

BUREAU D'INFORMATIONS  
ET DE  
PRÉVISIONS ÉCONOMIQUES

---

B. I. P. E.

---

122, avenue de Neuilly  
NEUILLY-SUR-SEINE - 92 -  
SABlons 06-00

ÉTUDE DES CONSÉQUENCES DE L'ÉVOLUTION  
DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE SUR LES TRANSPORTS LOURDS EN 1985

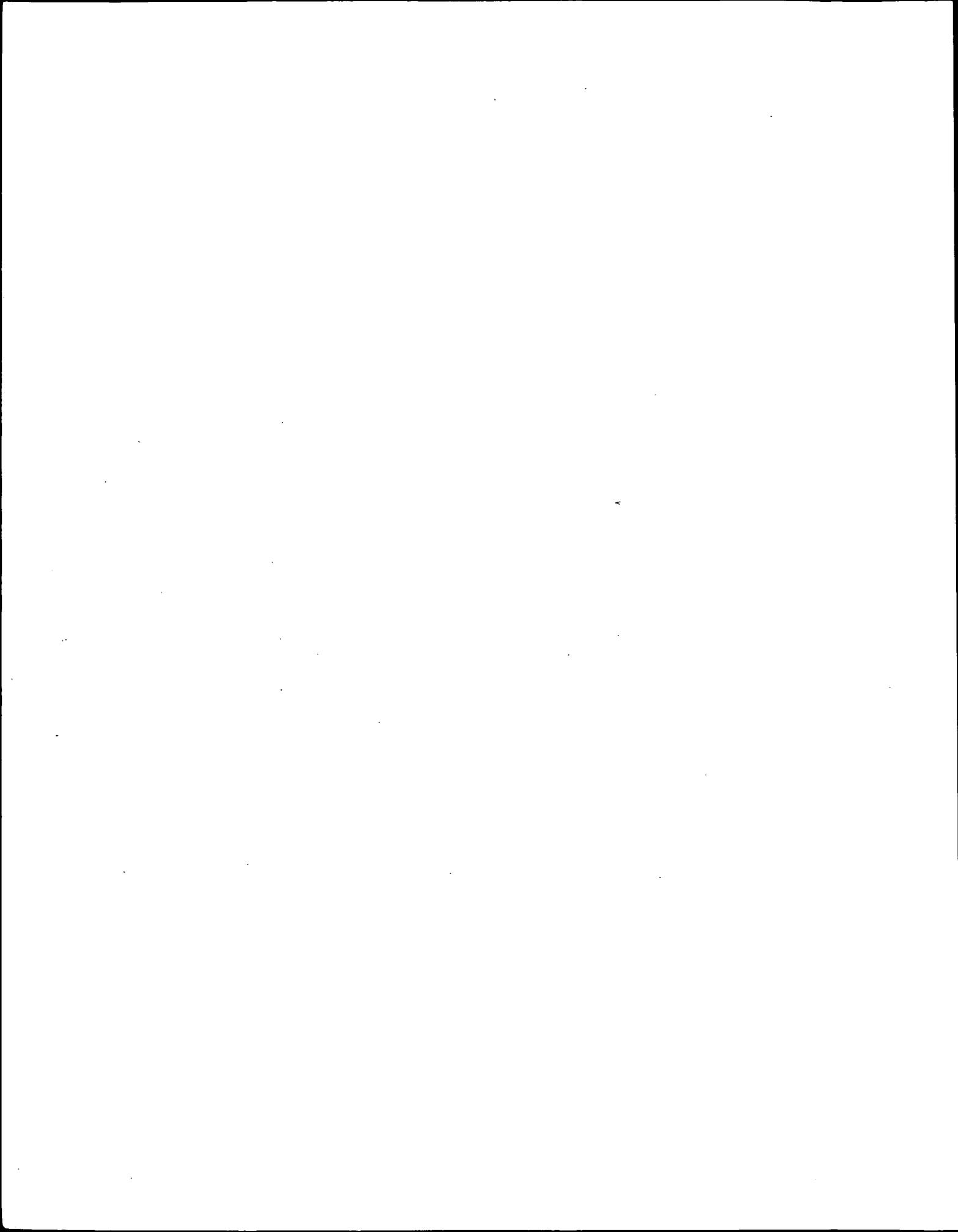
---

Première Partie

BAUXITE - ALUMINE

Étude effectuée pour le  
Service des Affaires Économiques et Internationales  
du Ministère de l'Équipement et du Logement

DÉCEMBRE 1967



## S O M M A I R E

Avant-propos.....	3
-------------------	---

### Chapitre I

#### L'ETAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM EN FRANCE

I - L'industrie extractive : la bauxite.....	7
A - Production intérieure.....	9
B - Commerce extérieur.....	13
II - L'industrie amont : l'alumine.....	15
A - Production intérieure.....	15
B - Commerce extérieur.....	19
III - L'industrie de transformation de l'alumine.....	21
A - L'industrie de l'aluminium.....	21
B - Autres industries.....	26
IV - Les transports.....	26
A - Détermination des liaisons S.N.C.F. pour les transports de bauxite et d'alumine.....	26
B - Cartes de flux.....	29
C - Evolution des transports S.N.C.F.....	37
D - Structure du trafic S.N.C.F. pour l'alumine.....	39

Chapitre II  
LES PERSPECTIVES D'EVOLUTION

I - Analyse des réserves de bauxite et conséquences.....	47
A - Réserves françaises.....	47
B - Réserves mondiales.....	48
C - Conséquences.....	49
II - Les futures sources d'approvisionnement des usines françaises d'électrolyse.....	50
A - Alumine.....	50
B - Energie électrique.....	50
C - Conséquences sur les implantations.....	54
III - Prévision de consommation d'aluminium en France.....	55
A - Les paramètres de la consommation d'aluminium en France et aux Etats-Unis.....	55
B - Méthodes de prévision et résultats.....	65
IV - Le commerce extérieur.....	69
A - Influence du commerce extérieur sur les transports	69
B - Importations.....	69
C - Exportations.....	70
V - Passage de la consommation d'aluminium à la production d'aluminium et d'alumine.....	71
A - Relation entre la consommation et la production d'aluminium.....	71
B - Production d'alumine.....	71

## Chapitre III

## CONCLUSION : LES FLUX DE TRANSPORT EN 1985

I - Genèse d'une hypothèse de production.....	77
A - Problèmes rencontrés par l'industrie de l'aluminium en France.....	77
B - Mesures à envisager pour surmonter ces difficultés.	78
II - Hypothèse de production.....	79
A - Usines d'alumine.....	79
B - Usines d'électrolyse.....	80
III - Conséquence sur les flux de transport par fer.....	83
Organismes et sociétés consultés.....	87



## A V A N T - P R O P O S

Le Bureau d'Informations et de Prévisions Economiques effectue un travail permanent de prévision de l'évolution à long terme du progrès des techniques de fabrication et en conséquence de la structure et du volume de la production et de la consommation. Le Service des Affaires Economiques et Internationales du Ministère de l'Equipement a confié au B.I.P.E. une étude sur les conséquences possibles dans le domaine des transports des modifications estimées de la structure de l'économie française.

Une première application a consisté à étudier l'évolution des transports lourds dans l'industrie chimique française. Cela pour trois produits ou groupes de produits : la bauxite et l'alumine, le soufre, la soude et les principaux dérivés.

En ce qui concerne la bauxite et l'alumine, nous avons étudié dans une première étape la structure actuelle de l'industrie, notamment ce qui a trait à l'approvisionnement soit en bauxite, soit en alumine. Cette partie a trouvé sa conclusion logique par l'étude des flux de transport de ces produits et de leurs étapes de transformation.

Dans une deuxième partie, nous avons analysé les possibilités d'approvisionnement en matières premières (bauxite et alumine) des unités de production d'alumine et d'aluminium ; le problème de l'obtention de l'énergie électrique pour les usines d'électrolyse a également été pris en considération, et nous avons dégagé quelques

tendances pour ces ressources en 1985. Ensuite, nous avons procédé à une évaluation de consommation intérieure en nous aidant de quelques ratios propres à l'industrie américaine. Compte tenu des résultats précédents du commerce extérieur lié aux différentes politiques d'investissements futurs des industriels français ou étrangers, nous avons été en mesure de proposer des chiffres de production intérieure, tant pour la bauxite que pour l'alumine ou l'aluminium.

Enfin, dans la troisième partie, en guise de conclusion, une fois les informations nécessaires réunies, nous nous sommes efforcés d'établir les conséquences induites, tant sur l'industrie elle-même que sur les flux de transport S.N.C.F. de bauxite et d'alumine, afin de soumettre au lecteur non pas des chiffres rigoureux mais des indications qui serviront de support indispensable pour les décisions touchant l'objectif de cette étude.

\*  
\* \*

Cette étude a été effectuée par le service "Chimie et Industries Nouvelles" du B.I.P.E. sous la responsabilité de M. FASSI-NOTTI, M. Jacques BERNARD, assisté de Mlle BOUSQUET, a été chargé de sa réalisation. Les conclusions auxquelles nous avons abouti n'engagent que le B.I.P.E.

Elle a été exécutée à la demande de la "Division des études de la demande et des coûts" du S.A.E.I., sous la responsabilité de Mme DUMAS-HANAPPE, pour l'ensemble des produits chimiques étudiés dans le cadre du contrat.

Chapitre I

L'ETAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE  
DE L'ALUMINIUM EN FRANCE



Le nombre croissant des pays assurant leur propre production d'aluminium (six en 1910, trente en 1967) prouve le rôle fondamental joué par ce métal dans la vie économique (1). Ce sont ses propriétés chimiques, mécaniques (légèreté) et électriques qui ont contribué à donner à l'aluminium une place de plus en plus importante dans la métallurgie. A titre d'exemple en 1966, la France placée au quatrième rang mondial (363 500 t) derrière les Etats-Unis (2 693 000 t), l'U.R.S.S. (1 300 000 t) et le Canada (807 900 t), a vu sa production croître de 9,2 % (2) en moyenne par an depuis 1920, et de 8,4 % pendant la période de 1954-1967, alors que le taux correspondant pour l'acier brut ne s'élevait qu'à 4,2 %. Cette forte expansion de l'aluminium, également enregistrée aux Etats-Unis (cf. figure 1 et tableau 1), s'explique par le développement de ses principaux débouchés : l'équipement des transports (notamment l'automobile), le bâtiment et la construction électrique.

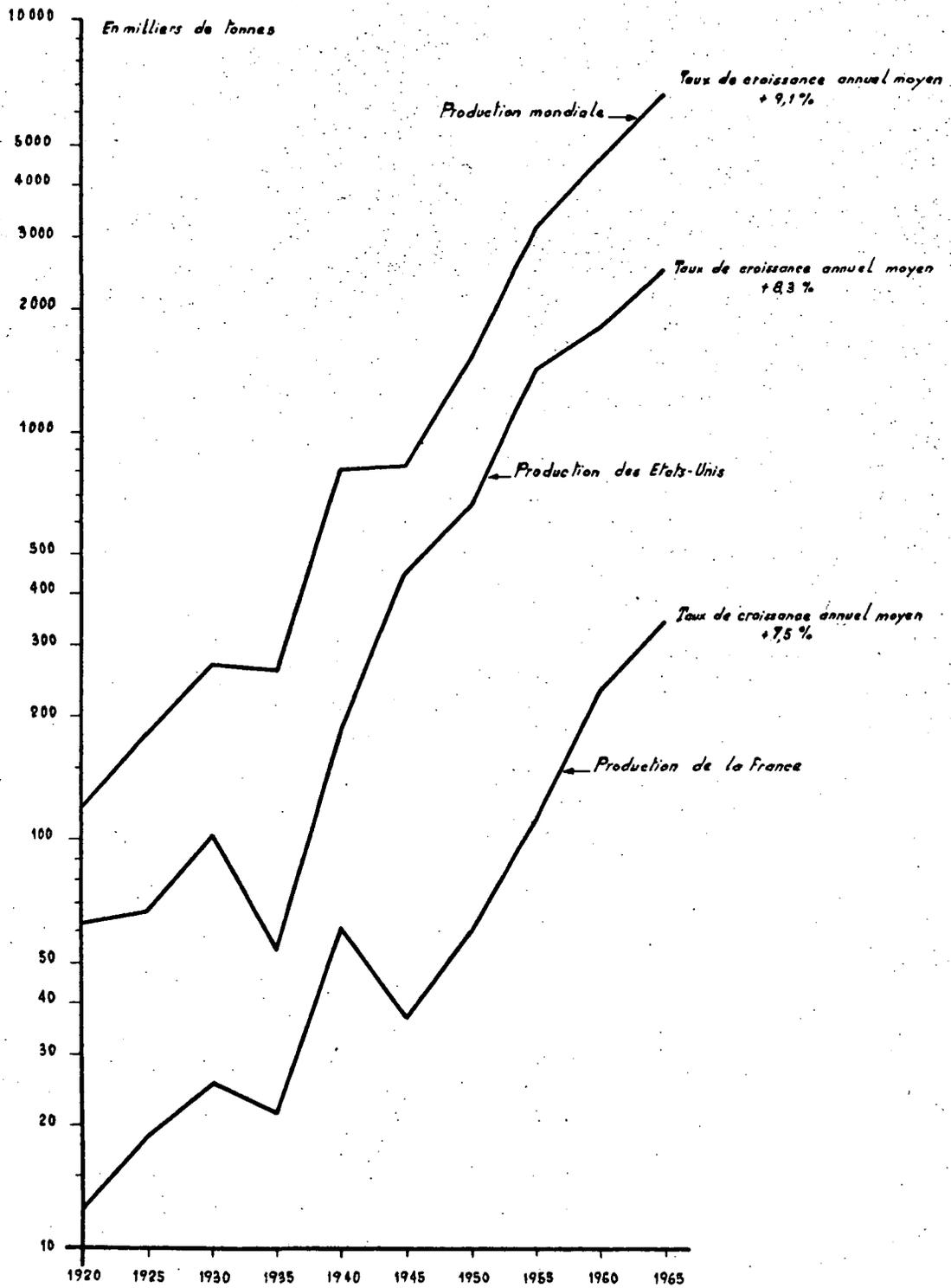
## I - L'INDUSTRIE EXTRACTIVE : LA BAUXITE

La bauxite, matière première de la fabrication de l'aluminium, est un minerai constitué par un hydrate d'aluminium naturel contenant plus ou moins d'hydrate ferrique. D'après les teneurs respectives de ces deux corps, on distingue :

- la bauxite rouge, 60 à 68 % d' $\text{Al}(\text{OH})_3$  et 12 à 16 % de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
- la bauxite blanche, 55 à 75 % d' $\text{Al}(\text{OH})_3$  et 1 à 3 % de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

- 
- (1) Bien que certains pays soient devenus producteurs, grâce à l'implantation chez eux de sociétés de nationalité étrangère, notamment américaines, canadiennes, françaises (par exemple : Péchiney en Grèce, en Espagne...), ces implantations confirment l'importance du rôle joué par l'aluminium dès qu'un pays est devenu suffisamment industrialisé pour offrir un débouché à ce métal.
- (2) Tous les taux dont il sera question dans la suite de cet exposé sont calculés en taux composés et non en taux arithmétiques.

EVOLUTION DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM  
en France aux Etats-Unis et dans le monde



Source: Revue de l'aluminium

Tableau 1

<u>Evolution de la production d'aluminium en France, aux Etats-Unis et dans le monde</u>			
	en tonnes		
	France	Etats-Unis	Monde
1920....	12 400	62 600	121 000
1925....	19 200	68 000	184 000
1930....	25 800	103 900	269 200
1935....	21 800	54 100	256 900
1940....	61 700	187 100	807 300
1945....	37 200	453 500	839 500
1950....	60 700	651 800	1 507 000
1955....	129 200	1 420 200	3 103 000
1960....	235 200	1 827 200	4 635 400
1965....	340 500	2 498 800	6 612 400

Source : Revue de l'Aluminium

Ce minerai est obtenu par extraction de mines, soit à ciel ouvert, soit profondes de quelques centaines de mètres. Le minerai rouge est hydraté, puis calciné par le procédé Bayer pour former l'oxyde d'aluminium ou alumine. La phase suivante consiste à électrolyser l'alumine à environ 950° C dans un bain de cryolite servant de fondant. L'aluminium en fusion se dépose en continu sur la cathode alors que l'oxygène brûle le carbone de l'anode.

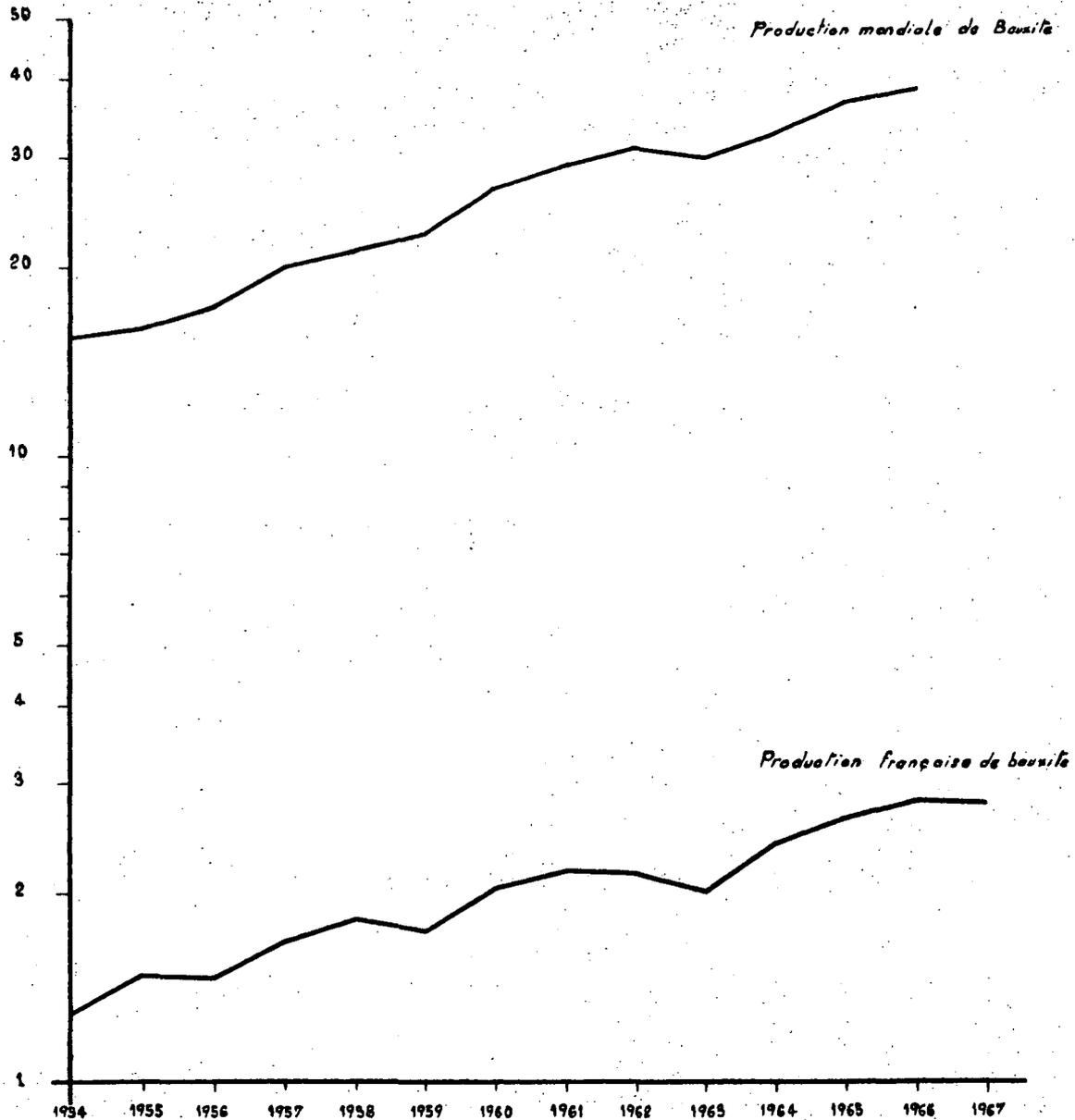
#### A - PRODUCTION INTERIEURE

Les sociétés Péchiney, Bauxite et Aluminium de Provence, Ugine-Kuhlmann, Bauxite de France et Comptoir d'Extraction ont produit en 1966 2 813 000 tonnes de bauxite, toutesqualités, à partir des mines métropolitaines. Un fort pourcentage de ce tonnage (bauxite rouge), soit 97 %,

COMPARAISON DE LA PRODUCTION DE BAUXITE

en France et dans le monde

En millions de tonnes

Source: *Minerais et Métaux*

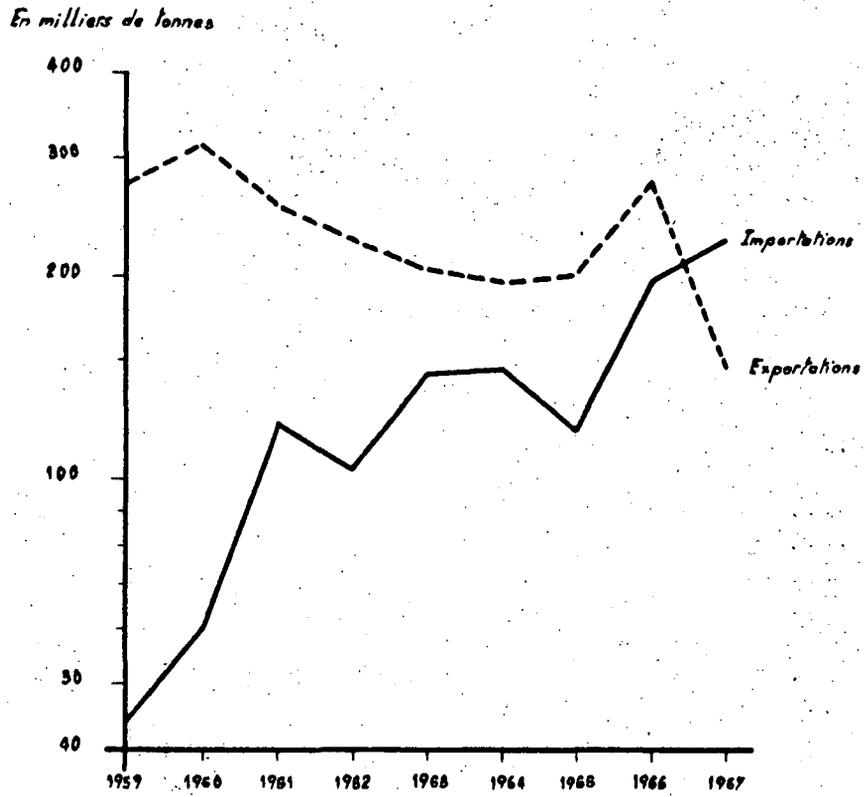
est destiné à la fabrication de l'alumine ; le solde, soit 3 %, comprend une faible part de bauxite blanche destinée principalement aux produits réfractaires (céramiques) et une forte part de bauxite rouge pour les ciments alumineux qui, fabriqués à Fos-sur-Mer près de Marseille, consomment environ 200 000 tonnes de minerai en provenance de Cazouls-les-Béziers. Les courbes de la figure 2, tracées à partir du tableau 2, montrent une augmentation importante et relativement régulière de l'extraction de bauxite française, puisque le taux de croissance annuel moyen s'élevait à 6,8 % pendant la période 1956-1966, taux cependant légèrement inférieur à celui de la production mondiale, soit 3,3 %.

Tableau 2

<u>Comparaison de la production de bauxite en France</u> <u>et dans le monde</u> en milliers de tonnes de minerai		
	Production mondiale	Production française
1954....	15 612,9	1 274,8
1955....	16 000,7	1 497,0
1956....	17 364,6	1 466,0
1957....	20 190,4	1 684,5
1958....	21 312,2	1 817,2
1959....	22 989,5	1 744,9
1960....	27 560,2	2 037,7
1961....	29 117,8	2 182,0
1962....	31 058,7	2 158,3
1963....	30 507,6	2 003,1
1964....	23 525,4	2 432,7
1965....	37 150,1	2 666,8
1966....	39 771,5	2 813,0

Source : Minerais et Métaux

COMMERCE EXTERIEUR DE LA BAUXITE  
en France



Source BCSI

Les lieux d'extraction de ce minerai sont principalement concentrés en France, dans le Var et l'Hérault, qui représentent respectivement environ 80 % et 15 % de la production intérieure totale, comme le montre le tableau ci-dessous ; les Bouches-du-Rhône et l'Ariège ne totalisent que 5 %.

Localisation et production des mines de bauxite

	Localisation des principaux sièges d'exploitation	Tonnage de bauxite extrait en 1966	
		Aluminium	Autres usages
Var.....	Brignoles, Les Censies	2 086 326	71 071
Hérault.	Bédarieux, Sète, Bouzigues Cazouls-les-Béziers	586 129	38 215

B - COMMERCE EXTERIEUR

Comme le montrent la figure 3 et le tableau 3, jusqu'à 1960, la France n'importait pratiquement pas de bauxite. Ces approvisionnements ne s'élevaient qu'à quelques dizaines de milliers de tonnes ; ils constituaient des apports d'équilibrages entre usines métropolitaines et sucursales d'outre-mer. En 1965 les importations atteignaient 150 000 tonnes, soit 6 % de la production intérieure et, à partir de 1966, nous assistons à une nouvelle augmentation correspondant à une importation supplémentaire de bauxites australiennes de Weipa qui portent ces chiffres à 226 000 tonnes en 1967 ; cette situation correspond à la signature d'un contrat portant sur dix ans.

Tableau 3

Commerce extérieur de la bauxite en France		
en tonnes		
	Importations	Exportations
1959...	44 961	275 641
1960...	60 645	317 106
1961...	120 728	256 312
1962...	101 833	226 629
1963...	142 499	205 901
1964...	145 845	199 634
1965...	116 509	201 783
1966...	198 000	279 600
1967...	226 100	145 700

Source : B.C.S.I.

Quant aux exportations dirigées principalement vers l'Allemagne et la Grande-Bretagne, elles accusent une baisse liée à la conjoncture (145 700 tonnes seulement en 1967 contre 279 600 tonnes en 1966), après avoir oscillé entre 200 000 et 300 000 tonnes pendant la période 1959 et 1966, (cf. figure 3) ; elles représentent actuellement un pourcentage très faible (5 % environ) de la production intérieure.

## II - L'INDUSTRIE AMONT : L'ALUMINE

### A - PRODUCTION INTERIEURE

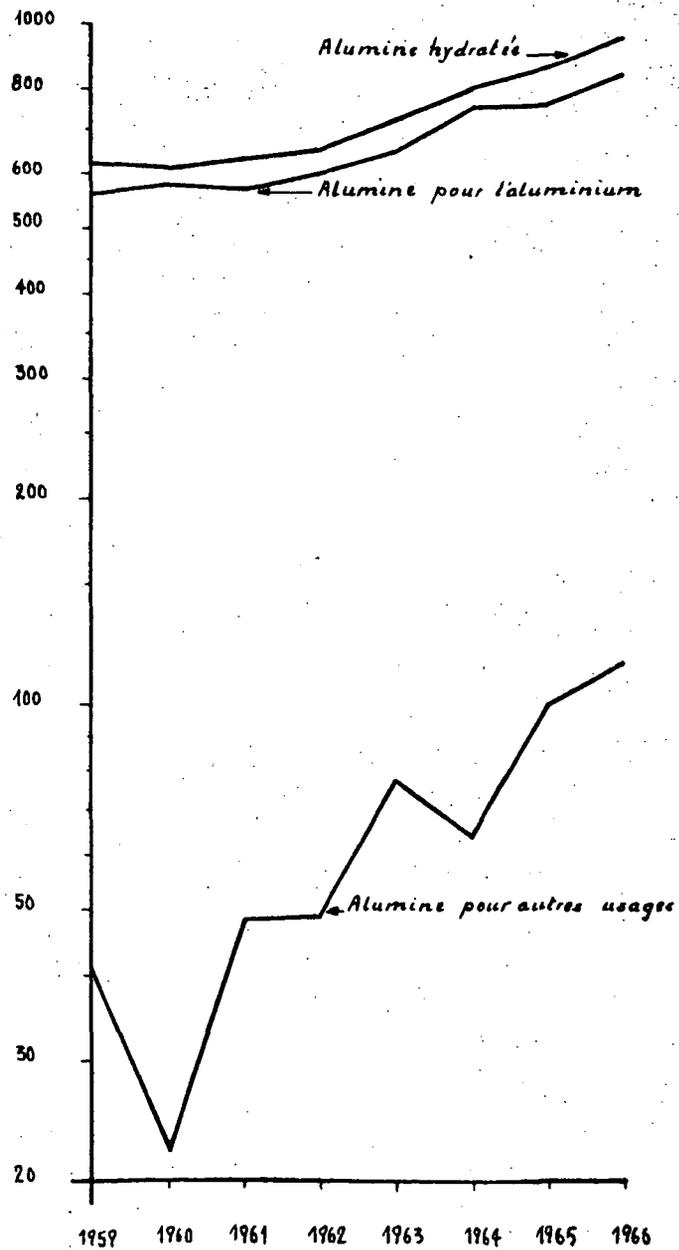
En 1966, les trois sociétés Pechiney, Société des Bauxites de France (Alusuisse) et Ugine ont produit 960 180 tonnes d'alumine hydratée, dont 844 800 tonnes, soit 88 %, d'alumine calcinée pour alimenter leurs usines d'électrolyse.

Nous notons une augmentation relative de la quantité d'alumine fabriquée pour d'autres usages, comme le montrent le tableau 4 et la figure 4.

Tableau 4

<u>Production d'alumine (en <math>Al_2O_3</math>)</u>			
	en tonnes		
	Alumine hydratée	Alumine calcinée pour aluminium	Alumine pour autres usages
1959...	608 223	566 612	41 611
1960...	617 356	595 110	22 246
1961...	634 070	584 475	49 595
1962...	651 502	602 088	49 414
1963...	726 990	649 543	77 447
1964...	805 683	741 139	65 544
1965...	873 825	772 928	100 897
1966...	960 180	844 800	115 380
1967...	1 055 000		

Source : B.C.S.I.

PRODUCTION D'ALUMINE*En milliers de tonnes*

Source: BCSJ

Les parts respectives de ces utilisations ont évolué comme suit :

Production d'alumine	% en 1959	% en 1966	Taux de croissance annuel moyen
Pour l'aluminium.....	93	88	5,4
Pour autres usages.....	7	12	11,6

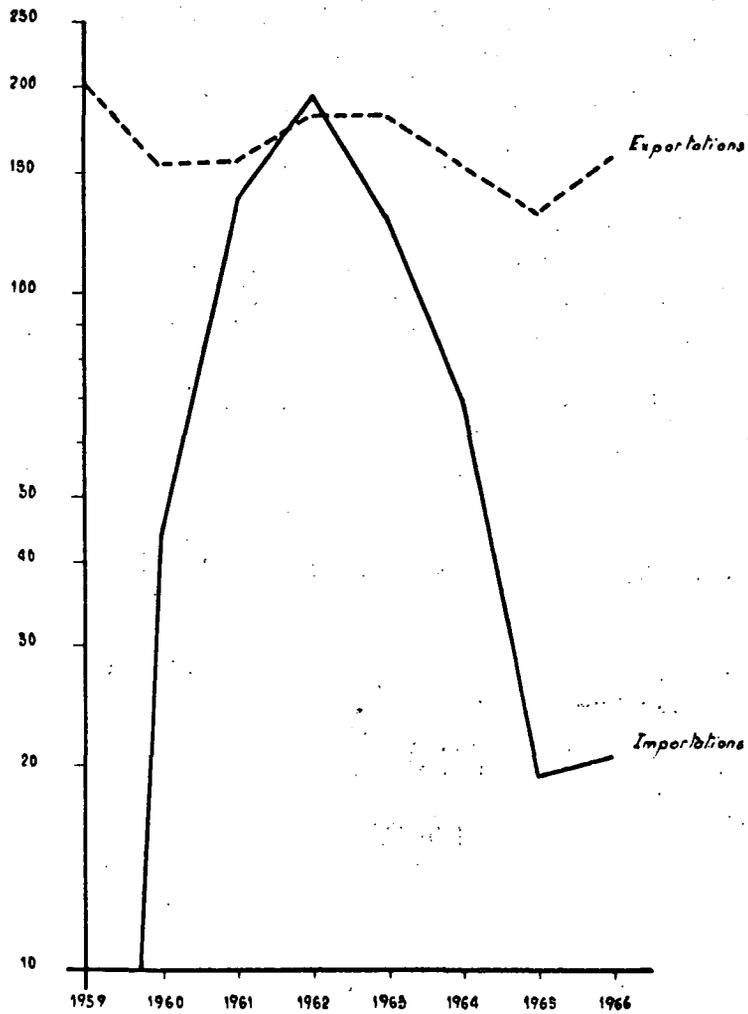
Signalons que seule l'unité de Salindres consacre un fort pourcentage, soit 30 à 40 % de sa production, à des alumines spéciales.

Les usines d'alumine ont été implantées, pour la plupart, dans les régions voisines des lieux d'extraction de la bauxite. Ainsi une forte concentration d'unités apparaît dans les Bouches-du-Rhône, près de Marseille, alors qu'une partie de la bauxite est traitée à Salindres (Gard). Le tableau ci-dessous précise la localisation de ces unités ainsi que leur production pour 1967. Gardanne réalise à elle seule plus de la moitié de la production totale d'alumine.

	Localisation	Sociétés	Production 1967 en t	% du total
Bouches-du-Rhône (Marseille)	Gardanne	Péchiney	570 000	54,0
	St-Louis des Aysgalades	S.F.I.A.	70 000	6,7
	La Barasse	Alusuisse	175 000	16,6
Gard	Salindres	Ugine-Kuhlmann	240 000	22,7
		Péchiney	240 000	22,7
			<u>1 055 000</u>	<u>100,0</u>

COMMERCE EXTERIEUR DE L'ALUMINE  
en France

En milliers de tonnes



Source B.C.S.I.

B - COMMERCE EXTERIEUR

Comme le montrent la figure 5 et le tableau 5, les importations d'alumine, bien que relativement faibles, ont subi de 1959 à 1966 de fortes variations. La pointe de 20 % enregistrée en 1961-1963 correspond à la mise en service de l'unité de production d'alumine de Fria (Guinée) et à une régularisation du marché. En 1966, les importations ont atteint environ 20 000 tonnes, soit 2 % de la production.

Tableau 5

<u>Commerce extérieur de l'alumine</u>		
	en tonnes	
	Importations	Exportations
1959....	211	205 316
1960....	44 457	154 431
1961....	136 000	154 388
1962....	195 003	181 202
1963....	126 793	183 901
1964....	67 068	156 585
1965....	19 700	131 726
1966....	20 532	158 088

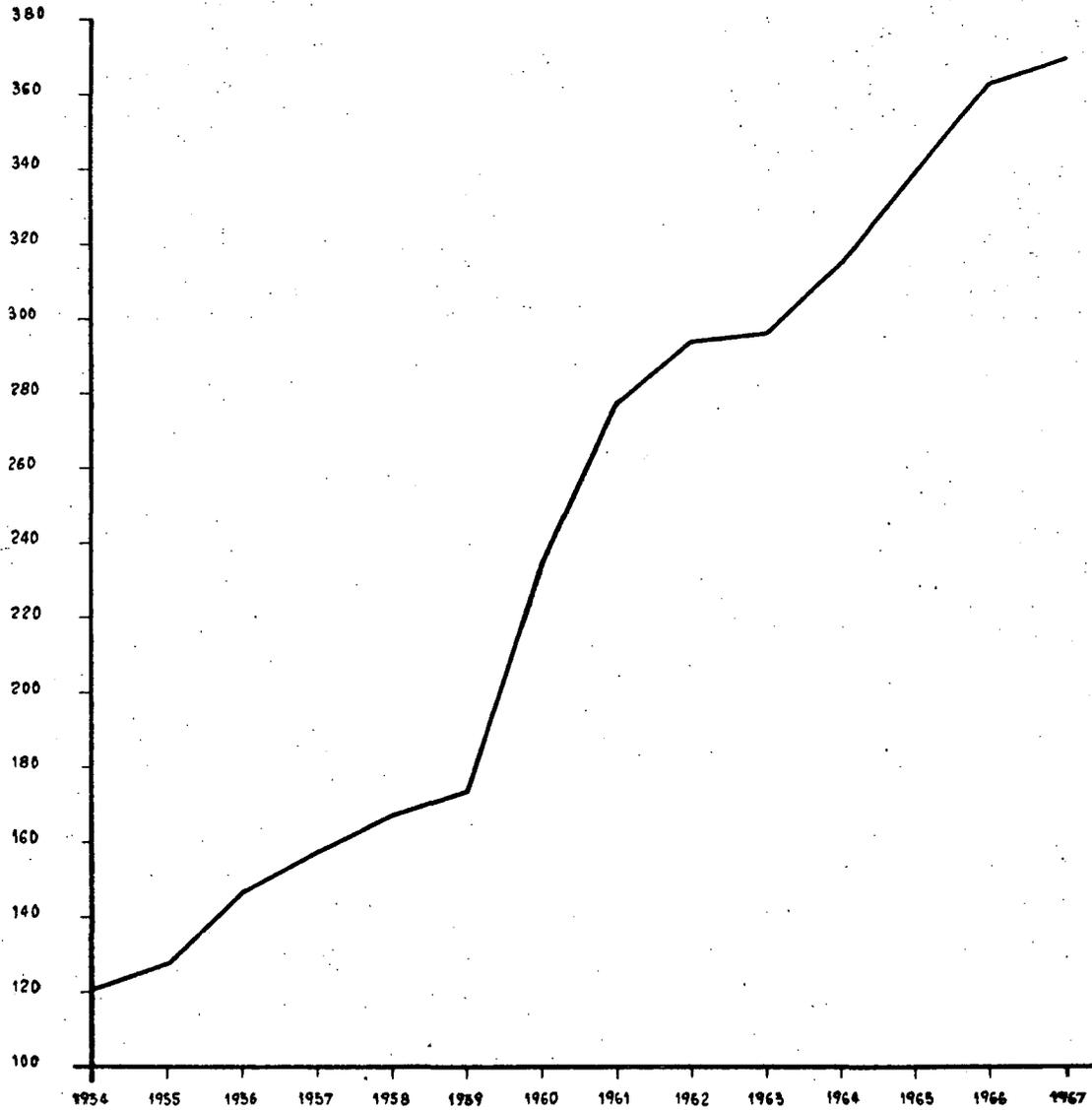
Source : B.C.S.I.

En revanche, les exportations, sensiblement plus élevées (16,5 % de la production intérieure), apparaissent beaucoup plus soutenues. Une part importante, soit 40 %, provient en effet des expéditions régulières de la S.F.I.A. (Marseille), vers la Suisse -pour satisfaire les besoins croissants de ses unités de transformation- et en plus faibles quantités vers l'Italie et l'Allemagne. Le solde sert à compléter les besoins en alumine des filiales étrangères.

Fig. 6

PRODUCTION D'ALUMINIUM  
en France

En milliers de tonnes



Source Minerais et Métaux

### III - L'INDUSTRIE DE TRANSFORMATION DE L'ALUMINE

#### A - L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM

##### 1°) Production intérieure

Les usines d'électrolyse ont produit en 1967 à partir de l'alumine calcinée 369 000 tonnes d'aluminium (aluminium dit de première fusion) ; le taux de croissance annuel moyen de la production pour la période 1954-1967 est de 8,4 %. Le tableau et la figure 6 montrent la régularité de cette évolution pour les treize dernières années ; les dents de scie de la production antérieure à 1954 (cf. figure 1) s'expliquent aisément par la crise économique de 1929 et par la Seconde Guerre mondiale.

Tableau 6

<u>Production française d'aluminium</u>			
en milliers de tonnes			
1954.....	120,2	1961.....	279,2
1955.....	129,2	1962.....	294,5
1956.....	149,3	1963.....	298,4
1957.....	159,8	1964.....	316,0
1958.....	168,9	1965.....	340,5
1959.....	173,0	1966.....	363,5
1960.....	235,2	1967.....	369,0

Source : Minerais et Métaux

Pour s'approvisionner en énergie électrique dans les meilleures conditions, les unités ont été implantées dans les Alpes et les Pyrénées-

COMMERCE EXTERIEUR DE L'ALUMINIUM BRUT NON ALLIE  
en France



Source : minerais et métaux

Orientales ; celles de Saint-Jean-de-Maurienne, de Noguères et de Lannemezan fournissent à elles seules plus de 63 % de l'aluminium français, comme le montre le tableau ci-dessous (1) :

Unités de production d'aluminium en service			
	Localisation	Production 1967 en t	% du total
Haute-Savoie.....	Chedde	8 000	2,2
	La Praz	4 000	1,1
	La Saussaz	12 000	3,3
	St-Jean-de-Maurienne	74 000	20,0
Savoie.....	Venthon	27 500	7,5
Hautes-Alpes.....	L'Argentière	19 000	5,1
Isère.....	Rioupéroux	21 000	5,7
Ariège.....	Sabbart	21 000	5,7
	Auzat	21 000	5,7
Basses-Pyrénées..	Noguères	105 000	28,5
Hautes-Pyrénées..	Lannemezan	55 000	15,0

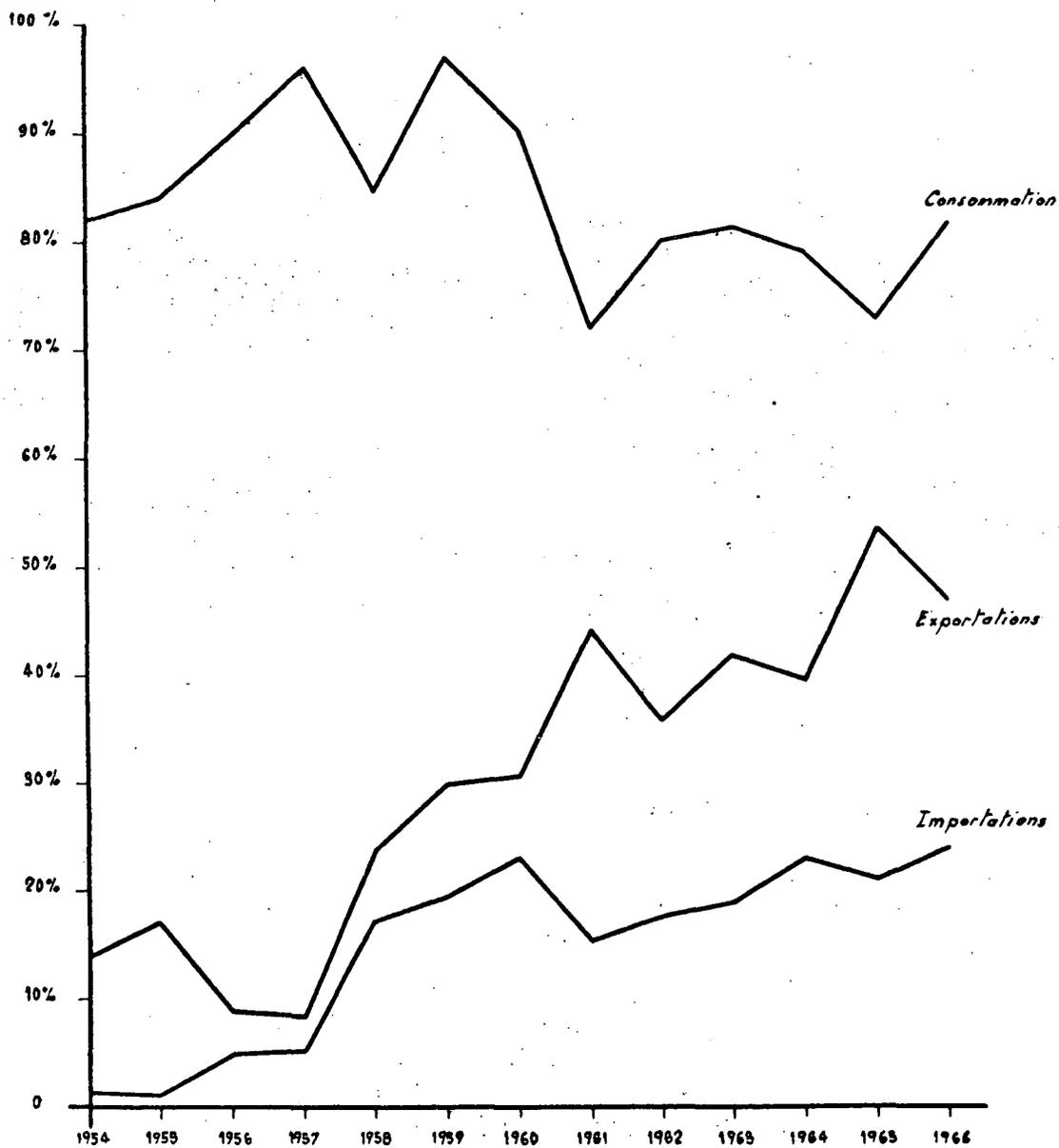
## 2°) Commerce extérieur

Les importations d'aluminium brut non allié atteignent 90 000 tonnes, celles provenant de sociétés sans capitaux français n'excèdent pas 5 000 tonnes en 1967 ; on peut suivre sur le tableau 7 et les figures 7 a et 7 b l'évolution de ces importations depuis 1954, dans l'absolu ou en pourcentage par rapport à la production intérieure. Dans la figure 7 b, nous avons tracé également la courbe de l'évolution de la consommation en pour-cent par rapport à la production intérieure. Nous enregistrons un plafonnement des importations qui paraissent avoir atteint un taux d'équilibre correspondant sans doute aux capacités de transformation des sociétés étrangères implantées en France.

(1) Seules les usines de Venthon et de Lannemezan ne font pas partie de la Société Pechiney, mais de la Société Ugine-Kuhlmann

EVOLUTION DE LA CONSOMMATION, DES IMPORTATIONS ET DES EXPORTATIONS  
D'ALUMINIUM PAR RAPPORT A LA PRODUCTION

*En pourcentage*



*Source: Minerais et Metaux*

Tableau 7

<u>Evolution du commerce extérieur français</u> <u>de l'aluminium brut non allié</u>				
	en tonnes			
	Importations	En % de la production	Exportations	En % de la production
1954.....	1 600	1,3	16 700	13,9
1955.....	1 100	0,85	22 100	17,1
1956.....	7 000	4,7	13 200	8,8
1957.....	8 800	5,1	13 400	8,3
1958.....	29 100	17,2	40 300	23,9
1959.....	33 400	19,3	51 600	29,8
1960.....	54 100	23,0	71 800	30,5
1961.....	42 700	15,3	123 800	44,3
1962.....	51 600	17,5	105 200	35,7
1963.....	55 900	18,7	124 700	41,8
1964.....	72 400	22,9	125 200	39,6
1965.....	71 700	21,1	182 700	53,7
1966.....	87 300	24,0	171 000	47,0

Source : Minerais et Métaux

De la même manière, les exportations (représentées dans les figures 7 a et 7 b) occupent une large place dans la production française, à savoir 140 282 tonnes en 1967, soit 38 % contre 171 000 tonnes en 1966, soit 47 %. Cette régression se justifie par la vente sur place de l'aluminium de nouvelles filiales à l'étranger de sociétés françaises. Par ailleurs, les exportations vers la Belgique-Luxembourg (66 710 tonnes en 1966) conservent un rythme de croissance élevé (17,5 %), alors que celles beaucoup plus faibles vers l'Allemagne Fédérale, l'Argentine et le Royaume-Uni varient irrégulièrement, tout en n'excédant pas une vingtaine de milliers de tonnes.

## B - AUTRES INDUSTRIES

L'alumine calcinée s'emploie aussi directement, principalement dans la fabrication des abrasifs, des réfractaires et céramiques et de la verrerie. L'éclatement des livraisons d'alumine vers ces usines et leur faible développement par rapport à l'industrie de l'aluminium ne justifient pas une étude de ces secteurs dans l'optique des transports des produits chimiques pondéreux.

## IV - LES TRANSPORTS

### A - DETERMINATION DES LIAISONS S.N.C.F. POUR LES TRANSPORTS DE BAUXITE ET L'ALUMINE

Les tableaux ci-après de transport S.N.C.F. pour la bauxite et pour l'alumine, présentent les caractéristiques des trafics S.N.C.F. valables pour 1966. Ainsi, pour chaque liaison, on a calculé le pourcentage transporté en tonnage brut et en tonnage kilométrique, ce qui définit l'importance relative de la liaison. Par ailleurs, le rapport transport S.N.C.F./production indique le degré d'exclusivité de ce moyen de transport pour la liaison envisagée. En outre, on a calculé pour chaque matrice la part qu'elle représente dans le transport total enregistré par la S.N.C.F. ; nous trouvons pour la bauxite 97,2 % et 99,5 % pour l'alumine. Néanmoins, nous relevons 54,4 %, seulement, de bauxite expédiée de Brignoles-Les Censies par la S.N.C.F. ; le solde, soit plus de 40 %, résulte de transports routiers sur la liaison Brignoles-La Barasse (Ugine), ce qui s'explique par la faible distance séparant les deux localités.



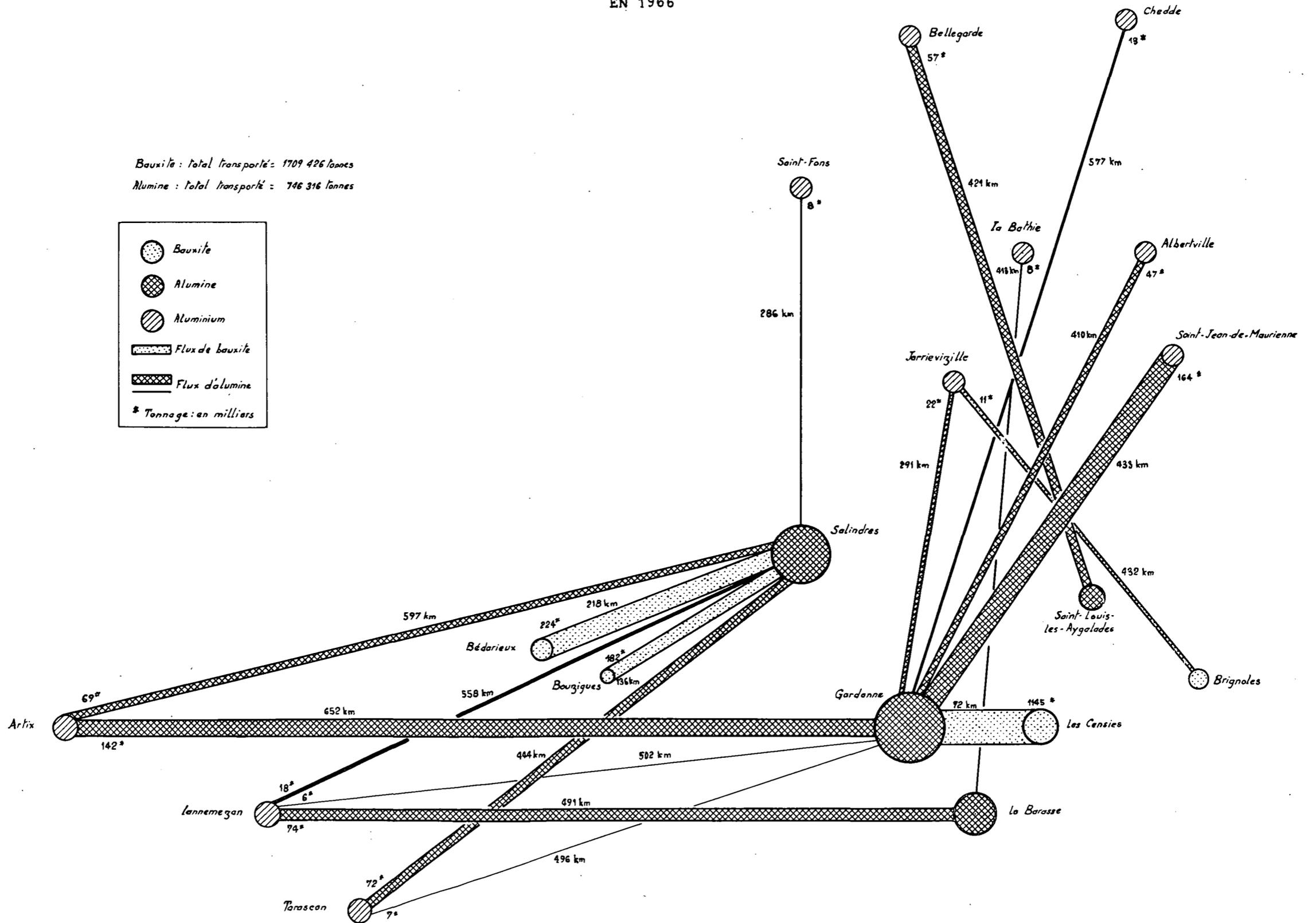
TRANSPORT S.N.C.F. DE BAUXITE ET D'ALUMINE

EN 1966

Bauxite : total transporté : 1709 426 tonnes

Alumine : total transporté : 746 316 tonnes

\* Tonnage : en milliers



B - CARTES DE FLUX

Compte tenu du rapprochement de certaines gares et afin de particulariser chaque liaison importante, le plan 1 ci-contre des flux alumine-bauxite, issu des tableaux des liaisons ci-après, a été tracé schématiquement et sans correspondance géographique ; seuls les emplacements relatifs des villes ont été respectés. Le plan 2 caractérise les étapes successives de transformation de la matière, tout en donnant avec précision les éclatements, et accessoirement les pertes de produits (cette représentation rend ainsi mieux compte des relations de cause à effet dans le cas production-transport).

Enfin, à l'aide des informations communiquées par l'O.N.N., les tableaux et cartes 8 a et 8 b correspondant respectivement aux transports de bauxite et d'alumine par voies fluviales font ressortir la faiblesse de ces trafics. Ainsi, par exemple, en 1966 nous avons les valeurs suivantes :

	en tonnes		
	Trafic total	Transport par voies fluviales	% par rapport au tonnage total transporté
Bauxite	3 011 000	44 575	1,5
Alumine	980 712	40 401	4,1

Ces flux correspondent d'une part à des importations de Belgique et de Hollande vers le centre et le nord de la France pour la bauxite, à destination des cimenteries, d'autre part à des échanges avec des pays de la C.E.E., à des transits et à certains flux intérieurs de faible tonnage pour l'alumine.

En fait, ces flux intéressent essentiellement les débouchés de la bauxite et de l'alumine autres que l'industrie de l'aluminium, comme cela ressort nettement des cartes de ces flux, étant donné que les lieux de destination ne correspondent pas aux implantations d'unités de production d'alumine ou d'aluminium.

Transports S.N.C.F. en 1966

Bauxite

Total produit en t	Rapport transport S.N.C.F./ production	Principales gares expéditrices	Total expédié en t	Principales gares destinataires	Liaison				
					Tonnage	km	Importance relative (t)	t.km	Importance relative (t.km)
Var : 2 157 397	54,4 %	Brignoles	28 882	Neuenburg	7 630	805	0,5	6 142 150	3,4
		Los Censies	1 145 065	Jarrie-Vizille	11 349	432	0,7	4 902 768	2,7
				Gardanne	1 145 065	72	69,4	82 444 680	45,1
Hérault : 624 344	78,0 %	Sète	2 820	Salindres	2 820	136	0,1	383 520	0,2
		Bouzigues	181 683	Salindres	181 683	136	11,0	24 708 888	13,5
		Bédarieux	225 940	Salindres	225 940	218	13,7	49 254 920	26,9
		Cazouls-les-Béziers	74 031	Salindres	74 031	195	4,5	14 436 045	7,9
		Port-de-Bouc	2 449	Jarrie-Vizille	2 108	291	0,1	613 428	0,3
		Total	1 660 810		1 650 626		100	182 881 399	100
			97,2 %*						
		Total transporté S.N.C.F.	1 709 426						

\* : Total en pour-cent par rapport au total transporté S.N.C.F.

Transports S.N.C.F. en 1966

Alumine

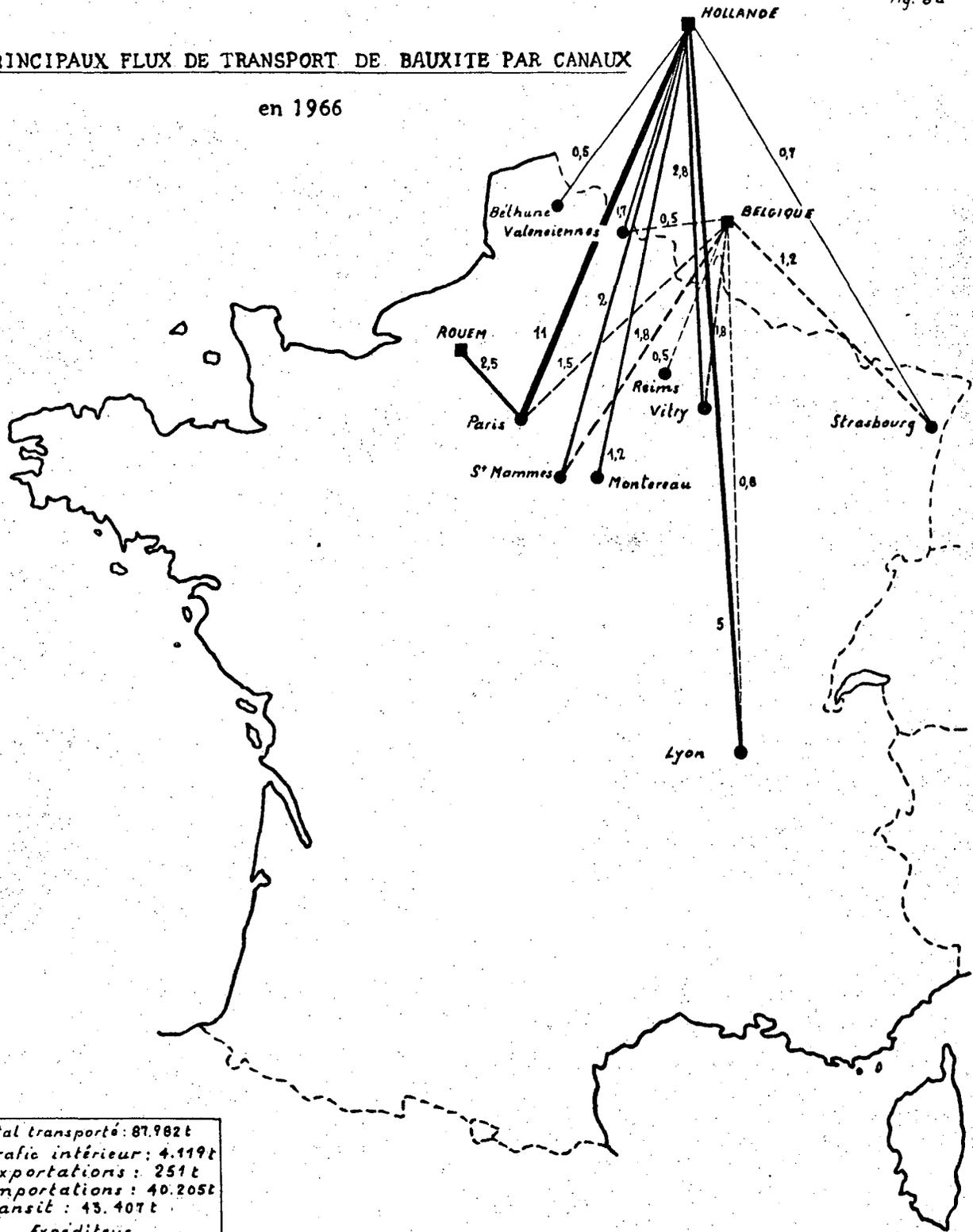
Total produit en t	Rapport transport S.N.C.F. / production	Principales gares expéditrices	Total expédié en t	Principales gares destinataires	Liaison				
					Tonnage	km	Importance relative (t)	t.km	Importance relative (t.km)
64 000	94,4 %	St-Louis-les-Aygalades	60 384	Bellegarde (Ain)	57 873	421	8,2	24 364 533	6,8
171 000	52,5 %	St-Marcel-du-Barrasse	89 736	Lannemezan	74 313	491	10,4	36 487 683	10,2
9 521		Marseille	9 521	La Bathie	8 530	413	1,2	3 522 890	1,0
515 000	79,5 %	Gardanne	409 208	Artix	4 635	635	0,6	2 943 225	0,8
				Tarascon	7 469	496	1,1	3 704 624	1,2
				Lannemezan	5 888	502	0,8	2 955 776	0,8
				Artix	142 163	652	19,9	92 690 276	25,9
				St-Jean-de-Maurienne	163 934	433	22,9	70 983 422	19,9
				Albertville	47 224	410	6,6	19 361 840	5,4
				Chedde	13 207	577	1,8	7 620 439	2,1
				Vizille	22 001	317	3,1	6 974 317	1,9
212 000	90,2 %	Salindres	191 824	Tarascon	71 960	441	10,1	31 734 360	8,9
				Lannemezan	17 884	558	2,5	9 979 272	2,8
				Artix	69 244	597	9,7	41 326 728	11,6
				St-Fons	8 209	286	1,1	2 347 774	0,7
		Total	760 673 99,5 %*		714 534		100	356 997 159	100
		Total transporté S.N.C.F.	764 316						

\* : Total en pour-cent par rapport au total transporté S.N.C.F.

Fig. 8a

**PRINCIPAUX FLUX DE TRANSPORT DE BAUXITE PAR CANAUX**

en 1966



Total transporté: 87.982 t  
 Trafic intérieur: 4.119 t  
 Exportations: 251 t  
 Importations: 40.205 t  
 Transit: 43.407 t

■ Expéditeur  
 ● Destinataire

## Transports par voie fluviale en 1966

Tableau 8a : BAUXITE

Départ	Destination	Tonnage de la liaison (en t)	Distance moyenne (km)	t.km
Rouen	Paris	2 455	266	653 030
Belgique	Béthume	255	70	17 850
	Valenciennes	568	41	23 288
	Cambrai	206	63	12 978
	Reims	510	241	122 910
	Paris	1 507	382	576 635
	Vitry-le-François	1 784	299	534 887
	St-Mammès	1 781	460	819 323
	Lyon	756	797	603 086
	Strasbourg	1 227	57	69 939
Hollande	Béthume	508	65	33 520
	Valenciennes	1 695	41	69 495
	Cambrai	245	63	15 435
	Paris	11 503	379	4 369 804
	Vitry-le-François	2 797	343	962 076
	Charleville	254	14	3 556
	St-Mammès	2 015	448	904 262
	Montereau	1 277	741	946 628
	Lyon	5 208	805	4 194 352
Strasbourg	766	57	43 662	
Total des liaisons :		37 317		
		83,7 %*		
Total transporté :		44 575		

Tableau 8b : ALUMINE

Lyon	Paris	6 944	674	4 683 116
	Belgique	4 073	803	3 274 198
	Hollande	733	677	496 422
Arles	Chalons-sur-Seine	238	352	83 776
	Lyon	17 908	214	3 835 534
Strasbourg	Suisse	1 130	125	141 250
Hollande	Strasbourg	1 130	57	64 410
Total des liaisons :		32 156		
		82,5 %*		
Total transporté :		38 971		

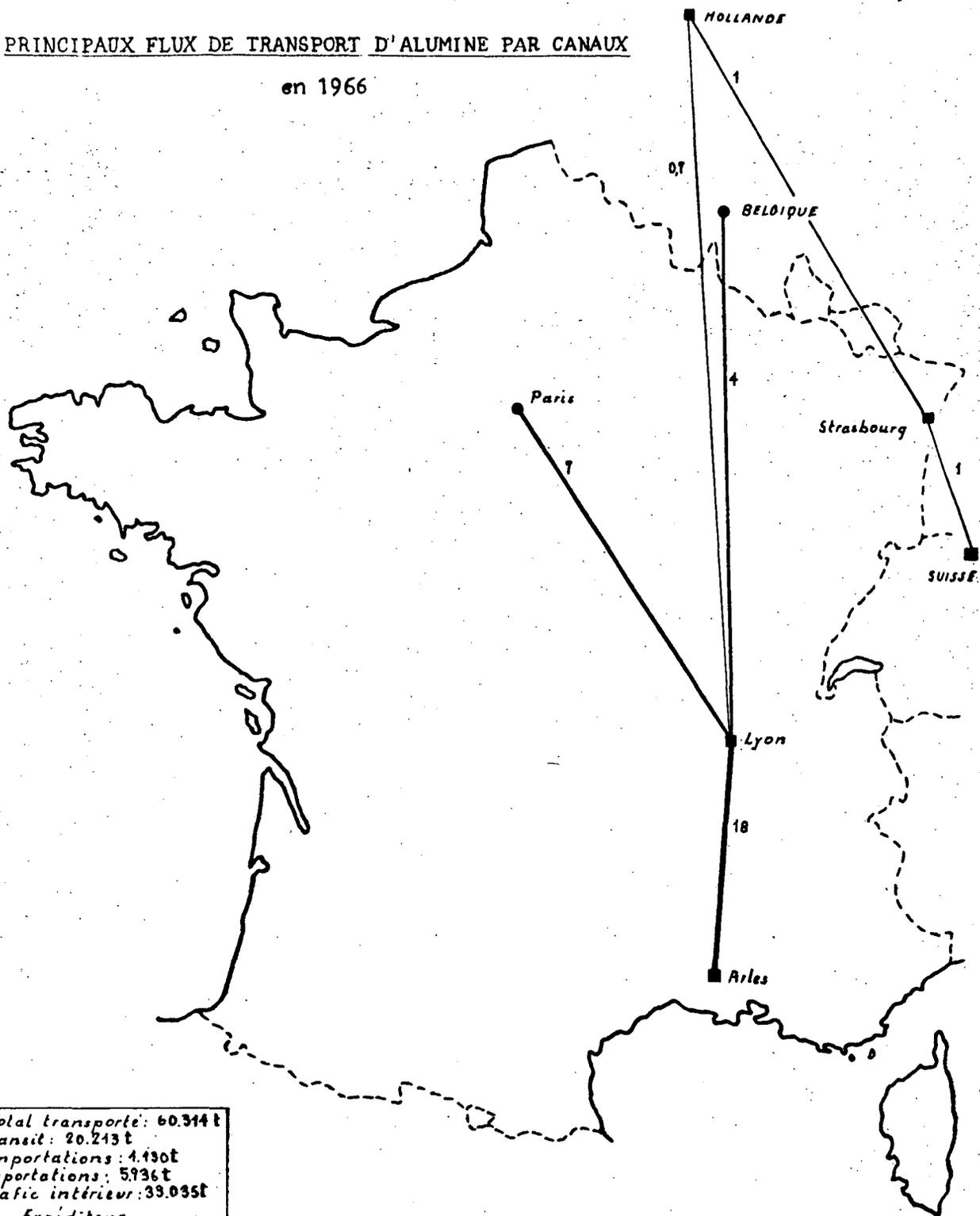
\* Pourcentage des liaisons par rapport au total transporté

Source : Statistiques O.N.N.

Fig. 86

PRINCIPAUX FLUX DE TRANSPORT D'ALUMINE PAR CANAUX

en 1966

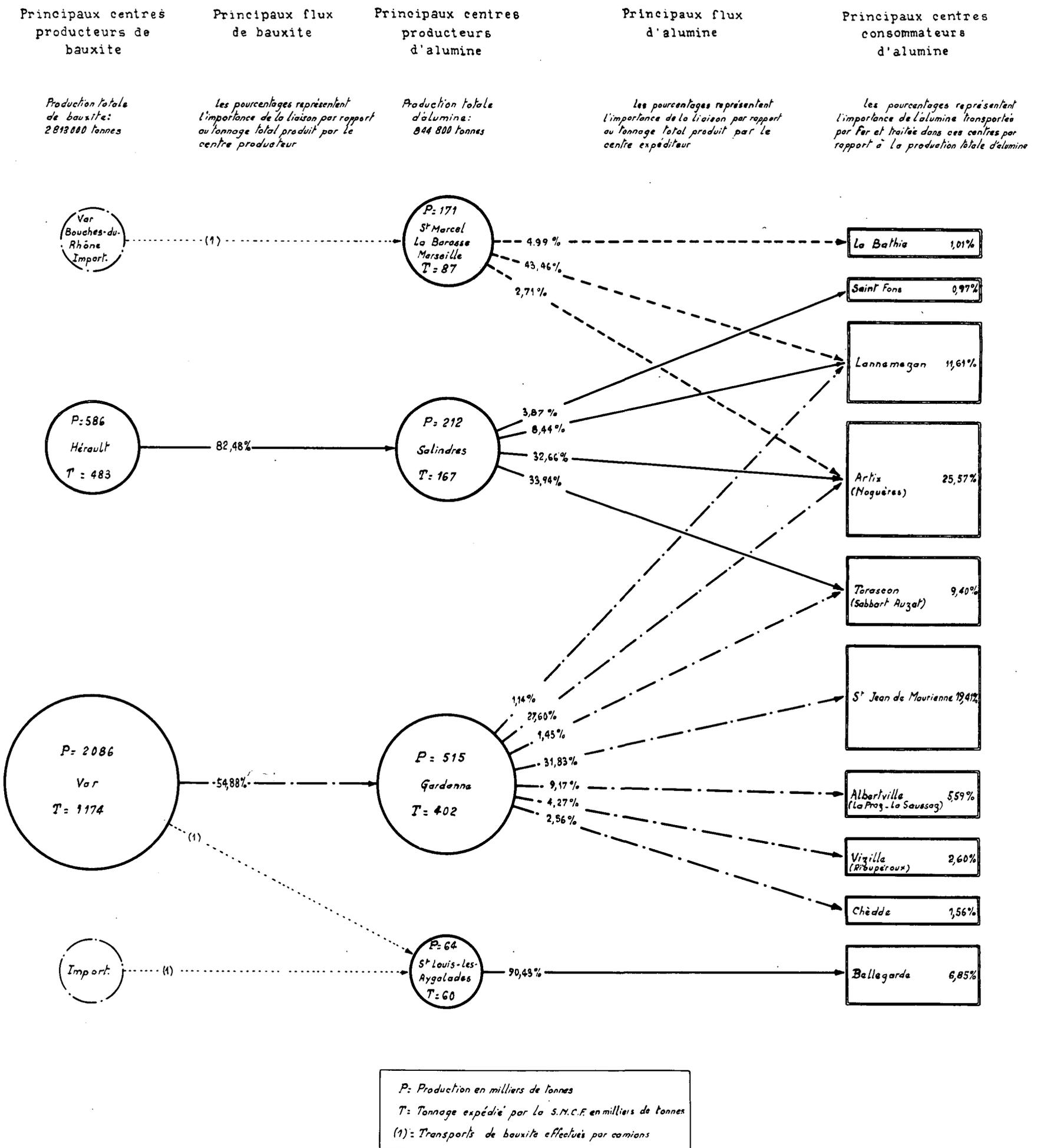


Total transporté: 60.314 t  
 Transit: 20.243 t  
 Importations: 4.430 t  
 Exportations: 5.936 t  
 Trafic intérieur: 39.035 t

■ Expéditeur  
 ● Destinataire

RELATION ENTRE LA PRODUCTION ET LE TRANSPORT PAR FER DE LA BAUXITE ET DE L'ALUMINE

(Chiffres de 1966)





C - EVOLUTION DES TRANSPORTS S.N.C.F.

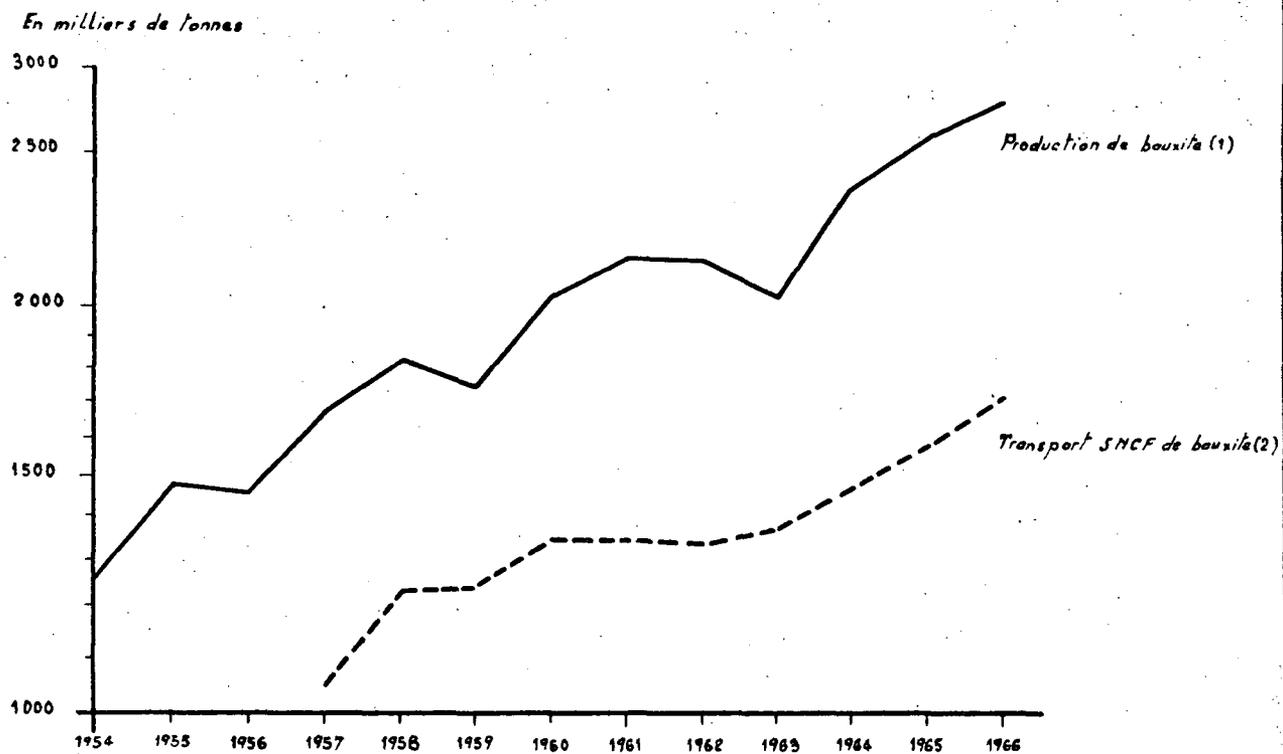
Le tableau 9 et les figures 9 a et 9 b retracent cette évolution comparée à la production. Dans le cas de la bauxite (figure 9 a), nous assistons à un décalage persistant entre les deux évolutions, qui se creuse les dernières années : en revanche, dans le cas de l'alumine (figure 9 b), les deux courbes restent très voisines, ce qui montre que l'utilisation des transports ferroviaires reste prédominante.

Tableau 9

	Bauxite		Alumine	
	Transport S.N.C.F.		Transport S.N.C.F.	
	en milliers de t	en % de la production	en milliers de t	en % de la production
1957...	1 066,1	63,3	380,5	84,9
1958...	1 233,9	67,9	394,7	76,6
1959...	1 243,5	71,3	475,2	83,8
1960...	1 349,7	66,2	575,2	96,7
1961...	1 334,6	61,2	656,1	112,3*
1962...	1 324,9	61,4	655,1	108,8*
1963...	1 371,6	68,4	674,7	103,8*
1964...	1 471,8	60,3	717,7	96,8
1965...	1 595,5	59,9	763,8	98,8
1966...	1 709,4	60,8	764,3	90,5

\* Déstockage  
 Source : Metallgesellschaft et S.N.C.F.

Une autre comparaison entre les transports S.N.C.F. et les autres modes de transport (cf. tableaux 10 a et 10 b et figures 10 a et 10 b) permet de déterminer les modes de transport qui concurrencent le trafic S.N.C.F. Nous indiquons, à cet effet, le sens de variation de ces pourcentages pendant les huit dernières années, dans le tableau ci-après :

COMPARAISON ENTRE LA PRODUCTION ET LE TRANSPORT S.N.C.F. DE BAUXITE

(1) source: Minerais et Métaux

(2) source: Statistiques SNCF.

Variations des différentes catégories de transport			
	Fer	Péniche	Camions, petites distances complémentaires
Bauxite	-	-	+
Alumine	=	+	=

La croissance du tonnage transporté par camion pour la bauxite provient de l'augmentation des importations via Marseille, ces quantités ne devant être transportées que sur de très courtes distances.

#### D - STRUCTURE DU TRAFIC S.N.C.F. POUR L'ALUMINE

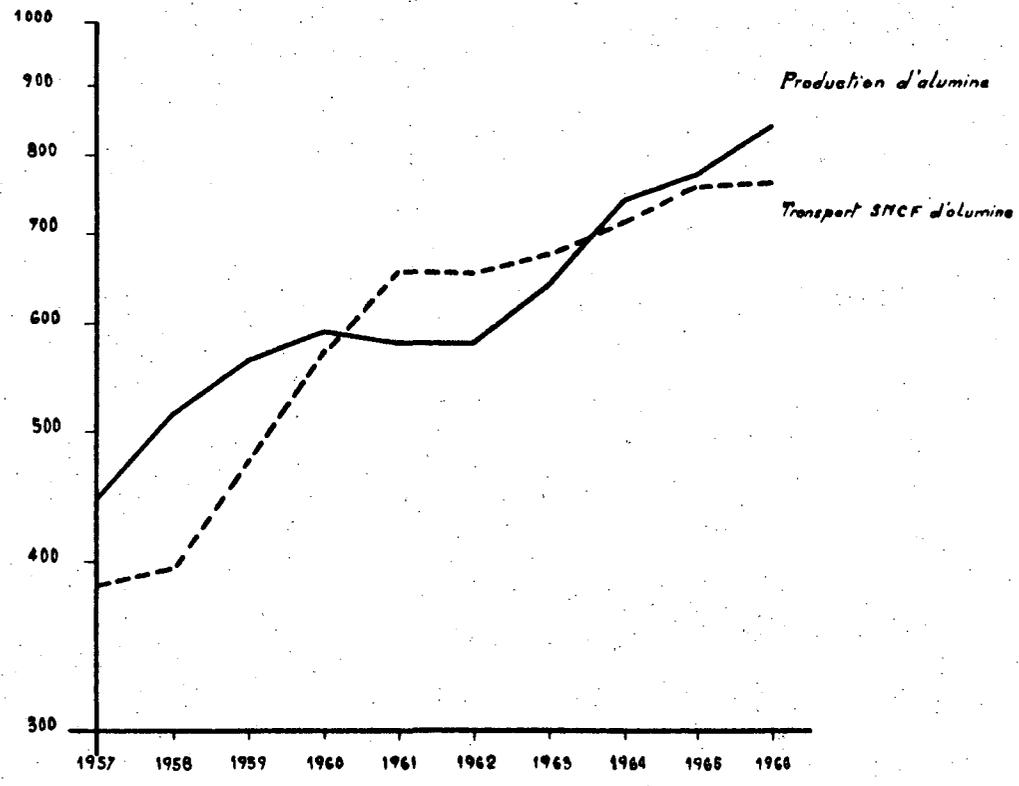
Il a été transporté par fer, en 1966, 764 316 tonnes d'alumine dans les conditions suivantes :

- 641 110 tonnes, soit 83,9 % par trains complets
- 123 206 tonnes, soit 16,1 % par wagons isolés, dont :
  - . 12 871 tonnes, soit 1,7 %, assuraient des liaisons pour des tonnages inférieurs à 500 tonnes
  - . 26 895 tonnes, soit 3,5 %, assuraient des liaisons pour des tonnages de 500 à 5 000 tonnes
  - . 83 440 tonnes, soit 10,9 %, assuraient des liaisons pour des tonnages supérieurs à 5 000 tonnes.

A noter le pourcentage particulièrement élevé d'expéditions par trains complets qui assurent une bonne exploitation du parc. Le tableau page 44 retrace, pour quelques années antérieures, la répartition des transports trains complets, wagons isolés ; nous constatons que le pourcentage de transport par trains complets s'est accru au rythme de 4 % par an, entre 1957 et 1966.

COMPARAISON ENTRE LA PRODUCTION ET LE TRANSPORT S.N.C.F. D'ALUMINE

En milliers de tonnes



Source : Metallgesellschaft

Evolution de l'importance relative des différents modes de transport

Bauxite - Alumine

Tableau 10a : BAUXITE

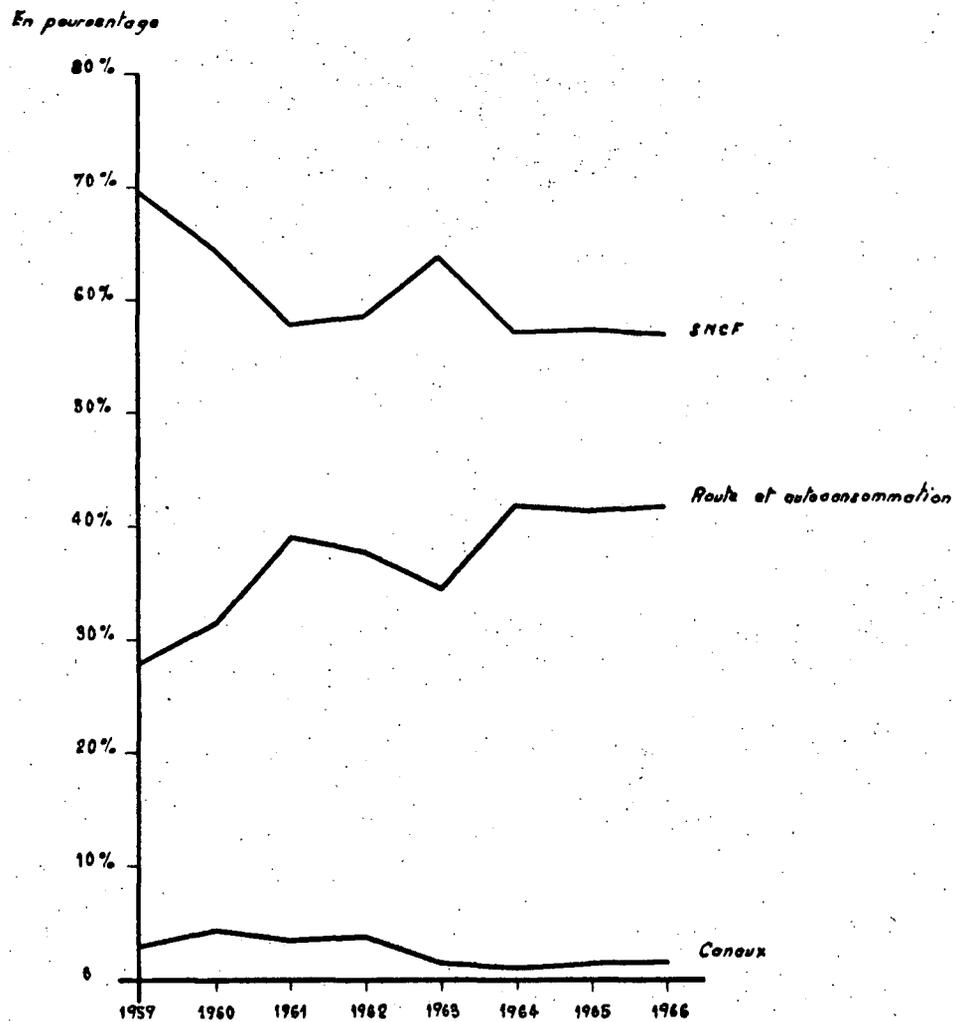
	Production en t	Importation en t	P + I en t	Transports par S.N.C.F. en t	S.N.C.F. P + I en %	Transports par canaux en t	Canaux P + I en %	Solde (route + autoconsom.) en %
1959 .....	1 744 900	44 961	1 789 861	1 243 597	69,5	52 772	2,9	27,6
1960 .....	2 037 700	60 645	2 098 345	1 349 705	64,3	92 542	4,4	31,3
1961 .....	2 182 000	120 728	2 302 728	1 334 553	57,9	77 359	3,4	38,7
1962 .....	2 158 300	101 838	2 260 138	1 324 862	58,6	85 285	3,8	37,6
1963 .....	2 003 100	142 499	2 145 599	1 371 610	63,9	31 552	1,5	34,6
1964 .....	2 432 700	145 845	2 578 545	1 471 768	57,1	29 156	1,1	41,8
1965 .....	2 666 800	116 509	2 783 309	1 595 480	57,3	38 048	1,4	41,3
1966 .....	2 813 000	198 000	3 011 000	1 709 426	56,8	44 575	1,5	41,7

Tableau 10b : ALUMINE

1959 .....	608 223	211	608 434	475 237	78,1	16 738	2,7	19,2
1960 .....	617 356	44 457	661 813	575 197	86,9	11 618	1,7	11,4
1961 .....	634 070	136 000	770 070	656 099	85,2	14 189	1,8	13,0
1962 .....	651 502	195 003	846 505	655 109	77,4	15 305	1,8	20,8
1963 .....	726 990	126 793	853 783	674 738	79,0	23 420	2,7	18,3
1964 .....	805 683	67 068	872 751	717 715	82,2	28 074	3,2	14,6
1965 .....	873 825	19 700	893 525	763 790	85,5	34 070	3,8	10,7
1966 .....	960 180	20 532	980 712	764 316	77,9	38 971	4,0	18,1

Source : Statistiques S.N.C.F., O.N.N. et B.C.S.I.

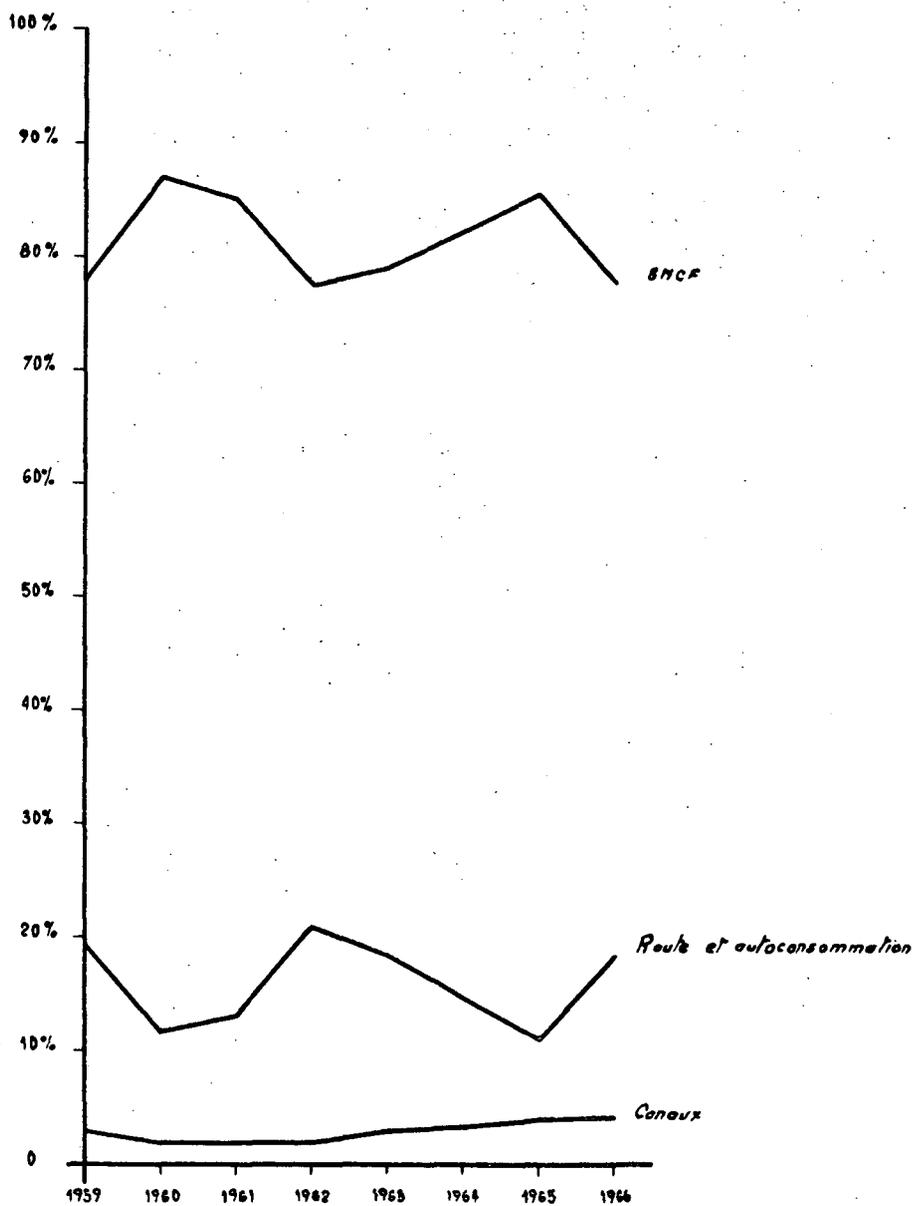
EVOLUTION DE L'IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS  
MODES DE TRANSPORT DE LA BAUXITE



Sources: Statistiques SNCF, ONN et BCSI

EVOLUTION DE L'IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS  
MODES DE TRANSPORT DE L'ALUMINE

*En pourcentage*



Sources: Statistique SNCF, ONN et BCSI

## Evolution du transport de l'alumine par trains complets

	Tonnage total transporté S.N.C.F. en t	Tonnage transporté par trains complets en t	Pourcentage TC/TT *	t.km par trains complets
1957.....	380 528	224 265	58,9	107 649 425
1960.....	575 197	229 539	38,9	121 983 334
1965.....	763 790	548 875	71,9	277 943 878
1966.....	764 316	641 110	83,9	343 506 056

\* TC : Transports par trains complets  
 TT : Total transporté

\* \* \*

En résumé, les flux de transport se traduisent par une utilisation importante de la voie ferrée : 55 à plus de 60 % pour la bauxite et presque 80 à 85 % pour l'alumine. Dans le premier cas, le plus faible pourcentage s'explique par une utilisation importante du transport par camion en raison de très faibles distances parcourues. Enfin les transports par péniche représentent un tonnage transporté insignifiant, tonnage qui d'ailleurs n'intéresse pas l'industrie de l'aluminium.

Chapitre II

LES PERSPECTIVES D'EVOLUTION



## I - ANALYSE DES RESERVES DE BAUXITE ET CONSEQUENCES

### A - RESERVES FRANCAISES

Le département du Var a fourni pendant très longtemps la presque totalité de la production française et représente encore aujourd'hui 80 % de celle-ci ; bien que ses réserves soient encore importantes, on a commencé à exploiter les bauxites de l'Hérault dès 1950, gisements qui offrent aussi des réserves notables. Remarquons par ailleurs que, dans les Bouches-du-Rhône, le gisement des Baux après avoir été délaissé, intéresse à nouveau les exploitants.

En 1963, les réserves métropolitaines (certaines + probables), en fonction de la qualité du minerai, ont été estimées comme suit :

Quantités (tonnes)	Teneur en silice	Limite de profondeur
30 000 000	moins de 9 %	} 600 mètres
38 000 000	environ 9 %	
50 000 000	moins de 12 %	

Deux facteurs : la profondeur de la mine et la teneur en silice de la bauxite, décident de l'exploitation d'une mine. Nous constatons qu'à l'avenir le progrès technique permettra d'extraire les bauxites de plus en plus profondes (certaines mines dépassent déjà plus de 200 m) et de s'intéresser peut-être à des teneurs en silice jusqu'à 12 %.

Dans ce dernier cas, le problème réside dans le fait que la séparation alumine-silice entraîne en même temps que l'élimination de la silice, celle d'une partie de l'alumine. Pour des teneurs élevées en silice, l'entraînement de l'alumine peut être important. Il y a donc un opti-

mum économique à respecter qui correspond à un équilibre technique au-dessus duquel les pertes en alumine trop importantes ne permettent plus d'assurer la rentabilité de l'opération.

### B - RESERVES MONDIALES

Les pays tropicaux sont les plus prometteurs en ressource de bauxite ; à titre d'exemple, la Jamaïque déjà intensément exploitée, a produit 7 000 000 tonnes en 1963 ; les plus gros gisements actuellement connus semblent se situer en Australie, en Afrique et aux Caraïbes.

Ainsi, depuis quelques années, sont déjà exploités les gisements d'Afrique (Guinée) et plus récemment ceux d'Australie qui intéressent de plus en plus les gros producteurs d'aluminium.

Selon une estimation récente, les réserves mondiales s'élèveraient à plus de 4 milliards de tonnes, comme le montre le tableau ci-dessous :

Région géographique	Réserve estimée en 1960 (millions de tonnes)
Afrique	2 000
Australie	1 000
Caraïbes	675
Amérique du Sud	450

Source : Industrie minérale - Mars 1962

Les régions, bien que situées pour la plupart à de très longues distances des centres consommateurs, offrent des conditions d'extraction telles (gisements de surface, teneur en silice exceptionnellement faible, soit 3 %) que le transport n'est pas prohibitif.

C - CONSEQUENCES

Par un calcul très approximatif et en supposant dans la période envisagée :

- qu'aucune nouvelle réserve métropolitaine ne soit découverte,
- que le progrès technique en permette pas d'exploiter rentablement des mines à plus de 500-600 mètres de profondeur, ou à des teneurs en silice d'environ 12 %,
- que le rapport actuel production/importation soit conservé,
- que les besoins de bauxite liés à la production d'alumine continuent de croître au taux de 6,8 %,

et d'après la formule  $\frac{R}{E} = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$ , où R représente les réserves connues, E la quantité de bauxite extraite, i le taux de croissance de l'extraction et n le nombre d'années, nous obtenons une durée de vie des gisements légèrement supérieure à vingt ans, ce qui porte l'échéance de cette exploitation (au taux actuel d'accroissement) aux environs de 1935.

Par contre, les autres gisements de bauxite dans le monde, qui offrent des conditions d'exploitation avantageuses, mettent à la disposition de l'industrie de l'aluminium des ressources pratiquement inépuisables. Par conséquent, la signature d'un contrat (pour dix ans), avec une société australienne assurant à des sociétés françaises 275 000 tonnes de bauxite en 1968 et dans un proche avenir 600 000 tonnes, s'explique aisément. Par ailleurs, pour conserver à la France le plus longtemps possible ses propres ressources, la tendance ira vers une augmentation des importations, accroissement d'ailleurs plus que concomitant. Comme nous l'avons déjà signalé, nous voyons l'amorce de cette politique "d'épargne du minerai français" en comparant les taux moyens d'accroissement pour la période 1960-1967, de la production, soit 4,5 % contre 6,5 % pour la période 1954-1959 et des importations de bauxite, soit 18,2 % pendant la période 1954-1967. Ces différences dans les taux de progression marquent le début d'un flux d'échanges relativement important avec la Guinée et l'Australie.

De ces dernières considérations, il semble plausible de s'attendre d'ici à 1935, à une production intérieure de bauxite dont l'augmentation annuelle ne devrait pas dépasser 5 % au cours des prochaines années.

## II - LES FUTURES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DES USINES FRANCAISES D'ELECTROLYSE

### A - ALUMINE

Les unités de production d'alumine de Salindres et de la région de Marseille (essentiellement Gardanne, cf. page 17) fournissent jusqu'à présent la quasi-totalité des besoins en alumine. Le taux d'accroissement de la production d'alumine est de 5,9 % par an depuis 1959. Ce taux légèrement inférieur à celui de la production d'aluminium s'explique par les notables importations d'alumine en provenance de Fria, spécialement en 1962. Au cours des prochaines années, la production devrait rester constante car les unités françaises actuelles, datant déjà depuis plus d'une cinquantaine d'années, ont des capacités proches du plafond de leur rentabilité.

Ainsi nous devrions voir croître, d'ici une décennie, les importations d'alumine obtenue sur place à partir des bauxites d'Australie (et peut-être de Guinée). L'éventualité de la création de nouvelles unités productrices sur le sol français n'est pas pour autant à rejeter dans une période ultérieure, dans le cas où seraient mises en place de nouvelles usines d'électrolyse, plus proches de zones consommatrices (Basse-Seine par exemple); dans ce cas ces unités de production d'alumine seraient implantées en zone portuaire; toutefois une telle transformation du régime actuel ne semble pas devoir intervenir avant 1975.

### B - ENERGIE ELECTRIQUE

Jusqu'à présent, en France, l'électrométallurgie a été défavorisée par rapport à celle des autres pays; en effet, le prix du kWh rendu est d'environ 0,10 F (tarif vert), tarif très largement au-dessus de celui de la Norvège (qui peut exporter avec plus de facilité son aluminium parce que le prix de l'énergie électrique est très avantageux). De même, au Canada et aux Etats-Unis, les prix du kWh sont plus faibles qu'en France :

dans la Tennessee Valley, le coût de l'énergie est le plus faible du monde, avec 0,01 F/kWh. En Grande-Bretagne, les accords d'approvisionnement en énergie électrique obtenus par Alcan et Alusuisse, auprès de la N.C.B., au prix de 38 centimes la thermique, ont amené ces producteurs à établir des usines d'électrolyse sur le sol britannique.

En France, la loi de nationalisation stipule que l'E.D.F. doit fournir aux sociétés, pour les centrales qu'elles possédaient en propre auparavant, l'énergie électrique à son prix de revient (0,025 à 0,030 F/kWh). L'entretien des centrales électriques est assuré par des comités mixtes (E.D.F.-société). Pour la demande de surplus d'énergie électrique, au-delà des droits, la société doit acheter cette énergie au tarif normal, dit tarif vert.

Cet état de fait résulte de la répartition actuelle de la production d'électricité. La puissance appelée par les consommateurs varie au cours du jour, en fonction de la semaine, de la saison et de l'année. Lorsque cette puissance appelée augmente, l'E.D.F. utilise les centrales disponibles dans l'ordre des coûts croissants du combustible :

- centrales hydrauliques au fil de l'eau (coût nul)
- centrales thermiques brûlant des combustibles pauvres sans autres utilisations possibles (gaz de hauts fourneaux, lignite, charbons à forte teneur en cendres)
- centrales thermiques modernes à rendements médiocres : turbines à combustibles marchands (charbons, fuels lourds)
- centrales thermiques anciennes à rendements médiocres : (turbines à gaz) ; centrales hydrauliques à réservoir. Ces deux types de centrales assurent les pointes de consommation.

La majeure partie (95 % en 1966) des charbons marchands consommés par E.D.F. provient des mines françaises ou sarroises. Lors du retour de la Sarre à l'Allemagne, le gouvernement français exigea un contrat à long terme de livraison à la France de charbon sarrois. De même, un accord signé par E.D.F. avec les Charbonnages de France, prévoit qu'E.D.F. consommera en priorité les charbons français, dans la limite de ses besoins et jusqu'à concurrence de 15 millions de tonnes par an. Ces accords sont désavantageux pour l'E.D.F., entreprise dont l'objectif économique est de satisfaire au moindre coût les besoins français d'électricité. L'achat de charbons importés de Pologne ou des Etats-Unis, moitié moins chers, lui permettrait en effet d'économiser plusieurs centaines de millions de francs par an.

Finalement, lorsqu'on défalque de la production totale d'électricité ce que fournissent les centrales hydrauliques au fil de l'eau, les centrales thermiques à combustibles pauvres, à charbons français ou sarrois, et les centrales de pointe, la fraction restante est la seule pour laquelle E.D.F. puisse, dans une certaine mesure, choisir la solution la plus économique : c'est là le champ de compétition des centrales thermiques à combustibles importés et des centrales nucléaires.

Comme le montre le tableau ci-après, la production d'électricité mise en compétition, actuellement de faible importance, va prendre une part constamment croissante et, à moyen terme, prépondérante dans l'éventail des moyens de production de l'énergie électrique.

Ventilation de la production d'électricité

en milliards de kWh

	1965	1970	1975	1980	1985
Centrales hydrauliques.....	46	50	58	63	68
Centrales à combustibles pauvres et divers.....	25	30	35	35	35
Centrales à charbons franco-sarrois..	20	30	37	37	37
Centrales thermiques à combustibles importés et centrales nucléaires.....	<u>11</u>	<u>40</u>	<u>85</u>	<u>170</u>	<u>290</u>
Production française d'électricité...	102	150	215	305	430

Source : Ve Plan

La situation défavorable de la production d'énergie électrique en France devrait s'atténuer d'ici à 1985. En effet, l'augmentation de la consommation d'électricité sera couverte par les centrales nucléaires et thermiques à combustibles importés. Le remplacement progressif des centrales au charbon, et surtout la mise en place de nouvelles centrales utilisant le fuel d'importation livré sous contrat à long terme (actuellement des pourparlers pour un tel contrat sont en cours avec l'Irak), ou

le gaz naturel du gisement de la mer du Nord (dont les réserves sont exceptionnellement importantes : 2 000 milliards de m<sup>3</sup>), abaisseront considérablement le prix de la thermique. Dès 1975, pour l'ensemble du réseau français de distribution, le prix du kWh rendu devrait très vraisemblablement passer de 0,08 F à 0,06 F en 1985.

L'obtention d'électricité à partir de centrales nucléaires paraît fournir une solution intéressante (actuellement les prix avoisinent 0,02 à 0,03 F/kWh). L'énergie obtenue en très grandes quantités permettrait un prix de revient particulièrement adapté aux exigences d'une usine d'électrolyse. Malheureusement, l'utilisation industrielle d'une telle énergie ne se fera pas avant 1980, en raison de défaillances pas encore parfaitement maîtrisées, et du choix des filières (en particulier surrégénérateurs) à mettre en place. Notons, toutefois, que le développement des centrales nucléaires surrégénératrices a déjà incité à l'abaissement du prix de l'énergie électrique. C'est cette perspective de développement qui a fait d'une part que le gaz de la mer du Nord a été négocié à des prix très bas, nettement inférieurs à ceux du gaz hollandais, d'autre part que les gisements de lignite allemands sont exploités intensivement pour que leur épuisement ait lieu à peu près en même temps que l'utilisation à l'échelle industrielle de l'énergie électrique produite par les surrégénérateurs.

Actuellement, la capacité de production d'énergie électrique des réacteurs nucléaires est trop importante (250 à 600 MWe) pour une usine d'aluminium qui consomme au maximum 100 MWe ; il en serait encore de même avec les surrégénérateurs, dans l'état actuel de la technique. La construction de tels réacteurs ne permet donc pas de s'affranchir du réseau, en raison des temps d'arrêt soit pour entretien soit par suite de pannes imprévues, ce qui nécessite la construction de groupes supplémentaires à forte capacité et donc beaucoup trop onéreux. Il faudra donc pratiquement attendre 1980, pour disposer de réacteurs nucléaires de 15 MWe produisant de l'énergie à un coût concurrentiel.

### C - CONSEQUENCES SUR LES IMPLANTATIONS

Grâce aux centrales thermiques à combustibles importés et aux nouvelles sources d'approvisionnement en bauxite ou alumine, les usines d'électrolyse de l'aluminium ne seront plus tenues de s'implanter à proximité des sources d'énergie (régions montagneuses) ou des gisements de bauxite (sud de la France), implantations qui ne correspondent pas aux grandes zones de consommation.

Par ailleurs, le coût du kWh en 1985 ne devrait plus mettre les industriels français dans la nécessité d'implanter de nouvelles capacités de production en Grèce, en Espagne, aux Etats-Unis, afin d'offrir sur ces marchés des produits à un prix concurrentiel. Ce phénomène pourrait être accéléré, dans la mesure où l'on assisterait à une politique énergétique commune des pays de la C.E.E.

A l'avenir, les unités de production d'aluminium pourront être implantées en France d'une manière beaucoup plus fonctionnelle du point de vue des transports amont et aval et/ou des possibilités d'absorption de l'arrière-pays. Ainsi les zones portuaires de l'ouest et du nord de la France cumuleront les avantages :

- de recevoir facilement les approvisionnements des pays d'outre-mer en alumine (ou éventuellement en bauxite) ainsi que le carburant liquide ou occasionnellement gazeux ;
- de permettre aux producteurs d'aluminium de livrer à des clients français moins éloignés ;
- de pouvoir exporter le métal par voie maritime ou fluviale sans qu'il y ait rupture de charge du côté de l'expéditeur.

Les ports de Brest, du Havre et de Dunkerque pourraient, pour des raisons différentes (aménagement du territoire, proximité de la région parisienne, facilités d'échanges avec le Benelux ou plus encore la C.E.E.), avoir une position préférentielle.

Par ailleurs, le port de Marseille de par sa proximité des mines de bauxite et la facilité d'approvisionnement en carburant du

Moyen-Orient ainsi que grâce au port minéralier de Fos-sur-Mer, en construction, pourrait motiver l'implantation d'une usine d'électrolyse (1).

### III - PREVISION DE CONSOMMATION D'ALUMINIUM EN FRANCE

#### A - LES PARAMETRES DE LA CONSOMMATION D'ALUMINIUM EN FRANCE ET AUX ETATS-UNIS

Pour déterminer les flux en 1985, nous allons essayer d'évaluer quelle sera la production intérieure d'aluminium, directement liée à la consommation à cette époque.

La consommation d'aluminium par tête aux Etats-Unis a été de 15,4 kg en 1966, alors qu'en France elle n'atteignait que 6 kg ; cette différence importante permet de penser que la tendance de forte expansion enregistrée pour notre pays (figure 11 et tableau 11) devrait se poursuivre jusqu'en 1985. Reste à savoir comment ce taux évoluera les prochaines années. Pendant la période passée considérée, nous voyons que l'accroissement de la consommation à raison d'un taux de progression annuel de 10,2 % ne s'est pas effectué de façon uniforme. En effet, cette période peut être divisée en deux parties : nous constatons déjà dans la première moitié un taux de croissance moyen de 12,5 %, alors que pour la seconde moitié nous n'enregistrons plus qu'un taux de 8,1 %. Il y a donc tassement. La légère concavité de la courbe nous laissait d'ailleurs prévoir le déclin du taux d'augmentation annuel.

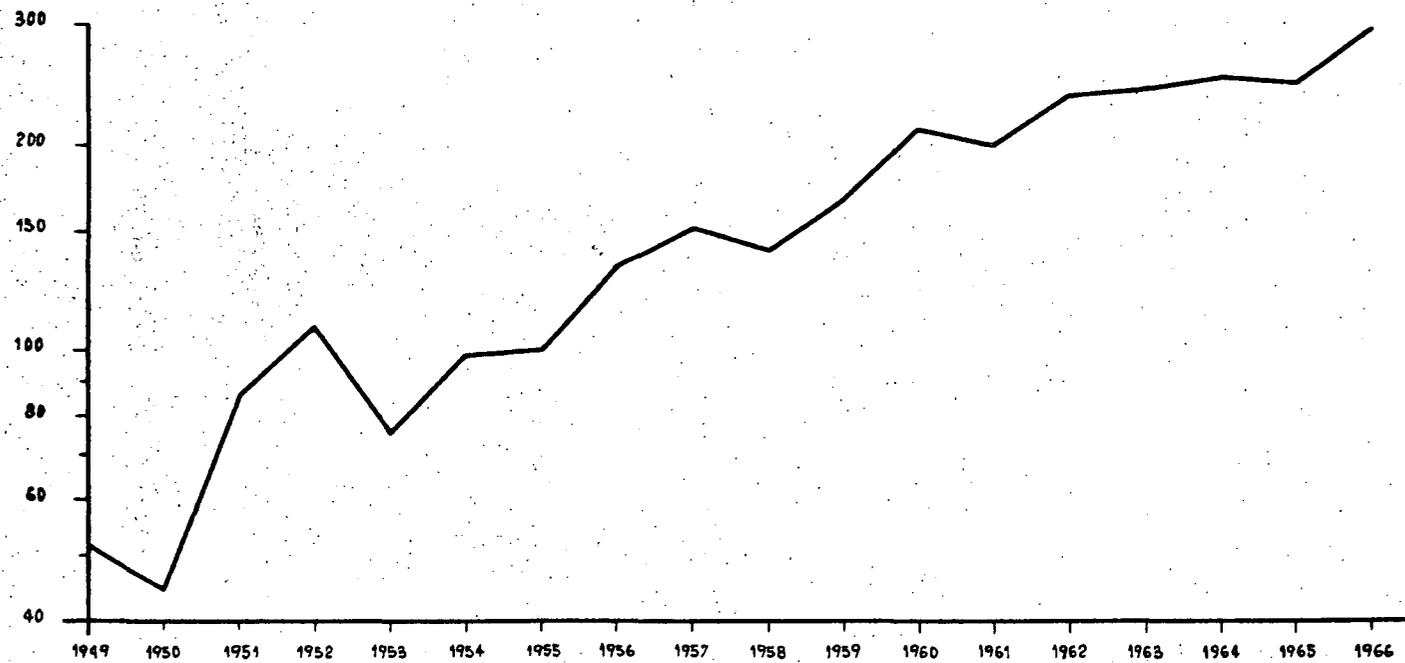
(1) Actuellement, les investissements des grandes sociétés mondiales productrices d'aluminium se décident en fonction des facteurs suivants :

- le prix du kWh
- la localisation géographique
- les matières premières dont on peut disposer en fonction de la localisation
- la fiscalité et les conditions de financement

Notons que le prix de la main-d'oeuvre n'intervient pratiquement pas (quand celle-ci n'est pas chère, le rendement tend à baisser), de même que l'avance technique d'une société, avance qui ne subsiste que peu de temps.

EVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ALUMINIUM  
en France

En milliers de tonnes



Source : Minerais et Métaux

Tableau 11

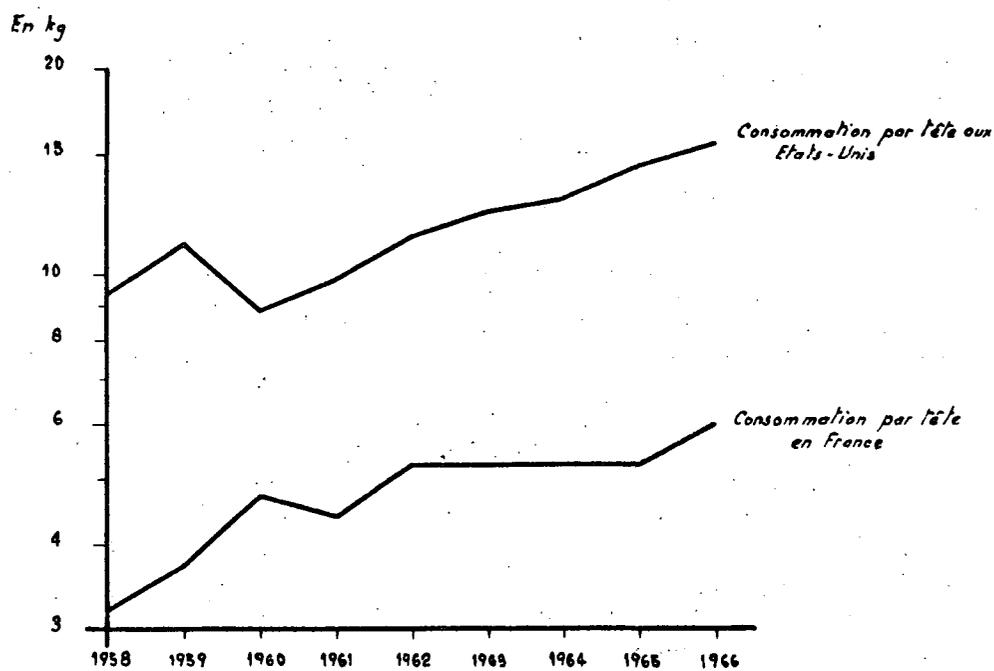
<u>Evolution de la consommation d'aluminium en France</u>			
en milliers de t			
1949....	50,2	1958....	143,1
1950....	44,7	1959....	167,8
1951....	86,8	1960....	212,7
1952....	100,8	1961....	201,2
1953....	74,0	1962....	235,6
1954....	98,6	1963....	242,5
1955....	103,5	1964....	249,3
1956....	134,2	1965....	248,6
1957....	153,2	1966....	298,3

Source : Minerais et Métaux

Dans la figure 12 et le tableau 12 d'une part, la figure 13 et le tableau 13 d'autre part, nous donnons les courbes de consommation d'aluminium respectivement par tête et globale (première fusion), en France et aux Etats-Unis. Les taux de progression de la consommation par tête en France et aux Etats-Unis sont respectivement de 7,3 % et de 5,7 % pour la période 1953-1966. Autrement dit, la plus forte progression en France montre que l'on est encore loin du taux de saturation et qu'il existe, par rapport aux Etats-Unis, une certaine tendance à un rattrapage.

Par ailleurs, nous constatons un décalage persistant d'environ une douzaine d'années entre les deux pays pour des consommations par tête égales, ce qui veut dire que dans le cas où la consommation par tête aux Etats-Unis accuserait une certaine saturation, il faudrait attendre douze ans pour que pareil phénomène se manifeste en France.

COMPARAISON DE LA CONSOMMATION D'ALUMINIUM PAR TÊTE  
en France et aux Etats-Unis



Sources: Annuaire de l'O.M.U.  
Minerais et Métaux

Tableau 12

<u>Comparaison de la consommation d'aluminium par tête</u> <u>en France et aux Etats-Unis</u>		
		en kg
	France	Etats-Unis
1958.....	3,2	9,4
1959.....	3,7	11,0
1960.....	4,7	8,9
1961.....	4,3	9,8
1962.....	5,1	11,3
1963.....	5,1	12,2
1964.....	5,1	12,6
1965.....	5,1	14,4
1966.....	6,0	15,4

Source : Annuaire de l'O.N.U. et Minerais et Métaux

Tableau 13

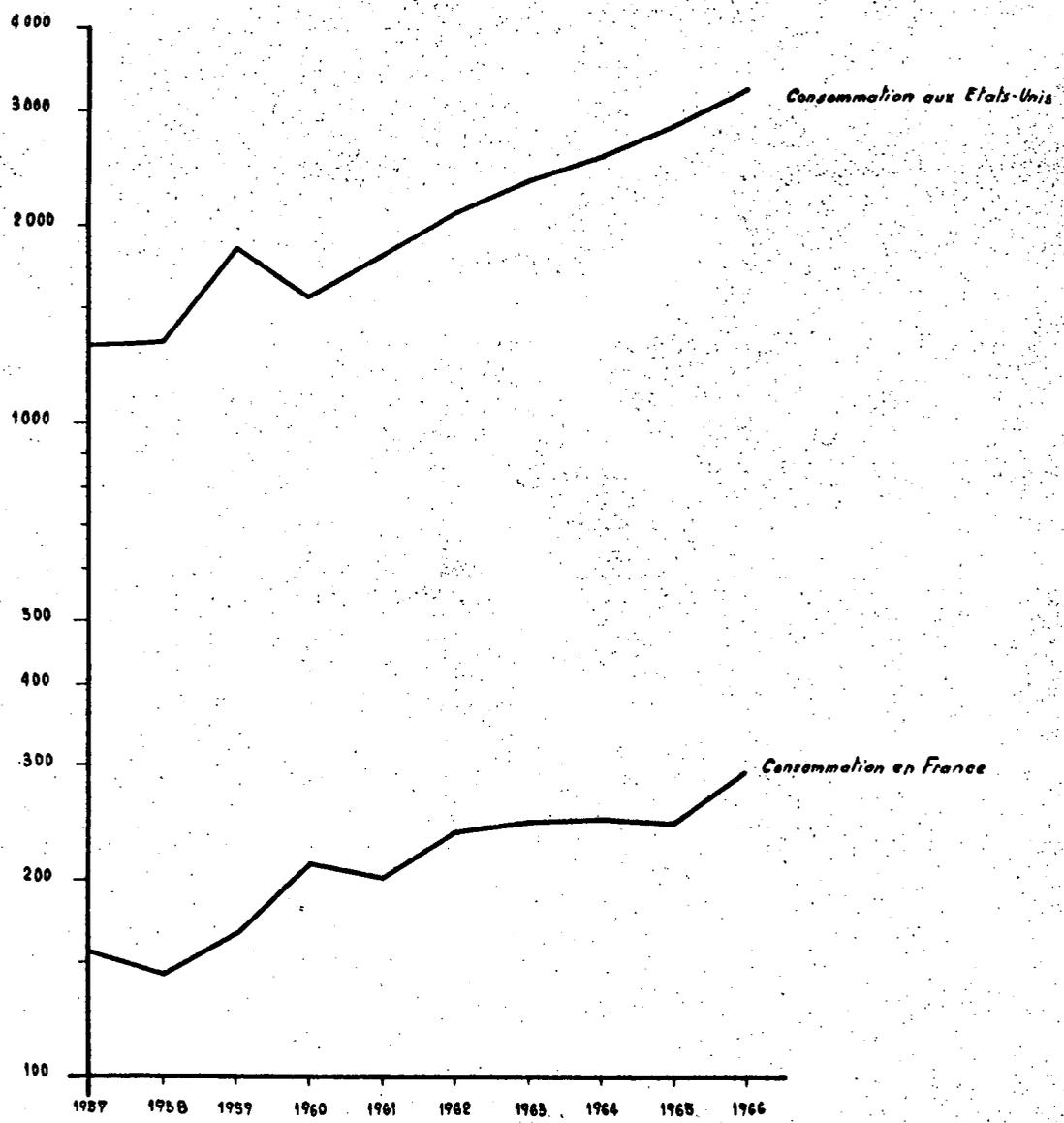
<u>Comparaison de la consommation d'aluminium de première fusion</u> <u>en France et aux Etats-Unis</u>		
		en milliers de tonnes
	France	Etats-Unis
1957.....	153,1	1 314,4
1958.....	143,1	1 334,0
1959.....	167,8	1 845,3
1960.....	212,7	1 541,2
1961.....	201,2	1 791,1
1962.....	235,6	2 089,3
1963.....	242,6	2 340,3
1964.....	249,3	2 534,9
1965.....	248,5	2 851,8
1966.....	298,3	3 273,6

Source : Metallgesellschaft

Fig. 13

### COMPARAISON DE LA CONSOMMATION D'ALUMINIUM DE PREMIERE FUSION en France et aux Etats-Unis

En milliers de tonnes



Source: Metallgesellschaft

Dans l'optique de cette étude, un autre paramètre peut exercer une incidence sur les transports amont : l'augmentation de consommation d'aluminium de deuxième fusion par rapport au métal de première fusion. Dans ce cas, les transports amont d'alumine et de bauxite ne suivraient plus la progression de cette industrie. Actuellement, le pourcentage de métal de seconde fusion est en forte baisse en France, alors qu'aux Etats-Unis, il augmente légèrement, comme le montre le tableau ci-dessous :

Production d'aluminium

en milliers de t

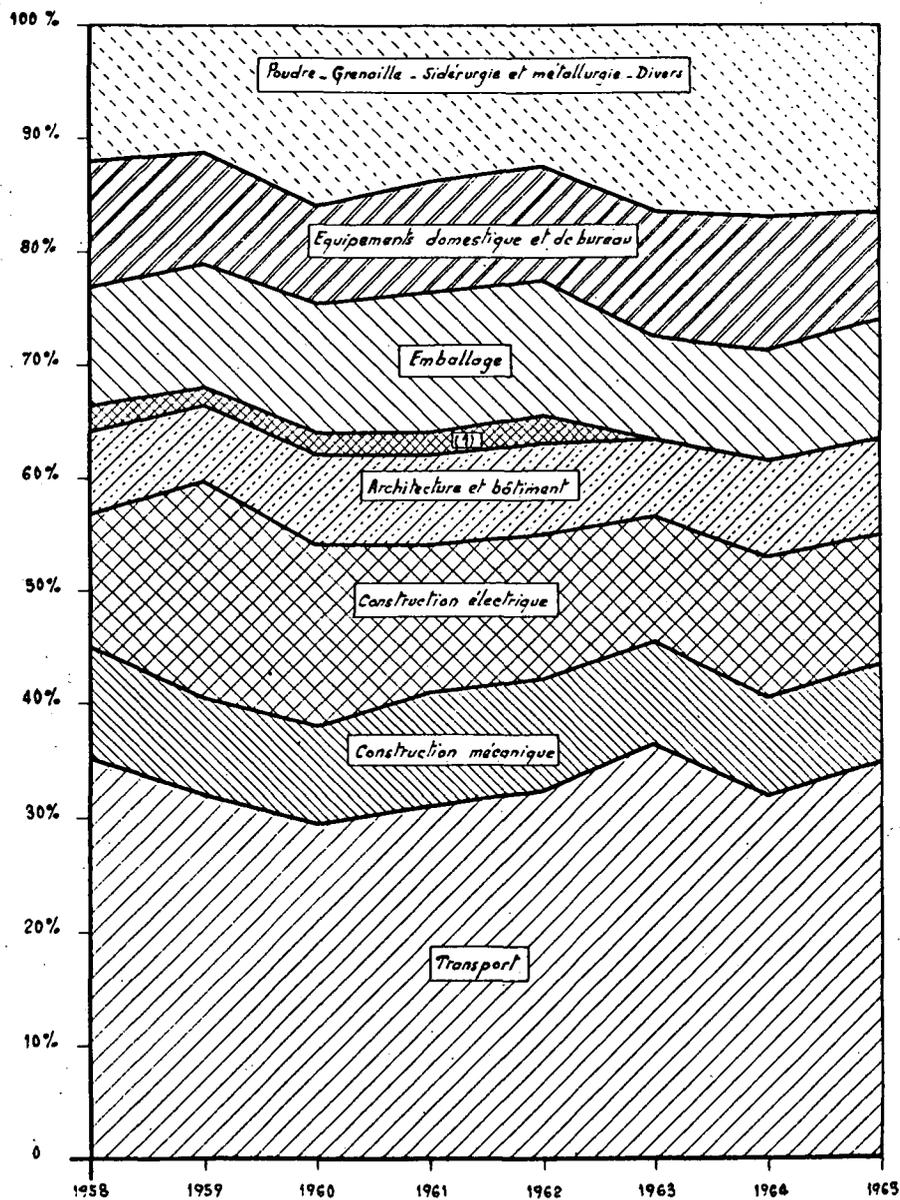
	Pays	Métal de première fusion	Métal de deuxième fusion	Part du métal de deuxième fusion (%)
1955....	Etats-Unis	1 565,7	334,3	17,6
	France	129,172	31,567	24,4
1965....	Etats-Unis	2 552,7	695,0	21,4
	France	315,990	50,339	15,9

Les fluctuations de ces pourcentages dépendent de l'"aluminium perdu" dans certains débouchés comme l'emballage tandis que, pour d'autres débouchés, comme l'équipement de transports, par exemple, après un certain nombre d'années, l'aluminium est récupéré, aux pertes près, et remis en circuit (aluminium de deuxième fusion).

Par conséquent, il apparaît ici un nouveau facteur important pour ces prévisions, lequel se situe au niveau des principaux secteurs consommateurs. Le tableau 14 et la figure 14 a indiquent une bonne stabilité dans la répartition des différentes consommations pour la période 1958-1965. En fait, les différences dans les pourcentages d'aluminium de première et de deuxième fusion aux Etats-Unis et en France (cf. figure 14 b) proviennent d'une répartition autre entre les secteurs utilisateurs. Aux Etats-Unis, la part imputée à l'architecture et au bâtiment croît plus fortement qu'en France. En raison d'un cycle de réutilisation pour la deu-

EVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ALUMINIUM DANS LES  
PRINCIPAUX SECTEURS D'UTILISATION

*En pourcentage cumulé*



(1) Appareillages chimique, alimentaire, agricole

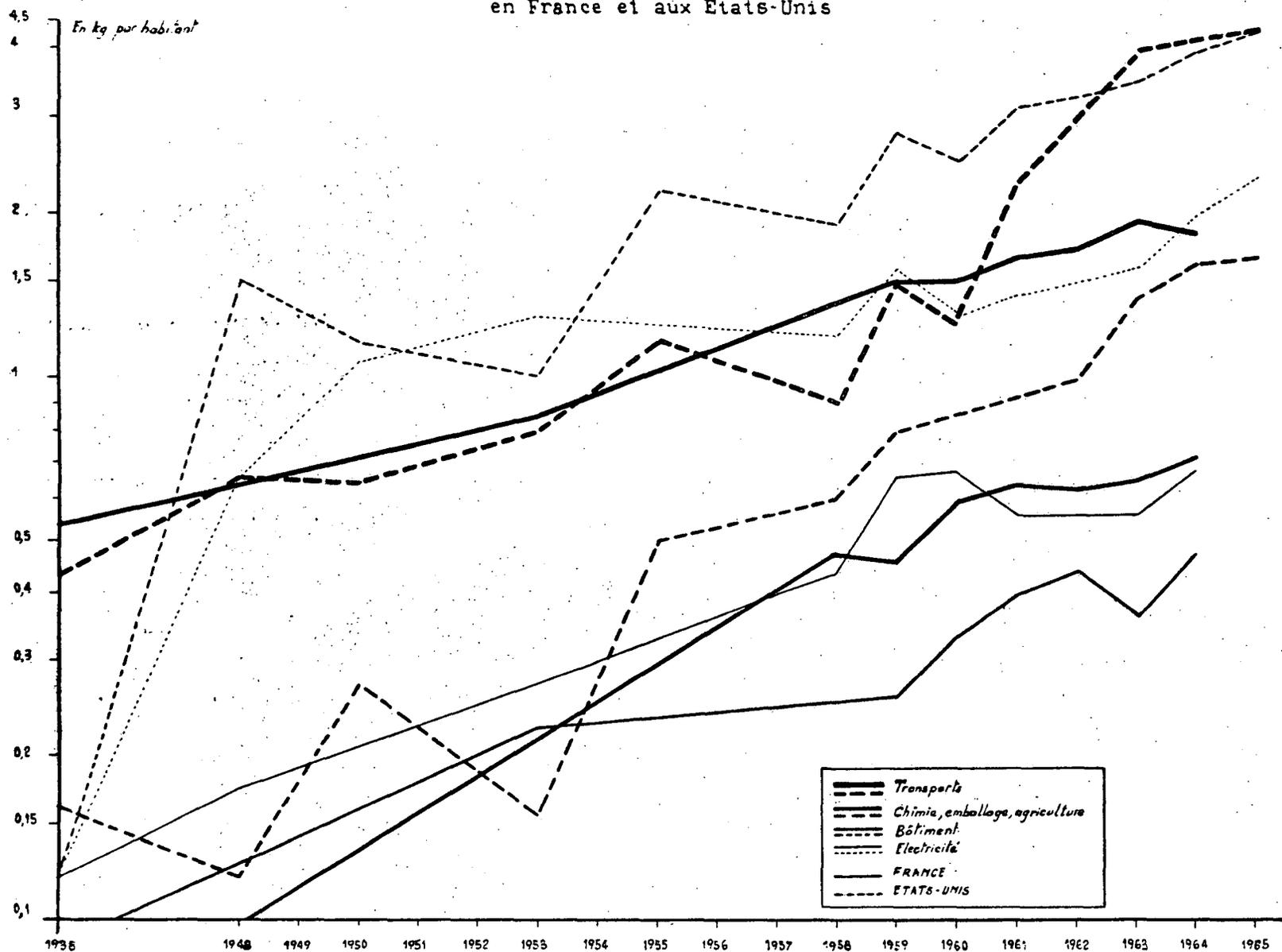
Source: Metallgesellschaft

Tableau 14

Consommation française d'aluminium dans les principaux secteurs d'utilisation								
	en pourcentage							
	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Transport.....	35,14	32,69	29,85	30,71	32,7	36,5	32,4	34,95
Construction mécanique.....	9,88	8,12	8,79	9,99	9,4	8,9	8,4	8,67
Construction électrique.....	12,02	18,93	15,72	13,52	13,0	11,1	12,4	11,41
Architecture et bâtiment.....	7,37	6,95	7,89	8,40	8,0	6,9	8,2	8,89
Appareillages chimiques, alimentaires, agricoles.....	1,81	1,51	2,01	2,01	2,7	-	-	-
Emballage.....	11,58	10,85	11,51	11,91	12,0	9,3	10,1	9,94
Equipement domestique et bureau	10,39	10,09	9,18	9,75	9,7	11,0	11,5	9,28
Poudre et grenaille.....	1,48	2,92	3,62	4,01	3,3	} 16,3	17,0	16,86
Sidérurgie et métallurgie.....	3,85	3,22	3,27	3,07	2,6			
Divers.....	6,48	4,72	8,16	6,63	6,6			
	100	100	100	100	100	100	100	100

Source : Metallgesellschaft

CONSUMMATION D'ALUMINIUM PAR HABITANT DANS LES PRINCIPAUX SECTEURS UTILISATEURS  
en France et aux Etats-Unis



Source: Revue de l'aluminium Janvier 1968

xième fusion, relativement long, la part du métal de première fusion devient prépondérante. Malgré une technique de construction moins évoluée en France, l'augmentation du taux de progression dans le bâtiment laisse présager une tendance analogue, et d'ici à 1985 les pourcentages actuels de production française d'aluminium de première et de deuxième fusion devraient se rapprocher de ceux des Etats-Unis.

### B - METHODES DE PREVISIONS ET RESULTATS

Pour tenir compte dans la mesure du possible de tous ces paramètres, nous avons utilisé pour nos prévisions la corrélation de la consommation d'aluminium avec l'indice de production industrielle depuis 1949 jusqu'en 1966, qui conformément au tableau et à la figure 15, donne un coefficient de corrélation  $r_{PI} = 0,93$ , très satisfaisant.

Tableau 15

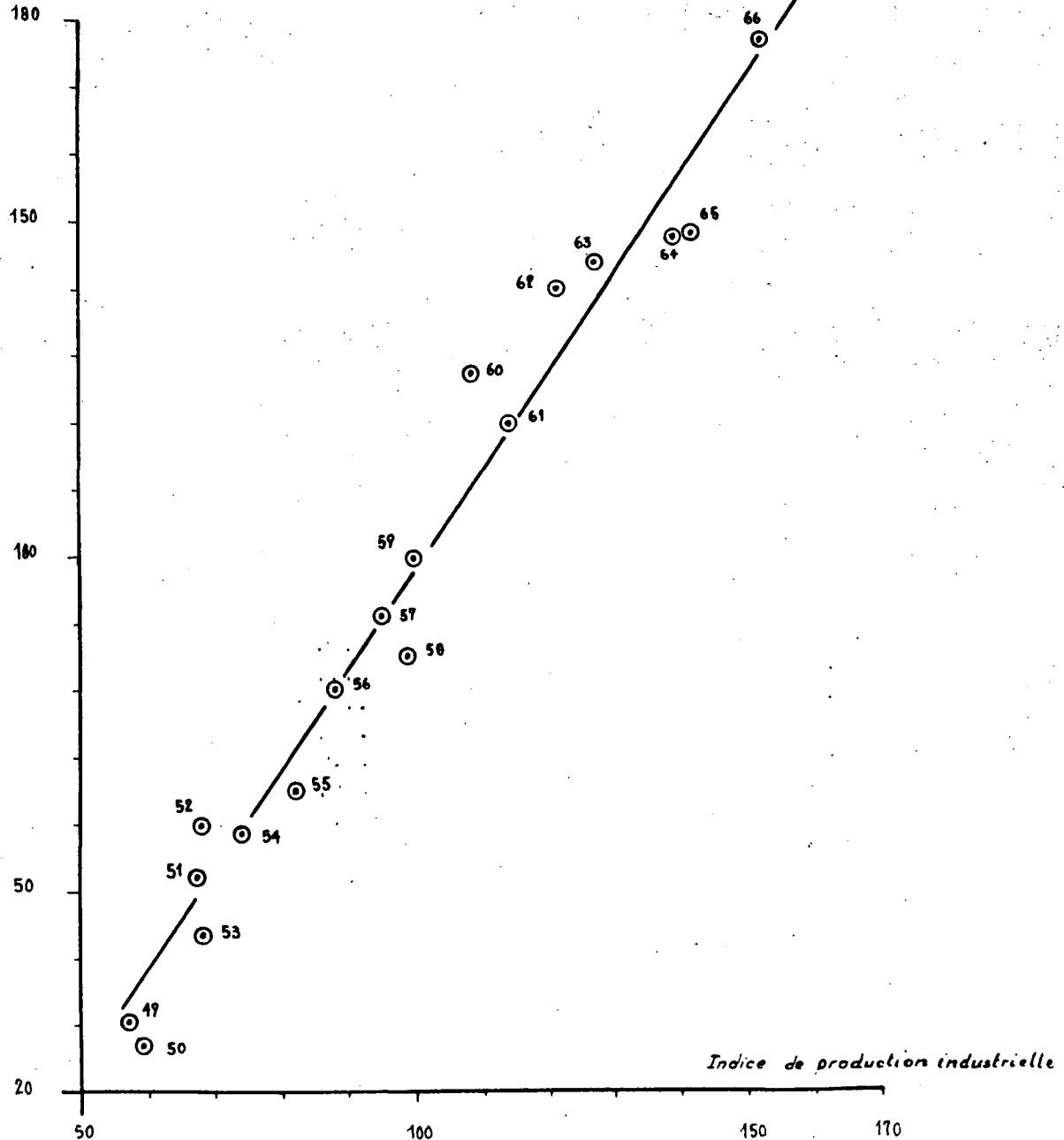
<u>Corrélation production industrielle - consommation d'aluminium</u>					
Indice 100 en 1959					
	Production	Consommation		Production	Consommation
1949...	57	30	1958....	99	85
1950...	59	27	1959....	100	100
1951...	67	52	1960....	108	127
1952...	68	60	1961....	114	120
1953...	68	44	1962....	121	140
1954...	74	59	1963....	127	144
1955...	82	65	1964....	139	148
1956...	88	30	1965....	142	148
1957...	95	91	1966....	152	177

Source : I.N.S.E.E. - Minerais et Métaux

## CORRELATION PRODUCTION INDUSTRIELLE - CONSOMMATION D'ALUMINIUM

Indices 100 en 1959

Consommation d'aluminium



Sources: I.N.S.E.E. Minerais et Métaux

Les coordonnées  $x$ , indice de production industrielle, nomenclature I.N.S.E.E. base 100 en 1959, et  $y$ , consommation d'aluminium (base 100 = 167 800 tonnes en 1959), ont été choisies de manière à simplifier la représentation. L'ajustement de cette relation linéaire donne l'équation suivante :

$$y = 1,506 x + 52,965$$

D'après les estimations B.I.P.E., nous avons trouvé l'indice de production industrielle pour 1985

$$x_{85} = 326,2$$

qui, remplacé dans l'équation précédente, donne

$$y_{85} = 1,506 \times 326,2 + 52,965 = 544,2$$

soit une consommation de 915 000 tonnes d'aluminium.

A titre de vérification, nous obtenons sensiblement les mêmes résultats par une autre corrélation, aussi significative : celle de la consommation d'aluminium par tête et du produit intérieur brut, qui donne un coefficient  $r_{\text{PIB}} = 0,977$ , également satisfaisant.

En se fondant sur l'étude "Réflexions pour 1985" qui prévoit un indice de la P.I.B. d'après la nomenclature I.N.S.E.E. (base 100 en 1959 = 5 282 029 F 1959/tête) de 257,8 en 1985 correspondant à une population totale de 59 800 000 personnes, nous trouvons (1) une consommation par tête en indice de 397,17, c'est-à-dire 14,7 kg, soit un total de 880 000 tonnes d'aluminium. Par ces deux méthodes, dont l'une tient compte du développement démographique, nous aboutissons à des résultats très voisins puisque l'écart n'est que de 3,8 %.

Les résultats extrapolés de la figure 11, à partir de 1959, avec un taux d'accroissement de 7,4 %, donneraient une consommation de 1 250 000 tonnes pour 1985. Mais il faut noter que le taux de ces dernières années, exceptionnellement haut, devrait baisser légèrement pendant la période qui nous sépare de l'horizon 1985.

---

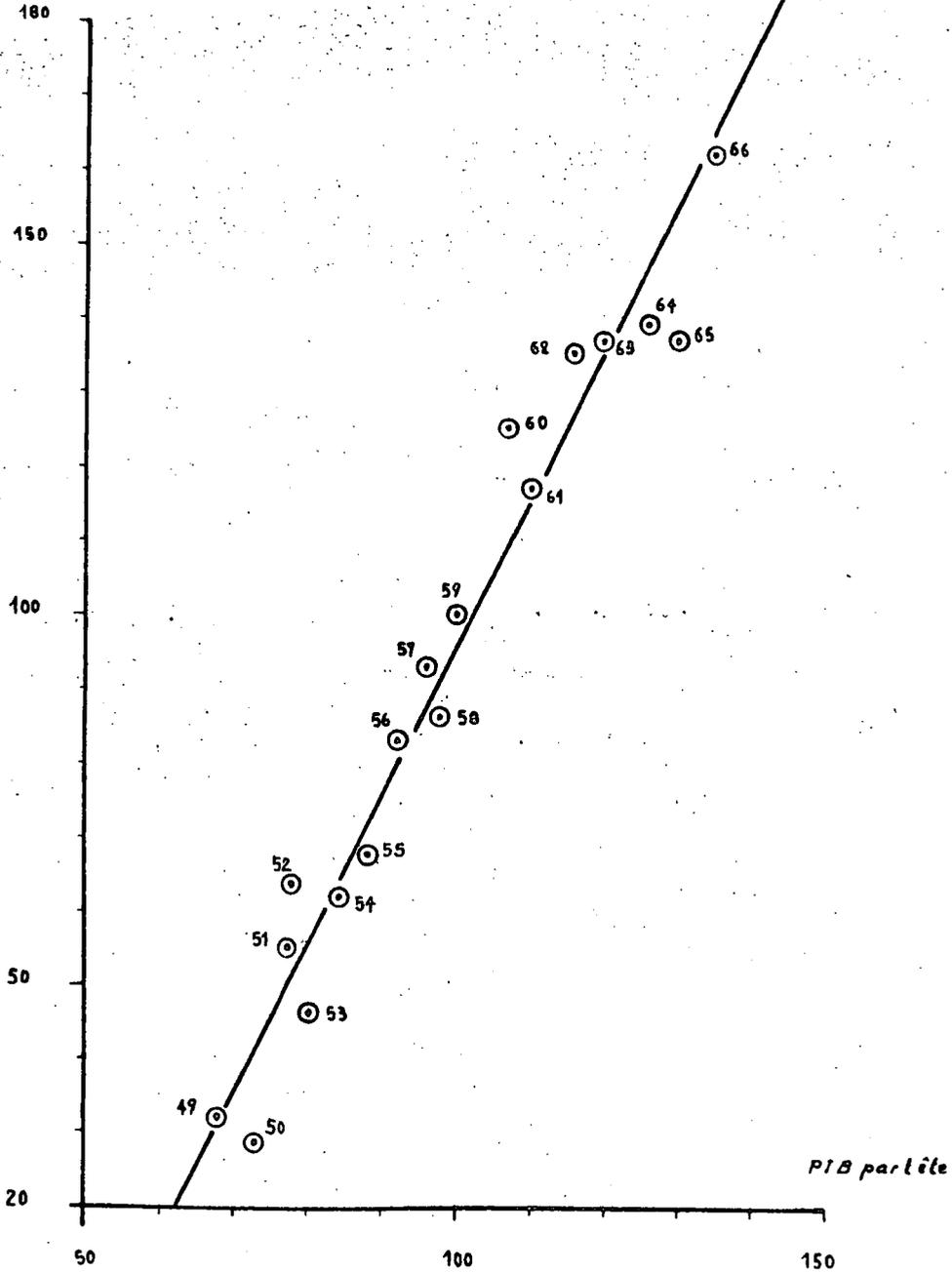
(1) L'équation pour cette méthode est donnée par :

$$y = 1,915 x - 96,613 \text{ (cf. figure 16)}$$

Indice consommation par tête, base 100 en 1959 = 3,71 kg/tête

CORRELATION P. I. B. PAR TETE - CONSOMMATION D'ALUMINIUM PAR TETE

*Indice consommation partête*



Sources: Comptes de la Nation  
Minerais et Métaux

#### IV - LE COMMERCE EXTERIEUR

##### A - INFLUENCE DU COMMERCE EXTERIEUR SUR LES TRANSPORTS

La pénétration du marché de l'aluminium français par des concurrents étrangers peut entraîner, dans des proportions notables, une modification des transports amont de cette industrie. Ainsi, bien que la consommation intérieure puisse se développer suivant nos prévisions, une augmentation plus que concomitante des importations d'aluminium supprimerait une part des transports. Dans le cas contraire, moins probable, une intensification des exportations entraînerait une augmentation des transports.

C'est pourquoi, bien que les prévisions sur le commerce extérieur dépendent de nombreux facteurs aléatoires, il faut s'efforcer de saisir les grandes lignes de son évolution, afin de ne pas ignorer les répercussions éventuelles sur les chiffres prévus.

##### B - IMPORTATIONS

Les producteurs français offrant des conditions de vente favorables aux industries consommatrices, s'assurent actuellement la quasi-totalité du marché intérieur (1). Néanmoins, dans certains cas, ces producteurs effectuent des livraisons de métal fabriqué dans des filiales étrangères ; ainsi la courbe des exportations de la figure 7 a est fortement ascendante, mais elle enregistre actuellement un très net ralentissement. Le rapport importation-production dont on suit les évolutions sur la figure 7 b était de 24 % en 1966 ; ce chiffre assez élevé ne devrait pas dépasser cette valeur, tout au moins pendant les dix prochaines années. A l'avenir, en fonction des facilités qui seront offertes par l'E.D.F. et de la politique d'aménagement du territoire proposée par le gouvernement, cette part d'aluminium fabriquée hors de la métropole devrait augmenter ou continuerait à avoisiner les 25 %.

---

(1) Aluminium brut

C - EXPORTATIONS

De la même manière, les exportations se sont fortement accrues ces dernières années. Après avoir représenté une part de moins de 10 % de la production en 1957, elles semblent actuellement osciller entre 40 % et 50 %. Pour les exportations vers les pays éloignés d'Europe ou ceux du reste du monde, les producteurs français ont implanté pour leur plus gros clients étrangers des usines d'électrolyse sur place : ces implantations suppriment ainsi de la liste des exportations, les tonnages correspondants. Quant aux exportations à destination de pays plus rapprochés, elles se renforcent (cas de la Belgique - Luxembourg) ou se maintiennent (cas de l'Allemagne fédérale). Ainsi, malgré la politique de "présence à l'étranger" menée par les dirigeants pour des raisons économiques facilement compréhensibles, les exportations continueront à représenter un fort pourcentage de la production pendant les vingt prochaines années, pourcentage qui pourrait se situer aux environs de 30 à 40 %.

\* \* \*

En effectuant la moyenne arithmétique de ces différents pourcentages depuis 1958, année marquant le début de la politique d'implantation à l'étranger, nous aurons pour le commerce extérieur, un chiffre autour duquel les importations et les exportations oscilleront. Ces valeurs, en considérant le maintien de la stratégie actuelle des entreprises intéressées, aussi bien nationales qu'étrangères, sont rassemblées dans le tableau suivant :

En pourcentage		
	Importation/production	Exportation/production
Minimum.....	15	24
Maximum.....	24	54
Moyenne prévue...	20	33

V - PASSAGE DE LA CONSOMMATION D'ALUMINIUM A LA PRODUCTION D'ALUMINIUM ET D'ALUMINE

A - RELATION ENTRE LA CONSOMMATION ET LA PRODUCTION D'ALUMINIUM

La figure 7 b montre avec netteté la place relativement régulière occupée par la consommation dans la production, en dépit de fortes fluctuations telles que celles enregistrées en 1959, 1961, 1965 et souvent liées à des mouvements du commerce extérieur, qui pourraient d'ailleurs se reproduire à l'avenir. Le niveau élevé du pourcentage de la consommation par rapport à la production n'aura pas de raisons majeures prévisibles de se modifier d'ici à 1985. Par conséquent, la moyenne calculée sur la période 1954-1966, soit 84 %, sera sensiblement celle de 1985, et compte tenu de la prévision du paragraphe III B, la production d'aluminium serait de :

$$915\ 000 : 0,84 = 1\ 090\ 000\ t$$

Il est bien entendu que nous devons considérer les chiffres de production comme beaucoup plus aléatoires que ceux de la consommation, car leur valeur fait partie de l'hypothèse du maintien des proportions du commerce extérieur dans la production française, ce qui, comme nous l'avons déjà mentionné, est loin de présenter un caractère obligatoire.

B - PRODUCTION D'ALUMINE

La production d'alumine variera en fonction des paramètres suivants :

- rapport technique de l'alumine à l'aluminium qui actuellement est de 1,9 ; le progrès technique évoluera peu dans ce domaine puisque le procédé Bayer, appliqué déjà depuis plusieurs dizaines d'années, n'a subi que des modifications techniques visant à un meilleur rendement ;

- importance relative des autres applications de l'alumine qui absorbent une très faible part d'alumine calcinée et une part nettement plus importante d'alumine hydratée.
- commerce extérieur à travers lequel s'opèrent des exportations ou des importations d'alumine dont les volumes peuvent se modifier entre eux.

Les résultats des six dernières années ont oscillé autour d'une valeur moyenne relativement stable, comme le montre le tableau suivant :

Rapports de production

	Alumine calcinée/ aluminium	Alumine hydratée/ aluminium	Bauxite/ aluminium
Minimum.....	2,0	2,6	5,7
Maximum.....	2,5	2,2	8,7
Moyenne 1960-1966.....	2,25	2,47	7,68
Amplitude relative de varia- tion en %.....	22 %	17 %	25 %

Le rapport de production de l'alumine hydratée ou encore alumine "tous usages" se caractérise par une meilleure régularité. C'est pourquoi nous le choisissons comme base pour nos hypothèses de production d'alumine en 1985 :

$$1\ 090\ 000\ t \times 2,47 = 2\ 700\ 000\ t$$

Précisons toutefois que la quantité d'alumine servant exclusivement à la fabrication de l'aluminium s'élèverait à environ

$$1\ 090\ 000\ t \times 2,25 = 2\ 450\ 000\ t$$

Par ailleurs, en appliquant le même raisonnement pour la production de bauxite et en retenant les chiffres du tableau ci-dessus, nous obtenons

$$1\ 090\ 000\ t \times 7,68 = 8\ 400\ 000\ t$$

Cette estimation est fictive puisque, comme nous l'avons vu, l'état des réserves de bauxite en France, vers 1980, sera tel qu'un ralentissement ou tout au moins un maintien de la production est à craindre.

\*  
\* \*

Ces perspectives d'évolution basées sur une analyse très fine de la situation actuelle de l'industrie de l'aluminium, nous ont permis de faire ressortir certains facteurs qui conditionneront le développement de cette industrie en 1985. Il s'agit notamment d'une part de la faiblesse des réserves métropolitaines de bauxite, et des conséquences qui en résultent pour l'approvisionnement, d'autre part, du coût de l'énergie.

Une prévision de la consommation d'aluminium en France nous a permis de déduire les besoins de matières premières. Les deux facteurs cités précédemment ainsi que les prévisions de production d'aluminium vont nous permettre, dans le troisième chapitre, d'établir une hypothèse sur le flux de transport en 1985.



Chapitre III

CONCLUSION : LES FLUX DE TRANSPORT EN 1985



Il paraît intéressant, maintenant, de récapituler les résultats précédents dans le tableau ci-dessous :

<u>Production nationale</u>			
	en milliers de t		
	1967	Prévision 1985 théorique	Prévision 1985 d'après hypothèse
Aluminium de première fusion	369	1 090	1 090
Alumine hydratée.....	1 055	2 700	1 700
Bauxite.....	2 770	3 400	3 000

Ces valeurs, bien que devant être interprétées avec prudence, serviront de point de référence à l'élaboration d'une hypothèse.

## I - GENESE D'UNE HYPOTHESE DE PRODUCTION

### A - PROBLEMES RENCONTRES PAR L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM EN FRANCE

Nous avons évoqué dans le deuxième chapitre les différents points qui préoccuperont les producteurs français au cours des prochaines années ; ils peuvent se résumer de la manière suivante :

- les transports terrestres amont des usines d'électrolyse et éventuellement les transports avals,
- le coût de l'énergie trop élevé en France (mais qui devrait diminuer d'ici à 1985),
- les réserves de bauxites métropolitaines dont l'exploitation sera de moins en moins rentable, comparativement aux grands centres miniers d'Australie, d'Afrique ou de Jamaïque.

## B - MESURES A ENVISAGER POUR SURMONTER CES DIFFICULTES

Pour résoudre le premier problème, il semble raisonnable de penser que les usines d'alumine auront intérêt à être situées :

- dans le cas d'une extraction de bauxite en métropole : à proximité de ces centres d'extraction, de manière à réduire autant que faire se peut les transports terrestres, comme c'est déjà en partie le cas en France ;
- dans le cas d'une extraction de bauxite outre-mer : aux abords directs du centre minier quand les conditions technico-économiques d'exploitation le permettent. Cela entraîne une substitution du transport maritime d'alumine à celui de la bauxite, produit beaucoup plus pondéreux. Dans le cas où une telle unité d'alumine ne se révélerait pas rentable, aux abords directs d'un port métropolitain, afin de réduire le flux de bauxite à un transport autant que possible maritime. Dans cette dernière éventualité, soit pour l'usine d'électrolyse, soit pour l'usine d'alumine accolée à celle d'électrolyse, on choisira celui des ports qui sera le mieux aménagé et dont l'acheminement de l'aluminium vers les régions consommatrices sera le plus aisé.

Le deuxième problème laisse prévoir que la part actuelle élevée d'aluminium "exporté" à partir d'unités construites en territoire étranger, où le coût de l'énergie est plus avantageux, se maintiendra. Toutefois, il n'est pas exclu que cette part empiète sur celle normalement attendue pour la production nationale ; mais étant donné la baisse prévue sur le coût de l'énergie électrique et l'implantation des usines d'électrolyse près des régions consommatrices intérieures ou extérieures, en particulier dans la Communauté européenne, pareille éventualité ne se réaliserait que dans la mesure où le gouvernement français n'alignerait pas le coût de l'énergie électrique sur celui des pays concurrents.

Quant au troisième problème, il entraînera de la part des producteurs français des dispositions comparables à celles annoncées à propos du premier point.

## II - HYPOTHESE DE PRODUCTION

A la suite des considérations précédentes, nous avons fait reposer notre hypothèse sur l'augmentation de capacité de certaines unités d'alumine et sur la création de nouvelles usines d'électrolyse. Nous envisagerons simultanément les différentes variantes qui peuvent en résulter.

### A - USINES D'ALUMINE

Des deux unités actuellement existantes (Gardanne et Salindres), seule Gardanne pourrait supporter une augmentation de capacité importante (50 %) grâce à sa situation géographique intéressante expliquée par la proximité des gisements de bauxite du Var et de Marseille pour la bauxite importée (dont la quantité va très nettement augmenter, à savoir 500 000 à 600 000 tonnes prévues à partir de 1970).

Par ailleurs, l'unité de La Barasse verra sa capacité portée à 280 000 tonnes, dès la fin de 1968, ce qui donnera un fort pourcentage d'expansion par rapport aux chiffres de 1967 ; celle de Saint-Louis-des-Aygalades n'accroîtra pas vraisemblablement sa production de plus de 15 % car, malgré les ressources énergétiques relativement intéressantes dont dispose la firme suisse Alusuisse, les bauxites du Var en quantité limitée et la création d'une usine d'électrolyse en Grande-Bretagne freineront l'augmentation normale de consommation d'alumine. Ainsi, en 1985, nous aurions environ les capacités suivantes (en tonnes) :

- Gardanne (+ 50 %)	: 900 000
- Salindres (+ 20 %)	: 300 000
- Saint-Louis-des-Aygalades (+ 15 %)	: 80 000
- Saint-Marcel-La Barasse (+ 135 %)	: 400 000

soit approximativement 1 700 000 tonnes, alors que la production d'alumine devrait être de 2 700 000 tonnes. En outre, en supposant que le contrat avec l'Australie se prolonge jusqu'en 1985 avec un tonnage de bauxite fortement accru, une usine d'alumine pourrait transformer sur place la bauxite avant son expédition vers la métropole, comme le fait déjà

Queensland Alumina Limited. Ainsi, les sociétés françaises obtiendraient d'une manière économique pour les transports le solde de 1 000 000 tonnes d'alumine (1) Sinon, dans une autre variante, la quantité d'alumine dont il vient d'être question serait fabriquée à proximité directe d'une des usines nouvelles d'électrolyse, comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant.

## B - USINES D'ELECTROLYSE

### 1°) Unités existantes

Compte tenu de l'épuisement des ressources hydro-électriques et du coût élevé de l'électricité marginale, pour les unités actuelles des Alpes, déjà relativement anciennes, on ne peut espérer dans le cas extrême une augmentation de capacité en moyenne de plus de 20 % d'ici à 1985 pour l'unité la plus importante, et de plus de 10 % pour les autres. Cela sera réalisé, en grande partie, grâce au progrès technique, qui permettra d'obtenir une quantité de métal plus importante pour une consommation d'énergie moindre. Ainsi le rapport qui était de 20 000 kWh par tonne d'aluminium (en basse tension) en 1949-1950, n'est plus que de 13 000 kWh en 1967. Le rapport le plus faible qu'il est techniquement possible d'obtenir est de l'ordre de 9 000 kWh, la limite thermodynamique étant de 6 500 kWh. Dans les Pyrénées, l'unité de Lannemezan suivra la même évolution que celles des Alpes, alors que celle d'Artix (Noguères), la plus moderne et malgré la limitation du gaz de Lacq mis à sa disposition, pourra accuser une augmentation de près de 50 %, en fonction évidemment du coût de l'énergie. Par conséquent, pour cette hypothèse, nous obtenons les chiffres suivants :

---

(1) En effet, au cours des prochaines années, le tonnage de bauxite en provenance d'Australie devrait déjà atteindre 600 000 tonnes par an et il est susceptible d'augmenter encore au cours des années suivantes.

	Augmentation de capacité en %	Hypothèse de pro- duction en 1985 en tonnes
Chedde.....	10	9 000
La Praz.....	10	4 500
La Saussaz.....	10	13 500
Saint-Jean-de-Maurienne....	20	89 000
L'Argentière.....	10	21 000
Rioupéroux.....	10	23 000
Sabart.....	10	23 000
Auzat.....	10	23 000
Noguères.....	50	150 000
Venthon.....	10	30 000
Lannemezan.....	20	66 000
Total...		452 000

## 2°) Nouvelles unités

D'après les résultats que nous avons obtenus, la production d'aluminium s'élève à environ 1 100 000 tonnes ; les nouvelles unités devront donc procurer le complément, c'est-à-dire :

$$1\ 100\ 000\ \text{tonnes} - 450\ 000\ \text{tonnes} = 650\ 000\ \text{tonnes},$$

tonnage que pourraient se partager trois unités de capacité unitaire de l'ordre de 200 000 t/an, qui paraissent, d'après les constructions récentes d'usines d'électrolyse aux Etats-Unis par Kaiser Aluminium Chemical Corp. (Unité Chalmette, Labrador 233 200 tonnes en 1966) et au Canada par Alcan (unité d'Arvida Québec, 338 500 tonnes en 1966), annoncer la taille des futures grandes unités. A titre indicatif, la société Intalco dans laquelle participe largement Pechiney, a actuellement une capacité de 225 000 t/an. En effet, au-delà de 200 000 tonnes par an, l'augmentation de capacité permet seulement de réduire les frais généraux, mais pas de réduire les frais d'investissements par tonne/an.

Deux régions semblent plus particulièrement s'adapter aux exigences de ces trois usines d'électrolyse. La région de Marseille où de nombreuses installations propres à l'industrie d'alumine sont déjà en place et où l'approvisionnement en bauxite du Var, et éventuellement de l'Hérault, plus tard des Bouches-du-Rhône est facile, offre de nombreuses raisons traditionnelles d'implantations. De surcroît, le projet de construction du port minéralier de Fos-sur-Mer, particulièrement approprié aux déchargements de bauxite et d'alumine, déjà en voie de réalisation, l'aménagement de l'axe Rhin-Rhône permettant le passage de gabarits internationaux, et la construction récente de la centrale au fuel de Lavéra produisant de l'électricité à meilleur prix (65 centimes la thermie), présentent suffisamment d'avantages pour décider les producteurs français à installer une unité.

Pour les deux autres unités, éventuellement accompagnées d'une seule usine d'alumine (1), nous pourrions avoir un des centres portuaires de la Manche ou de la mer du Nord, du fait de sa proximité des grandes industries consommatrices comme celles de l'automobile, du bâtiment et autres (Région parisienne, Basse-Seine...), et aussi des pays où les exportations françaises sont actuellement les plus élevées comme la Belgique et le Luxembourg (67 000 tonnes en 1966). En outre, l'implantation de centrales nucléaires européennes ou l'utilisation du gaz naturel de la mer du Nord favoriseraient un abaissement important du coût de l'énergie.

Les deux ports les plus en vue pour de telles implantations sont Le Havre et Dunkerque. Avec une probabilité moindre, Brest pourrait être choisi, compte tenu des avantages fiscaux non négligeables imposés par l'aménagement du territoire.

---

(1) A l'encontre de ce qui se passe pour les usines d'électrolyse, dans le cas des unités de production d'alumine l'augmentation de capacité permet de réduire les investissements en tonnes/an ; la capacité maximale de ces unités est donc passée de 500 000 t/an, il y a quelques années, à 1 million de tonnes actuellement.

Notons, qu'en outre, l'installation d'une usine d'électrolyse sur les rives du Rhin en territoire allemand (1), luxembourgeois ou hollandais n'est pas à exclure.

### III - CONSEQUENCE SUR LES FLUX DE TRANSPORT PAR FER

Contrairement aux sérieux bouleversements que pourrait engendrer la réalisation de nos prévisions sur les flux de transport aval des usines d'électrolyse, les transports amont ne seront que peu touchés par cette évolution de l'industrie de l'aluminium. En effet, comme nous avons pu le constater au cours de cette étude, la plus grande partie de cette augmentation de production s'effectuera dans le sens d'une minimisation des transports terrestres ; l'établissement des unités dans des sites portuaires, l'accouplement éventuel d'usines d'électrolyse et d'usines d'alumine suppriment de ce fait le transport intermédiaire d'alumine.

De la même manière, la bauxite importée n'intéressera que la marine marchande ou les frets particuliers ; la bauxite extraite en France, comme nous l'avons vu, ne portera sa production qu'à un chiffre légèrement supérieur. Seules les augmentations de capacités annoncées dans le paragraphe II B seront susceptibles d'accroître dans les mêmes proportions les flux actuellement existants.

Les résultats qui figurent dans les tableaux suivants sont calculés à partir des tableaux des pages 17 et 23 ; en se fondant sur les prévisions de production de 1985 dans les usines d'électrolyse, on a établi à rebours les augmentations de flux correspondantes. Ainsi, nous constatons que les transports de bauxite n'augmenteront vraisemblablement que de 14 %, et pour l'alumine de 26 %. De plus, il se peut que certains changements interviennent dans quelques liaisons pour permettre aux usines d'électrolyse consommant plus d'alumine (Noguères, Saint-Jean-de-Maurienne) de s'approvisionner dans des unités à capacité suffisante telles que Gardanne ou La Barasse.

---

(1) Actuellement Péchiney est en pourparlers sur la possibilité de construire dans la région de Cologne une usine d'électrolyse dont l'énergie électrique nécessaire serait produite à partir des lignites ; sa capacité pourrait atteindre les 100 000 t de métal par an.

Prévisions sur les principaux flux de transport  
par fer en 1985

Bauxite

Principales gares expéditrices	Principales gares destinataires	Augmentation prévue en %	Tonnage correspondant
Brignoles	Neuenburg	10	8 500
	Jarrie-Vizille	10	12 500
Les Censies	Gardanne	10	1 260 000
Sète	Salindres	10	3 000
Bouzigues	Salindres	10	200 000
Bédarieux	Salindres	10	249 000
Cazouls-les-Béziers	Salindres	100	150 000
Port-de-Bouc	Jarrie-Vizille	10	2 000
	Augmentation globale	14	<u>1 885 000</u>

Alumine

Saint-Louis-des-Aygalades	Bellegarde	15	80 000
Saint-Marcel-La Barasse	Lannemezan	20	89 000
	La Bathie	10	9 000
Marseille	Artix (Noguères)	10	5 000
Gardanne	Tarascon	10	8 000
	Lannemezan	10	6 000
	Artix (Noguères)	50	213 000
	Saint-Jean-de Maur.	20	197 000
	Albertville	20	57 000
	Chedde	10	15 000
	Vizille	10	24 000
Salindres	Tarascon	20	86 000
	Lannemezan	10	20 000
	Artix	20	83 000
	Saint-Fons	10	9 000
	Augmentation globale	26	<u>901 000</u>

Au cours de cette étude, et plus particulièrement dans le second chapitre, nous avons pu noter combien l'énergie électrique est et sera encore déterminante en 1985 pour l'industrie de l'aluminium. En effet, que ce soit pour l'alumine ou surtout pour la fusion de l'aluminium, les garanties d'un approvisionnement constant, les possibilités quantitatives ou mieux encore les conditions tarifaires de cette énergie, mis à part le potentiel de vente qui bien sûr interviendra, seront les éléments moteurs de décisions pour l'implantation des unités de demain.

Que la France soit un grand consommateur d'aluminium en 1985, les conclusions du chapitre II nous l'ont confirmé, mais que l'énergie électrique soit proposée aux utilisateurs d'une manière favorable dans un contexte de concurrence internationale est plus aléatoire. Dans nos prévisions donc, il nous a fallu tabler sur les deux éventualités suivantes : la création d'unités nouvelles sur notre territoire d'une part, les régions périphériques appartenant à d'autres pays européens d'autre part.

En ce qui concerne les transports ferroviaires, l'adoption de l'une ou l'autre politique, comme nous l'avons montré, n'aura que peu de répercussions puisque la fourniture des matières premières aux usines d'électrolyse ou d'alumine sera de l'alumine ou de la bauxite en provenance des régions d'outre-mer et acheminées nécessairement par voie maritime, le cas échéant par voie fluviale.

Seules les unités existantes, consécutivement à certaines expansions que nous avons jugées plausibles et même probables, donneront lieu à une sensible augmentation du trafic S.N.C.F., augmentation qui n'aura vraisemblablement pas l'ampleur de la progression de l'industrie dont il dépend. En revanche, il semble intéressant de mentionner que la transformation la plus notable du trafic se situera au niveau des livraisons de métal de première et deuxième fusion vers les zones de consommation.



ORGANISMES ET SOCIETES CONSULTEES

---

Direction des Mines (Ministère de l'Industrie)

Office National de la Navigation (O.N.N.)

Péchiney

Société Nationale des Chemins de Fer Français (S.N.C.F.)

Ugine-Kuhlmann

