CENTRE DE RECHERCHES EN
ECONOMIE APPLIQUEE
ALGER

ELECTROMETALLURGIE DU ZINC ET DE L'ALUMINIUM

Khalifa CHIKHA-BELGACEM

AVRIL 1980

EQUIPE ENERGIE

Valorisation physique
interne des hydrocarbures
Document n°8.

VALORISATION PHYSIQUE INTERNE DES HYDROCARBURES

Doc. n°1	Projet de recherche	Octobre 1979
Doc. n°2	Le secteur des hydrocarbures en Algérie: Statistiques.	Décembre 1979

Première phase : PRODUCTION D'ELECTRICITE

Doc. n°3	Bilan de la branche électricité en Algérie:	Avril 1980
Doc. n°4	Situation et perspectives de l'énergie solaire	-"- 1980
Doc. n°5	Biens d'équipement électrique en Algérie Note préliminaire	-"- 1980
Doc. n°6	Biens d'équipement électriques dans les pays capitalistes industrialisés	-"- 1980
Doc. n°7	Biens d'équipement électrique dans les pays du COMECON.	-"- 1980
Doc. n°8	Electrométallurgie du zinc et de l'aluminium	-"- 1980

2.1.1. Le zinc

PLAN DU RAPPORT

La valorisation des hydrocarbures est surtout conçue actuellement comme une valorisation à l'exportation devant constituer la source principale sinon unique du financement de la stratégie nationale de developpement industriel. Une autre approche nous semble necessaire, celle de la valorisation physique interne. Cette dernière prend un certain nombre de formes parmi lesquelles la production de l'électricité est actuellement la plus importante. Dans une perspective d'industrialisation, un des problèmes posés est de savoir quel est l'impact de l'utilisation de l'électricité dans la production de moyens de production.

L'analyse des differentes utilisations de l'électricité dans ce domaine (en particulier moteurs et fours électriques) exigerait d'importants travaux de recherche qui ne pouvaient être realisés étant donnés les moyens et le temps disponibles ; c'est pourquoi il nous a semblé plus utile de choisir un exemple à travers lequel nous avons tenté d'apporter quelques refléxions quant à cette forme de valorisation et à ses effets.

Nous proposons ainsi dans ce rapport l'étude d'une utilisation spécifique de l'électricité, l'électrolyse du zinc et de l'aluminium, en raison de l'importance de la consommation de l'électricité dans cette industrie et des perspectives de demande si le projet d'électrolyse d'aluminium était retenu. Une première partie est consacrée à l'électrolyse du zinc et une seconde partie à celle de l'aluminium. Dans les deux cas nous avons jugé nécessaire détudier la situation mondiale de ces industries avant d'analyser les realisations et les projets en Algérie.

L'intérêt de l'utilisation des ressources en hydrocarbures pour l'électrométallurgie du zinc et de l'aluminium fait l'objet de la troisième partie.

x x

L'analyse de la situation mondiale de l'industrie du zinc nous a montré que les années à venir vont être relativement difficiles étant donnée la crise qu'a connu cette industrie vers les années 1977 et 1978 et ses conséquences sur le developpement des capacités de production de minerai et de metal dans l'avenir. Ainsi vu l'insuffisance des reserves nationales de minerai, il serait peut être de plus en plus difficile de le trouver, sinon à des prix relativement élevés ; cependant les coûts en devises de l'importation

../..

du minerai seront relativement moins importants que ceux que devait entrainer l'importation du metal si le projet n'avait pas été realisé.

x x

L'étude de l'industrie mondiale de l'aluminium nous a montré qu'elle était controlée par quelques firmes internationales géantes, très intégrées et dont les activités sont relativement diversifiées, figurant parmi les plus puissantes au plan mondial.

Malgré, l'internationalisation, l'integration et la diversification des activités de ces firmes nous avons pu reperer d'importants courants d'échanges de bauxite , d'alumine et d'aluminium . De même, il existe un certain nombre de pays producteurs qui cherchent à se degager de l'emprise des multinationales , d'où des possibilités d'importation d'alumine [illegible]

x x

L'utilisation de l'électricité et par consequent du gaz naturel pour l'électrolyse du zinc parait être une opération valable dans la mesure où il s'agit au moins en partie de transformer du minerai national et où le produit obtenu est globalement destiné à la satisfaction des besoins nationaux entrant dans les perspectives d'industrialisation (galvanisation et alliages de fonderie etc...)

Le projet d'électrolyse de l'aluminium pose quant à lui beaucoup plus de problèmes dans la mesure où il s'agit d'importer entièrement le minerai pour produire de l'aluminium et produits derivés qui seraient pour plusieurs années en partie exportes vers un marché mondial controlé par de puissantes firmes internationales integrées, et utilisant d'importantes quantités d'électricité et donc de gaz naturel à un moment où il est question d'aligner le prix du gaz sur celui du petrole et étant donnée la proximité relative de l'épuisement de nos reserves en hydrocarbures,.

L'étude de cet exemple d'utilisation de l'électricité dans une perspective d'industrialisation semble faire apparaitre une seule alternative quant à la valorisation des ressources nationales en hydrocarbures et en particulier en gaz naturel, a savoir la production d'outputs destinés à la reproduction des moyens de production nationaux ou en vue de l'exportation.

Le projet d'électrolyse d'aluminium, vu son impact sur l'économie nationale ne pourrait être envisagé que s'il était inscrit dans une planification à long terme mettant en oeuvre un certain nombre de politiques parmi lesquelles :

- une politique de l'énergie basée sur des principes de concernation et de developpement des ressources existantes et la recherche et le developpement de nouvelles sources d'energie.

- une politique d'interiorisation des effets amont et aval.

Première Partie

L'ELECTROLYSE DU ZINC

1 - SITUATION MONDIALE DE L'INDUSTRIE DU ZINC.

Les années 1977 et 1978 ont été des années relativement difficiles pour l'industrie mondiale du zinc; Le prix producteur est tombé jusqu'à 550$ US la tonne alors que le seuil de rentabilité considéré par les entreprises du secteur devait se situer entre 800 et 1000 dollars la tonne.

Au LME (London Métal Exchange) le cours du zinc est tombé jusqu'à 234, 5 livres sterling la tonne et ce le 20 Février 1978 : la moyenne annuelle du cours de ce métal sur cette bourse n'à été que de 312 livres / tonne en 1978 alors que ce même cours était de 343 en 1977 et de 402 en 1976 en moyenne.

Cette crise a été telle que, des mesures de limitation de la production ont été nécessaires; c'est d'ailleurs, ce à quoi ont abouti les travaux du groupe d'Etudes international du plomb et du zinc constitué à cet effet.

Cette période difficile a abouti à la fermeture de plusieurs mines et au report de plusieurs projets de développement ou d'ouverture de mines ou de fonderies.

Pour pouvoir mieux comprendre le fonctionnement de l'industrie du zinc, il faut analyser de plus près l'évolution de la production et celle de la consommation. A partir de là il sera possible d'envisager les échanges mondiaux et les perspectives de cette industrie dans les années à venir.

1.1. La production.

1.1.1. Les principes de la métallurgie du zinc.

Il existe deux voies possibles pour l'obtention du zinc métal à partir du minerai (blende ou calamine) :

a) Voie sèche.

La métallurgie du zinc par Voie sèche se compose de trois phases distinctes :

- L'enrichissement du minerai qui permet d'obtenir du concentré de zinc.
- Le traitement thermique de ce concentré qui permet d'obtenir de l'oxyde de zinc(ZnO).
- La réduction de l'oxyde de zinc par le charbon qui pour être complète exige des températures élevées (1500 ° C)

La production de zinc par cette voie est l'objet de deux critiques importantes.

- Réversibilité de la réduction :

La réduction par l'oxyde de carbone est réversible dans les parties froides de l'appareil d'élaboration.

$$ZnO + CO \longrightarrow CO_2 + Zn$$

dans les parties froides $Zn + CO_2 \longrightarrow ZnO + CO$.

Cette critique peut plus ou moins être rejetée si l'appareil de réduction est un four électrique (bien adapté à uniformité de la température dans toutes les parties de l'appareil).

- Importance de la consommation de charbon :

La réduction de l'oxyde de zinc par le charbon exige une grande consommation de charbon:pour produire une tonne de zinc il faut quatre tonnes et demi de charbon dont 3.300 Kg pour le chauffage et 1.200 Kg pour la réduction.

Cette deuxième critique peut être discutée dans la mesure où le chauffage de l'oxyde de zinc aurait comme source d'énergie, le gaz naturel ou l'électricité etc..., mais il reste toutefois à voir l'élément coût.

b) Voie humide.

La métallurgie du zinc par voie humide offre deux avantages non négligeables par rapport à l'autre voie.

- elle permet de traiter des minerais pauvres en zinc.
- elle fournit un métal très pur.

Cette métallurgie passe par quatre étapes différentes.

- Broyage et enrichissement par flottage du minerai.
- grillage du minerai enrichi (ou concentré)
- Transformation de l'oxyde de zinc Z n O en S O4 Zn qui s'effectue dans des cuves en bois remplies d'acide sulfurique H2 SO4 dilué :

$$ZnO + SO_4H_2 \longrightarrow SO_4Zn + H_2O$$

- Electrolyse de la solution S O4 Zn + H2 O : après décantation et filtration la solution est électrolysée à une température de 35° C; pour cela une intensité de 300 Ampères par mètre carré est nécessaire sous une faible tension (3,8 Volts environ). Tous les 24 heures le métal déposé sur les cathodes est détaché. Il titre plus de 99,5 % de zinc.

1.1.2. Evolution de la production et des stocks mondiaux.

La production mondiale de zinc a été multipliée par 2 entre 1960 et 1978. Exprimée en million de tonnes elle a en effet évolué de la manière suivante :

1960	1972	1974	1975	1977	1978
3.017	5.555	6.003	5.476	5.958	6.018

Pour la période 1972-1977 nous pouvons remarquer que malgré la baisse enregistrée en 1975 la production est passée de 5.555.100 tonnes en 1972 à 5957.800 tonnes en 1977 soit un accroissement de 7,2% par rapport à 1972 alors que la consommation mondiale est passée de 5797.600 tonnes en 1972 à 5772.500 tonnes en 1977 soit une diminution de 0,5% par rapport à 1972.

A ce relatif excédent de la production par rapport à la consommation il faut ajouter le poids des stocks (tableau I/1)

Tableau I/1 : EVOLUTION DES STOCKS DE ZINC (METAL)
(NON COMPRIS LES PAYS DU COMECON)

Unité : milliers de tonnes	1974	1975	1976	1977
Stocks commerciaux	727	1.136	1.108	1.156
- Stocks des producteurs	354	748	683	827
- Stocks des consommateurs	327	223	218	166
- Stocks des marchands	32	95	117	98
- Stocks du London Metal Ex change	14	70	90	65
Stocks non commerciaux				
- Stocks de reserve US	355	350	349	348
- Stocks gouvernementaux du Japon	-	-	12	63
Stocks totaux	1.082	1.486	1.469	1.567
Variation % par rapport à 1974	100	137	135	144,82
Consommation mondial de zinc en barre	5.977,1	5.027,7	5.753,8	5.772,5
Consommation mondiale de zinc par jour	16,4	13,8	15,8	15,8
Nombre de jours de consommation représenté par les stocks	66,66	108,108	93,93	99,99

Source : établi à partir de "Statistiques du plomb et du zinc" octobre 1979.

L'évolution des stocks nous permet d'observer un accroissement important entre 1974 et 1977. cette augmentation a été de 37% en 1975 par rapport à 1974 et de 44,82 % en 1977 par rapport à 1974.

Si nous voyons l'importance des stocks par rapport à la production annuelle nous pouvons remarquer qu'en 1974 ils représentaient environ 18% de la production mondiale, en 1975 27,1%, en 1976 25,2% et en 1977 26,3 %.

Par rapport à la consommation mondiale ces stocks représentaient environ 66 jours de consommation en 1974, 107 jours en 1975, 93 jours en 1976 et 99 jours en 1977. Il est donc clair que les stocks ont augmenté que ce soit par rapport à la production ou par rapport à la consommation.

Cet accroissement des stocks dû à l'accroissement de la production et à la relative stagnation de la consommation va avoir d'importantes répercussions quant à l'évolution des prix du zinc métal sur le marché mondial.

1.1.3. Concentration de la production mondiale de zinc.

a) Neuf pays totalisent entre eux seuls environ 70% de la production mondiale;il s'agit de l'Australie, de l'union économique Belgo-luxembourgeoise, duCanada,de la France,de la RFA,du Japon, de la Pologne,des USA et de l'URSS (voir tableau n°I/2).

Deux pays,a savoir l'URSS et le Japon, produisent plus de 30 % du total mondial en 1977. Si nous leur ajoutons les USA, ces pays produisent en 1977 37,8% du total.

De 1972 à 1977 ces mêmes pays sont les premiers producteurs mondiaux de zinc....
Entre ces deux années il faut observer l'augmentation de la production de l'URSS en % par rapport au total mondial, la relative stabilité de la production japonaise (une baisse de 1,5 % par rapport au total) et la chute de la part de la production des USA en % par rapport au total.

b) L'industrie mondiale du zinc est dominée par un certain nombre de grosses firmes, dont la plupart sont membres de l'Institut du zinc, institution qui au départ était exclusivement une institution des firmes américaine du zinc et qui à rassemblé par la suite d'autres firmes étrangères (tableau I/3).

Le tableau I/4 nous permet de voir la classification en 1976 et 1977 de certaines des firmes membres de cet institut par rapport aux 500 plus grosses firmes internationales pour les firmes non américaines et par rapport aux 500 plus grosses firmes américaines pour les firmes américaines.

Il faut ajouter à cela que ces firmes ont en général d'autres activités en dehors de l'industrie du zinc.

L'objectif officiel de cet Institut est la promotion et le développement du marché du zinc et des produits en zinc; le véritable objectif serait beaucoup plus le contrôle du marché.

Tab. I/2 PRODUCTION DE ZINC PAR PAYS

Pays	1972		1974		1975		1977	
	10^3 t	%	10^3 t	%	10^3 t	%	10^3 t	%
Afrique du sud	47,2	-	65,4	-	63,7	-	76,0	-
Algérie	-	-	8,0	-	20,0	-	20,0	-
Argentine	36,5	-	37,2	-	39,5	-	29,0	-
Australie	303,7	5,5	283,8	4,8	201,3	3,7	255,6	4,3
Belgique.Lux.	255,6	4,6	288,8	4,9	218,2	4,0	248,6	4,2
Brésil	15,6	-	30,5	-	31,4	-	47,0	-
Bulgarie	80,0	1,5	80,0	1,3	80,0	1,5	90,0	1,5
Canada	476,2	8,6	437,7	7,2	426,9	7,8	494,9	8,3
Chine	120,0	2,2	130,0	2,2	140,0	2,6	155,0	2,6
Corée du Nord	120,0	2,2	130,0	2,2	140,0	2,6	135,0	2,3
Corée du Sud	10,5	-	11,5	-	20,8	-	31,6	-
Espagne	99,7	1,8	130,0	2,2	135,1	2,5	154,6	2,6
Finlande	81,1	1,5	91,8	1,5	109,9	2,0	138,0	2,3
France	261,5	4,7	276,7	4,7	181,1	3,3	238,3	4,0
Grande Bretagne	73,8	1,3	84,4	1,4	53,4	1,0	81,5	1,4
Inde	25,2	-	21,1	-	25,7	-	36,0	-
Italie	155,9	2,8	196,4	3,3	179,7	3,3	169,4	2,8
Japon	809,0	14,6	850,8	14,4	698,4	12,8	778,4	13,1
Mexique	83,8	1,5	133,4	2,2	149,0	2,7	170,9	2,9
Norvège	73,3	-	72,4	-	60,9	-	69,4	-
Pays-Bas	48,3	-	78,2	-	116,0	2,1	109,4	1,8
Pérou	67,5	-	69,0	-	63,2	-	67,0	-
Pologne	228,3	4,1	233,0	3,9	243,1	4,4	228,2	3,8
R.F.A.	358,7	6,5	400,0	6,8	294,7	5,4	341,6	5,7
Roumanie	60,0	-	70,0	-	70,0	-	65,0	-
U.S.A.	641,3	11,5	574,9	8,4	449,9	8,2	454,3	7,6
U.R.S.S.	820,0	14,8	980,0	16,6	1030,0	18,8	1020,0	17,1
Yougoslavie	48,7	-	79,4	1,3	89,1	1,6	98,8	1,7
Zaïre	67,0	-	68,7	-	65,6	-	51,1	-
Zambie	56,2	-	58,3	-	46,9	-	40,1	-
Autriche, Hongrie RDA, Turquie et V.N.	30,5	-	31,5	-	32,8	-	63,2	-
T O T A L	5555,1	100	6002,9	100	5475,6	100	5957,8	100

Tableau I/3 : FIRMES MEMBRES DE L'INSTITUT DU ZINC

Amax Lead and Zinc Inc	M.M.C. Corp
ASARCO Inc.	Métallgesellschaft A.G.
Associated Métal and Minerals	Mitsui Miningand Smelting Co.ltd
Australian Mining and Smelting Coltd	National Zinc Co.
Broken Hill Co	Noranda sales corp. Ltd
Cominco Ltd.	Ozark Lead Co.
T.L. Diamond and Co Ltd.	Phelps sodge corp.
Eagle - Picher Industrie. Inc.	The Pigmentand Chemical 60 ltd.
Electrolytic Zinc Co.of Australasia Ltd.	Preussag Ag Métall
Frit Industries Inc.	Proler International corp
Gulf and Western National Ressources group.	Sandoval zinc Co.
Homestake Mining Co of Missonri	St Joe Minerals corp
Hudson Bay Mining and Smelting Co Ltd.	The Sherwin Williarms Co
Industrial Minera Mexico S.A.	Société Généraledes Minerais
	Texas Gulf. Inc.

Source : Economics of zinc.

T a b l e a u I / 4

Classification des Compagnies membres
de l'Institut du Zinc.

	Pays d'origine.	Classification en 1976	Classification en 1977	Chiffre d'affaire 1000 $ en 1977	Bénéfice net en 1000$ en 1977	Nombre d'emplois en 1977.
ASARCO (New - York)	USA	203	235	1.045794	29 506	13 000
Eagle Picher Industrie	USA	408	431	474040	26 003	10 200
Gulfand Western Industries (1)	USA	59	57	3.642998	150327	116606
Phelps Dodge corp	USA	250	240	959385	17 880	14 129
St Joe Minérals corp	USA	287	271	791280	67 757	12 403
The Sherwin Williams Co	USA	237	238	1.035989	8 207	19 668
Texas Gulf Inc	USA	400	383	482647	46 285	5 300
Broken Hill propriétary (1)	Autriche	101	91	2.491628	73 818	62 000
Metallgesellscheft	RFA	79	92	2.926439	16 296	27 678
Mitsui Miningand Smelting Coltd	Japon	276	272	940240	7 228	12 054
Preussag	RFA	230	219	1.127608	6 057	17 566

(1) Ce sont leurs filiales qui sont dans l'industrie du Zinc; les chiffres donnés sont ceux de la firme mère.

Source : établi à partir de Fortunes du 8 Mai et 14 Avril 1978.

1.2. Consommation mondiale de zinc.

1.2.1. Principales utilisations dans les pays industrialisés :

Le zinc est utilisé par ordre d'importance dans la galvanisation les alliages de fonderie, les laitons, dans les oxydes et divers et enfin sous forme laminée.

Le tableau I/5 indique l'importance relative des utilisations du zinc dans un ensemble de quatre pays industrialisés, la RFA, le Japon, la Grande Bretagne et les USA.

Dans ces quatre pays, le zinc est utilisé essentiellement pour la galvanisation : en 1975 40,2 % du zinc utilisé à été absorbé par la galvanisation alors qu'en 1978, 42%, y ont été utilisé. Il y a donc eu une progression de l'utilisation du zinc dans la galvanisation par rapport aux autres utilisations.

Sous la forme d'alliages de fonderie son utilisation a relativement regressé entre 1975 et 1978 puisque de 23,6% en 1975 ce pourcentage est passé à 21,95% en 1978; le plus important est de remarquer que l'utilisation du zinc dans les alliages de fonderie vient après la galvanisation en terme de pourcentage et avant les laitons qui ont représenté 17% environ en 1975 et 18,355 % en 1978.

Nous pouvons aussi remarquer une légère progression de l'utilisation du zinc dans les laitons entre 1975 et 1978;l'utilisation du zinc sous forme de l'aminée ou feuilles est de 6% en 1975 et de 5,436 % en 1978 : elle est donc relativement stable entre 1975 et 1978.
Le zinc sous forme d'oxydes et divers a représenté 13% environ du total d'utilisation du zinc en 1975 et 12,237% en 1978.

La galvanisation est d'autant plus importante pour nous qu'elle utilisé d'importantes quantités d'énergie électrique, il faut se demander cependant quelle est la place des galvanisés dans les moyens de production.

Tableau I/5 : UTILISATIONS DU ZINC
EN RFA, AU JAPON, EN GRANDE BRETAGNE ET AUX USA.

Unité : 10^3 t	1975	%	1978	%
Galvanisation	842	40,2	1099	42,026
Alliages de fonderie	494	23,625	574	21,950
Laitons	356	17,025	480	18,355
Zinc laminé(feuilles)	126	6,025	142	5,430
Oxydes et divers	273	13,055	320	12,237
Total	2091	100	2615	100

- Dans l'agriculture(toitures des bâtiments, silos, moulins a vent, conteneurs de nourriture, abrevoirs et mangeoires etc...)

- Dans le bâtiment(toitures, surtout pour les bâtiments industriels, structures en acier, cadres de fenêtres, clous, traverses et grilles, etc...)

- Dans les ponts et tunnels (revêtement par vaporisation pour les ponts existants, cables pour les ponts suspondus, revêtement des drains, des ponts, etc...)

- Dans les équipements domestiques (reservoirs d'eau, machines a laver, régrigérateurs, baignoirs, seaux, roues de brouettes, etc.)

- Dans les équipements administratifs et collectifs (équipement de bureaux, armoires de classement, lits d'hopitaux etc...)

- Dans l'industrie électrique (équipements extérieurs de distribution électrique, pylones, mats de radio, transformateurs, compteurs électriques, chassis pour radio et télévision, moteurs ..., équipements téléphoniques, etc...)
- Dans la marine (coques de petits navires, ponts et accessoires de ponts de navires, conteneurs de charge, reservoirs de fuel et d'eau etc...)

- Dans les chemins de fer (toits, planchers, revetements latéraux et chassis, supports électriques aériens, équipements de signalisation, crampons de rails etc...)

- Dans les véhicules routiers (amortisseurs, ... portes, séparations de compartiments, tuyau arrière, emplacement de roue de secours, les surfaces latérales des véhicules ...) commerciaux, des Land Rovers etc...)

- Dans la ventilation (tuyauterie des sytèmes de chauffage et d'air conditionné).

Les alliages de fonderie servent essentiellement à la fabrication de pièces mécaniques ; quant aux laitons, nous pouvons les trouver dans l'industrie électrique sous forme de cables, de douilles etc...
mais également dans de nombreux autres usages comme le montre le tableau I/6 à partir de l'exemple des USA.

Le zinc laminé en feuilles est utilisé dans la construction et pour la fabrication de tubes (gouttières) .

Les oxydes de zinc et les sels de zinc sont utilisés dans l'industrie chimique et pharmaceutique.
Il y a lieu surtout de souligner que le zinc est utilisé à 40% environ pour la galvanisation et 40% environ pour la fabrication d'alliages.
Ces deux usages absorbent à eux seuls 80% environ du zinc utilisé.

1.2.2. Concentration de la consommation mondiale de zinc.

Le tableau I/7 nous permet de faire les observations suivantes :
Si nous avons pu remarquer précédemment que 9 pays produisent environ 70% de la production mondiale de zinc nous pouvons aussi ajouter que 9 pays consomment à eux seuls un peu moins des 2/3 la consommation mondiale, en effet sur une consommation mondiale de 5772.500 tonnes en 1977, les USA avec 998.200 tonnes , l'URSS avec 945 000 tonnes le Japon avec 667 200 tonnes, la RFA avec 329 500 tonnes la France avec 257700 tonnes, la Grande Bretagne avec 244.800 tonnes, la Chine avec 225 000 tonnes, l'Italie avec 197.000 tonnes et la Pologne avec 169 600 tonnes totalisent 70% environ de la consommation mondiale. Il faut ajouter que cette concentration de la consommation est d'autant plus importante que : les USA a eux seuls consomment en 1977 17,2% du totale mondiale, l'URSS 16,37%, le Japon 11,55 % la RFA 8,7 %, la France 4,46 % .

Nous pouvons donc ainsi observer que 3 pays a eux seuls c'est à dire les USA, l'URSS et le Japon totalisent 45,128% de la consommation mondiale.

Ainsi l'évolution de la production et celle de la consommation mondiale telles que nous les avons observées plus haut vont être à l'origine d'une évolution des prix défavorable par rapport aux producteurs.

Tab. I/6 UTILISATION DES LAITONS AUX USA

	Feuilles		Barres et fil machine		Tubes de Plomberie		Tubes "Commercial"	
	1972	1976	1972	1976	1972	1976	1972	1976
Bâtiment	8,4	8,3	19,1	21,4	59,5	74,1	12,0	9,2
Transports	26,9	34	10,2	12,4	-	-	7	9,2
Biens de consommation.	40	33,1	24,6	20,4	18,1	24,7	54,0	51,8
Equipements industriels.	6,6	3,4	27,8	28,7	0,5	0,6	22,5	24,1
Equipements électriques et électroniques	21,1	21,2	18,5	17,3	9	-	4,5	5,7
T O T A L %	100	100	100	100	100	100	100	100
T O T A L EN T	487	444	471	387	210	170	200	141

Source : The economics of zinc : Service d'information Roskill 1978 (LONDRES) p. 205.

Tableau I/7 : CONSOMMATION DE ZINC DANS LE MONDE

Unité 10^3 t	1972		1974		1975		1977	
	10^3 t	%	10^3 t	%	10^3 t	%	10^3 t	%
Australie	114,1	1,9	119,6	2	81,9	1,6	80,2	1,3
Belgique	139,2	2,4	194,9	3,2	103,3	2	112,1	1,9
Brésil	74,4	1,3	93,4	1,5	82,0	1,6	105	1,8
Canada	136,3	2,3	141,4	2,3	149,9	3	134	2,3
Chine	170	2,9	200	3,3	220	4,3	225	3,9
Tchécoslovaquie	55	-	60	1	65	1,3	68	1,1
France	264,1	4,5	306,1	5,1	222,5	4,4	265,1	4,6
RDA	60	1	62	1	63	1,2	68	1,1
RFA	413,1	7,1	389,1	6,5	297,4	5,9	329,5	5,7
Inde	102,8	1,7	77,5	1,3	82,03	1,6	97,0	1,6
Italie	203	3,5	202	3,4	150	3	197	3,4
Japon	708,3	12,2	695,4	11,6	547,1	10,8	667,2	11,5
Mexique	48,8	-	59,8	1	62,7	1,2	63,7	1,1
Pologne	140	2,4	141,5	2,3	152	3	169,6	2,9
Afrique du Sud	51	-	69,5	1,1	63,2	1,2	56,7	0,9
Espagne	96,7	1,6	119,6	2	92,1	1,8	122,6	2,1
Grande Bretagne	229,3	4,8	268,5	4,5	207,1	4	244,8	4,2
USA	1185,7	22,1	1167,4	19,5	838,8	16,6	998,2	17,2
URSS	760	13	900	15	900	18	945	16,3
YOUGOSLAVIE	51,7	-	67,8	1,1	64,5	1,2	81	1,4
TOTAL MONDIAL	5797,6	100	5971,1	100	5027,7	100	5772,5	100

Source : World Métal Statistics, world Bureau of Métal Statistics Ltd London Avril 1978 repris par économics of zinc.

1.3. Les échanges.

1.3.1. Les grands courants d'échanges. (Tableau I/8).

Si nous nous penchons sur les principaux pays producteurs et les principaux pays consommateurs (tableaux 2 et 7) nous pouvons remarquer que les 9 pays producteurs ne sont pas tous parmi les 9 pays principaux consommateurs. En 1977 l'Australie produisait 4,3% du total mondial ne consomme environ que 1,4% du total mondial. La Belgique quant à elle consomme environ 2% de la consommation mondial alors qu'elle produit 4,2% du total. Le Canada produisait en 1977 8,3% du total mondial ne consomme que 2,3% du total consommation mondial. La France se trouve presque en équilibre puisqu'en 1977 elle produit 4% du total production et consomme 4,46% du total consommation, de même pour la R.F.A consommation 5,7% du total et production 5,7% du total. Le Japon consomme moins qu'il n'on produit (production 13,1% et consommation 11,55%). La Pologne consomme aussi un peu moins qu'il n'en produit (production 3,8% et consommation 2,938%). L'URSS consomme relativement moins qu'il n'en produit en 1977 (production 17,1% consommation 16,37%). Le principal pays importateur de zinc serait donc les USA; en effet alors que leur production est évaluée à 7,6% du total mondial en 1977 leur consommation se rapproche du 1/5 de la consommation mondiale. Les Etats Unies realisent plus de 40% des importations mondiales de zinc ; d'où leur poids particulier quant au marché mondial du zinc.

Les principaux pays exportateurs parmi les plus importants producteurs sont l'Australie, la Belgique le Canada, le Japon, la Pologne et l'U.R.S.S. Les principaux pays importateurs sont la Chine la Grande Bretagne, l'Italie et les Etats Unis (voir tableau N°7).

Les échanges mondiaux se trouvent souvent confrontées à des obstacles bien particuliers.

Tab. I/8 - PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS ET PRINCIPAUX PAYS CONSOMMATEURS DE ZINC. (1977) (EN 1000 t)

	PRODUCTION		CONSOMMATION	
TOTAL MONDIAL	5,957,8	100	5 552,5	100
AUSTRALIE	255,5	4,3	80,2	1,389
BELGIQUE (BLEU)	248,6	4,2	112,1	1,941
CHINE	155	2,6	225	3,897
CANADA	494,9	8,3	134	2;321
FRANCE	238,3	4	257,7	4,464
GRANDE BRETAGNE	81,5	1,3	244,8	4,24
ITALIE	169,4	2.843	197	3,412
JAPON	778,4	13,1	667,2	11,552
R.F.A	341,6	5,7	329,5	5,708
POLOGNE	228,2	3,8	169,6	2,938
U.S.A	454,3	7,6	998,2	17,292
U.R.S.S	1020	17,1	945	16,37

1.3.2. Evolution des prix mondiaux.

Le tableau I/9 nous permet de faire les observations suivantes : Le prix du zinc a progressivement augmenté de Novembre 1973 à Octobre 1975 ; en effet si nous prenons le prix 1973 égal 100 en Mars 1974 il sera égal à 110 en Septembre 1974 120 et en Octobre 1975, 230.

Le prix du zinc a plafonné et même stagné entre Janvier 1975 et Avril 1977 puisqu'il a atteint 795 dollars la tonne métrique ; c'est en Mai 1977 qu'a commencé une chute progressive du prix et ce jusqu'à Juillet 1978 ; en effet le prix du zinc qui était de 795 $US la tonne métrique est descendu pour atteindre son plus bas niveau de mars à Juillet 1978 c'est à dire 550 dollars US par tonnes métrique ce qui correspond à un indice de 69,1 si l'on considère le prix 795 $ égal à 100.

Cette évolution des prix est en fait le resultat de rapports de forces existant entre les différents pays participant aux grands courants d'échanges mondiaux de zinc.

Nous avons vu précédemment que les Etats Unis sont le principal importateur de zinc ; ces derniers s'averent être les plus protectionistes vis à vis du marché mondial : en effet, en plus des tarifs douaniers très élevés, les Etats Unis ont pris un certain nombre de mesures non tarifaires destinées à proteger l'industrie locale telle la loi anti-dumping ; mais un agent extérieur ne peut vendre au gouvernement des USA que si le prix auquel il offre le zinc est inférieur au prix fixé par l'industrie américaine.

Ainsi, il y aurait une sorte de prix plancher au dessous duquel aucun autre pays étranger ne peut vendre aux utilisateurs américains.(loi anti-dumping) ; le prix intérieur doit en fait osciller entre 12 et 16% au dessus de ce prix plancher de manière à empecher toute importation tant qu'il y a une offre interieure.

Tab. I/8 PRIX PRODUCTEUR MOYEN DU ZINC (METAL ET POUSSIERES)

D A T E	PRIX A LA TONNE
(1) 1973 Novembre	300 Livres Sterling
(1) 1974 Mars	330 " "
Septembre	360 " "
(1) 1975 Octobre	390
1976 Janvier à Décembre	795 US Dollars
1977 Janvier à Avril	795 " "
Mai	751,8 " "
Juin à Octobre	700 " "
Novembre	604,5 " "
Décembre	600 " "
1978 Janvier	600 " "
Février	582,5 " "
Mars à Juillet	550 " "
Août	602,3 " "
Septembre	629,8 " "
Octobre	681,4 " "
Novembre , Décembre	720 " "
1979 Janvier	734,5 " "
Février	782,0 " "
Mars , Avril	800 " "
Mai	808,6 " "
Juin , Juillet	845 " "
Août , Septembre	780 " "

(1) Source: Annales des Mines sept.Oct. 1979

Source: d'après Statistiques du Plomb et du Zinc Bulletin mensuel du groupe d'étude international du Plomb et du Zinc Oct. 1979.

1.3.3. Prévisions d'évolution du marché.

Le tableau I/10 concernant la balance previsionnelle offre et demande de zinc du monde (pays de l'est non compris) nous permet de faire les constatations suivantes : l'offre de zinc sous forme metallique serait deficitaire à partir de 1983 par rapport à la demande. A partir de 1980 le deficit de minerai de zinc serait de 108.000 tonnes en 1980 153.000 tonnes en 1981 217.000 tonnes en 1982, 313.000 tonnes en 1983 328.000 tonnes en 1984 et de 150.000 tonnes en 1985. (Tableau au I/119. Le taux d'utilisation des capacités de production de zinc à été de 73% en 1975, 76% en 1976 - 76% en 1977 et serait de 76% en 1978, 81% en 1979, 81% en 1980, 79% en 1981, 80% en 1984 et de 84% en 1985. (Tableau n° /10).

Le taux d'utilisation des capacités va donc en s'accroissant, d'où la nécessité d'investissements supplémentaires en vue de les accroitre.

Tableau I/10 : WESTERN WORLD : ZINC SUPPLY DEMAND BALANCE, 1975-1985 (10^3t)

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Western World mine production	4,403	4,391	4,810	4,903	5,082	5,120	5,217	5,312	5,305	5,652	5,905
Less: Exports to communiste countries	120	100	100	100	100	125	125	125	150	150	150
Ores recluced directly to chemical compounds	50	59	57	55	50	50	50	50	50	50	50
Processing losses net of secondary supplies	227	198	226	242	249	250	256	261	264	280	295
Metal equivalent of mine production	4,006	4,034	4,427	4,546	4,683	4,695	4,786	4,876	4,931	5,172	5,410
Western World metal production.	3,759	4,070	4,200	4,300	4,650	4,800	4,940	5,100	4,931	5,172	5,410
Mine balance: Surplus (déficit)	247	(36)	227	246	33	(105)	(154)	(224)	(-)	(-)	(-)
Western World metal consumption	3,530	4,111	4,350	4,480	4,615	4,753	4,896	5,043	5,194	5,350	5,510
Less : Imports from communist countries	82	89	76	50	50	50	50	50	50	50	50
Plus : National stockpile purchases (1)	2	12	-	50	88	100	93	100	100	100	100
Net metal demand	3,450	4,030	4,274	4,480	4,653	4,803	4,939	5,093	5,244	5,400	5,560
Western World metal production	3,759	4,070	4,200	4,300	4,650	4,800	4,940	5,100	4,931	5,172	5,410
Metal balance: Surplus (deficit)	309	41	(74)	(180)	(3)	(3)	1	7	(313)	(328)	(150)
Total balance: Surplus (déficit)	556	5	153	66	30	(108)	(153)	(217)	(313)	(328)	(150)
Metal capacity	5,180	5,329	5,548	5,647	5,767	5,927	6,250	6;413	6,413	6,473	6,547
Utilisation of metal capacity (%)	73	76	76	76	81	81	79	80	77	80	84

(1) U.S.A., France, Japan.
Source: Mineral Development Sector, Canadian Departement of Energy, Mines and Ressources, Ottawa. repris par Economic
Source : Economics of zinc déjà cité.
of zinc.

Tableau I/11 : PRODUCTION ET PREVISION DE PRODUCTION MONDIALE DU MINERAI DE ZINC SOUS FORME DE CONCENTRE - 1975 - 1990.

Unité : 10^3 tonnes	1975	1980	1985	1990
- Demande nette de métal	3440	5000	5700	6700
- Production nécessaire de minerai de zinc déduction faite des autres utilisations du minerai.	3760	5400	6100	7200
- Production de minerai de zinc provenant de:				
• mines existantes en 1975	4400	4200	3600	3000
• nouvelles capacités minières 1975-1980	-	1200	1050	850
• nouvelles capacités minières 1980-1985	-	-	1450	1300
• nouvelles capacités minières 1985-1990	-	-	-	2050
Total	4400	5400	6100	7200

Source : Mineral Dévelopment sector, Départment of Energy Mines and Ressources Ottawa repris par économics of zinc.

2. L'INDUSTRIE DU ZINC EN ALGERIE

2.1. Justifications.

Une justification souvent avancée pour la mise en place d'une industrie d'élèctrolyse du zinc en Algérie est le fait que cette industrie est fortement consommatrice d'énergie et que l'Algérie a précisément des ressources importantes dans ce domaine. Cette proposition sera discutée dans la troisième partie de ce rapport car elle s'applique à l'aluminium aussi bien qu'au zinc.

D'autres justifications peuvent être avancées par ailleurs, au niveau des besoins en zinc pour le développement industriel et à celui des disponibilités nationales en minerai de zinc.

2.1.1. Importations et prévisions de consommation

Les statistiques douanières, telles que rassemblée dans le tableau I/12, font apparaître d'importantes importations de zinc, de produits dérivés et connexes ; ces importations ont été en augmentation continue: aussi si nous observons les chiffres concernant seulement le sous-total de métal importé entre 1967 et 1974, les quantités ont été multipliées par plus de trois en 1974 par rapport à 1967.

Il est à remarquer qu'a partir de 1974 les quantités de zinc importées vont en diminuant du fait de l'entrée en production de l'usine d'électrolyse de zinc de ghazaouet.

Si l'on ne tient compte que des besoins officiellement exprimés, les prévisions de consommation de zinc sont indiquées dans le tableau I/13.

L'augmentation progressive des importations de zinc est le résultat d'un accroissement de besoins de ce métal, besoin s'exprimant au niveau des differents secteurs de l'activité économique.

Si les besoins de zinc ont été de 9 241 tonnes en 1978, en 1990 ces mêmes besoins seraient de 45.700 tonnes ce qui correspond à une multiplication des besoins par presque cinq par rapport à ceux de 1978.

A partir des statistiques douanières d'importation de zinc et des prévisions des besoins des années à venir nous pouvons constater la nécessité d'une décision quant à la mise en place ou non d'une industrie produisant du zinc .

Tableau I/12. IMPORTATIONS ALGERIENNES DE ZINC, PRODUITS DERIVES ET CONNEXES.

Unité: tonne	1967	1970	1973	1974	1975	1976	1977
Zinc brut	150	1.212	3.510	2.600	2.188	201	-
Zinc allié	-	340	466	156	206	15	401
Planches zinc	35	106	222	246	1.065	247	200
Tubes Tuyaux barres	51	40	218	386	155	10	59
Autres ouvrages	27	11	40	515	3	563	738
Poudres et poussière	24	18	-	330	14	29	21
Fil (?)	1.228	411	366	80	246	147	454
S/Total Metal	1.515	2.138	4.622	4.703	3.877	1.212	1.873
Caractères et types pour :							
. imprimerie				8	11	6	11
. déchés				1	2	-	1
quincaillerie en metaux communs.	68	2.082	2.745	3.444	3.878	1.317	1.642
Oxide zinc	290	356	327	751	251	472	358
Peroxyde zinc	-	1	-	-	-	-	10
Chlorures de zinc	19	15	25	165	92	31	263
Sulfate zinc	53	38	120	88	62	62	-
Sulfure zinc	-	-	73	41	153	10	219
Chromate zinc	14	12	23	18	6	-	39
Pigments zinc	2.236	4.603	4.575	5.056	2.054	8.109	3.465
Cadmium cuivré					0,5	0,2	0,8
Cyanure cadmium				-	0,5		
Rouge Cd			0,3	-			
Pigments Cd	0,3	5	-	-	3	1	10
Sulfate cuivre	144	104	117	229	138	1	19
Sulfate de Sodium							2.238
Sulfate d'Aluminium							3.683
Sulfate chrome							1.766

Source : Statistiques douanières, reprises par le rapport Marché du Zinc (doc.SNS).

Tableau I/13 : PREVISIONS DE CONSOMMATION

Unité : 10^3 tonnes	1978	1980	1985	1990
Galvanisation	5060	8480	20.900	30.100
Alliages de Moulage (fonderie)	1220	2350	4.230	4.230
Laitons	976	1510	3.500	4.600
Alliage de galvanisation	121	212	500	800
Produits Plats, pastilles	1174	1600	3.100	3.100
Produit/poussière	120	150	800	800
Fil	120	180	360	360
Autres usages / Métal	10	20	20	20
Sels	440	500	1.700	1.700
S/ Total Métal	8801	14500	33.400	44.000
Total Général	9241	15000	35.100	45.700

Source : Rapport marché du zinc (Document SNS)

2.1 - 2 La disponibilité de minorais de zinc (1).

a)- Les réserves

. El - Abed constitue le gisement de minerai de zinc le plus important du pays; en effet, les reserves récupérables y sont estimées à 500.000 tonnes, son épuisement est prévu un peu avant l'an 2000.

. Les autres gisements beaucoup moins importants que celui d'El-Abed sont en voie d'épouisement. Les mines de l'ouersenis et Sidi Kamber ont été fermées fin 1976 et leur activités ont été reconvertis

. La mine de Aïn Barhar à Annaba dont la durée de vie a été quelque peu prolongée serait fermée vers 1990 si d'autres reserves n'y sont pas mises à jour.

Sa production pourrait être de 1.000 tonnes de zinc-métal à partir de 1983.

. La mine de Kherzet youcef à l'ouest de sétif dont l'exploitation s'est heurtée longtemps à des problèmes hydrogéologiques, actuellement maitrisés a vu sa production demarrer en Avril 1979.

. D'autre gisements ont été recemment mis à jour à guerouma et Bousoufa oued El-Kebir. Leur exploitation serait fonction des études actuellement engagées.

L'algérie dispose donc seulement de quelques reserves récupérables de blende ; elle ne dispose pas d'autres minerais pouvant remplacer la blende telle que la calamine.

---

(1) Maghreb.Selection n°136 du 31.1.1980

b) La production.

La production de minerai de zinc de 1974 à 1977 en tonnes a été comme suit :

1974	1975	1976	1977
8 000	20 000	20 000	24 000

Source : The economics of zinc 2ème Ed 1978

Le petit tableau nous permet de constater une nette augmentation de la production de blende (minerai de zinc) soit une multiplication de la production par trois entre 1974 et 1977; mais il faut remarquer que la blende ainsi produite doit être traitée afin d'être enrichie; une fois enrichie elle peut titrer 40 à 50 % de zinc.

Les prévisions de production de concentré de zinc, exprimées en tonnes, sont actuellement les suivantes :

1978	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1990
10 000	18 100	21 900	23 500	25 500	32 900	38 100	44 900

Ces prévisions font apparaître une nette augmentation à partir de 1979.

2.1.3. Le zinc dans le développement industriel.

Nous pouvons trouver une justification plus détaillée de la mise en place d'une industrie d'électrolyse du zinc à travers l'utilisation prévisionnelle des out puts d'une telle industrie par les autres branches des différents secteurs de l'économie nationale.

a) La galvanisation.

Le tableau I/14 concernant les besoins de zinc pour la galvanisation nous permet de voir quelles sont les entreprises utilisatrices dans cette activité a savoir la SNS, la SN.METAL, les sociétés de wilaya et les entreprises privées.

La structure de la galvanisation serait la suivante :

- les produits plats absorberaient 59,2 % en 1985 et 66 % en 1990
- les fils 7 % en 1985 et 4,9 % en 1990. Ces chiffres concernant les fils

Tableau I/14 : BESOINS PREVISIONNELS POUR LA GALVANISATION

Unité : tonne	77/78	1980	1983	1985	1990
S N S					
A-1 B/DV 1	3.360	5080	5480	-	4370
2	-	-	9780	12620	15770
A-2 R/DU 1	750				1050
A-3 AZZABA	-	-	500	1800	5500
A-4 EL-EULMA	-	-	700	1100(3)	1100(3)
A-5 PROSIDER 1	-	500(3)	500(3)	500(3)	500(3)
" " 2	-	-	-	500(3)	500(3)
S/TOTAL SNS	4110	7330	18710	18620	27800
HORS SNS.					
B-1 SN-METAL (1)	800	800	800	800	800
B-2 Sociétés Wilaya	-	100	300	1080	1080
B-3 Sociétés privées	150	250	400	400	400
S/Total Hors SNS( )	950	1150	1500	2280	2280
TOTAL GENERAL (2)	5060	8480	20210	20900	30100

Source : Rapport Marché du Zinc SNS.

Chiffres peu fiables

(1) Chiffres constants en raison du manque d'informations

(2) Il faut ajouter à ce total les pertes par évaporation et les pertes résultant du renouvellement du bain.

doivent être corrigés pour tenir compte des importations d'une part et du projet de tiaret d'autre part.

- Les tubes 17,2 % en 1985 et 17 % en 1996.
- Autres usages 16, 8 % en 1985 et 12,2 % en 1990.

La galvanisation n'utilise pas seulement du zinc pur, mais également des "alliages de galvanisation".

Deux types peuvent être distingués :

- Ceux tendant à se substituer au zinc et à l'aluminium tels que:

- le zincromet : il s'agit en fait d'une peinture à base de zinc et servant au prélaquage des tôles et bandes surtout dans l'industrie automobile.

- Le zinc alume : alliage zinc, aluminium, permettant de doubler la protection anticorrosive il offre l'avantage de diminuer l'épaisseur du revêtement par rapport à la galvanisation(150 à 200 gr / m^2 contre 300 à 400 gr / m^2 pour le zinc.

- alliages pour la galvanisation utilisées en vue de rectifier et d'adoucir les bain sde galvanisation.

b) <u>Les alliages de moulage</u> (ou de fonderie)

Ils constituent l'une des matières premières de l'industrie mécanique.

Dans notre exposé il s'agit principalement des alliages de fonderie de type Zamak

Aux U.S.A et en grande Bretagne environ 41,65 % du Zamak est utilisé par l'industrie automobile, 19 % environ dans la quincaillerie, 12,75 % dans la fabrication de jouets et des équipements sportifs, 6 % dans les équipements ménagers, 5 % dans les fournitures de bureaux 3 % dans la radio et la TV 3,5 % dans la coutellerie et ornements 6,5 % dans les composants électroniques, 2 % dans les instruments.

Un certain nombre d'entreprises algériennes en consomment actuellement. La consommation de zamak actuellement doit être égale à un peu plus de 1 300 tonnes par an.

Les plus importante des sociétés consommatrices sont : la DNC / ENIM, la SNLB dans ces projets quincaillerie, certaines entreprises privées telles que BECUVE, EMBOUMETAL, SIMAB, KEBAILI etc...

Les prévisions de consommation d'alliages de moulage pour les années à venir sont données dans le tableau I/15.

c) Les laitons et les bronzes.

Les laitons peuvent être sous forme de fil de tubes et surtout sous forme de barres et de produits plats.

Chacun de ces produits à des utilisations diversifiées;ainsi aux USA comme nous l'avons vu plus haut (tableau I/6), ces différents produits sont utilisés dans le bâtiment, les transports, les biens de consommation, les équipements industriels, et les équipements électriques et électroniques.

La consommation de zinc dans les laitons et bronzes dans certains pays industrialisés tels que la France, la RFA, l'Italie, le Japon, la Grande Bretagne et les USA est passée de 23 % en 1972 à 24,3 % en 1976 en moyenne. Cette consommation est donc en augmentation.

Les besoins prévisionnels en Algérie sont donnés ci-dessous dans le tableau I/16. Dans ce tableau il se dégage qu'environ 10 % du zinc utilisé serait dans les laitons. Les besoins en laitons devant augmenter de plus de 300 % en 1990 par rapport à 1980 la quantité de zinc pour laitons augmenterait en conséquence de plus de 300 %.

Nous avons vu les prévisions des besoins de zinc pour la galvanisation, pour les alliages de moulage et les laitons; ces besoins vont augmenter d'année en année; mais il faut remarquer que ces differentes utilisations du zinc peuvent plus ou moins être substituées par d'autres produits par exemple, certains alliages peuvent remplacer le zinc pour certains usages.

d) Les produits plats et dérivés.

Le tableau I/17 indique les besoins prévisionnels de ce type de produits :

- bandes et feuilles de zinc

Tableau I/15. BESOINS PREVISIONNELS EN ALLIAGES DE MOULAGE

Unité : tonne	1980	1985	1990
D.N.C.	600	600	600
S.N.I.C.	700	2.700	2.700
Autres	1.200	1.200	1.200
Total Zamak	2.500	4.500	4.500
Equivalent zinc	2.350	4.230	4.230

Tableau I/16. BESOINS PREVISIONNELS DE ZINC POUR LAITONS

Unite : tonne	1980	1985	1990
Total Besoins en zinc	1.5000	35.100	45.700
Besoins zinc pour laitons	1.510	3.500	4.600
Besoins laitons	4.380	10.200	13.300

Source : Rapport manche du zinc SNS.

Tableau I/17. BESOINS PREVISIONNELS EN PRODUITS PLATS.

Unité : tonne	1980	1985	1990
Tôles (estimation)	600	100	400
Pasrilles (1) 1	1.000	1.000	1.000
2		1.500	1.500
Total	1.600	3.100	3.100

(1). "suivant la technique utilisée (laminage ou coulée continue propercie) et la forme des pastilles (rondes ou hexagonales) les besoins en laminage et en zinc varieront beaucoup.

Tableau I/18. BESOINS PREVISIONNELS EN FIL DE ZINC.

Unité : tonne	1980	1985	1990
Kouba	120	180	180
Batna	40	180	180
Total	160	360	360

Source : Rapport marché du zinc SNS

Ces produits étaient traditionnellement destinés à la construction du bâtiment. L'algérie à importé 1665 tonnes en 1975 et 200 tonnes en 1977. Ils servent surtout à la fabrication de gouttières . La division récupération en fabrique dans son atelier ex de la SNS OALMETO (88 tonnes en 1978 au lieu de 160 tonnes prévus.)

- Pastilles de zinc : elles sont utilisées traditionnellement dans la fabrication de godets pour piles électriques conventionnelles. Actuellement elles subissent la concurrence des feuilles enroulées de zinc. Leur utilisation sera le fait des complexes SONELEC (de sétif et de Frenda.

c) Le tréfilage.

L'algérie a importé 1228 tonnes de fil pour métallisation en 1967 et 454 tonnes en 1977.

Ce produit utilisé essentiellement dans la métallisation est obtenu par couler continue de type roperzi.

Les besoins prévisionnels sont indiqués ci-dessus dans le tableau I/18. Ils vont s'accroître entre 1980 et 1985 et se stabiliser ensuite.

f) Les usages chimiques.

Le zinc intervient comme matière première dans l'industrie chimique (SNIC), dans l'industrie des accumulateurs (SONELEC) dans l'industrie des revetements métallique (SNS).

- Le zinc sous forme métallique (poussière ou poudre) a quatre usages principaux :

- fabrication de peintures riches en zinc
- production du sodium dithionite (reducteur chimique assez puissant)
- précipitation des métaux précieux lors de l'affinage du plomb (en particulier des argentation)
- la shérardisation ou revêtement par diffusion de poussière de zinc à haute température et en atmosphère inerts

Mais actuellement de plus en plus il est substitué de l'aluminium à la poussière de zinc.

- les sels de zinc :

l'oxyde de zinc (z n o) utilisé dans :

- l'industrie des plastiques
- la peinture
- la céramique
- les pneumatiques
- l'agriculture
- le papier
- dans la photocopie
- l'industrie du verre
- emaux etc....

- Le peroxyde de zinc (Z n O 2) est utilisé dans :

- l'industrie des cosmétiques
- l'industrie pharmaceutique (crèmes antiseptiques)
- catalyseur dans les plastiques.

- Le vert de Riman (Zno - C.O.) pigment

- Le sulfure de zinc (Zn S): pigment
- Le chlorue de zinc (Zn Cl2)utilisé dans l'industrie textile, la métallurgie, l'industrie pharmaceutique et dans l'industrie chimique,
- Le phosphate de zinc (Zn 3 (P O 4) 2 est un agent de passivation des métaux (par Kérisation) et peintures anti-corrosives.

Ce produit tend de plus en plus à se substituer au minium de plomb Pb 3 4.

Le tableau I/19 rassemble des données concernant les besoins prévisionnels de zinc pour les usages chimiques. Il omet certains besoins en sels de zinc tels que ceux de l'industrie plastique, l'industrie des pneumatiques, l'industrie des PVC et lifibres textiles artificielles etc...

Nous observons qu'il y a une multiplication presque par quatre des besoins de zinc à usage chimique entre 1980 et 1985 et une stabulisation entre 1980 et 1990.

g) <u>Protection cathodique et mise à terre.</u>

Il s'agit du zinc électrolytique dont la mise en oeuvre est relativement simple : (barres de fixation en acier galvanisé noyées dans la masse).

Tableau I/19 : BESOINS PREVISIONNELS DE ZINC A USAGE CHIMIQUE

Unité : tonne	1980	1985	1990
Zinc sous forme métallique : poudre ou poussière (pour la peinture uniquement)	150	800	800
Sels de zinc			
-oxydes			
Oxyde pour la SNIC	500	1500	1500
Oxyde pour la SONELEC	20	50	50
-Chromate pour SNIC	40	120	120
-Chlorure pour SONELEC	120	300	300
-Phosphate de zinc	-	500	1000
S/ Total sels	680	2470	2970
équivalent zinc	500	1600	1660
Total zinc	650	2400	2460

Source : Rapport SNS Marché du Zinc

Cet usage n'est pas développé en Algérie dans la mesure où les équipeme industriels pour lesquels ce produit est exclusif ne semble pas en être munis.

La CNAN fait faire ses protections à l'étranger l'ONP en a consommé 10 tonnes en 1978.

Des discussions avec la SONELGAZ en vu de l'équipement de ses bretelles de gaz n'ont pas abouties.

La SONATRACH doit en être un grand utilisateur pour la protection des gazoducs, des cuves, des citernes etc...

h) Utilisation des co-produits.

La production de zinc en métal entraine ce qu'on appelle une production fatale d'autres produits, produits intervenant comme inputs dans un certain nombre d'industries :

La production de zinc est aussi une production d'acide sulfurique, d'oleum et de cadmium.

- L'acide Sulfrique (S O 4 H2) est la principale matière première dans la fabrication des différents sulfates.

. Le sulfate de cuivre dont la consommation actuelle parait relativemen faible (20 T) peut être beaucoup plus développée dans la mesure ou les besoins culturaux doivent être assez importants.

Il est utilisé principalement dans l'agriculture (insecticide et fongicide)

. Le sulfate de sodium dont la consommation actuelle est de 2500 T/an est utilisé par la fabrication de detergents; mais d'autres utilisations pouvant en être développées.

. Le sulfate d'aluminium Al2 (SO4) 3 dont la consommation annuelle est de 4000 tonnes est utilisé dans la verrerie mais surtout dans l'epuration des eaux. Les énormes besoins en eau potable vont susciter de grandes quantités de ce produit surtout avec la mise en oeuvre des programmes d'A.E.P.

. Le sulfate de chrome : la consommation actuelle est de 2000 T/an.

- L'oleum : est utilisé dans la production d'engrais phosphatés (SONATRACH) : il était aussi utilisé dans la fabrication de detergents (technologie ancienne). Les nouvelles unités de production de detergents de la SNIC utilisent plutôt le dioxyde de soufre SO_2

- Le cadmium :

. Il sert à la fabrication de coussinets antifriction dans l'industrie mécanique.

. Transformé en cyanure il est utilisé en galvanoplastie; en Algérie un certain nombre de sociétés privées en consomment.

. Transformé en sel (surtout sulfure de cadmium) il peut être utilisé dans les peintures.

. L'utilisation devant avoir un essor particulier est celle intervenant dans la fabrication des piles Nickel Cadmium Ni/Cd dont la technologie est récente et ayant l'avantage d'être rechargeables.

La fabrication de piles Ni/Cd et de coussinets peut offrir des perspectives relativement importantes quant à l'utilisation du cadmium.

2-2. L'usine d'electrolyse de zinc de Ghazaouet.

Nous avons vu qu'un certain nombre d'éléments permettent plus ou moins de justifier en Algérie une industrie de production de zinc metal et dérivés ; il reste cependant à discuter les conditions de realisation de cette activité qui a été effectivement mise en place à Ghazaouet.

2-2-1. Investissement et conditions de réalisation.

L'individualisation du projet d'électrolyse date du 14/10/1969 et le coût prevu était de 138,4 millions de dinars. Au 30/09/1978 le coût effectif à été de 496 millions de DA, soit 3,58 fois le coût prévu initialement ce qui équivaut à un surcoût de 258%.

Le financement extérieur dit acquis à été de 2,1 Millions de DA. Il faut ajouter au montant de l'investissement 133 millions de DA (MDA) dont 58,6 MDA en devises destinés à la sauvegarde de l'usine échelonnés comme suit : 50 MDA en 1979
50 MDA en 1980.
33 MDA en 1981.

Le coût de l'atelier de fabrication d'alliages de zinc à Ghazaouet qui etait estimé au depart à 15,8 MDA a été en realité de 24 MDA dont 16 MDA en devises.(1). Les capacités de production installées sont de:

- 40.000 tonnes pour le zinc.
- 80.000 tonnes pour l'acide sulfurique.
- 2.000 tonnes pour le cadmium.
- 20.000 tonnes pour les alliages de zinc (Zamak surtout).

---

(1). Sur l'investissement voir "Bilan de l'activité planifiée Vol.2. Document SNS Juin 1979.

La réalisation de l'usine a fait l'objet de plusieurs contrats :

• Un contrat passé entre la SNS et MECHIM (Belgique) en 1969 a confié à ce dernier le choix du procédé et de l'engineering.

• COCEI (France) a été chargé de l'engineering des équipements, commandés par petits lots.

Le procédé choisi a été celui de vieille-Montagne (Belgique). La conception des travaux de terrain à été confiée à COCEI - INNOCENTI principalement (Italie) a été chargé de la réalisation de l'usine, Jeumont Schneider (France) a pris en charge d'importants travaux. En ce qui concerne les équipements, les annodes et cathodes ont été fournies par Vieille-Montagne.

- un certain nombre de matériels divers a été fourni par EIB et FABRICOM (Belgique).
- LURGI (RFA) a fourni l'atelier de grillage de minerai grâce à un contrat signé en 1969.
- la fourniture d'une centrale électrique d'appoint à été le fait d'AEG (RFA).
- chemical construction (G.B) a fourni les équipements indispensables à la fabrication d'acide sulfirique.

La realisation de l'usine d'électrolyse ne s'est pas faite sans poser des problèmes dus en partie au choix du térrain dans le site choisi. Le site de Ghazaouet a été choisi en partie pour les raisons suivantes :

• proximité du minerai (EL-Abed).

• proximité du port pour l'importation de minerai.

La localisation du terrain precis pose des problèmes graves. L'affaissement du terrain provoque des entassements importants des fondations de certains équipements ainsi que des desordres quant aux reseaux d'évacuation d'eau.

Pour faire face à cette situation la SNS à confié en 1976 à la Société Belge Tractionnel l'ensemble de la gestion de la sauvegarde et une mission complete d'engenierie comportant :

- la conception.
- la passation des marchés.
- la surveillance des travaux.

2.2.2. Effets induits et problèmes de fonctionnement.

a) Emploi.

L'usine fonctionant à 95% de sa capacité emploie 900 personnes dont 33 cadres et 10 techniciens supérieurs nationaux (1) ; mais le fonctionnement de l'usine a permis de mettre en valeur un certain nombre de mines de zinc dont celle d'EI-ABED emploie environ 800 personnes.

Si nous ne comptons pas les emplois en aval de la production de zinc le nombre total d'emploi induits par l'electrolyse de zinc est de 1700 et cela en faisant abstraction du fait que le minerai exploité n'est pas seulement un minerai de zinc car il contient aussi du plomb.

b) Coût Social du projet :

Il est possible de parler de 3 types de pollution :

- l'électrolyse du zinc est à l'origine de la production d'importantes quantités de boues dont la composition chimique est relativement variée ; Dans un certain nombre de pays ces boues sont traitées afin d'en extraire du zinc metal ainsi que d'autres metaux et produits ; le coût de cette operation serait relativement élevé. Le stockage de ces boues constitue en plus de l'occupation d'espaces un facteur de pollution et sur la flore et sur la faûne.

- les rejets de SO_2 dioxyde de souf ou gaz suflureux. Les gaz sulfureux ne sont tolérés par l'organisme hur que dans des limites bien déterminées ; le rejet de tels gaz par les cheminées du complexe constitue donc une atteinte à l'environnement, surtout si le taux de pollution de l'air par ce gaz n'est pas maitrisé. Certaines informations faisaient apparaitre des retombés nuisibles quant à la santé des habitants de certains villages situés sur les hauteurs environnant l'usine. Le gaz rejeté aurait aussi des effets quant au renouvellement des feuilles des arbres situés dans la région.

- le refroidissement des installations étant fait à l'eau de mer, le rejet des eaux utilisées contient des traces d'acide sulfurique pouvant avoir des effets très polluants sur la faune et la flore sous marines.

---

(1). Maghreb sélection n°88.

Ainsi la pollution de l'eau de mer par les eaux de refroidissement rejetées par l'usine fairait fuir les poissons vers le large ce qui ne serait pas sans effets sur la pêche dans la region.

Ces facteurs de pollution sont d'autant plus dangereux que leur impact sur l'environnement n'a pas été étudié.

c) Effets de la production de zinc sur l'industrie.

Nous avons vu que les besoins de zinc vont devenir de plus en plus importants d'ici l'année 1990 (45.000 tonnes environ). Mais il semblerait que des problèmes se posent quant à l'intégration d'alliages de type Zamak qui est dans les pays industrialisés, l'une des matières premières de l'industrie mécanique et qu'en Algérie n'intervient que dans la production d'éléments de quincaillerie. Le même problème se pose pour la production d'acide sulfurique ; en effet il semblerait que tous les sulfates dont ont besoin les différents secteurs de l'économie nationale sont importées alors que nous exportions notre production d'acide sulfurique qui est en fait la matière première de la production de sulfates. A ce problème d'intégration de l'acide sulfurique il faut ajouter des problèmes de stockage, de transport etc...

Les effets industrialisant auront de la mise en place d'une industrie du zinc sont pratiquement nuls dans la mesure ou les études, les équipements et la realisation ont été ementiellement le fait d'operateurs extérieurs.

d) Problèmes de maitrise technologique.

problèmes de maitrise technologique qui prennent la forme de difficultes quant à la maitrise des consommations d'utilités à savoir une consommation d'inputs tels les matières premières, l'énergie et l'eau depassant les normes en vigueur dans les pays industrialisés.

2.2.3. Approvisionnement en minerai concentré.

L'usine d'électrolyse de zinc de Ghazaouet à un approvisionnement double en matière première.

a) Production nationale de minerai.

Comme nous l'avons déjà vu précédemment l'Algérie produit une partie des approvisionnements de minerai de zinc.

Production de concentré (en tonnes)

1973	1976	1977	1978	1979
24524	14205	5672	10.000	10.500

Mais la production nationale de minerai ne suffit pas ; il est donc necessaire de faire appel à l'importation de manière à utilisé pleinement les capacités de production.

b) Importations de minerai.

L'utilisation progressive des capacités de production mises en place a permis à la SNS de ne pas importer de minerai durant les années 1975-76; c'est en effet à partir de 1977 que l'importation de minerai à commencé du Mexique et du Perou principalement.

Importation de concentré de zinc.

	1977	1978
en quantité	31.200	49.000
en valeur 10^6 DA	30,3	38,6
Prix de revient de la T.	971 DA/T.	787,75 DA/T.

Ce tableau nous permet de remarquer :

- l'augmentation des importations de minerai concentré entre 1977 et 1978 ; ceci peut s'expliquer en partie par la chute de la production nationale et en partie par l'augmentation de l'utilisation des capacités de production de zinc metal mise en face. Cette augmentation a été de 57% en 1978 par rapport à 1977.

- la baisse spectaculaire du prix d'achat du concentré de zinc, prix qui est passé de 971 DA/T en 1977 à 787,75 DA/T en 1978 soit une diminution de 18,87%.

En supposant une unité d'électrolyse de zinc d'une capacité de 40.000 t fonctionnant à pleine capacité, et sachant qu'il faut 2 tonne de concentré pour produire 1 t.de zinc donc 80.000 t. par an, les prévisions de production rappelées plus haut (2.1.2.b) nous permettent de déduire les importations nécessaires de concentré. en tonne.

1978	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1990
70.000	61.900	58.100	56.500	54.500	47.100	41.900	35.100

Ces importations representent en moyenne pendant la période des quantités d'environ 50.000 tonnes par an.

Au prix de revient du concentré de 1978 (787,75 DA/T) il faudrait payer en devises annuellement en moyenne pour l'importation de minerai concentré, 39.387.500 DA ; mais l'année 1978 est comue pour être une année de crise de l'industrie du zinc, le prix de 1978 ne peut être prise en considération pour les années à venir.

Il faut ajouter à cet argument un autre à savoir que les previsions de demande et d'offre de zinc pour l'horizon 1985 font appareitre un déficit ce qui aurait pour effet une poussée vers la hausse du prix du métal (zinc) et par conséquent une hausse du prix du minerai lui-même et donc du concentré. Si l'on considère un prix de revient de 1000 DA/T prix proche du prix de revient de 1977, qui est de 971 DA/T, nous aurions une sortie de devises pour l'achat de minerai équivalente à :
50.000 x 1000 = 50.000.000 DA annuellement. Ceci ne peut être interprété s'il n'y avait pas une comparaison en terme de devises de cette importation prévisionnelle de minerai à l'importation de zinc en metal, c'est ce qui fera l'objet de la 3ème partie.

Deuxième partie

L'ELECTROLYSE DE L'ALUMINIUM

1. SITUATION MONDIALE DE L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM

1.1. La production

1.1.1. Principes de la métallurgie de l'aluminium.

L'aluminium est actuellement produit à partir de la bauxite ou hydrate d'alumine (Al_2O_3, nH_2O), dont il existe en fait plusieurs variétés dans la nature :

- la bauxite blanche, riche en silice, qui sert à fabriquer les pièrres pécieuses artificielles;
- la bauxite grise, utilisée comme sable de fonderie ou comme abrasif;
- la bauxite rouge enfin, riche en oxyde de fer, dont la composition moyenne est Al_2O_3, 62% - oxyde de fer 20% - acide titanique 4% et eau 12 %.

La bauxite rouge est la matière première essentielle pour la production d'aluminium mais elle est également utilisée dans l'industrie des ciments, la métallurgie des ferro-alliages, les réfractaires, etc. Dans les pays capitalistes industrialisés, la bauxite est utilisée à plus de 90% pour la production d'aluminium.

La métallurgie de l'aluminium comprend deux étapes principales à savoir :

- le traitement de la bauxite en vue d'obtenir l'alumine pure.
- l'élaboration du métal par l'électrolyse de l'alumine pure dissoute dans un bain de cryolithe fondue.

a) La fabrication de l'alumine pure :

Le précéde Bayer est généralement celui qui est le plus utilisé.

Cette fabrication exige d'une part une grande quantité de chaleur et d'autre part des manutentions importantes; ce sont les raisons pour lesquelles traditionnellement ces opérations sont effectuées à proximité des mines de bauxite et de charbon.

---

n = Coefficient

L'élaboration de l'alumine pure passe par quatre étapes :

- Broyage et séchage à 700° C du minerai.
- Addition d'une solution de soude (densité : 1,45) et malaxage à l'autoclave à 160° C dont la pression est maintenue à 8 kg pendant 2 heures et demi.

La réaction qui s'opère dans cette phase est la suivante :

$$Al(OH)_3 + NaOH \longrightarrow AlO_2Na + 2H_2O.$$

On obtient un liquide clair formé d'une solution d'aluminate de soude et de soude.

- en ajoutant un peu d'alumine provenant d'une opération précédente et après décantation et dilution il y a dissociation de l'aluminate de soude pour donner 70% d'alumine grâce à la réaction suivante :

$$AlO_2Na + 2H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + NaOH$$

- Filtrage et lavage du précipité
- Calcination à 1300 ° C qui entraine la réaction:

$$2Al_2(OH)_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$$

Il faut ajouter qu'en moyenne pour produire deux tonnes d'alumine il faut quatre à Six tonnes de bauxite; mais en faite cela dépendra de la teneur du minerai en aluminium.

b) <u>L'électrolyse de l'Alumine ou la fabrication de l'Aluminium (dit de première fusion)</u>.

L'élaboration de l'aluminium une fois l'alumine pure, ou oxyde d'aluminium anhydre pur Al_2O_3 obtenu, passe par deux étapes :

- La préparation du bain en vue de l'électrolyse.
- L'électrolyse proprement dite

- <u>La préparation du bain</u> :

On fait dissoudre l'alumine Al_2O_3 dans de la cryolithe ou fluorure double d'aluminium et de fluor AlF_3. 3 NaF à une température comprise entre 950 et 1000°C. L'addition de cryolithe a la propriété d'abaisser de 2000°C à 1000°C environ le point de fusion du bain électrolytique.

- L'électrolyse :

Il faut remarquer :

. qu'il s'agit de l'électrolyse d'un corps fondu (alumine fondue) à haute température et non dissout dans l'eau

. que l'électrolyte est un oxyde et non un sel.

La première remarque impose que la cuve d'electrolyse constitue le four lui-même fournissant une température d'environ 1000°C : le pôle positif est relié à une série d'électrodes et le pôle négatif ou cathode est constitué par le fond de la cuve.

Le passage d'un puissant courant électrique, de 130.000 ampères et même jusqu'à 175.000 ampères actuellement sous un faible voltage (aux environs de 10 volts) va produire un double effet :

. Ce courant va créer et maintenir dans la cuve la température de fusion de l'alumine dissoute (1000°C environ).

. Il va aussi provoquer l'électrolyse de l'alumine c'est à dire la décomposition du bain fondu :

- l'aluminium liquefié va vers le fond de la cuve (cathode)
- l'oxygène va se diriger vers les anodes.

La différence de densité entre l'aluminium et le reste du bain va permettre au premier de se déposer contre le fond de la cuve.

L'oxygène se consumant au contact des anodes va produire du (CO) gaz carbonique qui va se dégager.

Périodiquement on procéde au puisement de l'aluminium déposé au fond de la cuve soit par un système mécanique(vis d'Archimède) soit par une aspiration sous un vide partiel.

Il faut remarquer que les deux constituants de la cryolithe se comportent différamment:en effet : alors que NaF n'est pas électrolysé il reste donc inaltéré, le fluorure d'aluminium Al F3 est décomposé comme suit:

. l'aluminium comme nous l'avons déjà précisé est libéré à la cathode, le fluor est libéré à l'anode :

Une partie du fluor se dégage dans l'atmosphère; c'est ce qui constitue l'un des éléments polluants de l'environnement de l'industrie de l'aluminium. L'autre partie attaque immédiatement l'alumine Al2 O3 pour régénérer AlF3 et libérer l'oxygène qui va attaquer les électrodes et produire le gaz carbonique CO qui va se dégager. Ainsi la cryolithe est régénérée. Il faut seulement en ajouter un complément (environ 50 Kg par tonne d'Aluminium produite).

L'électrolyse est selon le procédé très fortement consommatrice d'anodes, soit 500 à 900 kg par tonne d'aluminium.

La réaction fondamentale dans l'électrolyse est la suivante :

$$Al_2O_3 + 3C \longrightarrow 2Al + 3CO$$

Selon la teneur du minerai nous avons déjà vu qu'il faut environ entre quatre et six tonnes de bauxitépour obtenir deux tonnes d'alumine. La production d'une tonne d'aluminium métal (de première fusion) exige environ

- deux tonnes d'alumine
- 500 à 900 kg d'anodes
- une énergie de 25.000 kwh traditionnellement à 14.000 Kwh actuellement.

Mais une remarque s'impose à ce niveau : nous avons parlé d'aluminium de première fusion en raison du fait qu'il existe ce que l'on appelle aluminium de deuxième fusion, produite à partir des débrits , déchets et résidus d'aluminium récyclés par les affineurs et dont la fabrication d'une tonne n'exige que 7000Kwh au lieu de 14 000 Kwh.

Les lingots obtenus sont presque toujours substituables. (1)

---

(1) Annales des mines Sept. Oct. 1979.

C) Les procédés d'electrolyse:

Le marché mondial des technologies propose deux procédés différents:

----> le procédé dit "à Auto cuisson" ou "Soderberg"; c'est le procédé le plus ancien. Deux critiques lui sont faites en raison du niveau élevé des coûts d'exploitation dû à deux facteurs principaux :

- une consommation élevée d'énergie.
- Une consommation relativement importante d'anode.

----> le procéde dit "à anode précuite"; il s'agit du procédé le plus récent qui à l'avantage par rapport au premier, des coûts d'exploitation plus faibles.

1.1.2. Evolution de la production mondiale.

Il est nécessaire de retracer séparément l'évolution de la production à chaque stade de transformation : banxite, alumine, aluminium.

a) Production de bauxite

Comme l'indique le tableau II/1, la production mondiale de bauxite a évalué globalement comme suit de 1960 à 1970.

	1960	1970	1974	1977	1978
Quantité (10^3t)	27.641	58.051	80.422	82.400	84.000
Taux de croissance annuelle moyen.	11 %	9,6 %	0,7%	3,1 %	

Ces quelques pourcentages nous permettent de constater un certain ralentissement de la production de bauxite ces dernières années qui serait peut être liée au ralentissement de l'industrie de l'aluminium dans son ensemble et dont l'explication serait en fait "la crise de l'énergie" et par conséquent la crise de l'activité industrielle mondiale.

Tableau II/1 : PRODUCTION MONDIALE DE BAUXITE

STRUCTURE ET EVOLUTION

	1960	1970	1974	1977	1978
AUSTRALIE	1610	9256	24085	26070	24300
%	5,8	15,9	29,94	31,63	28,92
JAMAIQUE	5837	11821	10821	11433	11400
%	21,1	20,3	13,45	13,87	13,57
GUINEE	1376	2490	11316	11320(e)	12000 (e)
%	4,9	4,2	14,07	13,74	14,28
URSS	3500	4860	6700	6720(e)	6700 (e)
%	12,6	8,3	8,33	8,15	7,97
SURINAM	3455	6022	4588	4856	5000
%	12,4	10,3	5,7	5,89	5,95
GUYANA	2511	4309	3107	3215(e)	3000
%	25, 9	7,4	3,86	3,9	3,57
GRECE	884	2292	2747	2984	3000(e)
%	3,1	3,9	3,4	3,62	3,57
FRANCE	2038	3051	2530	2059	1978
%	7,3	5,2	3,1	2,49	2,35
Sous Total	21211	44101	65894	68665	67378
%	76,337	75,9	81,9	83	80,21
Reste du Monde	6430	13950	14528	13735	16622
%	27,664	24	18	16,66	19,78
Total Monde	27641	58051	80422	82400	84000(e)
	100	100	100	100	100

e = Estimé.

Il convient d'observer que jusqu'aux années 1930 c'était l'Europe qui produisait l'essentiel de la bauxite dans le monde; mais depuis, un certain nombre de pays se sont trouvé avec d'énormes reserves dont l'exploitation était le fait de quelques puissantes firmes internationales.

En 1974 fut fondée "l'international Bauxite association" (IBA), association à laquelle appartiennent tous les pays exportateurs importants de banxité et dont la finalité était de défendre les intérêts des pays membres

Les réserves connues de ce minerai devraient assurer l'aprovisionnement de l'industrie de l'aluminium pour plus d'une decennie.

La production mondiale de bauxité est relativement très concentrée puisque de 1960 à 1978 huit pays à eux seuls produisent entre 76 et 83 % du total mondial. Si nous nous penchons de plus près nous remarquons que cette production est beaucoup plus concentré qu'on ne le pense : en effet en 1960 et 1970 la jamaique à elle seule produisait 21,1 % et 20,3 du total mondial. Mais à partir de 1974 c'est l'Australie qui totalise presque le tiers de la production mondiale.(tableau II / 2)

En 1974 comme nous l'indique le tableau II/2 les trois pays Australie, Guinée et la Jamaïque produisent à eux seuls plus de 57 % du total mondial.

En 1977 ces trois mêmes pays totalisent presque 60 % de la produdtion mondiale. En 1977 ils produisent plus de 56 % du total mondial.

b) <u>Production d'alumine calcinée</u>

L'Australie premier producteur mondial de bauxite est aussi le premier producteur mondial d'alumine calcinée depuis 1976.

Les Etats Unis au premier rang des producteurs d'alumine calcinée avant 1976 sont devenu second à partir de cette datte alors que l'U.R.S.S figure au 3ème rang.

Tableau II/2. CLASSEMENT DES PAYS PRODUCTEURS DE BAUXITE SELON LEUR PART DANS LA PRODUCTION MONDIALE.

Rang	1960	1970	1974	1977	1978
1	Jamaïque 21,1 %	Jamaïque 20,3 %	Australie 29,94 %	Australie 31,63 %	Australie 28,92 %
2	U.R.S.S. 12,1 %	Australie 15,9 %	Guinée 14,07 %	Jamaïque 13,87 %	Guinée 13,57 %
3	Surinam 12,4 %	Surinam 10,3 %	Jamaïque 13,45 %	Guinée 13,74 %	Jamaïque 13,57 %
4	Guyana 9 %	U.R.S.S. 8,3 %	U.R.S.S. 8,33 %	U.R.S.S. 8,15 %	U.R.S.S. 7,97 %
5	France 7,3 %	Guyana 7,4 %	Surinam 5,7 %	Surinam 5,89 %	Surinam 5,95 %
6	Australie 5,8 %	France 5,2 %	Guyana 3,86 %	Guyana 3,9 %	Guyana Grèce
7	Guinée 4,9 %	Guinée 4,2 %	Grèce 3,4 %	Grèce 3,62 %	3,75 %
8	Grèce 3,1 %	Grèce 3,9 %	France 3,1 %	France 2,49 %	France 2,35 %
% Total	76,7	75,9	81,9	83	80,21

La Jamaïque dont toute la production d'alumine calcinée est destinée à l'exportation en raison de la baiblesse de ses ressources énergétiques tient la quatrième place. Le Japon quant à lui se trouve au 5ème rang et le Surinam au 6ème rang.

Le tableau II/3 donne également les capacités de production par pays.

Les Etats Unis deuxième producteur mondial d'alumine calcinée est au premier rang quant à la capacité de production d'alumine avec 7.150.000 T/an. L'Australie avec une capacité de production de 6.800.000 T/an se trouve au deuxième rang, l'U.R.S.S. au troisième rang après viennent successivement la Jamaïque, le Japon et le Surinam. Un certain nombre de projets sont en voie de réalisation, et dont les principaux sont :

- En Inde: la bauxite qui devrait ^etre produite d'un important gisement situé dans les états d'Orissa et d'Andra Pradesh et dont les réserves sont estimé à plus de 10^9T alimenteraient l'usine d'alumine d'une capacité de 10^6T que l'Inde vient de mettre en place sur la côte orientale et ce avec l'assistance Soviétique. Cette dernière doit pouvoir recevoir annuellement 300.000 T d'alumine en contre partie de son assistance.

- En Irlande: un projet visant la mise en place d'une usine d'alumine d'une capacité de production de 800.000 T/an y a été mis au point et ce grâce à la bauxite importée de guinée et du Brésil. Cette usine devrait demmarrer en 1982 et emploirait 800 personnes.

Les principaux actionnaires de la société seront :

ALCAN	40 %
BILITON(Royal Dutch/Shell)	35 %
ANACONDA	25 %

Tableau II/3. PRODUCTION ET CAPACITES DE PRODUCTION D'ALUMINE CALCINEE.

Unité : 10^3 tonnes	1970	1976	1977	1978	Capacité de product.
U.S.A.	6.485	6.033	6.105	6.125	7.150
Australie	2.138	6.219	6.659	6.776	6.800
U.R.S.S.	1.800	3.000	3.200	2.800	3.700
Jamaïque (exportation)	1.716	2.242	2.036	2.000(p)	2.990
Japon	1.285	1.662	2.045	1.767	2.550
Surinam	1.014	1.040	1.192(p)	1.150	1.320
C.E.E (Alumine hydratée)	2.069	3.556	3.641	3.732	3.880
(dont France)	(999)	(1.0[illegible])	(1.081)	(1.056)	(1.345)
...	...	...	...	...	...
Total Mondial (alumine hydratée)	20.696	26.340	29.031	29.000(e)	

e = estimé.

Source : Statistique IPAI reprise par Annales des Mines, Sept.Octob.1979.

c) Production d'aluminium.

Le tableau II/4 nous permet d'observer une croissance continue de la production mondiale d'aluminium de 1961 à 1978; mais il y a lieu de remarquer que cette croissance tend plus ou moins à s'éstampée vers ces dernières années comme le montre l'évolution des taux annuels (1)

1962/61	1964/63	1966/65	1969/68	1970/69	1971/70	1977/76	1978/77
8,7 %	13,5 %	9,3 %	11,2 %	7,7 %	6,3 %	7,6%	2,1 %

Cette évolution est d'autant plus significative que les capacités de production de l'industrie occidentale d'aluminium sont utilisées à 88 % en 1977 et 1978.

On peut remarquer par ailleurs que sept pays, a savoir les Etats Unis, l'U.R.S.S., le Japon, le Canada, la R.F.A, la Norvège et la France produisaient à eux seuls 84,7 % du total mondial en 1960 et 72,5 % en 1978, ces quatres pourcentages nous montre combien la production d'aluminium est concentrée; mais cette concentration est encore plus importante si l'on voyait la part de chacun de ces pays par rapport au total mondial : ainsi en 1960 les Etats Unis à eux seuls produisaient 39 % du Total mondial et 29,8 % en 1978, l'U.R.S.S. 15,1 % en 1960 et 15,7 % en 1978.

Mais ce tableau permet de remarquer aussi une tendance vers la délocalisation de la production d'aluminium: en efft la part du reste du monde qui était de 15,3 % en 1960, a été de 27,5 % en 1978. Ce mouvement est beaucoup plus perceptible à partir de 1970 puisque de 21 % en 1970 la part du reste du monde est passée à 30 % en 1976 pour redescendre à 27,5 % en 1977 et 1978.

---

(1) Problèmes et perspectives de l'Industrie de l'Aluminium de première fusion, OCDE Paris 1973 et Annales des Mines, Sept.Oct.1979.

Tableau II/4. STRUCTURE DE LA PRODUCTION DES PRINCIPAUX PRODUCTEURS D'ALUMINIUM DE 1ere FUSION.

		1966	1970	1976	1977	1978
Etats Unis	10^3t	1.828	3.607	3.857	4.117	4357,9
	%	39	34,9	29	28,8	29,8
U.R.S.S.	10^3t	700	1.650	2.200	2.300	2.300
	%	15,1	16	16,5	16,1	15,7
Japon	10^3t	133	737	920	1.188,2	1.056,7
	%	2,9	7	6,9	8,3	7,2
Canada	10^3t	691	972	631	976	1.050,7
	%	14,9	9,5	4,7	6,8	7,2
R.F.A.	10^3t	169	309	697	742	739,6
	%	3,6	3	9,2	5,1	5
Norvege	10^3t	171	527	621	635	656,9
	%	3,7	5	4,6	4,4	4,5
France	10^3t	235	381	385	399	391,4
	%	5	3,7	2,9	2,7	2,6
S/Total	10^3t	3927	8.183	9.311	10.357,2	10.553,2
	%	84,7	79	70	72,5	72,5
Reste du Monde	10^3t	710	2.143	3.959	3.921,8	4.038,3
	%	15,3	21	30	27,5	27,5
Total mondial	10^3t	4.637	10.326	13.270	14.279	14.591,5
	%	100	100	100	100	100

Source : à partir de Annales des mines Sept.oct. 1979

La croissance moins rapide de la production par rapport à la consommation mondiale d'aluminium a été à l'origine d'une évolution en baisse des stocks de ce métal: en effet les stocks de métal brut détenus par les pays producteurs membres de l'I.P.A.I. qui représentaient à la fin de l'année 1977 environ 81 jours de production ne représentaient plus que 63 jours à la fin de l'année 1978, niveau éloigné du niveau dit normal des stocks qui est de 60 jours de production

1.1.3. Les grandes firmes.

Dans le monde occidental (monde-Pays de l'Est) la structure de l'industrie de l'aluminium de première fusion a à la fois un caractère concentré, intégré et internationalisé.

a) Concentration.

En 1972 il existait plus de soixante dix sociétés produisant de l'aluminium de première fusion; mais seulement un nombre bien plus resteint de ces firmes contrôlait la plus grande partie de la production d'aluminium du monde occidental. Le tableau II/5 indique la production des 6 premières firmes productrices mondiales en 1972, et montre que ces 6 firmes produisaient alors environ 63 % de l'aluminium produit dans le monde.

Il convient de préciser que ce tableau ne concerne que la production d'aluminium de première fusion; il exclue par conséquent:

- La production de bauxite
- La production d'alumine
- La première et la deuxième transformation de l'aluminium.
- Les autres activités des firmes concernées situées en dehors de la branche aluminium.

Il faut aussi remarquer que le tableau est établi pour l'année 1972, c'est à dire avant la "crise de l'énergie": il ne reflete en conséquent pas le redéploiement qui a pu se produire après cette "crise", d'autant plus que l'electrolyse de l'aluminium est connue pour être l'une des industries des plus grosses consommatrices d'énergie.

Tableau II/5 : CONTROLE DE LA PRODUCTION EN 1972
EN FONCTION DU CONTROLE DU CAPITAL DES FILIALES.

F I R M E S	Production de la société mère 10^3 t	Production revenant à la firme par les filiales 10^3 t	Production totale 10^3 t	%(1)
ALCAN	939	641	1.580	15,3
ALCOA	1338	215	1.553	15,0
REYNOLDS	887	262	1.149	11,1
KAISER	644	276	920	8,9
PECHINEY U.K.	432	475	907	8,8
ALUSUISSE	85	376	461	4,5

(1) Part de la firme dans la production mondiale 1972 (10.326. 10^3t)

Source : Tableau élaboré à partir de "Problèmes et perspectives de l'industrie de l'Aluminium de première fusion" Paris 1973.

Le tableau II/6 donne par ailleurs un classement des firmes productrices d'aluminium par leur chiffre d'affaires global (toutes activités) en 1977.

b) Intégration et diversification.

Les grandes firmes qui dominent le marché mondial de l'aluminium sont des firmes fortement intégrées, qui contrôlent le processus industriel depuis l'extraction de la bauxite jusqu'à la transformation de l'aluminium.

Cependant le tableau II/7 fait apparaître en prenant l'exemple de 3 de ces firmes géantes qu'à l'intégration de la production d'aluminium s'ajoute une forte diversification dans d'autres branches.

En ce qui concerne KAISER par exemple la part de l'aluminium dans le chiffre d'affaire global est passée de 79 % en 1966 à 68 % en 1976(1):

Chiffre d'Affaire	1966	1971	71/66	1976	76/71
Global(10^3\$)	781,6	904,6	+ 15,7	1 851,9	+ 104,7
Division Aluminium.	615,9	663,7	+ 7,8	1 263,9	+ 90,4
Part de la division Aluminium dans le chiffre d'affaire global	79 %	73 %	-	68 %	

(1) Revue de l'Aluminium, Janvier 1978.

Tableau II/6 : LES FIRMES LES PLUS IMPORTANTES
PAR LE CHIFFRE D'AFFAIRES EN 1977.

N°	FIRME	Pays d'origine	C.A. 10^3 $	Bénéfice 10^3 $	Nombre d'employés
1	Péchiney Ugine Kuhlmann	France	5.280180	76.781	97340
2	ALCOA	E.U.	3.416500	195.200	45200
3	RIO Tinto - Zinc	G.B.	3.182.515	73.135	48500
4	ALCAN	Canada	3.028.401	201.506	61400
5	Raynolds Metals	E.U.	2.352.755	86.252	35400
6	Alusuisse	Suisse	2.272.534	63.605	36198
7	Kaiser Aluminium and Chemical	E.U.	2.179.600	112.100	26240
8	Phelps Dodge	E.U.	1.859.919	17.880	14129
9	Showa Denko	Japon	1.789.463	7.719	10465
10	Tube Investissements	G.B.	1.745.470	93.557	73874
11	VIAG	R.F.A.	1.513.693	14.071	22458
12	Amax	E.U.	1.337.700	69.990	15230
13	NORANDA MINES	Canada	1.304.642	63.209	31300
14	Norsk Hydro	Norvège	969.113	30.088	11240
15	Nippon Light Métal	Japon	702.829	30.526	6571
16	Consolidated Aluminium(Coalco)	E.U.	607.562	100095	8807
17	Es Group(Elken Smgerverkct	Norvège	512.175	4.376	9108

Sources : à partir de Fortune Mai 1978 } Problèmes et perspectives de l'industrie
Fortune Août 1978 } de l'aluminium de 1ere fusion OCDE
Paris 1973.

Tab. II/7 INTEGRATION ET DIVERSIFICATION DES ACTIVITES DES GRANDES FIRMES PRODUCTRICES D'ALUMINIUM

A C T I V I T E	P.U.K	KAISER	ALUSUISSE
- Production de bauxite	xxx	xxx	xxx
- Elaboration d'alumine	xxx	xxx	xxx
- Electrolyse d'Aluminium	xxx	xxx	xxx
- Transformation	xxx	xxx	xxx
- Technologie et Engineering	xxx	xxx	xxx
Recherche et exploitation minière	x	xxx	x
Industries Chimiques	x		xx
Métallurgie: acier cuivre et electrométallurgie.	xx		
Production d'électricité hydraulique		x	xxx
Production d'électricité nucléaire		xxx	xx
Travaux Publics		xxx	
Construction de centrales hydrauliques		x	xx
Construction de centrales nucléaires		xxx	xx
Recherche Solaire			x
Technologie et engineering.	xx	xx	xxx

c) Internationalisation.

L'intégration des grandes firmes productrices d'aluminium a constitué l'un des élèments d'internationalisation de ces firmes, pour la recherche et le contrôle des gisements de bauxite, mais aussi pour la transformation de la bauxite en alumine.

Ainsi KAISER, qui produisait 96 % de son alumine aux USA en 1976, n'en produit plus que 66 % en 1971 et 53 % en 1976 (1).

Mais la production de l'aluminium lui-même est l'occasion d'une internationalisation interne des grandes firmes (tableau II/8), à travers le contrôle de nombreuses filiales situées d'ailleurs pour la plupart dans les pays industrialisés.

Cette situation semble devoir évaluer encore, toujours sous le contrôle de ces mêmes firmes. Si l'on en juge par les projets et les réalisations de 1978 :

- Aux USA, ALCOA a engagé des travaux pour augmenter de 68.000 t/an la capacité de production de son usine de Mobile(Alabama), tandis qu'au Canada ALCAN mettait en production à Grande Baie une usine d'une capacité de 57.000 t/an, dans le cadre d'un programme d'élargissement des capacités de 171.000 t/an au Canada.

- Au Brésil: trois complexes devraient être construits:

L'un par Albras et dont la capacité devait être de 320.000 t en association Brésilo Japonaise.

Un autre dans l'état de Rio par Valesul d'une capacité de 80.000 T avec le troixième qui devait être localisé près de Recif; celui de Valesul semblait être géré par Reynolds.

---

(1) Revue de l'Aluminium, Janvier 1978.

Tableau II/8 / INTERNATIONALISATION DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM PAR LES GRANDES FIRMES PRODUCTRICES (en 1972)

FIRME		Pays d'origine		Autres pays d'Europe, Amérique du nord ou Japon			Australie, Nlle. Zélande et Afrique du Sud			Pays du Tiers Monde			Production total
		(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	
ALCAN	CAN	976	44,6	7	997(a)	47,3	1	45	2,1	3	126	6,0	2107
ALCOA	USA	1338	78,4	1	141	8,3	1	90	5,3	3	136	8,0	1705
REYNOLDS	USA	887	63,5	3	340	24,4	-	-	-	2	169	12,1	1396
KAISER	USA	644	53,3	2	166	13,8	2	170	14,1	2	227	18,8	1207
PECHINEY	FR	432	39,5	5	608	55,5	-	-	-	1	55	5,0	1095
ALUSUISSE	CH	85	12,5	8	539	79,4	1	55	8,1	-	-	-	679
		4325	52,8%		2791	34,4%		360	4,4%		713	8,7%	8189

(a) dont 1 filiale au Japon, pour 339.10^3 t.
(1) nombre de filiales
(2) production en 10^3 t
(3) Pourcentage par rapport au total

Source : à partir de "Problèmes et perspectives de l'industrie de l'Aluminium de 1ere fusion OCDE Paris 1973.

- Au Zaïre: Le Zaïre devrait mettre en place une usine d'électrolyse d'aluminium dans la région de Banana d'une capacité initiale de 150.000 T/an.

L'énergie électrique nécessaire devait être fournie par la centrale hydrolique d'Inga II encours d'achévement sur le fleuve Zaïre.

Alusuisse, de même qu'elee devait construire l'usine, devait aussi fournir une aide technologique et opérationnelle et se charger de la constitution d'un consortium international de producteurs et d'utilisateurs.

L'usine d'électrolyse devrait selon les pervissions être mise en route en 1985.

- Au Vénézuéla: l'usine d'électrolyse d'Alcasa qu'est en fait une association entre le gouvernement Vénézuélien et la firme Reynolds doit voire sa capacité de production passer de 50.000 T à 120.000 T/an.

- En Australie: La société Comalco Ltd avait décidé la construction d'une nouvelle fonderie d'aluminium a Gladstone dans l'état du queensland pour un montant de 500.106 dollars australien ; le consortium est le résultat des participations suivantes :

- Comalco L t d :	30 %
- Kaiser Aluminium and Chemical	30 %
- Sumitomo Light Métal Industries	17 %
- Mitsubishi	9,5 %
- Yoshida Kogyo	9,5 %
et Sumitomo Aluminium Smelting	4 %

- En guinée: ce pays dont les reserves actuelles de bauxite (de bonne qualité) sont estimées à 8.10^9 T soit environ 666 années de production au rythme actuel de production qui est de 12.10^6T/an a engagé un certain nombre d'actions pour la mise en valeur de ses gisements de bauxite; en effet le projet de Konkouré qui dont l'une des finalités est la réalisation du projet d'Ayekoe à savoir l'exploitation d'un gisement de bauxite par une société guinée-arabe pour la production de 1.200.000 T d'alumine et de 150.000 T d'aliminium, prevoit la construction de deux barrages pouvant produire 650 MW d'électricité et dont les études de projets ont été confié à E.D.F France en Mars 1979.

Pour la réalisation de ces deux barrages hydroélectrique, la Libye et l'Arabie Séoudite ont promis d'apporter chacune 50.10^6 $ US et 100.10^6 $ US et cela seulement comme premier versement; ces deux mêmes pays avec d'autres pays arabes a savoir les Emirats arabes Uni , le Koweit et l'Irak se sont associés à la Guinée en vue de l'exploitation d'un gisement de Bauxite de 500.10^6 T dans le Nord Ouest du pays.

La guinée dispose d'un certain nombre de mines telles que :

- Friguia à l'Ouest produisant 600.000 T d'alumine / an
- Boké: au Nord Ouest produisant 9.106 T de bauxité / an
- Kindia à 150 km de Konakry produisant 3.10^6T de bauxité / an
- La Yougoslavie: sur la Dvina à Zvornik une usine d'électrolyse géante de 600.000 T a été mise en production grâce à l'assistance de l'U.R.S.S.
- Au Vénézuéla Venabun qui est une association Vénézuélo-japonaise (80 % corporation Vénézolana de gryana, 20 % intérêts japonais) a mis en production son usine d'électrolyse d'une capacité initiale de 70.000 T /an extensible à 280.000 T / an vers 1980.

Par contre il convient de signaler la décision des producteurs japonais de limiter leur production 1978-1979 à 58-59 % de leur capacité et ce afin d'utiliser les stocks. Cette décision a affecté par exemple l'usine de Nagoya (Hanshu) qui a une capacité de 54.000 T / an d'aluminium.

1.2. La Consommation.

1.2.1. Evolution de la consommation mondiale.

Il existe une très forte corrélation entre la production industrielle et la demande d'aluminium, comme le montre le tableau II/9 pour les pays de l'OC.D.E.

La demande des pays de la C.E.E.(R.F.A ,Benelux, France, Italie) à augmenté en moyenne de 8,6 % annuellement entre 1960 et 1971.

Celle des pays de l'A.E.E. (Autriche, Danemark,Islande,Finlande, Norvège, Portugal, Royaume Uni, Suède et Suisse) n'a augmenté que de 3,7 % en moyenne annuelle pendant cette même période.

Pour le Canada l'augmentation de la demande a été de 8,5 %.C'est au Japon que la demande d'aluminium à le plus augmentée en moyenne annuelle (19,4 %). L'Australie quant à elle a vu sa demande augmenter de 11,7 % en moyenne annuelle.

Ces quelques pourcentages montrent bien que pendant la période 1960 1971, période au cours de laquelle la croissance industrielle des pays industrialisés a été élevée, la demande d'aluminium a été relativement forte; mais cette situation ne pourrait se prolonger car la crise économique à laquelle se trouvent confrontés les pays industrialisés capitalistes et que certains expliquent par la "crise de l'énergie" entraine par conséquent un ralentissement de l'activité individuelle et donc un ralentissement de la demande d'aluminium.

Si au cours des vingt dernières années la demande d'aluminium augmentait de 8,à 9 % par an, la croissance de cette dernière ne devrait pas dépasser 5 % annuellement dans les prochaines années et ce si l'on devait croire les experts.

En effet ces derniers avancent un certain nombre de raisons au ralentissement de la demande d'aluminium telles que :

Tableau II/ 9. VARIATIONS DE LA PRODUCTION INDUSTRIELLE ET DE LA DEMANDE D'AL DE PREMIERE FUSION EN % / A L'ANNEE PRECEDENTE DEPUIS 1960.

	1960/1959	61/60	62/61	63/62	64/63	65/64	66/65	67/66	68/67	69/68	70/69	71/70
O.C.D.E. Europe												
Production industrielle.	10,7	4,7	4,7	4,9	7,5	4,3	4,7	1,6	7,5	9,6	5,7	2,7
Demande d'AL de 1ere fusion	24,0	-8,1	5,2	7,6	13,9	2,6	14,4	0,2	13,3	14,8	7,9	0,0
Etats Unis												
Production industrielle	2,9	0,9	7,8	5,0	6,4	8,5	8,9	1,2	4,7	5,1	-4,1	0,0
Demande d'AL de 1ere fusion	-16,5	16,2	16,5	13,2	7,3	12,5	15,2	-5,0	15,3	3,0	-5,9	12,3

Source : Problèmes et perspectives de l'industrie de l'aluminium de première fusion O.C.D.E. Paris 1973.

- comme nous l'avons déjà dit, le ralentissement de la croissance économique des principaux pays industriels

- les incertitudes quant à l'avenir économique des pays en voie de développement

-l'arrivée à saturation de l'aluminium dans certains marchés

- la compétition accrue entre les matériaux.

Le ralentissement de la demande d'une part et l'augmentation du coût de l'énergie d'autre part vont conccurir au découragement de l'investissement dans la branche et par conséquent à une faible augmentation des capacités; en effet, d'après les experts, les capacités installées dans le monde occidental. (Monde - pays de l'Est) augmenteraient d'ici 1981, deux fois moins vite que la demande.

Cette évolution ne serait pas sans effet sur les prix.

L'incertitude quant à l'avenir du marché de l'aluminium a poussé le L M E (London Métal Exchange) à introduire ce métal dans sa cotation. Ce fait peut justifier les craintes d'une hausse spectaculaire des prix de ce métal, hausse qui serait sans rapport avec la valeur réelle du métal.

1.2.2. Principales utilisations.

L'aluminium est utilisé dans les différentes branches telles :

- la construction électrique sous forme de câbles et de conducteurs divers

- l'Agriculture sous forme de tubes et de matériel d'irrigation par aspersion et dans les bâtiments Zootechniques.

- le transport : dans le matériel ferroviaire et sous forme de conteneurs.

. dans le matériel aéronautique : pour la construction d'un avion de type Airbus il faut 180 tonnes de tôles épaisses d'aluminium par exemple

. dans la construction automobile l'aluminium est de plus en plus utilisé.

- Construction mécanique : par la fabrication d'organes (et ou) de moteurs organes divers, et matériels de l'industrie chimique.

- Construction navale : l'aluminium sert à la construction des cuves et des citernes destinées a être utilisées pour le transport de produits corrosifs.

- Emballage : sous forme de feuilles mince, boites de conserves délicates.

- Menuiserie métallique : pour la confection de portes et de fenêtres

- Dans le bâtiment : dans les revetements des toitures etc...

Ces utilisations sont liées aux différentes propriétés de l'aluminium :

L'aluminium 99% à 99, 98% est utilisé dans les articles de ménage dans l'industrie chimique, pharmaceutique alimentaire, dans la Chaudronnerie, Répoussage et emboutissage, dans l'électrochimie, dans l'industrie de l'emballage, Feuille mince, Toitures.

L'aluminium 99,99% minimum (Raffinal) est utilisé :

- Sous forme d'emballage (tubes) dans l'industrie chimique.
- Sous forme de feuilles minces pour
  - la construction de condensateurs électrolytiques.
  - Dans les appareils d'optique et de physique
- comme refletteur pour la lumière et la chaleur.

Une utilisation récente de l'aluminium est celle dans les reflecteurs solaires destinées à valoriser l'énergie solaire.

Les autres usages de l'aluminium sont en fait et surtout des usages des alliages d'aluminium :

On distingue deux types d'alliages :
- les alliages de corroyage
- les alliages de fonderie

Chacun de ces deux types se subdivise en deux catégories, a savoir

- les alliages sans traitement thermique
- les alliages exigeant un traitement thermique :

Chacun de ces alliages a des propriétés spécifiques, propriétés lui permettant d'avoir des usages nombreux et diversifiés qu'on retrouve dans le tableau II/10.

L'utilisation de l'aluminium semble connaitre une extension dans plusieurs domaines. On peut le constater par exemple en France :

- Dans l'automobile : l'utilisation de l'aluminium dans l'automobile a augmenté en particulier dans les bloc moteurs et dans les roues; en fin 1977 début 1978 est apparu un nouveau bloc cylindre de deux litres en aluminium équipant la peugeot 305, la Simca Horizon et la Renault 18; comme l'aluminium est également de plus en plus utilisé pour les radiateurs et la décoration, onarrive chez citroenà des consommations par véhicule de 18,7 Kg pour le VISA 4 CV à 22,5 kg pour la CX.

- Véhicules utilitaires:la pénétration de l'aluminium est beaucoup plus sensible dans las carrosseries de fourgons, de Savoyardes et de citernes et dans la fabrication des moteurs suralimentés.

- Dans le Rail la pénétration de l'aluminium semble être stabilisée comme dans les ánnées précédentes et surtout eomme en 1977.

- Dans le bâtiment : Bien qu'entre 1973 et 1977 l'industrie du bâtiment aurait regressé, les livraisons totales d'aluminium à se secteur ont progressé de 3% par an et ce grâce à la pénétration continue de ce métal dans ce secteur.

- Dans les emballages:en ce qui concerne les emballages rigides l'aluminium subit une très forte concurrence du fer blanc; son utilisation dans ce domaine se trouve donc en regression. La progression demeure relativement sensible quant à son utilisation sous forme d'aluminium ménager et de semi-rigide, et de surbouchage des vins.

Tab. II/10. UTILISATIONS DES ALLIAGES D'ALUMINIUM.

Catégorie	Température de fusion	Propriétés et Emplois
ALLIAGES DE CORROYAGE SANS TRAITEMENT THERMIQUE		
AI.Mn VSM 10848	650° C	Résistance mécanique moyenne.haute résistance Chimique,Panneautage.Constructions soudées.Chaudronnerie. Toitures(qualité spéciale pour toitures)
AP.1 Mg VSM 10849	620° C à 650° C	Résistance mécanique moyenne.Bonne malléabilité Haute résistance à la corrosion. Panneautage.Chaudronnerie.Construction soudées.
AP.3 Mg VSM 10849	600° C à 640° C	Haute résistance à la corrosion.Spécialement à l'eau de mer. Soudures et pliages faciles Constructions navales et aéronautiques Architecture Industrie chimique
AP.5 Mg VSM 10849	575° C à 635° C	Matériel roulant Constructions soudées fortement sollicitées
ALLIAGES DE CORROYAGE AVEC TRAITEMENT THERMIQUE		
AI.Si.Mg	590° C à 645° C	Durcissement à chaud.Haute résistance mécanique,haute résistance à la corrosion. Alliage universel.Matériel roulant.Architecture.Industrie alimentaire.Constructions mécaniques et appareils de précision.Décolletage.Electrotechnique.Pièces forgées.
AI.Mg.Si	600° C à 650° C	Haute conductibilité électrique et haute résistance mécanique Fils et câbles pour lignes électriques
AI.Cu.Mg	520° C à 650° C	Alliage à durcissement à froid.Très hautre résistance mécanique et à la fatigue.Bonne malléabilité Pièces soumises à des sollicitations élevées.Aviation. Matériel roulant.Construction de machines.Pièces forgées.
AI.Zn.Mg.Cu		Alliage à durcissement à chaud.Résistance mécanique maximum.Résistance à la corrosion moyenne à l'état non plaqué Constructions avec sollicitations maximum.Aviation.Pièces forgées.
AI.Zn.Mg	580° à 640°	Acquièrent les caractéristiques mécaniques après un vieillissement de 30 jours à la température ordinaire. Architecture.Articles à but décoratif.Encadrements. Couvre-joints.

Tableau II/10 : (Suite)

CATEGORIE	Température de fusion.	Mode de coulée	Propriétés et emplois
ALLIAGES DE FONDERIE SANS TRAITEMENT THERMIQUE			
GAl-3Mg VSM 10854	600° à 640°	sable en coquille	Pièces coulées en sable exigeant une haute résistance chimique. Constructions navales. Matériel roulant. Industrie chimique. Salines. Pièces oxydées anodiquement pour l'architecture et la décoration. Retrait : 1,4 %
GAl-5Mg VSM 10854	560° à 630°	sable en coquille	Coulabilité moyenne. Pièces coulées en sable et pièces simples coulées en coquille. Matériel roulant. Constructions navales. Industrie chimique et alimentaire. Bonne oxydation anodique. Retrait : 1,3 %
GAl-9Mg	570° à 610°	en coquille	Alliage pour fonte injectée. Bonne résistance aux intempéries et à l'eau de mer. Retrait après la coulée : 1,1 %
GAl-12 Si-Cu VSM 10855	570°	sable en coquille	Pièces compliquées à parois minces, coulées en sable ou en coquille. Constructions navales. Matériel roulant. Industrie chimique et alimentaire. Construction de machines. Retrait : 1,1 %
GAl-8Si	570° à 610°	en coquille	Alliage pour fonte injectée. Bonne résistance aux intempéries. Bonne fluidité. Peu sensible à la fissuration à chaud. Retrait : 1,2 %
GAl-Zn-Mg		sable en coquille	Bonne résistance mécanique. Utilisé surtout pour le moulage au sable. Architecture. Quincaillerie du bâtiment. Construction de machines. Bonne oxydation anodique. Retrait : 1-1,5 %
ALLIAGES DE FONDERIE AVEC TRAITEMENT THERMIQUE			
GAl-5Si-Mg VSM 10856-1	575° à 625°	sable en coquille	Les caractéristiques mécaniques mentionnées sont celles du métal traité dur. Haute résistance à la corrosion. Bonne coulabilité. Coulé en sable ou en coquille. Alliage universel. Construction de machines. Architecture. Retrait : 1,3 %.
GAl-10Si-Mn-Mg	550° à 600°	sable en coquille	Mêmes applications que Silafont 1 et 2. Bon allongement, bonne résilience et bonne résistance à la fatigue. Pièces de moteurs et matériel roulant. Retrait : 1,1 %
GAl-10Si-Co-Mg VSM 10856-2	550° à 600°	sable en coquille	
GAl-12Si-Mg	570°	sable en coquille	Haute résistance mécanique, faible allongement. Très bonne coulabilité. Mêmes applications que Silafont 1. Particulièrement indiqué pour pièces de moteurs.
GAl-Cu-Ti VSM 10857	[illegible] à 640°	sable en coquille	Haute résistance mécanique et résilience élevée. Pièces coulées en sable et pièces simples coulées en coquille. Grande résistance aux chocs et à la fatigue. Construction mécanique. Matériel roulant. Retrait : 1,3 %
GAl-Cu-Ni	650°		Construction de moteurs automobiles et aviation. Moteurs Diesel. Pistons. Culasses.

Source : Métaux usuels : métallurgie caractéristiques emplois

A - ROST Spes BORDAS.

- Dans le secteur de l'électricité il est à remarquer une forte progression de la pénétration de l'aluminium : ainsi les lignes de transport EDF à très haute tension ont absorbé en volume plus de 30% en plus en 1978 par rapport à 1977.

1.2.3. Concentration de la consommation.

Le tableau II/11 fait apparaitre qu'en 1978 quatre pays à savoir la RFA, le Japon, les USA et l'URSS ont consommé plus de 61% du total mendial.

RFA	6,2 %
Japon	10,9 %
USA	32,7 %
URSS	12 %

Cette concentration est d'autant plus grande que les USA a eux seuls ont consommé plus de 32 % du total mondial soit presque le 1/3 de ce total.

Tableau II/11. CONSOMMATION D'ALUMINIUM PRIMAIRE.

10^3 tonnes	1968	1970	1974	1977	1978	% 1978
R.F.A.	539,3	669,8	872,5	912,3	952,3	6,2
Belgique Luxemb.	152,3	174,9	232,8	235,3	256,6	1,6
France	293,5	413,3	480,0	537,0	532,8	3,5
Italie	217,0	279,0	375,0	382,0	404,0	2,6
Grande Bretagne	388,4	404,2	493,6	418,7	402,3	2,6
Yougoslavie	61,2	100,0	125,7	153,9	165,0	1
Espagne	98,2	129,1	225,7	250,8	235,6	1,5
Autres	...	...	...	...	...	...
Europe Occidentale	2.069,8	2.606,3	3.389,7	3.494,5	3.581,2	23,5
U.S.A.	3.587,0	3.488,3	5.127,5	4.756,0	4.975,9	32,7
Canada	203,0	220,0	358,0	332,4	341,0	2,2
Australie Nizél.	110,8	137,6	202,6	198,7	208,3	1,3
Japon	621,1	911,4	1.303,0	1.418,7	1.655,0	10,9
Inde	128,0	162,0	124,6	187,6	224,6	1,4
Autres pays d'Asie	102,5	137,6	273,3	409,9	448,2	2,9
Amérique Latine	163,3	202,1	395,7	453,9	451,4	2,9
Afrique	45,2	70,6	112,8	125,8	140,0	1,0
Monde occidental	7.030,7	7.935,9	11.287,2	11.349,5	12.025,0	79,1
U.R.S.S.	1.212,4	1.330,0	1.550,0	1.760,0	1.830,0	12
R.D.A.	150,0	155,0	200,0	215,0	225,0	1,4
Pologne	105,0	120,0	134,0	149,0	160,0	1
Hongrie	71,6	91,8	155,8	168,6	170,0	1
Chine	160,0	180,0	280,0	370,0	420,0	2,7
Autres	...	...	...	...	...	...
Pays socialistes	1.833,1	2.046,8	2.642,8	3.014,8	3.169,5	20,9
Total Mondial	8.863,8	9.982,7	13.930,0	14.364,3	15.194,5	100

Source : METALLGESELL SCHAFT AKTIENGESELLS CHAFT
Metal-Statistics 1968 - 1978. 66 th ed.
Frankfurt Am Main 1979

1.3. Les échanges

1.3.1. Les grands courants d'échange.

Le tableau II/12 nous permet de faire observer que la guinée, la Jamaique, le Suriuam et l'Australie sont d'importants exportateurs de bauxite alors que la RFA, le Japon, les USA et l'URSS sont d'importants importateurs.

- La Jamaïque et l'Australie sont d'importants exportateurs d'alumine alors que la Norvège, le Japon, les USA le Canada et l'URSS sont d'importants importateurs.

- La Norvège, le Canada et l'URSS sont d'importants exportateurs d'aluminium alors que la RFA, le Japon et les USA sont d'importants importateurs.

Ceci traduit au niveau des échanges les phénomènes dbservés au niveau de la concentration à chaque stade de la production.

- Concentration de la production de bauxite: cinq pays à savoir la guinée, la Jamaïque, le Surinam, l'Australie et l'URSS produisent à eux seuls 70,8 % du total mondial.

- Concentration de la production d'alumine: en effet six pays, la RFA, le Japon, la Jamaïque, les USA, l'Australie et l'URSS produisent à eux seuls : 70,4 % du total mondial.

- Concentration de la production d'aluminium : Six pays ; RFA, Norvège, Japon, USA, Canada, et URSS produisent 69,2% du total mondial.

1.3.2. Les prix et les coûts de production.

a) Prix de la bauxite

On ne peut pas considérer qu'il existe réellement un prix international de la bauxite.

D'une part, la production de ce minerai est fortement intégrée au cycle de production de l'aluminium, d'autre part, les qualités et les conditions d'exploitation sont très variables.

Tableau II/12. LES GRANDS COURANTS D'ECHANGE EN 1978.

	Bauxité	Alumine	Aluminium
Grands producteurs de Bauxité	%/TOtal mondial		-
Guinée	14,2 %	2 %	-
Jamaîque	13,8 %	•	-
Surinam	6,2 %	4 %	-
Australie	28,7 %	•	1,8 %
URSS	7,9 %	•	•
Grands producteurs d'Alumine		%/au total monde	
R.F.A.	-	5 %	•
Japon	-	5,7 %	∘
Jamaîque		7 %	-
U.S.A.	2 %	20 %	∘
Australie		22 %	∘
U.R.S.S.		10,7 %	∘
Grands producteurs d'aluminium			%/T.Monde
R.F.A.	-	∘	5 %
Norvege	-	-	4,5 %
Japon	-	∘	7,2 %
U.S.A.	∘	∘	29,7 %
Canada	-	3,4	7,10 %
U.R.S.S.	∘	∘	15,7 %
Grands pays consommateurs d'aluminium			% T. Monde
R.F.A.			6,2%
Japon			10,9%
U.S.A.			32,7%
U.R.S.S.			12,%

- = ne produit pas ou très peu.

∘ = produit.

Cepe[illegible], un ordre de grandeur des prix français peut être donné dans le tableau ci-dessous :

Prix unitaire (Francs/tonne)	1974	1975	1976	1977	1978
Intérieur (1)	44,5	46,5	54,2	62	67
A l'importation(CIF) (2)(3)	116,9	111,6	137,7	152,6	156,6
A l'exportation(FOB) (2)(3)	59,4	115,4	150,7	116	126,9

b) Prix de l'alumine calcinée

Il n'existe pas de cotation internationale du prix de l'alumine c celle-ci étant très intégrée au cycle de l'aluminium.

Ordre de grandeur des prix en France (en Francs / t)

	1974	1976	1977	1978
Intérieur	430	733	763	845
A l'exportation (FOB)	762	1102	1205	1497

(1) Moyenne des prix de livraison en France de la bauxite pour alumine.

(2) Prix moyens, bauxites toutes qualités.

On peut remarquer qu'en 1978 l'IBA à recommandé à ses 11 membres de lier leurs prix de bauxite et d'alumine à ceux de l'aluminium, le prix plancher alors de 25,14 $ US par tonne longue (1016 kg), soit 3% au dessus du prix plancher 1977.
Cette recommandation n'a cependant pas été suivie par l'Australie qui est un des principaux producteurs mondiaux de bauxite(*)

(3)(*) Annales des mines Sept. Oct. 1979.

c) Coûts de production de l'aluminium.

Le tableau suivant nous permet d'avoir une idée des coûts moyens de production dans des usines marginaires aux Etats Unis(1)

	Capacité de production en 10 3 t / an.			
	20	30	60	100
Total des coûts	502	492	463	450

Ainsi, ce tableau nous permet de constater une baisse relative du coût de la tonne d'aluminium produite a mesure que nous passons de 20.000t de capacité à 100.000 t de capacité.

La part de la main d'oeuvre dans le coût dans l'industrie de l'aluminium était estimée entre 10 et 15 %.

Le coût d'investissement par tonne de capacité installée des nouvelles usines d'électrolyse en 1971 sans leur infrastructure serait : entre 900 et 1000 dollars US.

Le tableau II/13 nous permet de mieux comprendre la structure des coûts de production de l'aluminium.

Par ailleurs une analyse entreprise par l'UNIDO en 1977 " Aluminium Smelter Construction in Développing Countries" donne les pourcentages suivants quant au poste énergie dans le coût de production d'une tonne d'aluminium dans l'électrolyse :

- 1965 - 1969 = 15 %
- 1975 - 1979 = 23 % (Prévisions)

L'augmentation perseptible du poste énergie est dûe essentiellement à la hausse du coût de l'énergie.

---

(1) Source " Données sur le préinvestissement dans l'industrie de l'aluminium. Nations Unis (Juillet 1967 repris par "Persepectives et problèmes de l'industrie de l'A.L de première fusion OC DE Paris 1973.

Tab. II/13 STRUCTURE DES COUTS DE PRODUCTION DANS UNE USINE NORD-AMERICAINE D'ALUMINIUM EN 1 9 7 6

NATURE DES CHARGES	%
Matières Premières - Alumine - Autres	35,8
Energie -Electricité -Coke de Pétrole	25,6
Main d'Oeuvre - Entretien - Autres	20
Frais généraux	7,9
Amortissement et charges financieres	10, 6
T O T A L	100

Source: DAFSA - L'industrie mondiale de l'aluminium en 1977; repris par: "Métallurgie de l'Aluminium": Plan de développement.Rapport.SNS

1.3.3. Perspectives de developpements nouveaux dans l'industrie de l'aluminium.

Le developpement technologique de l'industrie de l'aluminium au niveau mondial est déterminé d'une part par les améliorations apportées aux outils de production existants et la mise au point de technologies nouvelles permettant d'utiliser d'autres matières premières que la bauxité pour la fabrication d'alumine d'autre part :

a) quelques améliorations et perfectionnements apportées aux outils de production:

- Amélioration de la conception des cuves d'électrolyse :

Si les cuves traditionnelles d'electrolyse pouvaient recevoir seulement des intensités de courant de 1 0.000, Ampères, des nouvelles cuves ont été misés au point pouvant recevoir des intensités de courant de 175.000 Ampères.

La conception de ce nouveau type de cuves avait pour objectifs :

. de réduire le coût de l'investissement par tonne de capacité installée.

. reduire la consommation spécifique d'energie électrique à la tonne produite.

. amélioration des conditions de travail du personnel.

. satisfaire aux normes les plus séveres de rejet dans l'environnement.

Les nouvelles cuves permettant d'atteindre ces objectifs; en effet :

. la production par m^2 de cuves est de 30% supérieure à celle des cuves traditionnelles.

. diminution de la consommation specifique d'énergie : cette consommation passe ainsi de 18.000 kwh à 13.500 kwh/tonne. Ce resultat repondant à l'imperatif d'économie d'énergie est obtenu grâce a:

- une conception originale des amenées de courant,
- un contrôle continu des paramétres de production.
- une alimentation automatique du bain d'électrolyse.

. Diminution de la pollution de l'environnement par la diminution des rejets grâce à :

- un système de captation des émissions de fluor par capot (avec un rendement très voisin de 98%).
- au traitement des effluents par le procédé dit "par voie sêche"
- la mise au point d'un système d'alimentation en continu en alumine sans lever les capots.

. La commande de toutes ces operations à partir d'un point de service equipé d'une cabinée à air conditionné ; il en resulte une amélioration sensible des conditions de travail du personnel. Pechiney Ugine Kuhlmann à vendu cette technologie à la British Aluminium Company.

- Nouvelles possibilités du procédé Scal de coulée continue "Jumbo 36".

Scal filiale de Pechiney Ugine Kuhlmann dont l'activité est la deuxième transformation de l'aluminium c'est à dire :

- Laminage et transformation de la feuille mince pour l'utilisation industrielle et l'emballage.
- Fabrication et façonnage de la feuille mince à usage menager (Albal).
- Distribution de produits de grande consommation complementaires des fabrications, a conçu une nouvelle mâchine la Jumbo 36 ayant pour caracteristiques :

. possibilité d'obtenir une bande de 8 à 10 mm d'épaisseur et jusqu'à 2 m de large.

. productivité de 2 tonnes à l'heure par mètre de largeur au lieu de 1t. traditionnellement.

. poids des bobines : 24tonnes.

. métal de haute qualité pouvant être laminé jusqu'à 6 microns d'épaisseur.

. aptitudes à produire un gamme d'alliages etendue pour d'autres applications. En plus de toutes ces caractéristiques il presente un autre avantage par rapport au procédé classique, avantage non moins recherché, à savoir une economie d'energie d'environ un tiers.

Reynolds Metal Company parmi les premiers producteurs mondiaux de la feuille mince en à acheté huit. Alcoa qui est le premier producteur mondial d'aluminium a passé une commande pour deux "Jumbo 36"

b) Nouveaux procédés d'élaboration d'alumine à partir d'autres minerais que celui de la bauxité :

- Le procédé H^+ :

Ce procédé permet d'extraire l'alumine à partir des argiles des Schistes crus et houillers et du Kaolin.

La consommation globale de ce procédé pour la fabrication de l'alumine à partir des argiles, des Schistes crus ou du Kaolin variait selon le minerai entre 7000 et 10.000 thermies par tonne d'alumine produite et serait seulement d'environ 5.000 thermies si l'on utilisait des schistes houillers. Le procédé classique d'élaboration d'alumine à partir de la bauxite c'est à dire le procédé Bayer consomme 3.000 thermies par tonne d'alumine produite auquel il faut ajouter les thermies utilisées à la fabrication des reactifs tels que la soude et la chaux indispensable à la fabrication de l'alumine à partir de la bauxité.

Le procédé H^+ n'est pas encore exploité au plan industriel : il est encore au stade des essais :

- Autres procédés d'élaboration d'alumine à partir d'autres matières premieres que la bauxité.

. Production d'alumine à partir de la néphéline : l'URSS produit effectivement de l'alumine à partir de la néphéline ; mais le procédé senblerait exiger une consommation énergetique plus importantes que dans les autres procédés ; mais il permet d'obtenir un certain nombre de sous produits tels que du carbur de potasse et des pates à ciment.

. Production d'alumine à partir d'alumite : l'URSS produit industriellement de l'alumine à partir de l'alunite. Mais le developpement de la production n'interesse pas tellement les grandes firmes dans la mesure ou il n'existe pas en Europe à l'exception de l'Espagne des gissements justifiant l'exploitation industrielle de l'alunite.

Il faut ajouter à ces recherches, les études en cours de realisation en vue du traitement du Kaolin pour l'obtention d'alumine. Il est à noter que Industrias Petroles, premier producteur mondial d'argent et une des plus importantes compagnies minières mexicaines, s'est associée avec Occidental Petroleum Corporation pour la fabrication commerciale de l'aluminium à partir de syenité nephelitique en vue de l'exploitation du minerai de sysénite nopholitique découvert dernièrement par Penoles au Mexique(dont les réserves sont estimées à 3 million de tonnes°.

2. L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM EN ALGERIE.

2.1. Justifications.

Une industrie grosse consommatrice d'energie telle que l'électrolyse de l'aluminium ne peut être mise en place que dans la mesure ou l'énergie est disponible, et à bon marché; parmi les justifications anoncées quant à la création d'une industrie de l'alumini m en Algérie, il y a la disponibilité d'importantes réserves d'hydrocarbures et en particulier de gaz naturel; nous verrons cet élément dans la troisième partie. Les besoins nationaux en aluminiums figurent aussi parmi les justifications.

2.1.1. Importations et prévisions de consommation.

a) Importations.

Dans le tableau II/14 il convient de remarquer une très forte progression des importations d'aluminium à l'état brut en 1975 par rapport à 1974 soit + 52 % et en 1976 par rapport à 1974 soit + 57%. Il faut aussi signaler l'importance de la part des pays socialistes dans l'importation d'aluminium brut surtout en 1976 soit 75 % du total.

L'accroissement accéléré des importations d'aluminium brut et la décroissance des importations de demi-produits en 1976 pourraient être expliqués par la progression de la production locale de demi-produits.

	1974	1975	1976
- feuilles minces	1999	-	1874
- Importations de construction et parties de construction.	2172	2300	1482
- Importations de câbles	0	0	0

Tab. II/14 IMPORTATIONS ALGERIENNES D'ALUMINIUM

	1974	1975	1976	1976-1975	1976-1974
	(1)	(1)	(1)	(%)	(%)
Brut	1 580	1 630	2 476	+ 52	+ 57
CEE et associés	289	634	260		
(dont France)	60	489	229		
AELE	1 091	10	266		
Pays à économie planifiée.	-	986	1 851		
Canada	200	-	100		
Barres et profilés	1 737	1 951	1 183	- 40	- 32
CEE et associés	1 075	772	466		
(dont France)	671	251	221		
AELE	162	179	17		
Pays à économie planifiée.	499	998	200		
Canada	-	-	500		
Laminés	804	1 641	476	- 71	- 41
CEE et associés	746	1 559	310		
(dont France)	339	156	95		
AELE	26	29	94		
Espagne	30	4	-		
Japon	-	-	32		
Pays à économie planifiée.	-	-	40		
Tubes et tuyaux	1 527	1 782	486	- 73	- 68
CEE et associés	1 456	1 713	311		
(dont France)	1 414	1 550	263		
AELE	17	-	-		
Espagne	45	44	25		
USA	4	24	150		

Source: Revue de l'aluminium Mai 1978.

b) La consommation d'Aluminium (en 10^3 tonnes)

	1970	1977
Equivalent aluminium liquide	10	25,5

Source : Métallurgie de l'Aluminium : Plan de développement Document SNS.

Ce tableau nous donne la consommation dite apparente d'aluminium ; il est a remarquer qu'entre 1970 et 1977 cette consommation a augmenté de plus de une fois et demi en 1977 par rapport à 1970 soit un accroissement annuel moyen de 22,14 % par rapport à 1970.

c) Les prévisions de consommation.

Le tableau II/15 permet d'observer un accroissement annuel moyen de la consommation d'aluminium de 11,36 % entre 1985 et 1990 par rapport à 1985 et de 11,74 % entre 1990 et 2000 par rapport au niveau de 1990.

2.1.2. L'Aluminium dans le développement industriel.

L'usage de l'aluminium peut intervenir dans de nombreux secteurs comme nous l'avons déjà vu précédemment. Les prévisions sont fondées sur les hypothèses suivantes :

En Algérie l'Aluminium peut être utilisé :

- par l'industrie de l'emballage : les prévisions font apparaitre une croissance annuelle de 10% de la consommation des rouleaux de feuilles minces de même qu'un développement de l'usage des tubes souples par la SNIC et des tubes rigides par la pharmacie centrale.

- par l'industrie des articles ménagers il est prévu une croissance de la consommation d'aluminium de 10% par an entre 1980 et 1985 et de 8% par an entre 1985 et 1990

- par l'agriculture :

il a été supposé que le nombre d'hectares équipés en tubes (d'asperson) d'irrigation serait d'environ 26.500 ha/an avec un ratio de 250 kg/ha soit une consommation annuelle d'aluminium d'environ 6625tonnes.

- Par l'industrie mécanique :les projets de SONACOME et de SN-Métal consommeraient environ 8000 tonnes/an en 1990.

- Par l'habitat : il a été supposé que les ambitieux programmes de construction de logements consommeraient des quantités importantes d'aluminium. Les bâtiments dits collectifs en consommeraient relativement plus.

- La construction électrique : 25 % environ du marché des câbles et fils seraient satisfaits par l'aluminium en 1985 et environ 50 % en 1990.

- Les transports :

- les wagons voyageurs consommeraient 400 Kg par unité.
- les véhicules industriels en consommeraient 250 Kg/unité.
- les autobus consommeraient 400 Kg/unité
- les véhicules particuliers consommeraient 4 kg/unité (1).

Les effets indiqués plus haut sont des effets oval. En amont il faut signaler que les cokes de pétrole destinés à la fabrication d'anodes seraient fourni par la SONATRACH.

Globalement il faut souligner le fait que la moitié du montant de l'investissement serait en Dinars a savoir 4000.10^6 dinars. L'autre moitié serait en devises. Le montant global de l'investissement y compris les ports d'importations d'alumine et d'exportation d'aluminium seront donc de 8000.10^6 DA.
L'usine d'électrolyse serait réalisé par l'URSS produit en main.

L'aménagement des ports de Bédjaia et de Jijel et la construction des lignes de chemin de Fer destinées à désservir l'usine d'électrolyse sont aussi des projets intégrés à l'industrie d'aluminium.

---

(1) Métallurgie de l'aluminium .
Plan de développement (SNS).

Tableau II/15 : PREVISIONS DE CONSOMMATION D'ALUMINIUM ENTRE 1980 ET 2000
(EN 10^3 tonnes)

P R O D U I T S	1985	1990	2000
Tôles fortes	1	2	8
Bandes et tôles à froid	4	7	15
Feuilles minces	4	7	15
Articles de ménage	7	9	18
Tubes soudés	5	7	15
Tubes souples et rigides	1	3	5
Total Produits plats	22	35	76
Produits extrudés	10	16	35
Fils	4	8	17
Lingots pour fonderie	8	10	22
Total produits finis	44	69	150
Sensibilité aux hypothèses	+ 5	+10	+ 30

Source : Métallurgie de l'Aluminium : plan de développement (SNS).

2.2. Le projet d'usine d'électrolyse d'aluminium à M'SILA (1).

2.2.1. Etudes et choix.

Le plan de developpement de la mettalurgie de l'aluminium en Algérie (Rapport SNS) affirme que"l'économie générale d'une usine d'électrolyse" (d'aluminium) "repose sur le choix des parametres suivants :

- capacité.
- procédé.
- mixe de production.
- localisation.
- nature des services généraux associés:

a) Le choix de la capacité de production:

Une production comprise entre 120.000 et 170.000 tonnes correspondrait à la fois :

- "au niveau moyen des besoins interieurs entre 1990 et 2000" et.
- "à un palier à partir duquel les coûts d'investissement à la tonne en fonction de la taille deviendrait faibles".

La SNS a opté dans une première phase pour une usine de 140.000 t/an "compose de deux séries de batteries de cuves juxtaposées" avec "des possibilités de doublement ultérieur de cette capacité en prévision "d'une saturation par la demande interieure à l'horizon 1975 ;le réexamen de l'opportunuité d'un tel doublement devrait être envisagé dans les années 1985-1988."

Dans un certain nombre de branches industrielles telles que la sidérurgie l'experience a montré que la théorie selon laquelle plus la taille est grande plus les coûts sont relativement plus bas, a savoir les économies d'échelle, à été démentie ; en effet les imperatifs d'économie d'énergie et des coûts de transport ont montré par exemple qu'actuellement certaines sidérurgies (fer à beton etc...) sont capables de fournir certains produits à des coûts inferieurs à ceux fournis par des grandes unités. Ainsi la notion d'économie liée à la taille de l'unité de production reste discutable.

---

(1). Métallurgie de l'aluminium ; Plan de Developpement (Document SNS)

b) Le choix du procédé.

On peut trouver sur le marché mondial des technologies de l'électrolyse de l'aluminium deux technologies differentes : comme nous l'avons vu prédement.

. Le procédé "à Auto cuisson" ou "Söderberg". C'est le procédé le plus ancien. Les coûts d'exploitation liés

- à la consommation d'energie et,
- à la consommation d'anodes sont légèrement plus élévés que dans le procédé concurrent.

. Le procédé "à anode précuité", plus recent, a l'avantage des coûts d'exploitation plus faibles.

Compte tenu de ces seules condiderations le choix de la SNS "se serait porté" sur le deuxième procédé. Mais les imperatifs de choix du partenaire et du financement ont décidé autrement quant au choix du procédé.

c) Le choix du partenaire.

Nous avons fait remarquer dans une annexe que Kaiser, la puissante firme américaine d'aluminium, s'est vu confié par la SNS une "étude de faisabilité et la selection d'un site cotier (contrat signé en Mars 1973) et a recommandé le choix d'une taille proche de 140.000 T/an.

Il faut signaler que c'est la firme sociétique TSVETMET PROMEXPORT qui aurait été chargé d'élaborer "un rapport technico-économique sur une usine d'électrolyse (contrat signé en Janvier 1973, étude terminée en Novembre 1974).

Il y a lieu de rappeler aussi que c'est Alusuisse, après la défaillance de Reynolds, qui s'est vu attribuer un contrat pour une assistance générale sur sept années comprenant les études de marché, la conception générale et détaillée du projet, l'assistance à la realisation, la formation professionnelle, le demarrage et l'exploitation etc... (voir Alusuisse dans l'annexe).

Pour la realisation de l'usine d'électrolyse d'une capacité de 140.000 T/An un appel d'offre international avait été lancé le 9 Decembre 1975, à la suite duquel cinq grandes firmes avaient répondu : il s'agit d'ALCAN (Canada), Kaiser (USA), ALUSUISSE (Suisse), TSVETMET PROMEXPORT (URSS), PECHINEY/CREUSOTLOIRE (France). Des négociations entre le gouvernement algérien et son homologue de l'URSS aboutissent à la signature d'un accord de principe pour la realisation d'une usine d'électrolyse d'aluminium de 140.000 T/an (extensible à 280.000T/an) par TSVETMET PROMEXPORT et les modalités de son financement et ce en Avril 1976.

A la suite de cet accord un contrat commercial fut negocié entre Octobre 1977 et Août 1978 et aboutit à sa signature à la fin de l'année 1978. Le choix du partenaire impose en quelque sorte le procédé à savoir le procédé à "auto cuisson".

- En plus des remarques faites plus haut ce procédé est relativement plus polluant que son concurrent. Mais le facteur pollution aurait des effets moins graves à cause de la localisation du projet, à savoir dans une region dont la concentration de la population n'est pas très importantes (par rapport à l'Europe).

- Un avantage important de ce procédé est l'emploi de plus de main d'oeuvre que l'autre procédé.

d) <u>Les projets intégrés à l'usine d'électrolyse de M'SILA.</u>

La mise en place d'une usine d'électrolyse d'aluminium va permettre grâce à sa production le renforcement du potentiel industriel du pays par la realisation d'un certain nombre d'ateliers en aval de l'électrolyse. Le tableau II/16 permet de voir que d'ici à l'an 2000 17 ateliers de transformation vont voir le jour.

Ces différents projets sont le resultats d'études fondées sur un certain nombre de Scenario :

- Le Scénario selon lequel l'investissement dans l'électrolyse ne serait pas realisé entre 1980 et 1990 conduirait à une "importation permanente de produits finis en aluminium pour une valeur de 1 Milliard de DA (devises) en 1990 et 2 Milliards de dinars en 2000".

Tableau II/16. NOMBRE D'ATELIERS INTEGRES AU PROJET D'ELECTROLYSE PAR REGION EN L'AN 2.000.

	Ouest	Centre	Est	
			M'SILA	Bordj - Bou Arréridj
Laminoir à chaud			1	
Laminoir à froid			1	
Laminoir à feuilles minces		1		1
Extrusion	1	1	1	1
Tubes soudés	1	1		1
Tubes souples et rigides	1	1		1
Articles de ménages	1	1		7

Les localisations entourées correspondent aux ateliers à réaliser entre 1980 et 1990.

Source : Metallurgie de l'Aluminium : Plan de développement . Janvier 1979 Document SNS.

- Le Scénario selon lequel il y aurait investissement seulement dans l'électrolyse conduirait à une exportation permanente sous forme de lingots, une importation d'aluminium et une importation permanente de produits finis en aluminium.

- Le troisième Scénario, qui est celui qui est retenu prévoit un investissement dans l'électrolyse et dans une transformation "dimentionnée pour le marché interieur". Il implique :

. l'exportation temporaire de lingots jusqu'en 1995.

. l'importation d'alumine

. la cessation progressive des importations de produits finis."

- Le Scenario quatre serait qu'un investissement soit realisé et dans l'électrolyse et dans une transformation dimensionnée pour l'exportation ; les conséquences seraient qu'au lieu d'une exportation de lingots il y aurait exportation de produits finis.

- Un dernier Scenario serait qu'il y ait un investissement seulement dans la transformation, ce qui conduirait à une importation de demi-produits tels que lingots, plaques, billette etc.. en vue de la transformation.

2.2.2. Les effets induits.

a) Les coûts sociaux:

L'électrolyse consommerait au total 3,780.000 m^3/an d'eau de puits (27m^3/t) quantité pouvant irriguer 380 à 760 hectares de terre agricole

A cette consommation d'eau il faut ajouter la pollution de l'environnement. L'électrolyse d'aluminium serait d'autant plus polluante que le procédé choisi est celui dit à "auto-cuisson" ou "Soder herg".

Malgré toutes les precautions prises une partie des gaz tel que le fluor se dégage des cuves d'électrolyse et pollue l'environnement à travers un certain nombre d'éffets :
Le fluor et certains de ses dérivés sont relativement dangereux. Ainsi les fluorures et les fluosilicates sont utilisés comme insecticides, le fluorure de sodium, le fluosilicate de sodium, et le methylfluoracetate sont utilisés comme des raticides.

Les fluorures FH et certains derivés du fluor ont des actions multiples telles que :

- "le calcium de l'organisme, au niveau de la coagulation sanguine et par modification de la composition des os".
- " sur les processus enzymatiques, lipases, phosphatases, cholinesterases, et ferments glycolytique".
- "sur les glandes endocines (Thyroïdes -- goître)".
- "Sur la vitamine C : le fluor neutralise l'action de l'acide ascorbique.

Le flur peut être a l'origine d'intoxication(1) chronique appelée flurorose; son origine peut être alimentaire par l'absorption d'eau de boisson ayant traversé des sels riche en fluor, ou industrielle en tant que maladie professionnelle.

La fluorose peut être caractérisé par :

. des alterations dentaires : les dents n'atteignent jamais leur taille normale et restent en voie de formation seulement.

. des alterations osseuses :

- Osteopetrose ou hypercalcification.
- Osteopetrose ou de calcification.

. Cachexie.

. Alterations cutanées : il s'agit d'une dermatose à tendance ulverative.

---

(1). Cours de Toxicologie = Université d'Alger.

Les fluorures HF sont dangereux et ayant un effet entre 30mn et 4h pour des doses égales à 50ml/m^3 ou 0,065 mg/l.(1) Il faut surtout retenir les deux effets principaux quant à la pollution de l'environnement par l'industrie de l'aluminium a savoir :

- "un risque de decalcification des animaux, notament les vaches du fait du degagement de gaz nocif (le fluor)".
- l'infiltration d'eau chargée de fluro est "dommageables pour certaines plantes et legumes, notamment les salades et les tomates.

Les quelques effets polluants expliquent en partie d'une part le choix du site a savoir une region plus ou moins desertique d'autre part des precautions complémentaires tels que la definition d'une ceinture sanitaire de 3 km autour de l'usine extensible à 5 km en cas d'élargissement du projet et interdiction d'habiter dans cette zone dans la mesure ou les effets des gaz degagés sur l'être humains en permanence et à très long terme ne sont pas connues d'autres precautions auraient été prises afin de limiter les effets polluants : ainsi des étages suplémentaires pour le filtrage des gaz degagés auraient été prevue de même que la construction de très haute cheminées de degagement compte tenu des conditions climatiques notamment du vent dans la région :

Il aurait été prevu aussi la preparation de stations de contrôle qui seraient installées à intervales réguliers autour de l'usine en vue d'effectuer des prelevement chimiques afin de surveiller les concentrations de gaz à tout moment et d'agir eventuellement sur le système de filtrage et en cas, d'anormalie grave de decider de l'intervention au niveau de l'usine elle-même.

b) <u>Les delais de maitrise technologiques.</u>

Le document de la SNS "Metallurgie de l'aluminium ; plan de développement,"fait apparaitre d'après ses estimations des delais de maitrise technologique relativement long :

- l'electrolyse et le laminoir à chaud exigerait 9 à 13 ans pour leur maitrise complete.

---

(1). Cours de Toxicologie.

- Les laminoirs à froid à feuilles minces,les installations de transformation de feuilles minces et l'atelier d'extrusion, quant a eux ne pouvant être maitrisés que dans un delai compris entre 6 et 8 ans.

- La coulée du fil (Properzi) et des tubes soudées ne devraient pas poser de problèmes quant à leur maitrise.

c) L'emploi.

Les previsions d'emploipour l'industrie d'aluminium feraient appareitre l'évolution suivante :

	1985	1990	2000
Pour l'électrolyse	2.550	3.400	3.400

quant a l'emploi total offert par cette industrie il serait comme suit :

1985	1990	2000
4.570	6.870	9.930

Le dernier tableau nous donne les previsions d'emploi concernant :

- l'électrolyse.
- le laminage à chaud et à froid.
- les feuilles minces et leur transformation.
- l'extrusion.
- les tubes d'irrigation.
- les tubes souples et rigides.
- les articles de menage.

La repartition des emplois selon les qualifications serait la suivante et ce dans l'electrolyse et services techniques annexes.

- Cadres supérieurs	50
- Ingénieurs	90
- Techniciens	160
- Agents de maitrise	280
- Ouvriers qualifiés	1750
- Employés	120
- Ouvriers specialisés et manoeuvres.	950
TOTAL	3.400

2.2.3. Approvisionnement en alumine :

L'electrolyse de l'aluminium en Algerie exigerait ou bien l'importation de bauxite qui serait transformée en Alumine sur place puisqu'il n'exite pas de minerai en Algerie ou bien l'importation d'alumine.

Nous avons vu que l'industrie de l'aluminium est une industrie intégrée controlée par de grosses firmes ; mais il existe un certain nombre de pays qui exportent de la bauxite et/ou de l'alumine. Ainsi l'Algerie a signé des conventions avec la Guinée et la Jamaique en vue de l'importation de l'alumine soit une quantité d'environ 300.000 tonnes par an. En considerant les distances separant ces pays de l'Algérie il serait possible de comprendre la décision algérienne d'importer l'alumine et non la bauxite.

Troisième partie

DISPONIBILITES EN HYDROCARBURES ET ELECTROMETALLURGIE DU ZINC ET DE L'ALUMINIUM.

1. LES RESSOURCES ENERGETIQUES ET LEUR UTILISATION.

1.1. Les disponibilités (1).

L'utilisation de l'électricité dans l'électrolyse du zinc et de l'aluminium exige des quantités importantes d'hydrocarbures en vue de la production electrique ; il convient de se demander si les reserves d'hydrocarbures justifient la mise en place d'industries grosses consommatrices d'énergie. Les réserves petrolières algériennes sont estimées à 862.000.000 de tonnes en 1977 (1) ce qui correspond à 19 ans et demi de production si l'on maintient le rythme de production annuel de $44 \cdot 10^6$ tonnes. Ce ratio comparé à celui de l'OPEP (39,5ans) ou à celui de Koweit (107,2ans) ne justifie pas a priori la mise en place d'industries grosse consommatrices d'énergie; mais l'exportation de telle ressource energetique à l'état brut peut plus ou moins poser le problème du choix d'utilisation interne ou externe de ces ressources.

En ce qui concerne le gaz naturel, les reserves sont bien plus importantes ; en effet les reserves prouvées estimées en 1977 sont de $3272 \cdot 10^9$ m^3(1).

En tenant compte des prévisions du plan VALHYD ces reserves seraient épuisées vers 2005 soit 30 ans de production ($100 \cdot 10^9 m^3$/an environ). La remarque qui s'impose est que la plus grande partie des reserves gazières est ainsi destinée à l'exportation puisque $514,221 \cdot 10^6 m^3$ de gaz seulement sont prevus pour les besoins internes. Il resterait donc pour l'exportation environ $2757,779 \cdot 10^9 m^3$ soit plus de 5/6 des réserves.

La disponibilité d'importantes reserves de ressources énergetiques peut plus ou moins justifier la mise en place d'industries grosse consomatrices d'énergie. Mais il y a lieu de voir la question de plus près et avec plus de précision .

---

(1). Source : OPEC Bulletin Supplément Oil Dorado 1977 repris par le Document n°2 de l'équipe energie "Statistiques du secteur des hydrocarbures en Algerie".

(2). Source : Industrie du gaz dans le monde 1977.

1.2 Consommation par l'Industrie du Zinc.

Il faut tout d'abord faire remarquer que dans le dossier n°3 intitulé " besoins en énergie" du programme quinquennal 79 - 83 de la SNS aucune statistique sur les besoins en energie n'est donnée quant à l'usine d'électrolyse de zinc de ghazaouet; ceci pourrait être du à l'impossibilité de prévoir ces besoins pour les années a venir étant donné la difficulté de maitriser les consommations d'utilités (eau , énergie sous différentes formes). Mais nous pouvons situer la consommation d'électricité à trois niveaux :

a) grillage d'acide: l'électricité est utilisée ici sous forme thermique en vue de la fabrication d'acide sulfurique indispensable à l'électrolyse. La consommation d'électricité dans le grillage pour l'obtention de l'acide serait de 120 Kwh / T d'acide.

La consommation d'électricité dans le grillage de l'acide aurait été :

- en 1977, de 4.440.000 Kwh ou 4,44 Gwh pour la production de 37.000 t d'acide,

- en 1978 de 5.339.760 Kwh ou 5,34 Gwk pour la production de 44.498 t d'acide.

b) grillage du minerai enrichi (ou du concentré) :

Pour le grillage d'une quantité de concentré permettant d'obtenir une tonne de zinc en métal il serait nécessaire de fournir 300 Kwh.

La consommation d'électricité dans le grillage du concentré aurait été :

- en 1977, de 7.800.000 Kwh ou 7,8 Gwh pour la production de 26.000 t de zinc,

- en 1978, de 8.837.700 Kwh ou 8,8 Gwh pour la production de 29.459 t de zinc.

c) l'électrolyse : Ici la production d'une tonne de zinc métal exigerait 4450 Kwh.

La consommation d'électricité dans l'électrolyse aurrait été :

- en 1977, de 115.700.000 Kwh ou 115.7 Gwh
- en 1978, de 131.092.550 Kwh ou 131,1 Gwh

La consommation totale d'électricité ainsi estimée pour les trois opérations principales aurait été :

- en 1977, de 127,9 Gwh
- en 1978, de 145,2 Gwh

Les capacités de production prévues sont en fait de 40.000 t/an de lingots de zinc et 80.000 t/an d'acide sulfurique. Pour une pleine utilisation des capacités, les consommations d'électricité seraient donc :

- production d'acide sulfurique	9.6 Gwh
- grillage du concentré	12.0 Gwh
- électrolyse	178.0 Gwh

Soit au total environ 200 Gwh.

Sur la base de 200 Gwh nous pouvons calculer approximativement la puissance appelée si les installations fonctionnent pendant 6 400 heures dans l'année, soit environ 31.260 Kw ou 31.25 MW.

Si l'on doit tenir compte de la consommation d'électricité dans la fabrication d'alliages et dans les autres installations annexes à l'usine d'électrolyse le chiffre 31.250 KW de puissance appelée est à rapprocher des 32.000 KVA de puissance totale requise pour le fonctionnement du complexe selon le projet.

Il faut ramarquer que le grillage pour la production d'acide sulfurique est une opération exothermique; la chaleur qu'elle dégage alimente une centrale thermique de récupération de 3 100 KVA.

Sur la base d'une consommation de 200 Gwh pour la production d'acide et de zinc essayons de voir maintenant quelle est la consommation de gaz naturel indispensable pour la production d'une telle quantité d'électricité.

Etant donnée la structure du parc de production d'électricité de SONELGAZ, utilisant essentiellement le gaz naturel dans des proportions presque égales entre turbine vapeur (fonctionnant au gaz) et turbine à gaz nous pouvons considérer que pour produire 1 Kwh d'électricité il faut 3,51 thermies de gaz (1)

Pour produire 200 Gwh il faudrait 702.10^6 thermies de gaz naturel, soit $2.785.500.10^6$ BTU (1 thermie équivaut à 3968 BTU)

En considérant que pour exporter 100 BTU de gaz il faut en consommer 25 dans la liquéfaction, la quantité consommée par l'usine d'électrolyse du zinc correspondrait à $2.228.400.10^6$ BTU exportables.

---

(1) Source: Bulletin Statistique de SONELGAZ 1978.

1.3. La consommation par l'industrie de l'aluminium.

Selon le projet l'entrée en production de l'usine d'électrolyse de M'Sila aurait lieu dans les années 1984-1985; la première batterie pourrait produire 35.000 tonnes. La dernière batterie quant à elle, entrerait en production en 1987 et porterait la capacité à 140.000t à pleine capacité.

Si nous posons l'hypothese d'un fonctionnement de l'usine pendant 6400 heures dans l'année, cette consommation va nécessiter une puissance égale de 393,7 MW, à raison de 18.000 KWh/T

La production de 2520.10^6 KWh d'électricité exige une consommation de gaz naturel égale à 2520.10^6 X3,5 Thermies soit $8845,2.10^6$ thermies ou $35,097.750.10^6$ BTU de gaz naturel.

Cette même quantité de gaz après liquefaction fournirait pour l'exportation une quantité égale à : $26.323.314.10^6$ BTU.

---

2. EFFETS EN DEVISES.

2.1. L'importation de minerai ou de métal.

2.1.1. Le zinc

Si l'on étudiait les prévisions de besoin en zinc métal entre 1980 et 1990 nous pouvons prendre l'hypothèse d'une moyenne annuelle de consommation de zinc de 32.000 t dans cette même période.

Si nous prenons l'hypothèse de la non réalisation du projet zinc, il nous aurait être indispensable d'importer en moyenne annuelle 32.000 t de zinc entre 1980 et 1990. A un prix égal à 3 200 DA/t qui est proche du prix FOB d'exportation de zinc en lingots de la SNS en 1977 en faisant abstraction des coûts de transport et de la marge des firmes qui vendent et des prévisions vers la hausse des prix qui serait induites par le déséquilibre entre l'offre et la demande mondiale de zinc, l'Algérie serait dans l'obligation d'acheter ces quantités qui lui coûteraient 3.200 x 3.2000 = 102.400.000 DA.

L'achat du minerai concentré pour la fabrication de zinc à l'intérieur du pays ferait gagner à l'Algérie en moyenne annuelle 102.400.000 - 50.000.000 = 52.400.000 DA en devises ou 12.476.190 Dollars US.

Si nous comparons en valeur l'exportation de zinc et produits donnés à l'importation de minerai en 1977 et 1978 nous aurons toujours des soldes positifs en faveur de l'Algérie : en 1977: 47 MD - 30,3 = 16,7 MDA à un taux de change 1 Dollars US = 4,20 DA 3 976 190,476 $ US.
en 1978 : 47,8 - 38,6 = 9,2 MDA soit 2.190.476,190 $ US.

Mais ce solde tendrait de plus en plus à être négatif dans la mesure où les besoins nationaux vont augmenter d'année en année(voir prévisions des besoins) ce qui ferait diminuer les exportations de zinc métal et dérivés.

2.1.2. L'aluminium.

La production de 140.000 t d'aluminium exigerait environ 280.000 t d'alumine calcinée. Cette quantité d'alumine coûterait à l'Algérie si l'on se refère au prix FOB d'exportation française en 1978 (1) soit 1497 F/t ou avec une équivalence de 1 Dollar égal 4,20 francs français 356,5 $/t environ si l'on néglige les frais de transport et autres 99.820.000 dollars US par an.

L'importation de 140.000 t d'aluminium occasionnerait à l'Algérie une dépense en devises à raison de 1 400 $/t (si l'on néglige les frais de transport et autres : 196.000.000 Dollars/an.

Mais il faut remarquer quentre 1980 et 1990 les besoins en aluminium sont bien inférieurs et l'Algérie n'aurait donc pas à importer une telle quantité.

---

(1) Source: Annales des Mines Sept.Oct 1979.

2-2. La production.

L'analyse des effets en devises fait abstraction des investissements occasionnés par l'étude et la réalisation des projets d'électrolyse et de la liquefaction du gaz naturel en vue de son exportation si les quantités consommées sous différentes formes par l'électrolyse du zinc et de l'aluminium devait être exportées pour les raisons suivantes :

L'investissement dans les unités de liquefaction du gaz naturel est aussi un investissement qui produit et du G.P.L et du condensat. Il faut ajouter à cela la difficulté de calculer les différents coûts actualisés des quantités de GNL, de GPL et du condensat qui seraient produits pendant toute la durée de vie des équipements et qui doivent être comparés à des données concernant les usines d'électrolyses dont nous ignorons, quelles seraient les conditions concrètes de leur fonctionnement.

Pour cet ensemble de raisons, nous nous limiterons à faire quelques calculs nous permettant d'avoir des ordres de grandeur quant aux effets devises de la production de ces métaux.

2.2.1. Le zinc.

a) L'énergie.

. A 0,345 dollars US/ 10^6 BTU comme prix FOB Skikda du premier contrat distrigas SONATRACH (1971-1977) la quantité d'énergie correspondant à 2.228.428,8. 10^6 BTU aurait rapporté 768.807,936. $ US annuellement; ceci en ne tenant pas compte des autres frais de liquefaction en dehors de la consommation de gaz.

Le prix du 10^6 BTU pris ici en considération est en fait le prix du gaz à l'exportation à la date approximative de l'individualisation de l'usine d'électrolyse de zinc (1969)

. Si nous prenons maintenant le prix FOB 1,30 dollars US le 10^6 BTU, prix approximatif 1979, nous aurons un manque a gagner en devises sur le gaz utilisé dans la production électrique destinée au fonctionnement de l'usine de grillage acide, concentré et électrolyse de zinc :
1,30 X 2,228.428,936 = 2.896.957,616 dollars US.
A un prix de 3 dollars / : 6.685.286,8 $ US

b) L'effet devises.

Si nous faisons abstraction des investissements pour la liquefaction et par la mise en place de l'industrie du zinc, la fabrication du zinc en Algérie ferait gagner à l'Algérie :

12476190 - 6.685286,8 = 5.790.904 dollars US.

Comparons ce gain en devises au montant approximatif de l'investissement qui devrait être de 496 + 58,6 = 5546 MDA en devises puisque à part l'intervention de SONELEC pour la fourniture de quelques armoires et transformateurs électriques les entreprises nationales n'auraient participé aucunement dans les études, la réalisation et l'équipement de l'usine :
ce gain en devises permet de récupérer les devises investies dans le projet seulement en 12 ans et demi et cela moyennant un certain nombre d'erreurs et en tenant compte du prix du minerai concentré du zinc métal, et de l'acide sulfurique 1977 avec une parité du dollars USA et Dinars de 4,20.

A un prix du gaz naturel de 1,3 $ par 10^6 BTU nous aurons :
12476190 - 2896.957,616 = 9579233 $ soit un gain en devises de 40.232.778 dinars, ou 9579232,8 $.

A un prix du gaz naturel égal à 0,345 $/$10^6$ BTU (prix de 1971).
12.476190 - 768807,936 soi un gain en devises égal à 11707383 $.

2.2.2. L'aluminium.

a) L'energie.

A la consommation de gaz dans la production d'électricité en de lélectrolyse il faut ajouter une quantité de gaz à la tonne égale à 313 N m^3 soit pour 140.000 tonnes , 43.820.000 N m3 de gaz annuellement ou encore sur la base d'un pouvoir thermique de 10,6 thermies par N m3 43.820.000X10^6 = 464492.10^3 thermies ou encore 464492.10^3 X3968 égale à 18431.042.10^6 BTU

La production d'aluminium exigerait au total une quantité de gaz égale à 35.097753.10^6X 18431042.10^6 = 53.528,7950.10^6 BTU.

Si cette quantité de gaz naturel devait être exportée après liquefaction nous aurions seulement :

$$\frac{53.528795.10^6 \text{ BTU X75}}{100}$$

égal : 40.146.596.10^6 BTU.

A 3 dollars le 10^6 BTU cette quantité de gaz naturel liquefiée rapporterait 120.439.780. dollars annuellement. La mise en place d'une usine d'électrolyse d'aluminium occasionnerait un manque à gagner en devises du fait de la non exportation d'une telle quantité de gaz naturel de 120.439.780 dollars annuellement.

b) La production en Algérie de 140.000 tonnes/an d'aluminium aurait comme effet :

+ gain en devises sur l'importation d'aluminium 196.10^6 $ US
- coût de l'importation de l'Alumine $99,820.10^6$ $ US
- manque à gagner sur le gaz naturel non exporté $120,4397\ 10^6$ $
- 24.259 000

soit une perte en devises si l'on fait abstraction des investissements liés à l'usine d'électrolyse et a la liquefaction du gaz naturel égale à 24.259000$/an.

Compte tenu des seuls éléments que nous possédons, et des hypothèses avancées le projet aluminium de M'Sila n'aurait pratiquement aucun effet en terme de devises, mais l'exportation d'aluminium entre 1985 et 1990-1995 permettrait peut être de faire gagner à l'Algérie quelques dizaines de millions de dollars sans plus.