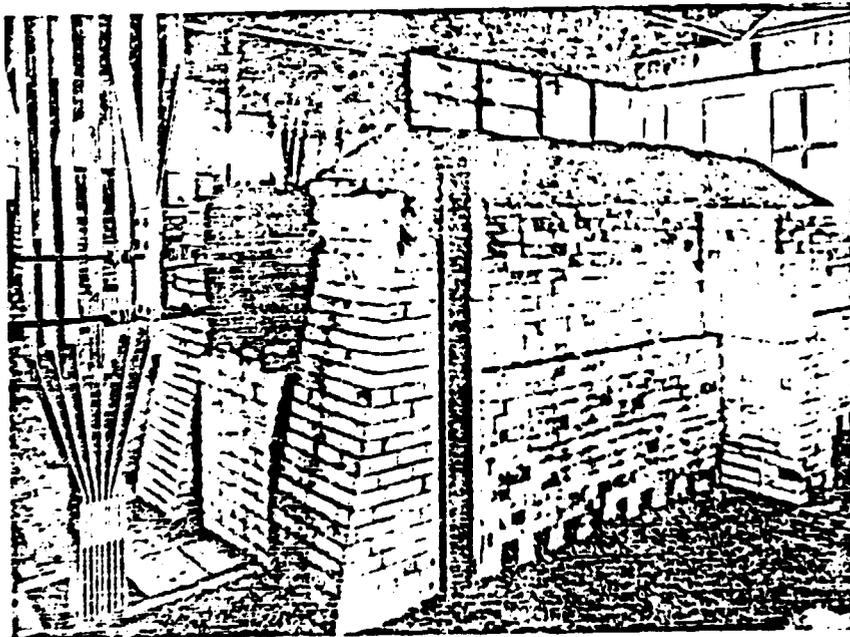


Fig. 2 - Four de SiC prêt à chauffer¹
de la compagnie Norton

¹. Source: Electrothermics, Page 510 et 511.

Les fours électriques à résistance sont construits de briques réfractaires en forme rectangulaire de 15 m de long, de 3 m de large et de 3 m de haut. Ils sont montés sur une couche de béton qui est couverte de briques réfractaires. Les briques réfractaires frontales de 15 mm de long chacune sont amovibles, pour permettre la collecte du SiC, tandis que les parois latérales sont fixes et soutiennent des électrodes de graphite posées entre des plaques de cuivre, qui sont jointes aux amenées du courant électrique. Un noyau conducteur de 1 mètre de diamètre,¹ construit d'une enveloppe contenant du coke granulé de 20 mm et du coke en poudre est placé dans le four et rejoint les deux électrodes. Ce noyau conducteur est posé environ à la mi-hauteur du four et au milieu des produits à réaction.

Les fours sont alimentés de courant électrique par un transformateur. Afin d'obtenir une meilleure utilisation des installations électriques, il est à recommander de joindre chaque transformateur aux 5 ou 6 fours de la section afin qu'il opère en discontinu. De cette manière, on peut tenir un four en marche pendant que l'autre refroidit, que le troisième est en préparation et ainsi de suite.

Les matières premières sont bien mélangées et introduites dans le four. On passe alors le courant aux amenées du courant et au noyau de résistance. La réaction commence à 1750°C, température de fusion du SiO₂. En 18 heures, la température s'élève à 2350°C et continu à chauffer jusqu'à un total de 33 à 36 heures. Par la suite, on laisse le four refroidir pendant 36 heures.

Après le refroidissement, on enlève les parois de façade exposant ainsi le SiC qui est entouré par une couche de matières premières non-réagies qui est prélevé avant la collecte du SiC.

Un four de 2 MW produit en moyenne 9 T. par semaine soit 468 T/an.² Pour produire 20,000 T/an tel que proposé, il serait nécessaire d'acquérir 43 fours de 2 MW chacun,³ comme nous l'avons déjà mentionné à la page 51.

-
1. Source: Electrothermics, Page 514.
 2. Source: La Compagnie Norton du Canada et la compagnie Electro-Refractories & Abrasives of Canada.
 3. Source: La Compagnie Norton Canada qui produit près de 20,000 T/an possède 43 fours de 2 MW chacun.

Le diagramme à la figure 3 présente le processus de la production du carbure de silicium.¹

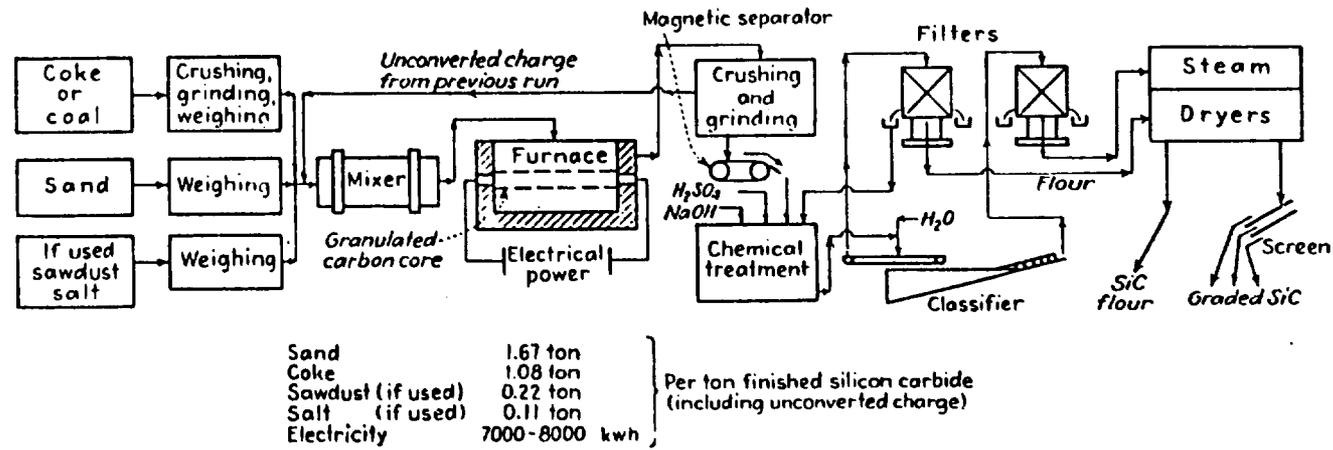


Fig. 3 - Diagramme de la production du SiC (Chemical Engineering)

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

6. ESTIMATION DES COÛTS

Coût des installations de l'usine:

La compagnie Electroschmelzwerk Kempten de la R.F. d'Allemagne a construit une usine aux É.-U. à Henedin, Ill. d'une capacité de 25,000 T/an de SiC. Cette usine a coûté \$9 millions¹ et les travaux ont commencé en mai 1978 et se sont terminés en avril 1979.¹

Partant de cette base, on peut obtenir le coût de l'usine en Mars 1983. Pour cela, il y a lieu d'ajuster les coûts de 1978 à 1983.

L'escalade des coûts durant la période d'avril 1978 à mars 1983 est estimé au tableau 22 comme suit:

TABLEAU 22

<u>Estimé d'escalade des coûts</u>	
Avril 1978 à Mars 1979	= 12%
Avril 1979 à Mars 1980	= 13%
Avril 1980 à Mars 1981	= 10%
Avril 1971 à Mars 1982	= 7%
Avril 1982 à Mars 1983	= 5%

soit un effet composé de 56%.

1. Source: Industrial Minerals, août 1979, Page 17.

En 1983, les installations d'une usine d'une capacité semblable reviendrait donc à:

$$\$9 \text{ Millions} + 56\% = \$14 \text{ Millions}$$

Pour les installations d'une usine d'une capacité de 20,000 T/an, le coût reviendrait à un facteur .9 au lieu de .8 (20,000/25,000 T) soit:

$$\$14 \text{ Millions} \times .9 = \$12.6 \text{ Millions}$$

L'estimé des composantes de ce coût dans cette industrie serait de:

		<u>\$('000)</u>
- Ingénierie	4%	504
- Génie civil	23%	2,898
- Machinerie & Equipement	58%	7,308
- Installation & Montage	15%	1,890
		<u><u>\$12,600</u></u>

A. Ingénierie

Ce coût comprend:

- a) dessins et détails nécessaires au dessin des spécifications des équipements
- b) pour l'équipement périphérique
 - 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
- g) détails des fondations, disposition des constructions et dessins, élévation du sol, chargement et points de raccord électrique et autres services.

pour un montant global de \$504,000.

B. Génie civil

Ce coût est estimé à près de 31.5% du coût de l'équipement et de l'installation. Ce pourcentage est une approximation dans le domaine des industries comparables.

À ce coût de \$2,898,000 il y a lieu d'ajouter:

+ 8 habitations pour les dirigeants des postes clés de l'usine, soit: 8 x \$15,000.	= \$ 120,000
+ 15 chambres modestes sur le site des réserves de sable pour hébergement des conducteurs 15 x \$5000	= 75,000
TOTAL	<u>\$ 195,000</u>

Soit un total de \$2,898,000 + \$195,000 = \$ 3,093,000

C) Équipement et machineries

Les 43 fours de 2 MW chacun et l'équipement périphérique au coût de \$7,308,000. inclut ce qui suit:

- a) manutention de matières premières, station de pesée, transport;
- b) fours et équipements périphériques, électrodes et supports de suspension, protecteurs de fumée, équipements de chargement;
- c) équipement de traitement d'eau et de refroidissement.
traitement d'eau
système de refroidissement d'eau des fours
traitement des gaz par système d'eau
- d) installations électriques, distribution au four, condensateurs, transformateurs des fours, équipements de régularisation et de contrôle;
- e) équipement de traitement des gaz, traitement des gaz, équipement d'analyse et de contrôle;
- f) atelier de préparation des électrodes;

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

un tableau d'instrumentation du four, un système d'électrodes, filtres de gaz et autres équipements;

h) pièces de rechange.

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

poste d'arrivée haute tension
transformation et distribution
du courant électrique.....\$ 150,000

équipement d'atelier pour
l'entretien et la réparation de
l'équipement roulant.....\$ 150,000

\$ 300,000

Le coût de l'équipement de l'usine monterait donc à \$7,608,000.

À ce coût, on ajoute aussi 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
 $\$7,608,000 + 10\% = \$8,368,800.$

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. À cela, il faudrait ajouter près de \$131,000 de fournitures locales

soit un total de \$8.5 millions.

D) Installation de l'équipement

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

$\$8.5 \text{ millions} \times 25\% = \$2,125,000 \text{ millions}$

Ce coût est global et devrait être offert par le fournisseur de l'équipement et s'entend en \$ de mars 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.

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

Tel que mentionné préalablement, un coût de \$3 par m² serait requis à cette fin. Le coût total s'établirait comme suit:

$$\$3 \times 75,000 \text{ m}^2 = \underline{\underline{\$225,000}}$$

F) Équipement roulant

Ceci représente exclusivement les camions, le camion-remorque et le tracteur de chargement du site des réserves de sable.

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 doivent faire partie du coût total des investissements requis pour ce projet. Cette flotte se compose donc de:

- 12 camions de 10 tonnes, 6 roues et pièces de rechange.		
Coût C.A.F. = \$35,000 x 12	=	\$420,000
- 1 camion-remorque et pièces de rechange.		
Coût C.A.F. = \$35,000 x 1	=	35,000
- 1 tracteur chargeur et pièces de rechange.		
Coût C.A.F. = \$50,000 x 1	=	50,000
		<u>\$ 505,000</u>

A remarquer, que pour la lère année on n'aura besoin que de 6 camions, 1 camion-remorque et 1 tracteur 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 une fois et ceci afin d'obtenir un prix de gros, d'accumuler les stocks de sable 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 sable.

G) Équipement de bureau

Il y a lieu de prévoir près de 20 bureaux, 20 unités de classement, 40 chaises, 7 dactylos, 7 calculatrices, 2 photocopieurs, 2 machines Gestetner, 20 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 \$150,000.

H) Dépenses préopérationnelles excluant la mise en marche

Ces coûts comprennent ce qui suit:

- étude de préinvestissement	\$ 100,000
- analyse du sol et des réserves	100,000
- supervision et coordination de l'implantation	100,000
- recrutement et entraînement	150,000
- divers autres frais (légaux, comptables, promotionnels, etc.)	100,000
	<u>\$ 550,000.</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 mars 1983.

Tout délai substantiel occasionnerait des coûts supplémentaires. 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	= \$	225,000
Coût de l'équipement	= \$	8,500,000
Coût de l'installation et montage	= \$	2,125,000
Coût de l'équipement de bureau	= \$	150,000
Coût de génie civil	= \$	3,093,000
Coût de l'équipement roulant	= \$	505,000

CHAPITRE VI

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

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 18) et les frais administratifs tels que fournitures de bureau, transport, redevances, etc. à 3% du coût de fabrication.

Calandrier de mise en oeuvre

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

Conséquemment à ceci, le calendrier de mise en oeuvre s'est établi comme au tableau 23 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.

A titre comparatif, la construction de l'usine de ESK à Hennedin, Ill. É.-U. a débuté en mai 1978 et fût achevée en avril 1979.¹ Toutefois, dû à la distance éloignée du Zaïre des fournisseurs d'équipements, la période de construction est estimée à 2 ans.

¹. Source: Industrial Mineral, août 1979, Page 17.

TABLEAU 23

Calendrier de mise en oeuvre

ACTIVITÉS

Préparation des appels
d'offres

2 m

Préqualifications
des contracteurs

2 m

Lancement des appels
d'offres et rétention
du contracteur

2 m

Exécution du génie civil

12 m

Fabrication et livraison
de l'équipement

15 m

Installation de
l'équipement

4 m

Livraison de l'équipement
roulant

1 m

Recrutement et entraînement
du personnel

4 m

Mise en marche

1 m

Mois

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

CHAPITRE VII

MAIN D'OEUVRE

Le tableau 24 représente le personnel nécessaire à la bonne marche de l'usine et les salaires prévus.

TABLEAU 24

Personnel de l'usine

	Nombre		Coût	Coût total
	Expatriés	Locaux	homme/mois \$	annuel en \$('000)
<u>Personnel de l'usine</u>				
Directeur de production	1		5,000	60.
Assistant directeur de production	1		4,000	48.
Surintendant des opérations des sections des fours		8	750	72.
Opérateurs des fours		8	400	38.4
Opérateurs de grues		8	300	28.8
Ouvriers de chargement		8	200	19.2
Opérateurs de préparation électrodes		8	400	38.4
Electriciens des fours et équipements		8	400	38.4
Mécaniciens des fours et équipements		8	400	38.4
Opérateurs de collecte du SiC		8	400	38.4
Ouvriers pour matière réfractaire et broyage du SiC		8	300	28.8
Opérateurs de la station de nettoyage des gaz		4	300	14.4
Magasiniers du produit finis		4	300	14.4
Analystes de laboratoire		4	500	24.0
Divers ouvriers pour travaux généraux et emballage		10	200	24.0
Gardiens d'usine		5	200	12.0
	<u>2</u>	<u>99</u>		<u>\$537.6</u>

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'échelonne sur une période de 4 mois et coûtera \$150,000

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

Le tableau 25 présente le personnel administratif et de vente.

TABLEAU 25

Personnel administratif et de vente et salaires prévus

	Nombre		Coût	Coût total
	Expatriés	Locaux	homme/mois \$	annuel en \$('000)
<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		3	600	21.6
Directeur des ventes	1		5,000	60.
Assistant directeur des ventes	1		4,000	48.
Commis de vente		2	500	12.
Secrétaires/dactylos		5	400	24.
Chef comptable		1	700	8.4
Assistants comptables		<u>3</u>	400	<u>14.4</u>
	4	15		329.4

Soit \$197,400 pour les salaires administratifs et \$132,000 pour les salaires de vente sur un grand total de \$329,400.

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 8 postes soit 6 expatriés et 2 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 sable nécessitera un personnel oeuvrant sur la base de 9.6 heures de travail par jour par chauffeur de camion.

Ceci nécessitera 10 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.

Quinze chambres modestes au site des réserves de sable assureront un gîte de repos pour les conducteurs en relais ainsi que les superviseurs.

Nombre de conducteurs de camion journaliers à l'aller	= 10
Nombre de conducteurs de camion journaliers au retour	= 10
	<u>20</u>

Les 20 chauffeurs sont nécessaires pour 5 jours ouvrables. Pour 7 jours ouvrables, cela nécessitera $(20/5) \times 7 = 28$ chauffeurs de camion. Considérant les congés annuels, maladie et autres pour les chauffeurs, cela exigera donc $28 + 17\% = 33$ chauffeurs de camion.

D'autre part, un tracteur de chargement et un camion-remorque seront en continuelle opération et ceci représente donc 6 opérateurs journaliers.

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

$[(6/5) \times 7] + 17\% = 10$ opérateurs de tracteur et camion-remorque

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 4 mécaniciens à tous les 24 heures. Ceci veut dire que 4 mécaniciens tous les 24 heures auront à entretenir et réparer 10 camions soit en moyenne 3.2 heures de travail pour chaque camion par jour. Suivant le même exercice, le total de mécaniciens s'élèverait à 6 mécaniciens.

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

Le tableau 26 récapitule le personnel nécessaire à l'opération transport du sable.

TABLEAU 26

Personnel affecté à l'opération transport du sable

	Nombre	Coût homme/mois \$	Coût total annuel en \$('000)
Chauffeurs de camion 10 tonnes	33	475	188
Opérateurs de tracteur de chargement et de camion-remorque	10	475	57
Surveillants de l'opération transport	10	475	57
Mécaniciens de véhicule roulant	<u>6</u>	500	<u>36</u>
	59		\$ 338

Soit un total de \$338,000 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

ÉVALUATION FINANCIÈRE ET ÉCONOMIQUE

1. COÛT DU PROJET

Le coût total du projet pour une usine produisant 20,000 tonnes/an de SiC s'élèverait à \$18,740,000 selon les détails au tableau 27.

TABLEAU 27

Coût total du projet de SiC 99%
en \$('000)

	Appendice	Année I Total	Année II Total	Grand Total
<u>A - Immobilisation</u>				
1. Terrain	I	-	-	-
2. Préparation du terrain	I	225	-	225
3. Génie civil (structure)	II	1547	1546	3093
4. Coût d'ingénierie	III	252	252	504
5. Coût de l'équip. & machinerie	III	2125	6375	8500
6. Coût de montage & installation	III	-	2125	2125
7. Coût de l'équip. roulant	III	-	505	505
8. Coût de l'équipement de bureau	IV	-	150	150
9. Réserves, contingences	V	390	1070	1460
Sous-total		4539	12023	16562
<u>B - Dépenses préopérationnelles</u>	VI	300	902	1202
<u>C - Fond de roulement initial</u>	VII	-	976	976
Total		4839	13901	18740

Les investissements requis la première année montent à \$4,839,000 et la deuxième à \$13,901,000.

Les composantes de ces coûts apparaissent aux appendices indiqués au tableau 27.

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 28.

TABLEAU 28

Financement du projet en \$('000)

	Année 1	Année 2	Total
Capital social	4,839	4,051	8,890
Emprunt	-	8,880	8,880
Ligne de crédit	-	970	970
Total	4,839	13,901	18,740

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 États-Unis d'Amérique);
- période de grâce de 3 ans à partir de la première année de production;
- période de remboursement de 4 ans.

La ligne de crédit financera le fond de roulement initial 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) étranger 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 20,000 tonnes/an de carbure de silicium 99% de SiC. La production s'établira comme suit durant la première, la deuxième, la troisième et la quatrième année de production:

	<u>Année 1</u>	<u>Année 2</u>	<u>Année 3</u>	<u>Année 4</u>
SiC	12,000 T.	15,000 T.	18,000 T.	20,000 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 d'opération sera de \$832,000 et le fond de roulement sera de \$3,902,000.
- d) l'usine fonctionnera 365 jours l'an.
- e) le prix de vente de la tonne de SiC 99% sera de \$875. et ceci sur la base F.A.B. Boma. Si l'on ajoute \$50 de transport maritime qui sera pris en charge par l'acheteur européen, le prix montera à \$925 la tonne et ceci est un prix très compétitif avec les prix européens et nord-américains (voir tableau 16).

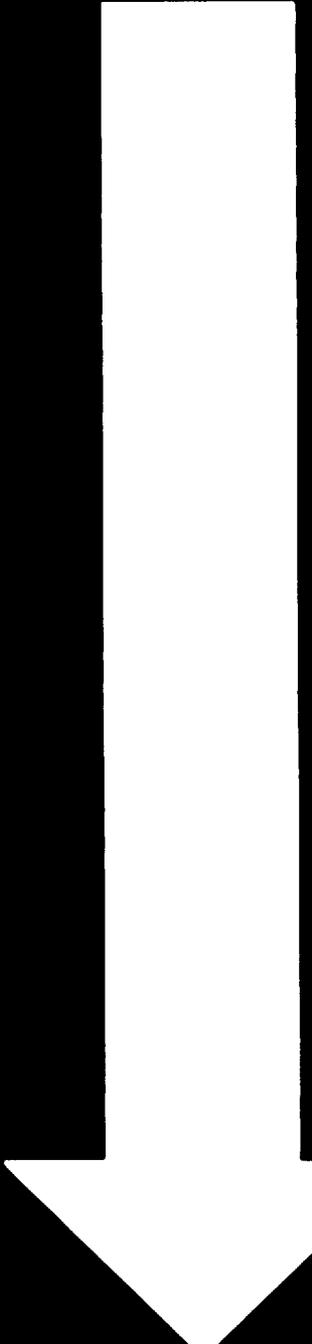
- f) les prix de vente et le coût de production des matières premières soit les deux côtés de l'équation sont en \$ constants 1983 durant toute la vie du projet et ne tiennent pas compte de l'inflation.
- g) les bénéfices de la compagnie sont exempts d'impôts de la première à la 6ème année de production 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 des immobilisations du projet tandis qu'une ligne de crédit financera le fond de roulement.

4. RÉSULTAT DE L'ÉVALUATION FINANCIÈRE

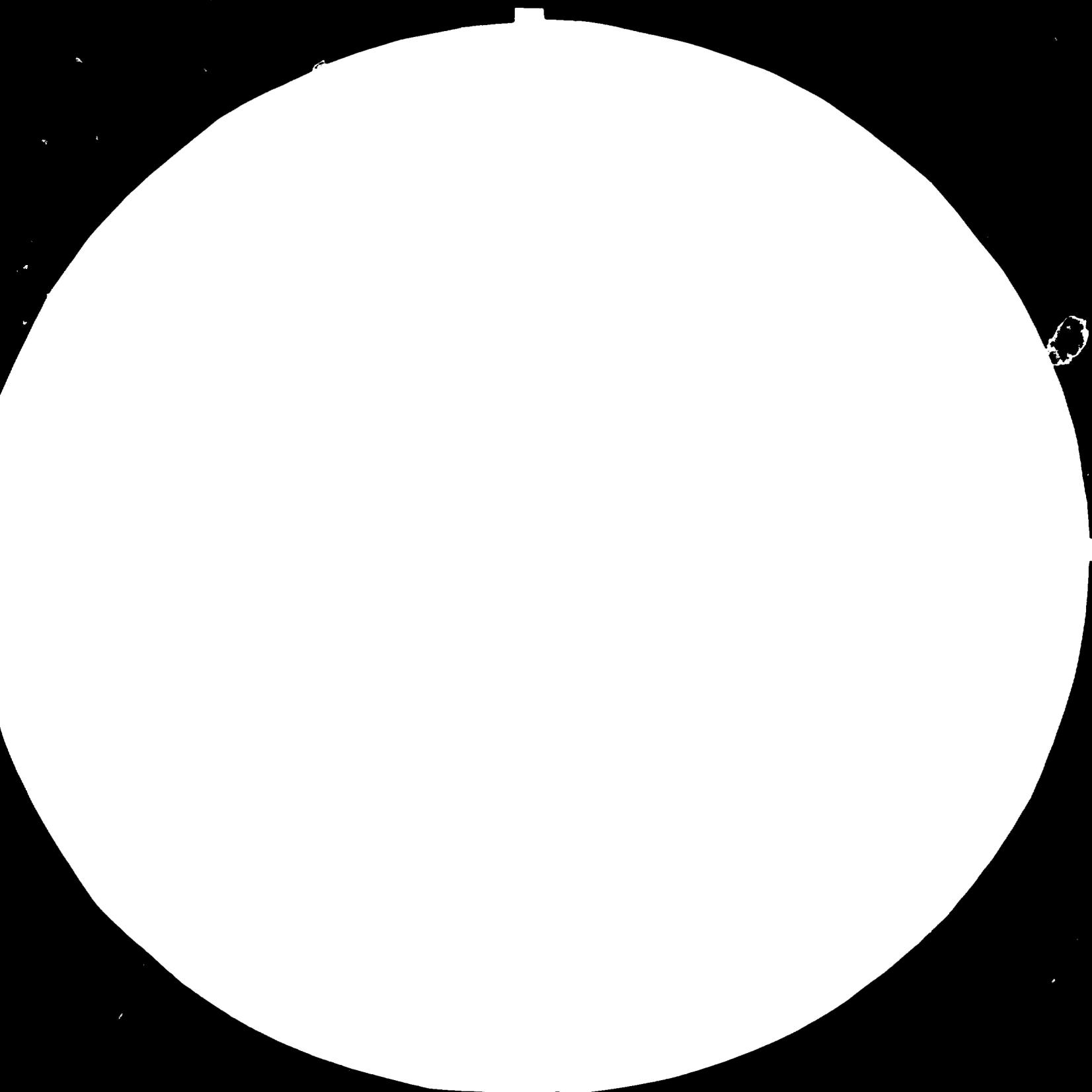
Les projections financières ont été faites sur une durée de 17 ans et sont présentées aux annexes I à V et de IX à XI. De ces projections, il résulte ce qui suit:

A. Méthodes simples d'évaluation financière

- a) la marge de profits bruts aux ventes totales se situe entre 4% et ce à partir de la première année de production et 28% pour la 10ème 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 4% à partir de la première année de production et 21% pour la 9ème année et les années subséquentes, ce qui représente une bonne marge de profit (annexe II).
- c) le retour sur capital investi se situe entre 5% à partir de la première année de production et 41% pour la 9ème année et les années subséquentes (annexe II). Ce taux est très favorable aux investisseurs.



84.04.17
AD.85.03





32

36

40



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1909a
ANSI and ISO TEST CHART No. 2

- d) la période de recouvrement est de 6 ans et un mois incluant la période de construction. Si l'on élimine la période de construction, elle s'élèverait à 4 ans et un mois (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:
49% de la capacité totale
ou
9,818 tonnes/an
ou
un prix de \$683.20 la tonne

et ceci à pleine capacité (annexe VII). Ceci favorise encore le projet.

- f) le coût spécifique d'investissement à pleine production soit la 4^{ème} année de production est de \$888 pour chaque tonne de SiC produit (annexe XII)

et

le coût spécifique de production à la même période s'élève à \$683 par tonne de SiC (annexe XII).

Il s'agit de comparer ces taux aux autres taux qui prévalent mondialement pour déceler la viabilité du projet.

B. Méthodes actualisées

Le taux de rendement interne se situe au delà de 27% soit 27.6% (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 \$350,000 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 15% à 22% 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 15% à pleine capacité ce qui représente encore une marge de profit acceptable (voir annexe X).
- c) Le retour sur capital investi se situe de 30% 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 (annexe VI).

B) Méthodes actualisées

Avec un coût d'exploitation de 10% supérieur au coût de base, le taux de rentabilité interne baisserait à 20.4%, 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 de ses 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, (\$25-\$8) ce qui représente une économie de \$136 à la production d'une tonne de SiC.

- 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:

\$1,205,000. ÷ 179 employés = \$6,732 employé/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:

$(\$1,205,000 \times 2) \div 20,000 \text{ t.} = \$120/T.$

- 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 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, sel, soude caustique, acide sulfurique).
- le coût de l'affrètement maritime qui doit être minimisé et ce par des affrètements partiels de bateaux dans les deux directions;
- 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 sable.

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 173 nouveaux emplois locaux et ceci aidera à diminuer le chômage au pays.

La création de chaque emploi nécessitera un investissement de \$108,324.

La somme totale des rémunérations de la main-d'oeuvre locale montera à \$857,000 (annexe VIII-A).

b) Rentrée nette de devises

L'implantation de l'usine proposée créera des rentrées nettes de devises de l'ordre de \$8,677,000. 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 10^{ème} année de production montera à \$6,070,000 (annexe VIII-C).

d) la valeur locale ajoutée aux revenus totaux

La valeur locale ajoutée à la 10^{ème} année de production représente 35% du revenu total (annexe VIII-D).

En d'autres mots, du prix de vente de \$875 la tonne de SiC 35% seront des intrants locaux et 65% des intrants importés. Ceci constitue un bon pourcentage qui bénéficiera à l'économie nationale du Zaïre.

e) la valeur ajoutée au coût total d'investissement

À la 10^{ème} année de production, la valeur ajoutée sera de 32% du total des investissements (annexe VIII-E).

f) la productivité de la main d'oeuvre

À la 10^{ème} année de production chaque nouvel emploi local développera une valeur ajoutée au montant de \$35,086 (annexe VIII-F).

Des résultats a) à f), il s'avère que ce projet sera 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 173 nouveaux emplois directs et locaux, la valorisation des matières premières locales utilisées dans le projet, soit le sable, la farine de bois et les fûts d'emballage ainsi que la création d'une multitude d'activités animant ainsi l'économie nationale du Zaïre.

ANNEXES ET APPENDICES

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

Année	Construction	Mise en route					Pleine 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%
MATIÈRES PREMIÈRES ET FACTEURS DE PRODUCTION	Référence																	
Carburant pour transport du sable	Tableau 21	-	-	195	244	293	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325
Coke et coke pour électrodes	Tableau 21	-	-	2115	2644	3173	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525
Farine de bois	Tableau 21	-	-	101	126	151	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Sel	Tableau 21	-	-	73	91	110	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
Soude caustique	Tableau 21	-	-	286	358	429	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477	477
Acide sulfurique	Tableau 21	-	-	86	107	129	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Électricité	Tableau 21	-	-	768	960	1152	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280	1280
Eau	Tableau 21	-	-	120	150	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Fûts d'emballage	Tableau 21	-	-	1440	1800	2160	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Main d'oeuvre	24 et 26	-	-	876	876	876	876	876	876	876	876	876	876	876	876	876	876	876
Entretien & réparation	App. VIII	-	-	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517	517
Frais généraux de fabrication	App. VIII	-	-	197	236	275	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301
= COÛT DE FABRICATION		-	-	6774	8109	9445	10334	10334	10334	10334	10334	10334	10334	10334	10334	10334	10334	10334
Frais administratifs	App. VIII	-	-	401	441	481	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507	507
Frais de vente	App. VIII	-	-	447	526	605	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657
= COÛT D'EXPLOITATION		-	-	7622	9076	10531	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498
Coût financier	App. IX	-	-	1084	1084	1084	840	595	351	107	-	-	-	-	-	-	-	
Amortissement	App. X	-	-	1328	1326	1326	1326	1326	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	
COÛT TOTAUX DE PRODUCTION		-	-	10034	11486	12941	13664	13419	12935	12691	12584	12584	12584	12584	12584	12584	12584	

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

Année	Construction		Mise en route			Plleine 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 SIC 99% en Tonnes	-	-	12000	15000	18000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
Ventes SIC @ \$875 T.	-	-	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500
- Coût de la production	-	-	10034	11486	12941	13664	13419	12935	12691	12584	12584	12584	12584	12584	12584	12584	12584
= BÉNÉFICES BRUTS IMPOSABLES	-	-	466	1639	2809	3836	4081	4565	4809	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916	4916
- Impôt @ 25%	-	-	-	-	-	-	-	-	1202	1229	1229	1229	1229	1229	1229	1229	1229
= BÉNÉFICES NETS	-	-	466	1639	2809	3836	4081	4565	3607	3687	3687	3687	3687	3687	3687	3687	3687
- Dividendes: 10% du capital	-	-	-	-	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889
= BÉNÉFICES NON DISTRIBUÉS	-	-	466	1639	1920	2947	3192	3676	2718	2798	2798	2798	2798	2798	2798	2798	2798
BÉNÉFICES ACCUMULÉS	-	-	466	2105	4025	6972	10164	13840	16558	19356	22154	24952	27750	30548	33346	36144	38942
RATIOS																	
Bénéfices bruts: Vente (%)	-	-	4	12	18	22	23	26	27	28	28	28	28	28	28	28	28
Bénéfices nets : Vente (%)	-	-	4	12	18	22	23	26	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Bénéfices nets : Capital social (%)	-	-	5	18	32	43	46	51	41	41	41	41	41	41	41	41	41

ANNEXE III
MOUVEMENT DE TRÉSORERIES (CASH FLOW) POUR LA PLANIFICATION FINANCIÈRE 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%
A - RENTRÉE DES TRÉSORERIES																	
Total des ressources financières	4839	13901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventes totales	-	-	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500
Total	4839	13901	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500
B - SORTIE DES TRÉSORERIES																	
Acquisitions des actifs & remplacem.	4449	11855	-	-	505	-	-	505	-	-	505	-	-	505	-	-	-
Accroissement du fond de roulement	-	976	1814	522	442	197	(20)	(20)	(9)	-	-	-	-	-	-	-	-
Coût d'exploitation	-	-	7622	9076	10531	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498
Intérêt sur emprunt	-	-	977	977	977	733	488	244	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur ligne de crédit	-	-	107	107	107	107	107	107	107	-	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de l'emprunt	-	-	-	-	2220	2220	2220	2220	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de la ligne de crédit	-	-	-	-	-	-	-	-	970	-	-	-	-	-	-	-	-
Impôt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1202	1229	1229	1229	1229	1229	1229	1229
Dividendes	-	-	-	-	-	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889
Total	4449	12831	10520	10682	14782	15644	15182	15443	13455	13589	14121	13616	13616	14121	13616	13616	13616
Excédent (ou déficit)	390	1070	(20)	2443	968	1856	2318	2057	4045	3911	3379	3884	3884	3379	3884	3884	3884
Solde de trésorerie accumulé	390	1460	1440	3883	4851	6707	9025	11082	15127	19038	22417	26301	30185	33564	37448	41332	45216

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

Année	Construction		Mise en route			Pleine capacité											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A - ACTIF																	
Solde de trésoreries	390	1460	1440	3883	4851	6707	9025	11082	15127	19038	22417	26301	30185	33564	37448	41332	45216
Actif circulant	-	976	2790	3312	3754	3951	3931	3911	3902	3902	3902	3902	3902	3902	3902	3902	3902
Actif fixe, et remplacement et dépenses pré-opérationnelles	4449	16304	14976	13650	12829	11503	10177	9596	8510	7424	6843	5757	4671	4090	3004	1918	832
Total	4839	18740	19206	20845	21434	22161	23133	24589	27539	30364	33162	35960	38758	41556	44354	47152	49950
B - PASSIF																	
Engagement courant (Dividendes & Impôt)	-	-	-	-	889	889	889	889	2091	2118	2118	2118	2118	2118	2118	2118	2118
Emprunt	-	8880	8880	8880	6660	4440	2220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligne de crédit	-	970	970	970	970	970	970	970	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital social	4839	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890	8890
Réserves	-	-	466	2105	4025	6972	10164	13840	16558	19356	22154	24952	27750	30548	33346	36144	38942
Total	4839	18740	19206	20845	21434	22161	23133	24589	27539	30364	33162	35960	38758	41556	44354	47152	49950

ANNEXE V
CALCUL DE LA VALEUR ACTUALISÉE ET DU TAUX DE RENTABILITÉ INTERNE 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	18
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	--
A - RENTREE DES TRÉSORERIES																		
Revenu de ventes	-	-	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	-
Valeur résiduelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	832
Fond de roulement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3902
Total	-	-	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	4734
B - SORTIE DES TRÉSORERIES																		
1. Coût total des Investiss.																		
Capital social	4839	4051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de l'emprunt	-	-	-	-	2220	2220	2220	2220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur l'emprunt	-	-	977	977	977	733	488	244	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remb. ligne de crédit	-	-	-	-	-	-	-	-	970	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur ligne de crédit	-	-	107	107	107	107	107	107	107	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remplacement des véhicules	-	-	-	-	505	-	-	505	-	-	505	-	-	505	-	-	-	-
2. Coût d'exploitation	-	-	7622	9076	10531	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	11498	-
3. Impôt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1202	1229	1229	1229	1229	1229	1229	1229	-
Total	4839	4051	8706	10160	14340	14558	14313	14574	12575	12700	13232	12727	12727	13232	12727	12727	12727	-
= CASH FLOW NET	(4839)	(4051)	1794	2965	1410	2942	3187	2926	4925	4800	4268	4773	4773	4268	4773	4773	4773	4734
Valeur actualisée @ 27%	(3810)	(2512)	876	1140	427	701	598	432	573	440	308	271	213	150	132	104	82	64 =189
Valeur Actualisée @ 28%	(3780)	(2473)	855	1105	410	669	566	406	534	407	282	247	193	135	117	91	72	56 =108
TAUX DE RENDEMENT INTERNE = 27.6%																		

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)
<u>I. - CAS DE BASE</u>		
1 ière année (construction)	-	4839
2 ième année (construction)	-	18740
3 ième année (production)	2878	15862
4 ième année (production)	4049	11813
5 ième année (production)	5219	6594
6 ième année (production)	6002	592
7 ième année (production)	6002	(5410)
= 6 ans et un mois		
<u>II. - CAS DE BASE +10% DU COÛT D'EXPLOITATION</u>		
1 ière année (construction)	-	4839
2 ième année (construction)	-	18740
3 ième année (production)	2116	16624
4 ième année (production)	3141	13483
5 ième année (production)	4166	9317
6 ième année (production)	4852	4465
7 ième année (production)	4856	(391)
= 6 ans onze mois		

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 atteint sa pleine capacité les coûts fixes et variables s'établissent comme suit:

	Coût Fixe en \$('000)	Coût Variable en \$('000)
Carburant	-	325
Sel	-	122
Coke et coke pour électrode	-	3525
Farine de bois	-	168
Soude caustique	-	477
Acide sulfurique	-	143
Eau	-	200
Fûts d'emballage	-	2400
Électricité	-	1280
Main d'oeuvre	876	-
Entretien et réparation	-	517
Frais généraux: [50% fixe et 50% variable]	150	151
Frais administratifs	507	-
Frais de vente	-	657
Coût financier	840	-
Amortissement	1326	-
	<hr/>	<hr/>
Total	3699	9965

Le seuil de rentabilité serait donc à:

$$\frac{\$3,699,000}{\$17,500,000 - \$9,965,000} = 49\% \text{ de la capacité totale}$$

ou

$$\frac{\$3,699,000}{\$875./T. - (\$9,965,000/20,000)} = 9,818 \text{ Tonnes/an}$$

ou

$$(\$3,699,000 + 9,965,000)/20,000 \text{ tonnes} = \$683.20 \text{ la Tonne}$$

ANNEXE VIII

ÉVALUATION DE LA CONTRIBUTION DU PROJET À L'ÉCONOMIE 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 sable	59	\$ 338,000.
- Usine	99	429,600.
- Administration et vente	15	89,400.
	<u>173</u>	<u>\$ 857,000.</u>

Pour chaque emploi à créer ceci nécessitera un investissement de:

$$\frac{\$18,740,000}{173} = \$108,324/\text{emploi}$$

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:

	4 ^{ème} année de produc- tion 20,000 tonnes
	<u>\$('000)</u> <u>\$('000)</u>
Revenu des exportations	\$17,500.
Moins: - amortissement	1,326.
- frais financiers	840.
- importation carburant	325.
- importation du sel	122.
- importation du coke	3,525.
- importation de soude caustique	477.
- importation d'acide sulfurique	143.
- importation fûts d'emballage (50%)	1,200.
- pièces de rechange	517.
- salaires expatriés	348.
	<u>\$8,823.</u>
Gain de devises étrangères	<u><u>\$8,677.</u></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 10ème année de production.

Éléments de l'état des Profits et Pertes	Valeur \$('000)	Valeur locale ajoutée \$('000)	Valeur étrangère \$('000)
Carburant	325	-	325
Sel	122	-	122
Coke	3525	-	3525
Farine de bois	168	168	-
Soude caustique	477	-	477
Acide sulfurique	143	-	143
Eau	200	200	-
Fûts d'emballage (50%)	2400	1200	1200
Électricité	1280	1280	-
Main d'oeuvre	876	768	108
Entretien et réparations	517	-	517
Frais généraux de fabrication	301	301	-
Frais administratifs	507	375	132
Frais de vente	657	549	108
Amortissement	1086	-	1086
Impôt	1229	1229	-
Bénéfices	3687	-	3687
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Total	17500	6070	11430

Le total de la valeur locale ajoutée monte à \$6,070,000.

D) Valeur locale ajoutée: Revenu Total =

$$\frac{\text{Valeur local ajoutée}}{\text{Revenu total}} = \frac{\$ 6,070,000}{\$175,500,000} = 35\%$$

à la 10ème année de production, ceci égale 35%

E) Valeur locale ajoutée: Coût total des investissements =

$$\frac{\text{Valeur locale ajoutée}}{\text{Coût total des investissements}} = \frac{\$6,070,000}{\$18,740,000} = 32\%$$

à la 10ème année de production, ceci égale 32%

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

$$\frac{\text{Valeur ajoutée locale}}{\text{Création d'emplois nouveaux}} = \frac{\$6,070,000}{173} = \$35,086$$

à la 10ème année de production, ceci égale \$35,086 par emploi.

ANNEXE IX
 ESTIMÉ DES COÛTS DE PRODUCTION ANNUELLE EN \$('000)
 Coût d'Exploitation 10% de plus que le Cas de Base

Année	Construction		Mise en route			Pleine 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%
<u>MATIÈRES PREMIÈRES ET FACTEURS</u> <u>DE PRODUCTION</u>																	
= Coût d'exploitation	-	-	8384	9984	11584	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648
Coût financier			1084	1084	1084	840	595	351	107	-	-	-	-	-	-	-	-
Amortissement			1328	1326	1326	1326	1326	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086	1086
COÛT TOTAL DE LA PRODUCTION	-	-	10796	12394	13994	14814	14565	14085	13841	13734	13734	13734	13734	13734		13734	13734

ANNEXE X
 ÉTAT 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 SIC @ \$875 T.	-	-	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500
- Coût de la production	-	-	10796	12394	13994	14814	14565	14085	13841	13734	13734	13734	13734	13734	13734	13734	13734
= Bénéfices Bruts Imposables	-	-	(296)	731	1756	2686	2935	3415	3659	3766	3766	3766	3766	3766	3766	3766	3766
Impôt @ 25%	-	-	-	-	-	-	-	-	915	942	942	942	942	942	942	942	942
= Bénéfices Nets	-	-	(296)	731	1756	2686	2935	3415	2744	2824	2824	2824	2824	2824	2824	2824	2824
- Dividendes 10% du capital	-	-	-	-	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889
Bénéfices non distribués	-	-	(296)	731	867	1797	2046	2526	1855	1935	1935	1935	1935	1935	1935	1935	1935
RATIOS																	
Bénéfices Bruts : Ventes (%)	-	-	-	6	11	15	17	20	21	22	22	22	22	22	22	22	22
Bénéfices Nets : Ventes (%)	-	-	-	6	11	15	17	20	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Bénéfices Nets : Capital social (%)	-	-	-	8	20	30	33	38	31	32	32	32	32	32	32	32	32

ANNEXE XI
 CALCUL DE LA VALEUR ACTUALISÉE ET DU TAUX DE RENTABILITÉ INTERNE 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	18
Programme de Production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
A - RENTRÉE DES TRÉSORERIES																		
Revenu de ventes	-	-	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500
Valeur résiduelle des actifs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	832
Fond de roulement	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3902
Total	-	-	10500	13125	15750	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	17500	4734
B - SORTIE DES TRÉSORERIES																		
1. Coût total des Investiss.																		
Capital social	4839	4051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remboursement de l'emprunt	-	-	-	-	2220	2220	2220	2220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur l'emprunt	-	-	977	977	977	733	488	244	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remb. ligne de crédit	-	-	-	-	-	-	-	-	970	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intérêt sur ligne de crédit	-	-	107	107	107	107	107	107	107	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remplacement des véhicules	-	-	-	-	505	-	-	505	-	-	505	-	-	505	-	-	-	-
2. Coût d'exploitation	-	-	8384	9984	11584	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	12648	-
3. Impôt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	915	942	942	942	942	942	942	942	-
Total	4839	4051	9468	11068	15393	15708	15463	15724	13725	13563	14095	13590	13590	14095	13590	13590	13590	-
Cash Flow Net	(4839)	(4051)	1032	2057	357	1792	2037	1776	3775	3937	3405	3910	3910	3405	3910	3910	3910	4734
Valeur Actualisée @ 20%	(4032)	(2813)	597	992	143	600	568	413	732	636	458	439	365	265	254	211	176	178=182
Valeur Actualisée @ 21%	(3999)	(2767)	583	960	138	571	536	387	679	585	418	397	328	236	224	185	153	153=(233)

TAUX DE RENDEMENT INTERNE = 20.4%

ANNEXE XII

COÛT SPÉCIFIQUE D'INVESTISSEMENT DE L'USINE

A. Le coût spécifique d'investissement de l'usine s'exprime dans la formule:

$$\frac{\text{Coût total de l'investissement - Fond de roulement}}{\text{Production en tonnes}} =$$

il s'établit donc à :

l'année 2 de production soit 75% de capacité à \$1,184 la tonne.
l'année 4 de production soit 100% de capacité à \$ 888 la tonne.

COÛT SPÉCIFIQUE DE PRODUCTION

B. Le coût spécifique de production de l'usine s'exprime comme suit:

$$\frac{\text{Coût total de production}}{\text{Production en tonnes}} =$$

il s'établit donc à:

l'année 2 de production soit 75% de capacité à \$766 la tonne.
l'année 4 de production soit 100% de capacité à \$683 la tonne.

APPENDICE I

TERRAIN

Le terrain nécessaire est d'une superficie de 75,000 m².

Il est supposé que le terrain sera fourni gratuitement par la ZOFI.

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 75,000 m² x \$3. = \$225,000.

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 \$3,093,000 tel que détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

Ce montant serait utilisé comme suit:

Période de Construction

<u>1^{ère} année</u>	<u>2^{ème} année</u>	<u>Total</u>
\$1,547,000.	\$1,546,000.	\$3,093,000.

APPENDICE III

COÛT D'INGÉNIERIE

Ce coût de \$504,000 est détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

COÛT DE L'ÉQUIPEMENT ET MACHINERIES

Ce coût de \$8,500,000 est détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

COÛT DE MONTAGE ET INSTALLATION DE L'ÉQUIPEMENT

Ce coût de \$2,125,000 est détaillé au chapitre "ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET".

COÛT DE L'ÉQUIPEMENT ROULANT

Ce coût de \$505,000 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 \$150,000.

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	225
Génie civil	3,093
Équipement et machinerie	8,500
Montage et installation	2,125
Équipement roulant	505
Équipement de bureau	<u>150</u>
	\$14,598
10% pour réserves =	\$ 1,459,800

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	325
Sel	122
Coke	3,150
Farine de bois	168
Soude caustique	477
Acide sulfurique	143
Coke pour électrodes	375
Eau	200

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

Électricité	1,280
Main d'oeuvre	876
Entretien & réparations	517
Frais généraux	<u>301</u>
	\$ 7,934

Le montant de \$7,934,000 représente la production de d'une année et par conséquent, pour un mois, cela serait de:

$$(\$7,934,000/365) \times 30 = \$652,109.$$

II. AUTRES DÉPENSES PRÉOPÉRATIONNELLES

Étude de pré-investissement	\$100,000.
Analyse du sol (examen des réserves de sable)	100,000.
Supervision et coordination de l'implantation	100,000.
Recrutement et entraînement	150,000.
Divers autres frais (légaux, comptables, promotionnels)	<u>100,000.</u>
	\$550,000.

Total des dépenses préopérationnelles =

\$ 652,109.
<u>550,000.</u>
\$1,202,109.

soit \$1,202,000.

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

Année	No de jours requis	Con-struction	Mise en route			Pléine capacité												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Programme de production	-	-	60%	75%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
I Comptes à recevoir	30/365	-	-	863	1079	1295	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438
II Stock inventaire																		
-Carburant pour transport	60/365	-	32	40	48	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
-Coke et coke pour électrodes	90/365	-	522	652	782	869	869	869	869	869	869	869	869	869	869	869	869	869
-Farine de bois	30/365	-	8	10	12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
-Sel	90/365	-	18	22	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
-Soude caustique	90/365	-	71	88	106	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
-Acide sulfurique	90/365	-	22	26	31	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
-Fûts d'emballage	30/365	-	119	148	176	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197
-Pièces de rechange	120/365	-	-	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
-Produits finis	30/365	-	-	590	703	816	891	891	891	891	891	891	891	891	891	891	891	891
III En Caisse*	30/365	-	247	260	273	262	241	221	201	192	192	192	192	192	192	192	192	192
= Actif Courant	-	-	1039	2869	3407	3859	4056	4036	4016	4007	4007	4007	4007	4007	4007	4007	4007	4007
Moins: Passif Courant Electricité	30/365	-	63	79	95	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
= Fond de Roulement Net	-	-	976	2790	3312	3754	3951	3931	3911	3902	3902	3902	3902	3902	3902	3902	3902	3902
Accroissement du fond de roulement	-	-	976	1814	522	442	197	(20)	(20)	(9)	-	-	-	-	-	-	-	-

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

APPENDICE VIII

ENTRETIEN ET RÉPARATIONS

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:

$$\$13,868,000 \times 3\% = \$416,040$$

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

$$\$505,000 \times 20\% = \$101,000$$

Pour un grand total de \$517,040

FRAIS DE FABRICATION

Ce coût est estimé à 3% des coûts de fabrication et couvre une multitude de dépenses telles que, assurances, 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, eau, services sociaux, plus \$197,000 qui représentent les salaires administratifs.

FRAIS DE VENTE

Ce coût est estimé à 3% des revenus plus \$132,000 qui représentent les salaires de vente.

APPENDICE IX

EMPRUNT, INTÉRÊT ET CALENDRIER DE REMBOURSEMENT

L'emprunt de \$8.8 millions sera conditionnel aux termes et modalités suivantes:

- 3 ans de période de grâce
- 4 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	8880	-	8880	977	107	1084
2 ème année d'opération	8800	-	8880	977	107	1084
3 eme année d'opération	8880	2220	6660	977	107	1084
4 ème année d'opération	6660	2220	4440	733	107	840
5 ème année d'opération	4440	2220	2220	488	107	595
6 ème année d'opération	2220	2220	-	244	107	351
7 ème année d'opération	-	-	-	-	107	107

Une ligne de crédit de \$970,000 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 \$106,700. 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	3318															
Amortissement			166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
Ingénierie, Machinerie, Équipement Montage et Installation, Éq. Bur.	15	11279															
Amortissement			752	752	752	752	752	752	752	752	752	752	752	752	752	752	752
Dépenses Préopérationnelles	5	1202															
Amortissement			242	240	240	240	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Équipement roulant et remplacement	3	505															
Amortissement			168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Total d'Amortissement			1328	1326	1326	1326	1326	1086									
Période de remplacement (Équip. roulant)					505			505			505			505			

APPENDICE XI

BIBLIOGRAPHIE ET FIRMES CONSULTÉES

A. BIBLIOGRAPHIE

- Industrial Minerals, nov. 1978, août 1979, déc. 1980, janv. 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983
- Industrial Minerals and Rocks, 4th edition, 1975, LEFOND
- Mineral Yearbook, Metals & Minerals, United States Department of the Interior, Bureau of Mines, 1975 to 1981
- Mineral Yearbook International, Metals & Minerals, United States Department of the Interior, Bureau of Mines, 1975 to 1980
- Document de projet, Département de l'économie nationale et de l'industrie du Zaïre, Direction des études, Sept 1978
- Electrothermics, Chapitre 20, P. 509 à 515
- Chemical Marketing Reporter, Nov. 8, 1982
- Eurostat 1980
- Metal Bulletin Handbook, 1981 & 1982
- Metal Statistics 1982
- Metal Week 1977 to 1982
- Commodity Yearbook 1982
- Mineral Commodity Summaries, janv. 1981
- Mining Annual Review, 1982
- Statistiques industrielles du Québec
- Purchasing, January 10, 1979
- 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
- Japan Chemical Week, janv. 1, 1981
- Minerals in the U.S., U.S. Dept. of Interior, Bureau of Mines, Economy 1979

B. FIRMES CONSULTÉES

- Electro Refractories & Abrasives Co. of Canada
- Norton of Canada
- General Abrasive, Division of Dresser Ind.
- Carborundum Canada
- International Harvester, Canada
- Ford, Canada
- Stelco, Canada
- Algoma Steel of Canada
- Ultramar, Canada
- Logtrans Maritime du Canada
- Industrial Containers, Canada
- I.P. Sharp Associés Limitée, Canada
- Vulcan 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

ONUDI

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 détaillée 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

..../.

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

Renseignements
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.



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

ONU DI

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 (Borna, 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.

..../..

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 1931. 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.

