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

Deuxième Partie

SOUFRE

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

Chapitre II

PERPECTIVES D'ÉVOLUTION DE L'INDUSTRIE DU SOUFRE EN FRANCE

Chapitre III

CONCLUSION : LES FLUX DE TRANSPORT EN 1985

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.

Dans le cas de l'industrie du soufre qui nous occupe ici, nous avons dû tenir compte en priorité dans une première phase des relations actuelles entre offre et demande. Nous avons donc étudié d'une part l'offre, c'est-à-dire la localisation, la quantité et la nature du soufre à l'état naturel, d'autre part, la demande, aussi conditionnée par sa localisation, et le degré de nécessité technique de ce produit dans ses diverses applications, autrement dit "le point de passage obligé" de ce produit. Cela a entraîné une évaluation précise des différents débouchés du soufre et de leur importance relative.

Les transports s'expliquent alors naturellement par le passage du produit des lieux d'extraction aux lieux d'utilisation ; l'analyse de l'industrie du soufre nous a en outre permis d'expliciter dans le cadre national, l'existence des flux de transport de différentes natures.

Dans une deuxième phase, nous avons procédé à une analyse systématique de la mobilité des débouchés du soufre et de leur essor afin d'obtenir, par une méthode de synthèse, une prévision globale de consommation de soufre pour 1985. Nous nous sommes efforcés autant que possible de déterminer quels seront les échanges avec l'extérieur en matières premières, compte tenu des réserves métropolitaines actuelles et des besoins nationaux en soufre à cette époque.

Enfin, dans une dernière phase, en possession des éléments nécessaires en amont et en aval des transports, nous avons extrapolé les différents flux qui résulteraient de l'évolution étudiée et les conséquences éventuelles sur les transports, essentiellement transports par fer, tels qu'ils s'effectuent à l'heure actuelle.

***

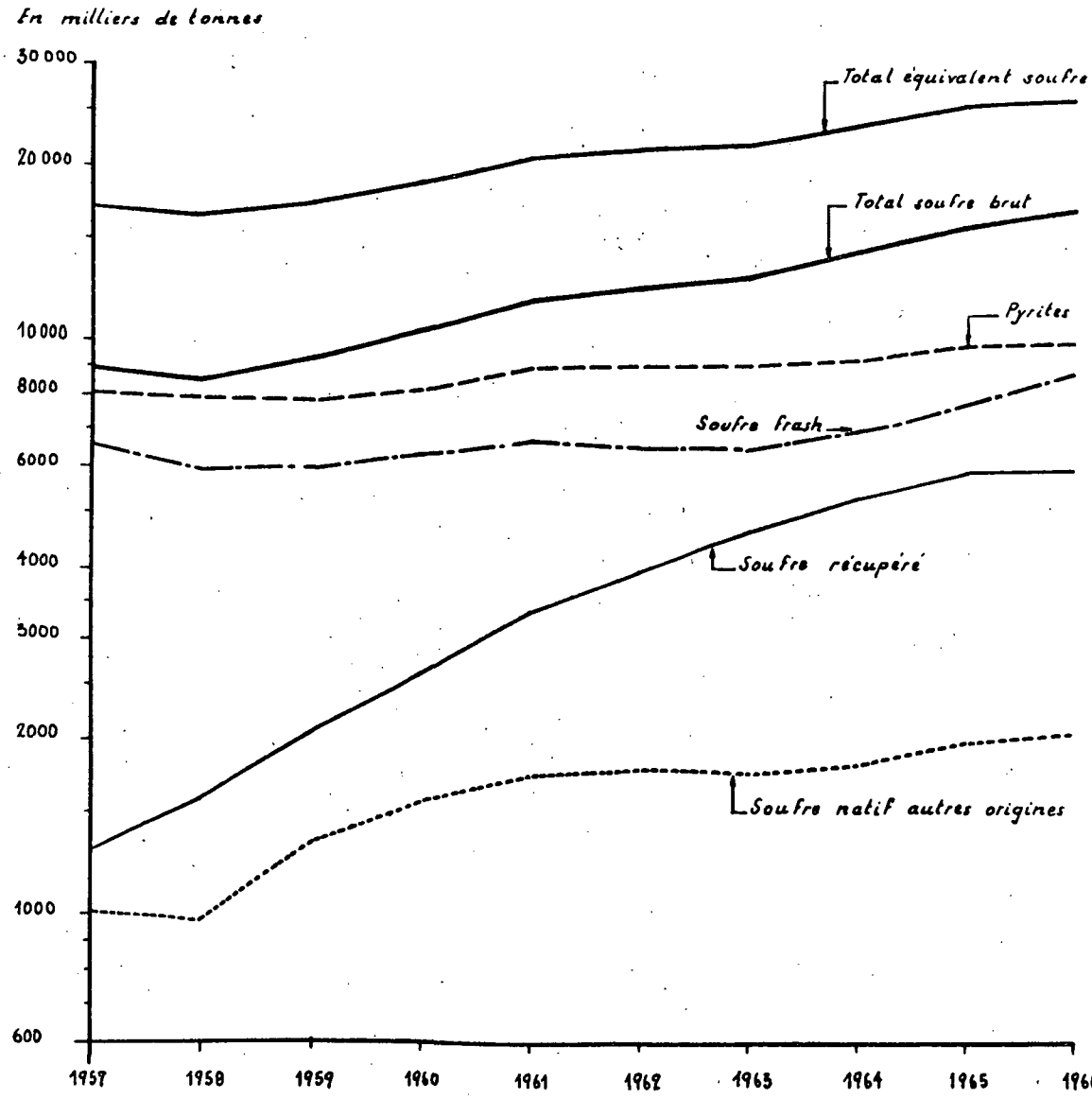
Cette étude a été effectuée par le service "Chimie et Industries Nouvelles" du B.I.P.E. sous la responsabilité de M. FASSINOTTI. M. Jacques BERNARD, assisté de Mlle BOUSQUET, a été chargé de sa réalisation.

Chapitre I

ETAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DU SOUFRE

n°1

PRODUCTION MONDIALE DE SOUFRE TOUTES FORMES



Source : Minéral yearbook

I - DEFINITION DE L'INDUSTRIE

A - IMPORTANCE DU SOUFRE DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE

Le soufre, corps simple de symbole S, se présente sous des aspects physiques variés, dus à l'existence de plusieurs états moléculaires (phases solide, liquide ou gazeuse). Ce corps connu depuis fort longtemps présente un très grand nombre de composés tant en chimie minérale (avec le plus important, l'acide sulfurique, matière première d'un grand nombre d'industries) qu'en chimie organique, en particulier dans la synthèse des matières colorantes, des plastiques et des textiles synthétiques.

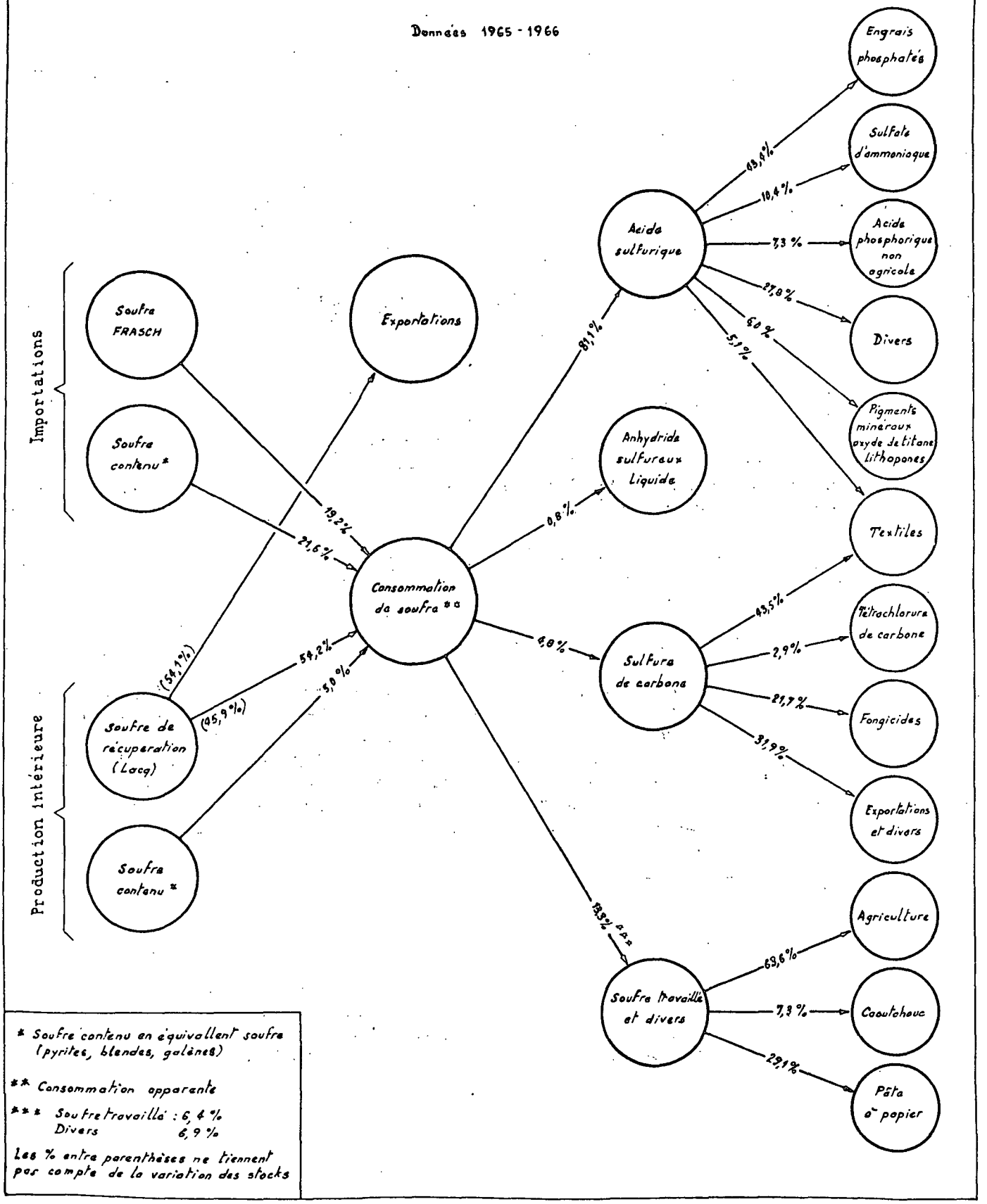
Les nombreuses utilisations du soufre, qui se sont fortement développées pendant la dernière décennie, ont fait que, malgré le progrès technique réalisé dans les différents modes d'extraction de ce corps, les producteurs n'ont pu que difficilement satisfaire la demande ; ainsi depuis 1963, les stocks de soufre diminuent constamment. Nous pouvons juger de l'importance croissante du soufre en considérant qu'en 1966, il a été produit dans le monde 16 703 000 tonnes de soufre élémentaire et 9 900 000 tonnes de soufre des pyrites qui correspondent à un total en équivalent-soufre de 26 603 000 tonnes. Le tableau et la figure 1 indiquent un taux moyen annuel d'augmentation correspondant à la période 1957-66 de 7,3 %(1) pour le soufre élémentaire et de 5,9 % pour le total équivalent-soufre, ce qui montre dans le cas du soufre élémentaire, un développement supérieur à celui de nombreux autres corps de la chimie minérale de caractère fatal mais dont la récupération s'est accélérée par les besoins en soufre.

---

(1) Tous les taux de croissance figurant dans cette étude ont été calculés en taux composés et non en taux arithmétiques.

TABLEAU D'ECHANGES INTERINDUSTRIELS DU SOUFRE ET DE SES DERIVES

Données 1965 - 1966



* Soufre contenu en équivallent soufre (pyrites, blendes, galènes)

** Consommation apparente

*** Soufre travaillé : 6,4 %
Divers 6,9 %

Les % entre parenthèses ne tiennent pas compte de la variation des stocks

Tableau 1

Production mondiale de soufre "toutes formes"

en milliers de tonnes

	Soufre Frasch	Soufre natif autres formes	Soufre récupéré	Total soufre élémentaire	Pyrites en équivalent soufre	Total équivalent soufre
1957.....	6 585	1 006	1 290	8 880	8 100	16 980
1958.....	5 938	975	1 585	8 504	7 900	16 404
1959.....	5 940	1 326	2 073	9 337	7 800	17 137
1960.....	6 304	1 554	2 601	10 455	8 200	18 655
1961.....	6 639	1 727	3 322	11 674	8 900	20 574
1962.....	6 478	1 788	3 942	12 222	9 000	21 222
1963.....	6 440	1 753	4 602	12 802	9 000	21 802
1964.....	6 974	1 819	5 385	14 173	9 300	23 473
1965.....	7 719	1 986	5 903	15 606	9 800	25 406
1966.....	8 751	2 078	5 873	16 703	9 900	26 603
Taux de croissance annuel moyen.....	3,2 %	8,4 %	18,4 %	7,3 %	2,3 %	5,9 %

Source : Minerals Yearbook

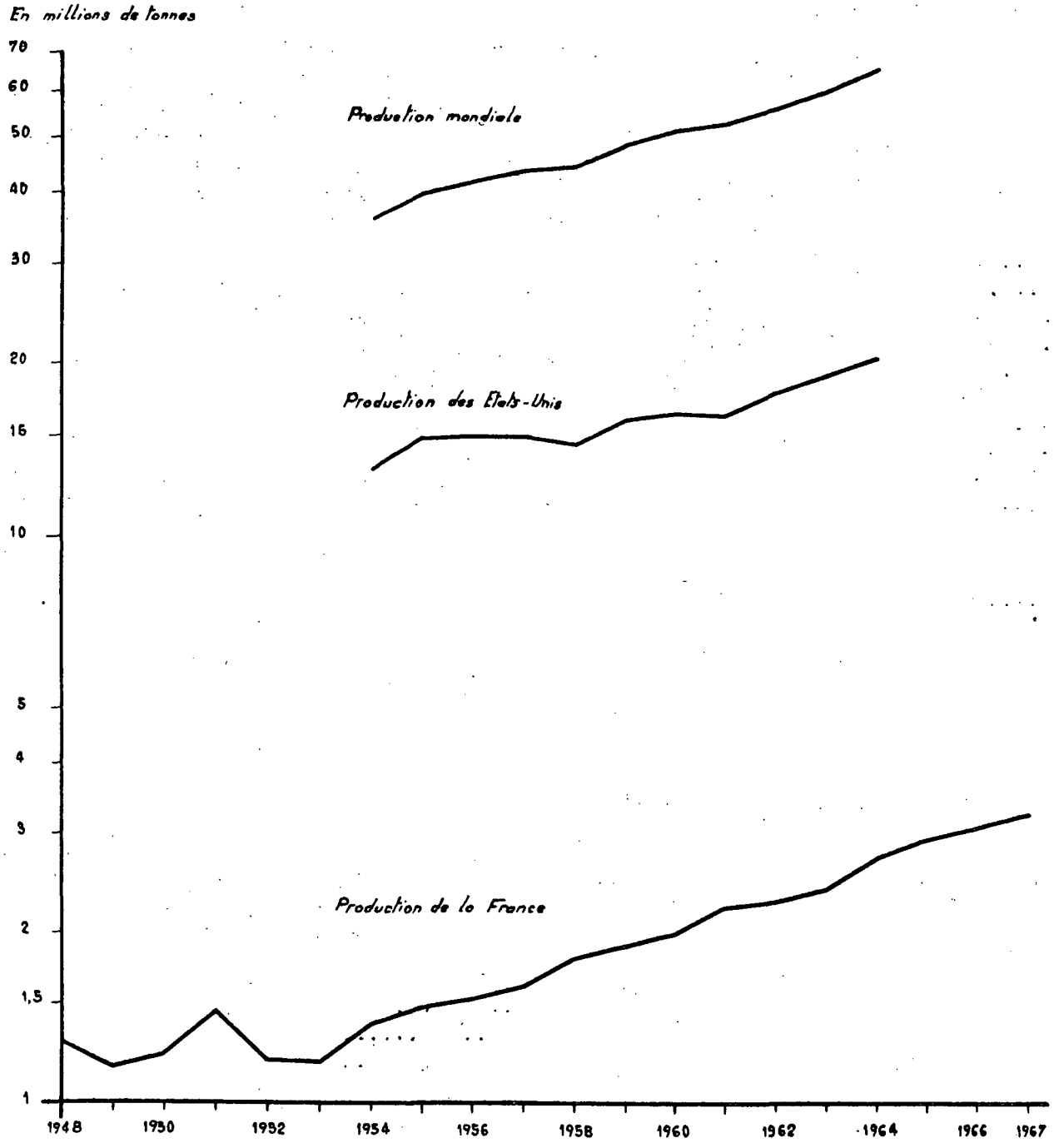
B - PRINCIPAUX DEBOUCHES DU SOUFRE

Les applications du soufre sont très diverses, comme le montre le tableau d'échanges interindustriels de ce corps. En France, la répartition actuelle (1966) des débouchés du soufre donne approximativement les pourcentages suivants :

acide sulfurique..... 80 %
sulfure de carbone..... 5 %
divers (dont soufres travaillés).. 15 %

n° 2

PRODUCTION D'ACIDE SULFURIQUE



Sources : Monde et Etat-Unis : Annuaire O.N.U. – France : B.C.S.I.

1°) Acide sulfurique

Le plus gros consommateur de soufre est l'acide sulfurique. En France on a produit 3 143 700 tonnes d'acide neuf et 83 000 tonnes d'acide de récupération en 1967, pour une consommation totale de 3 260 000 tonnes.

Les engrais utilisent 62 % de la production totale ; cette consommation se répartit comme suit :

- engrais phosphatés et acide phosphorique... 1 680 000 t
- sulfate de potasse..... 58 000 t
- sulfate d'ammoniaque..... 287 000 t

Les autres secteurs dont les pigments minéraux (comme le bioxyde de titane ou le lithopone), les composés fluorés (en particulier l'acide fluorhydrique), la métallurgie, la chimie organique et les textiles artificiels se partagent les 38 % restants.

Le tableau 2 et la figure 2 retracent l'évolution de plus en plus régulière de la production française d'acide sulfurique dont le taux de croissance annuel moyen, pour la période 1948-1967, a été de 5,2 %.

Si nous comparons maintenant ce taux, relatif aux productions des Etats-Unis et du monde, sur la période plus récente 1954-1964 nous obtenons les chiffres suivants :

Production d'acide sulfurique

en milliers de tonnes

	France	Etats-Unis	Monde
1954.....	1 378,4	13 040	35 597
1964.....	2 702	20 795	65 427
Taux de croissance annuel moyen.....	6,6 %	4,8 %	6,2 %

Sources : B.C.S.I. et Annuaire O.N.U.

Tableau 2

Production d'acide sulfurique

en milliers de tonnes

	France	Etats-Unis	Monde
1948....	1 275,1	-	-
1949....	1 150,7	-	-
1950....	1 214,9	-	-
1951....	1 450,4	-	-
1952....	1 190,6	-	-
1953....	1 179,7	-	-
1954....	1 378,4	13 040	35 597
1955....	1 472,5	14 743	39 476
1956....	1 534,6	14 961	41 625
1957....	1 600	14 929	43 382
1958....	1 786	14 466	44 084
1959....	1 890	15 971	48 193
1960....	1 983	16 220	50 877
1961....	2 205	16 196	52 547
1962....	2 271	17 868	55 838
1963....	2 394	19 000	59 767
1964....	2 702	20 795	65 427
1965....	2 916	23 562	70 000*
1966....	3 073	27 257	76 000*
1967....	3 226,7	28 500*	-

* chiffres provisoires

Sources : B.C.S.I. et Annuaire O.N.U.

Tableau 3

Production de sulfure de carbone

en tonnes

1948.....	25 610	1958.....	37 230
1949.....	23 266	1959.....	35 130
1950.....	29 547	1960.....	44 660
1951.....	33 950	1961.....	53 500
1952.....	20 910	1962.....	57 500
1953.....	26 490	1963.....	64 500
1954.....	30 100	1964.....	65 560
1955.....	32 300	1965.....	64 800
1956.....	33 070	1966.....	70 990
1957.....	36 600	1967.....	68 006

Source : B.C.S.I.

On remarque pour la France l'importance de l'essor de cette industrie dont le taux de progression dépasse les valeurs enregistrées dans le monde et aux Etats-Unis.

2°) Sulfure de carbone

La production française en 1967, a été de 68 006 tonnes de sulfure de carbone, ce qui correspond à une consommation de 51 000 tonnes de soufre, soit 5 % du total. Dans le tableau et la figure 3 apparaissent des tonnages qui augmentent assez régulièrement jusqu'en 1963 ; après quoi ces chiffres accusent un certain plafonnement. La rayonne et la cellophane représentent environ 70 à 80 % des emplois du sulfure de carbone, une part non négligeable du solde va aux fabrications d'insecticides. Le fait que les textiles synthétiques aient pris, ces dernières années, une part du marché de la rayonne, explique les perturbations enregistrées dans la consommation du sulfure de carbone.

3°) Divers

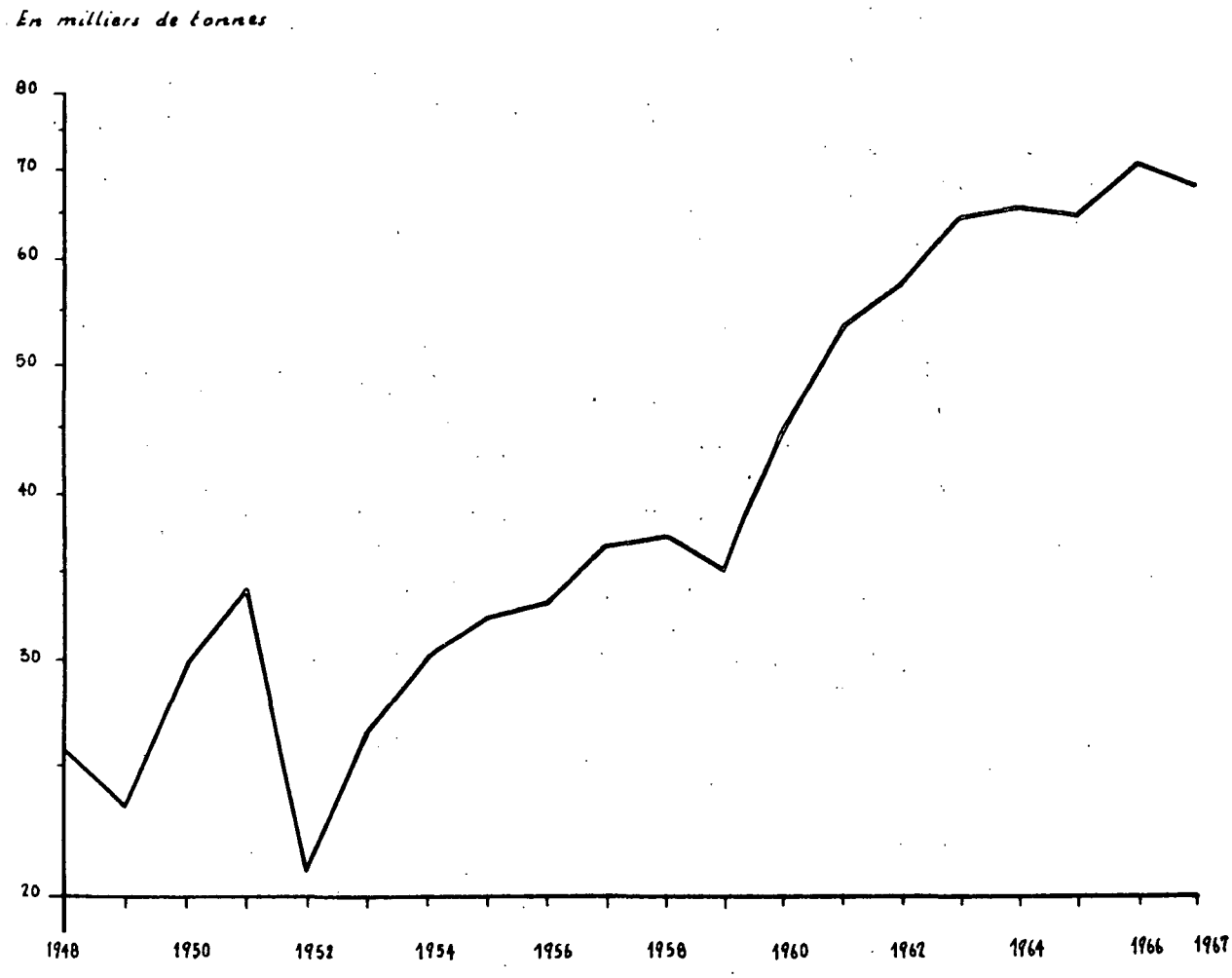
Les autres secteurs qui consomment du soufre, mais en faibles quantités, sont principalement :

- les pâtes à papier : actuellement, en France, cette fabrication utilise environ 2,7 % du soufre total ; les deux procédés de fabrication de la pâte à papier : semi-chimique, au bisulfite d'ammonium, nécessitent respectivement 4,5 % et 14 % du poids de pâte sèche en soufre ;

- les soufres travaillés : ceux-ci sont employés principalement dans l'agriculture comme antiparasitaires, et dans la fabrication des caoutchoucs comme agent vulcanisateur ou agent accélérateur de la vulcanisation.

n° 5

PRODUCTION DE SULFURE DE CARBONE



Source : B.C.S.I

II - LES DIFFERENTES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DU SOUFRE DANS LE MONDE

Le soufre se trouve dans la nature sous des formes multiples. Que ce soit à l'état natif ou combiné, il peut présenter selon sa situation géographique, et suivant la loi de l'offre et de la demande, des conditions d'exploitations intéressantes. Nous allons étudier la localisation et l'importance relative de production des principales matières premières couramment utilisées.

A - SOUFRE ELEMENTAIRE

1°) Soufre natif

Les dômes salins soufriers constituent les principales réserves avantageuses (procédé Frasch) de cette matière première. Les lieux d'exploitation se situent à proximité du Golfe du Mexique, aux Etats-Unis (Texas, Louisiane), et au Mexique (isthme de Téhuantepec) dont les productions respectives étaient de 7 113 400 tonnes et de 1 637 200 tonnes en 1966. D'autres gisements se répartissent sur le pourtour du Bassin méditerranéen (Sicile), représentant des exploitations négligeables. Seules la Pologne (avec les nouvelles mines de Piazerono) et l'U.R.S.S. (Caucase, oriental) possèdent des gisements importants qui ont produit en 1966 respectivement 476 500 tonnes et 1 000 000 tonnes de soufre.

2°) Soufre élémentaire récupéré

Cette matière première correspond à la désulfuration, soit des gaz naturels, soit des gaz résiduaires de raffineries.

Le mode d'extraction de soufre à partir de gaz naturel, quoique d'application beaucoup plus récente que celle du soufre natif, a pris depuis 1960 un essor considérable ; les premières découvertes importantes de gisements ont eu lieu en France où la poche de Lacq contenant des gaz combustibles à haute teneur en soufre (à 16 % d'hydrogène sulfuré) et au Canada (Alberta, Colombie britannique) où les gisements sont beaucoup plus

disséminés mais dont certains possèdent de très hautes teneurs en soufre (jusqu'à 85 % d'hydrogène sulfuré). En 1966, le Canada avec 1 796 800 tonnes (1) et la France avec 1 540 000 tonnes (2) ont produit environ 60 % de la quantité mondiale de soufre obtenue par cette voie.

Une faible part de soufre de récupération provient de la désulfuration au cours du raffinage du pétrole brut. Bien que, jusqu'à présent, ce genre d'extraction ne se soit pas révélé rentable à côté des autres procédés connus, la lutte contre la pollution atmosphérique a entraîné pour certaines usines proches d'importantes agglomérations urbaines la "récupération" du soufre. A titre d'exemple, en 1964, furent produites à partir de l'épuration du pétrole 6 800 tonnes de soufre en France.

B - PYRITES

Ce minerai fut pendant très longtemps la matière première généralement utilisée pour la préparation du gaz sulfureux destiné à la fabrication de l'acide sulfurique, soit par le procédé de "chambre de plomb", soit par le procédé de contact. Après la Seconde Guerre mondiale, l'emploi de soufre élémentaire fut de plus en plus préféré car il offrait à l'industrie de l'acide sulfurique la voie la plus simple et la plus économique dans l'application du procédé plus récent "de contact".

Le minerai dont la teneur en soufre varie de 40 à 50 %, en fer de 38 à 45 % et, aussi dans certains cas, en cuivre de 0,05 à 4 %, se trouve en grande quantité dans les pays suivants :

---

(1) Production 1967 : 2 270 000 tonnes (revue Fortune : "The great Sulfur rush" - Mars 1968, p. 24)

(2) Production 1967 : 1 643 000 tonnes (B.C.S.I.)

Production 1966 en milliers de tonnes	Pyrites	Equivalent-soufre
Japon.....	4 747	2 017
U.R.S.S.....	3 302	1 748
Espagne.....	2 387	1 130
Portugal.....	558	257
Total..	10 994	5 152
TOTAL monde.....	21 488	9 855

Source : Minerals Yearbook 1966

Ces quatres pays principaux producteurs représentent au total environ la moitié de la production mondiale ; par ailleurs, des gisements également importants existent en Italie, en Norvège, en Grèce, aux Etats-Unis et à Chypre. La France, pour sa part, qui ne dispose que de faibles ressources, a produit à Saint-Bel en 1967, 85 380 tonnes de pyrites dont la teneur en soufre, soit 43 %, représentait un équivalent-soufre de 36 500 tonnes environ.

C - GAZ DE GRILLAGE DES BLENDES

La blende, minerai de zinc où le métal est contenu sous forme de sulfure de zinc, Zn S, présente une teneur en soufre de 25 à 30 %. La première étape d'obtention du zinc consiste à griller la blende ; il en résulte, en tant que produit fatal, l'anhydride sulfureux, qui ne pouvant être rejeté dans l'atmosphère est, par raison de commodité, directement utilisé pour sa transformation en acide sulfurique. Le Canada avec 393 000 tonnes, et le Japon avec 254 000 tonnes d'équivalent-soufre (1964) sont les deux plus gros producteurs des pays non communistes de cette sorte de soufre. En France, cette forme de ressource, propre aux industries métallurgiques localisées dans le Nord et l'Est, représente environ 90 000 tonnes de soufre (à partir de 350 000 tonnes de minerai, en majeure partie importées).

D - SOUFRES, "AUTRES FORMES"

Le gypse et l'anhydrite constituent une ressource de soufre inépuisable. Malgré la présence de gisements dans de nombreux pays, il n'y a que de rares unités d'extraction qui, actuellement, exploitent ces minerais. Ces unités se trouvent en Autriche, en Grande-Bretagne, en Pologne, et bientôt aux Etats-Unis (1).

Les considérations précédentes, concernant les principaux pays producteurs de soufre, peuvent être résumées dans le tableau suivant :

Chiffres de production - 1965
en milliers de tonnes équivalent-soufre

	Pyrites	%	Soufre natif Frasch	%	Soufre récupéré*	%	Total
Canada.....	160	8,9			1 636	91,1	1 796
Etats-Unis.....	359	4,0	7 445	74,4	1 235	21,6	9 039
Mexique.....	-	-	1 535	97,0	47	3,0	1 582
France.....	58	3,7	-	-	1 522	92,3	1 580
Pologne.....	91	17,5	431	82,5	-	-	522
Espagne.....	1 129	93,6	-	-	77	6,4	1 206
Japon.....	1 837	84,5	199	13,8	37	1,7	2 173
Total.							17 898

* Provenant de gaz naturels, de blendes et d'épurations de gaz industriels
Source : Statistiques O.N.U.

(1) Notons qu'en France, des installations de guerre situées à Miramas (Bouches-du-Rhône) et à Toulouse ont fabriqué du sulfate d'ammoniaque à partir de gypse.

III - ORIGINES DU SOUFRE UTILISE PAR L'INDUSTRIE FRANCAISE

A - SOUFRE FRANCAIS

La Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine (S.N.P.A.) produit actuellement entre 1 600 000 tonnes et 1 700 000 tonnes de soufre à partir du gisement de gaz sulfureux de Lacq. Cette importante ressource, dont l'exploitation remonte à 1957, permet aux industriels français, compte tenu des contrats existants avec l'étranger, la fourniture d'environ 700 000 tonnes à 800 000 tonnes de soufre brut. En outre, la France produit un tonnage d'équivalent-soufre nettement inférieur, soit 38 000 tonnes, à partir des 88 000 tonnes (1966) de pyrites d'une teneur en soufre pur d'environ 43 %, situées en majeure partie à Saint-Bel.

B - SOUFRE ETRANGER

1°) Importations de soufre brut

Les importations de soufre brut (Frasch) s'élevaient en 1966 à 226 000 tonnes dont 86 640 tonnes en provenance des Etats-Unis, 135 970 tonnes du Mexique et 3 430 tonnes des autres pays. L'examen du tableau et de la figure 4, fait apparaître pour ces importations, depuis 1948, certaines fluctuations expliquées par la mise en exploitation du gaz de Lacq (soufre de désulfuration) et l'exécution de nouveaux contrats par la S.N.P.A. ; par ailleurs, les variations de prix du soufre, aussi bien dans le cadre national qu'international, ont pu provoquer auprès de certains consommateurs une politique de stockage.

n° 4

COMMERCE EXTERIEUR DU SOUFRE BRUT

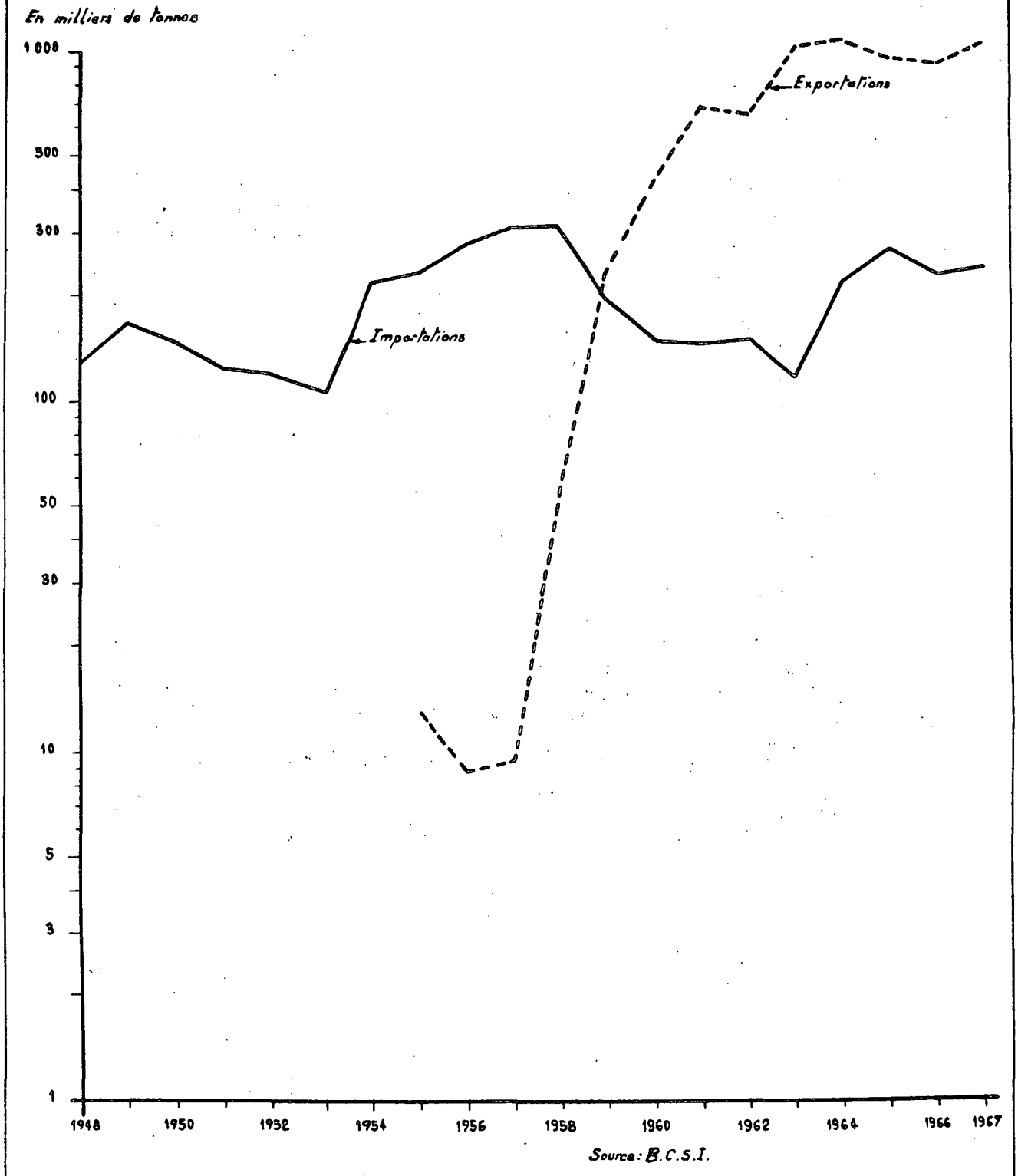


Tableau 4

Commerce extérieur du soufre brut		en tonnes
	Importations	Exportations
1948.....	127 169	-
1949.....	165 067	-
1950.....	145 528	-
1951.....	121 736	-
1952.....	118 300	-
1953.....	103 400	-
1954.....	216 130	-
1955.....	224 820	12 930
1956.....	276 550	8 625
1957.....	304 150	9 170
1958.....	307 500	56 900
1959.....	193 900	223 800
1960.....	146 550	419 450
1961.....	143 130	572 750
1962.....	147 100	543 600
1963.....	114 600	1 009 000
1964.....	214 000	1 034 100
1965.....	263 780	913 240
1966.....	226 040	831 960
1967.....	234 709	1 028 820

Source : B.C.S.I.

2°) Importations de pyrites

Les importations de pyrites, bien que donnant une quantité d'équivalent-soufre nettement inférieure à celle provenant des Etats-Unis ou du Mexique, représentent du point de vue du transport un tonnage de marchandises important. Ainsi, en 1966, les importations atteignaient pour les différents minerais les tonnages suivants :

n°5

IMPORTATIONS DE PYRITES

Source : B.C.S.I

Origine	Minerai brut importé en tonnes	Teneur en soufre
Espagne.....	136 608	48 %
Portugal.....	23 356	45 %
Chypre.....	151 956	49 %
Autres pays.....	40 476	
Source : B.C.S.I.		

Le total de ces importations, soit plus de 350 000 tonnes en 1966, contrairement à la valeur en soufre, dépasse nettement en tonnage celles citées plus haut pour le soufre Frasch. Le prix de revient de l'unité de soufre pour la fabrication de l'acide sulfurique et l'incommodité d'utilisation des pyrites (transports très pondéreux et difficulté d'évacuation des cendres pyriteuses après traitement) semblent pouvoir expliquer la nette tendance de régression des importations, tel que cela apparaît dans le tableau et la figure 5. C'est ainsi que les importations sont passées de 600 000 tonnes en 1948 à 340 000 tonnes en 1966 ; ce qui correspond à une diminution annuelle moyenne de 3,3 %. A titre indicatif, notons que les exportations de pyrites sont pratiquement inexistantes.

3°) Importations de blende

Les importations de blende reflètent par leur importance croissante (238 500 tonnes en 1959 contre 348 000 tonnes en 1966) les besoins de la métallurgie du zinc et non ceux de l'industrie du soufre. La France importe principalement des pays de l'Amérique du Nord, ainsi que du Maroc et de la Turquie.

Tableau 5

Commerce extérieur des pyrites en France

en tonnes

	Importations	Exportations
1948.....	603 590	34
1949.....	647 136	7
1950.....	556 800	-
1951.....	704 734	6
1952.....	639 242	-
1953.....	329 638	1 828
1954.....	562 758	150
1955.....	544 022	110
1956.....	496 377	110
1957.....	443 116	-
1958.....	501 554	-
1959.....	451 634	-
1960.....	483 022	-
1961.....	471 537	-
1962.....	439 315	-
1963.....	395 623	-
1964.....	368 985	2 176
1965.....	350 977	30
1966.....	338 983	-
1967.....	315 808	-

Source : B.S.C.I.

IV - TRANSPORTS DE SOUFRE EN FRANCE

Première section : Soufre brut

A - SOUFRE DE LACQ

1°) Trafic ferroviaire

Par suite d'un accord S.N.P.A. - S.N.C.F., la quasi-totalité du soufre extrait de l'important gisement de Lacq est transportée par fer, soit sous forme solide, soit sous forme liquide. Cette distinction d'état est particulièrement importante pour les transports car la phase liquide exige un matériel de déchargement et de transport approprié qui doit être mis en place pour des trafics déterminés. Ces conditions de transport, par rapport à celles utilisées pour la phase solide, bien que réduisant les inconvénients de rupture de charge, sont néanmoins plus délicates puisqu'elles nécessitent le maintien d'une température minimale de 135° C et qu'elles ne supportent pas les retards importants à l'arrivée.

Le budget 1968 de la S.N.P.A. prévoit l'expédition au départ de Lacq de 600 000 tonnes de soufre en"droiture" vers l'intérieur de notre pays et 1 100 000 tonnes de soufre sur Bayonne.

Comme le montrent le tableau et la carte 6, ces expéditions desservent les principales industries consommatrices situées, pour la plupart, dans la moitié sud de la France. La carte des flux (figure 6) tracée à partir du tableau ci-après, met en évidence les flux les plus importants qui correspondent d'ailleurs à des transports de soufre liquide ; ce sont :

- Lacq-Roche-Condrieux dont environ la moitié des 95 000 tonnes est utilisée pour le sulfure de carbone qui servira à la fabrication des textiles synthétiques et artificiels, et l'autre moitié pour produire de l'acide phosphorique à partir de l'acide sulfurique.

n° 6

PRINCIPAUX FLUX DE TRANSPORT DE SOUFRE PAR FER

EN 1960

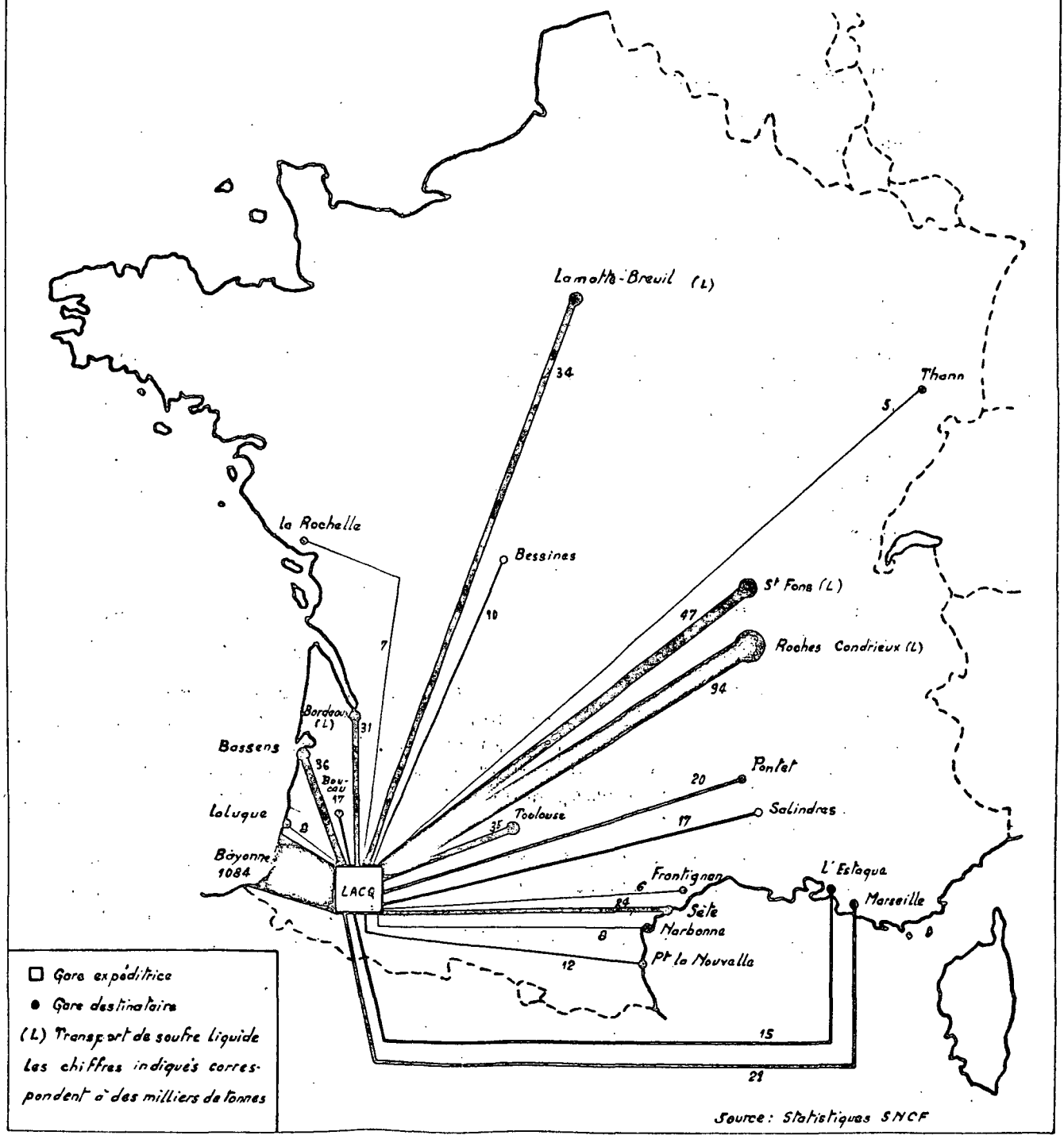


Tableau 6

Transports de soufre brut par fer en France en 1966
(gare expéditrice : Lacq)

Gare destinatrice	Distance km	Tonnes		Tonnes-kilométriques	
			% du total		% du total
Thann.....	1 159	4 947		5 733 573	
Tonnay-Charente.....	246	5 058		1 244 268	
Lamotte-Breuil.....	794	33 526	2,2	26 619 644	7,6
La Rochelle.....	426	6 551		2 790 726	
Bordeaux.....	201	31 140	2,0	6 259 140	1,8
Bassens.....	203	36 808	2,4	7 472 024	2,1
Bessines.....	477	10 171	0,7	4 851 567	1,4
Toulouse.....	277	35 053	2,3	9 709 681	2,8
Boucau.....	86	17 492	1,1	1 504 312	0,4
Bayonne.....	96	1 084 606	71,4	104 122 176	29,6
Tartas (Laluque)....	87	8 477		737 499	
Saint-Fons.....	752	46 865	3,1	35 242 480	10,0
Roche-Condrieux.....	778	94 307	6,2	73 759 846	21,0
Estaque.....	630	14 829	1,0	9 342 270	2,7
Marseille.....	637	20 947	1,4	13 343 239	3,8
Port-de-Bouc.....	617	5 926		3 656 342	1,0
Pontet.....	580	20 242	1,3	11 740 360	3,3
Salindres.....	602	17 850	1,2	10 745 700	3,1
Sète.....	466	24 355	1,6	11 349 430	3,2
Frontignan.....	474	5 899		20 796 126	
Narbonne.....	406	8 452		3 431 512	
Port-la-Nouvelle....	425	12 409	0,8	5 273 825	3,1
Total....		1 573 613		351 725 746	

- Lacq-Saint-Fons, dont la totalité des 47 000 tonnes de soufre est employée pour la production d'acide sulfurique (utilisation pour engrais exclue).
- Lacq-Lamotte-Breuil, dont environ 33 500 tonnes sont consommées pour la fabrication de l'acide sulfurique.

Par ailleurs, si nous nous référons aux tonnes-kilomètres pour la même année, nous voyons que, conformément au tableau précédent, l'importance relative de la liaison Lacq-Bayonne diminue fortement (29,6 % contre 71,4 %), alors que les liaisons Lacq-Saint-Fons et Lacq-Roches-Condrieux passent respectivement de 3,1 % à 10 % et de 6,2 % à 21 % ; nous enregistrons aussi le même phénomène pour Lacq-Lamotte-Breuil ; cela tient évidemment aux distances parcourues.

Les variations de flux en tonnage, par rapport à 1965, montrent une augmentation sensible de trafic pour les destinations suivantes :

Lamotte-Breuil.....	+ 37 %
Bassens.....	+ 20 %
Saint-Fons.....	+ 18 %
Roches-Condrieux.....	+ 15 %
Pontet.....	+ 20 %
Salindres.....	+ 66 %

et généralement pas de fortes diminutions, à l'exception de Bordeaux (- 10 %).

2°) Trafic maritime

La majorité de la production de Lacq est acheminée vers Bayonne où l'essentiel est chargé sur des cargos à destination de ports, soit français, soit étrangers.

D'après les données les plus récentes pour 1968, 180 000 t/an de ce soufre dont 85 000 t/an solides et 95 000 t/an liquides seront livrées à nouveau dans les ports métropolitains. La ventilation des principales expéditions figure dans le tableau suivant :

Port de débarquement	Tonnage actuel (en milliers de tonnes)	Destination finale
Paimboeuf....	40 - 45	Engrais
Rouen.....	100	Industries diverses de la région de Rouen et de la Région parisienne
Dunkerque....	15 13	Soprosulf (Bouchain) Finalens (engrais)
Brest.....	10	Industries diverses et engrais (tonnage variant avec les importations

Les tonnages de soufre expédiés à l'étranger représentent 920 000 tonnes, soit 80 % du soufre acheminé vers Bayonne. Ils se répartissent principalement en Afrique du Nord, en Angleterre (Imingham : soufre liquide), en plus faible quantité vers Rotterdam (soufre liquide), le reste dans divers autres pays du monde.

3°) Trafic fluvial

Une partie du soufre de Lacq livré à Rouen est reprise par péniche, comme le montrent le tableau et la carte 7, principalement à destination de la Région parisienne (Compiègne, Paris, Saint-Mammès). Par ailleurs, des flux non négligeables de soufre de Lacq qui, jusqu'en 1965 empruntaient le fer, dont les plus importants vers Thann (11 000 t) et Uckange (4 000 t), appartiennent maintenant aux transports fluviaux à travers des liaisons comme Rotterdam-Mulhouse, Rotterdam-Strasbourg. Mentionnons également les flux issus de Dunkerque (dont un pourcentage important dérive de la production de Lacq).

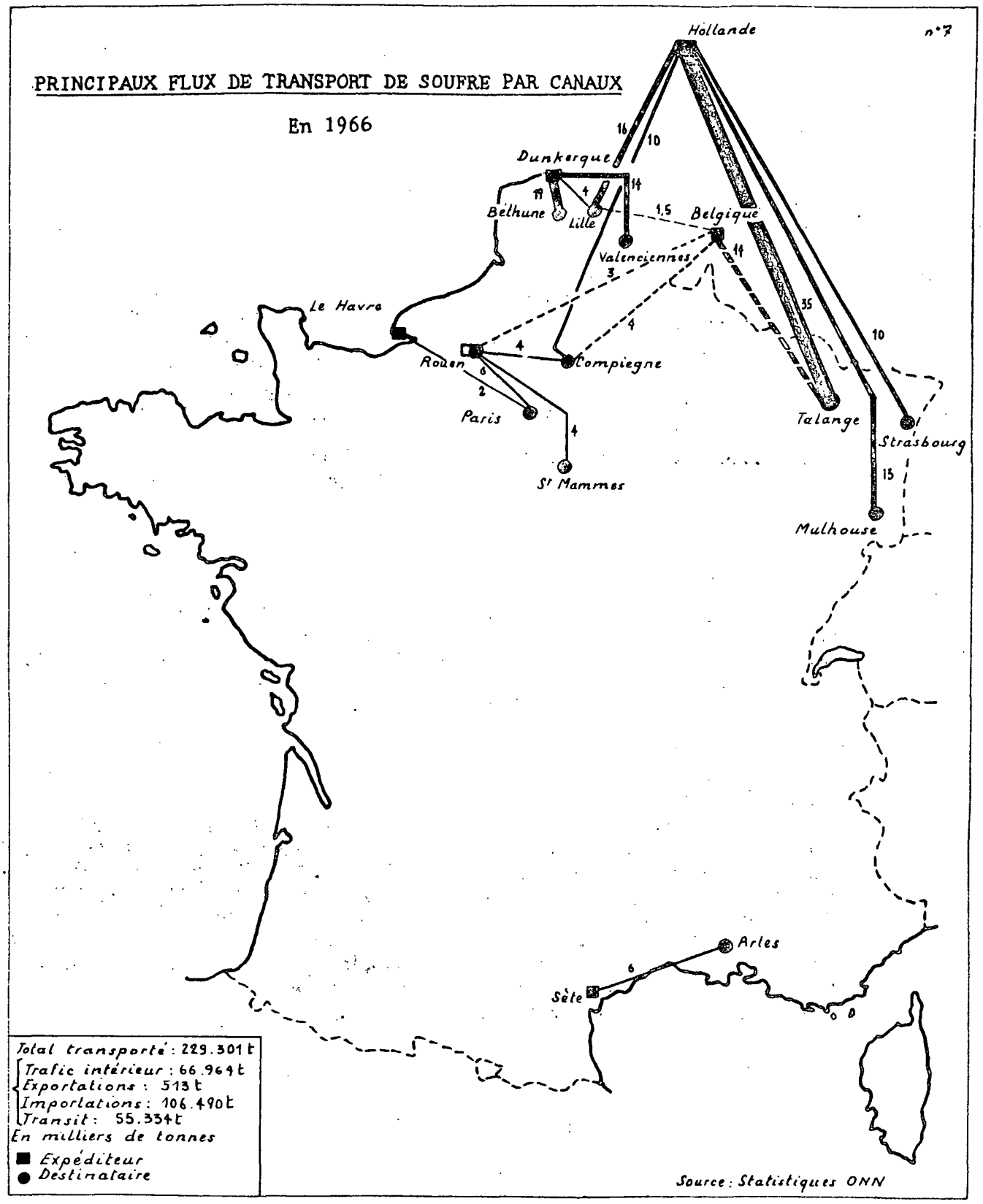

n°7
PRINCIPAUX FLUX DE TRANSPORT DE SOUFRE PAR CANAUX
En 1966
Hollande
16
10
Dunkerque
14
19
4
Béthune
Lille
1,5
Belgique
Valenciennes
14
3
Le Havre
35
10
4
4
Rouen
Compiègne
6
2
Paris
Talange
Strasbourg
4
St Mammes
15
Mulhouse
Arles
6
Sète
Total transporté : 229.301 t
Trafic intérieur : 66.964 t
Exportations : 513 t
Importations : 106.490 t
Transit : 55.334 t
En milliers de tonnes
Expéditeur
Destinataire
Source : Statistiques ONN

Tableau 7

Transports de soufre brut par canaux en 1966				
Port expéditeur	Port destinataire	Distance moyenne en km	Tonnes	t-km
Dunkerque.	Lille	126	4 139	523 575
	Béthune	89	19 304	1 718 056
	Valenciennes	155	13 599	2 111 097
	Besançon	819	1 300	1 065 865
	Belgique	128	513	65 664
Le Havre...	Paris	336	2 225	747 600
Rouen.....	Compiègne	233	4 098	954 834
	Paris	216	5 822	1 260 920
	Saint-Mammès	983	3 782	1 448 409
Sète.....	Arles	129	6 163	795 027
Belgique...	Talange	33	13 624	447 276
	Lille	34	1 486	50 524
	Compiègne	218	4 028	878 910
	Rouen	452	2 181	985 490
Pays-Bas...	Lille	31	16 068	492 328
	Compiègne	217	9 773	2 117 433
	Talange	31	35 238	1 101 667
	Strasbourg	57	9 342	532 494
	Mulhouse	156	12 639	1 971 684

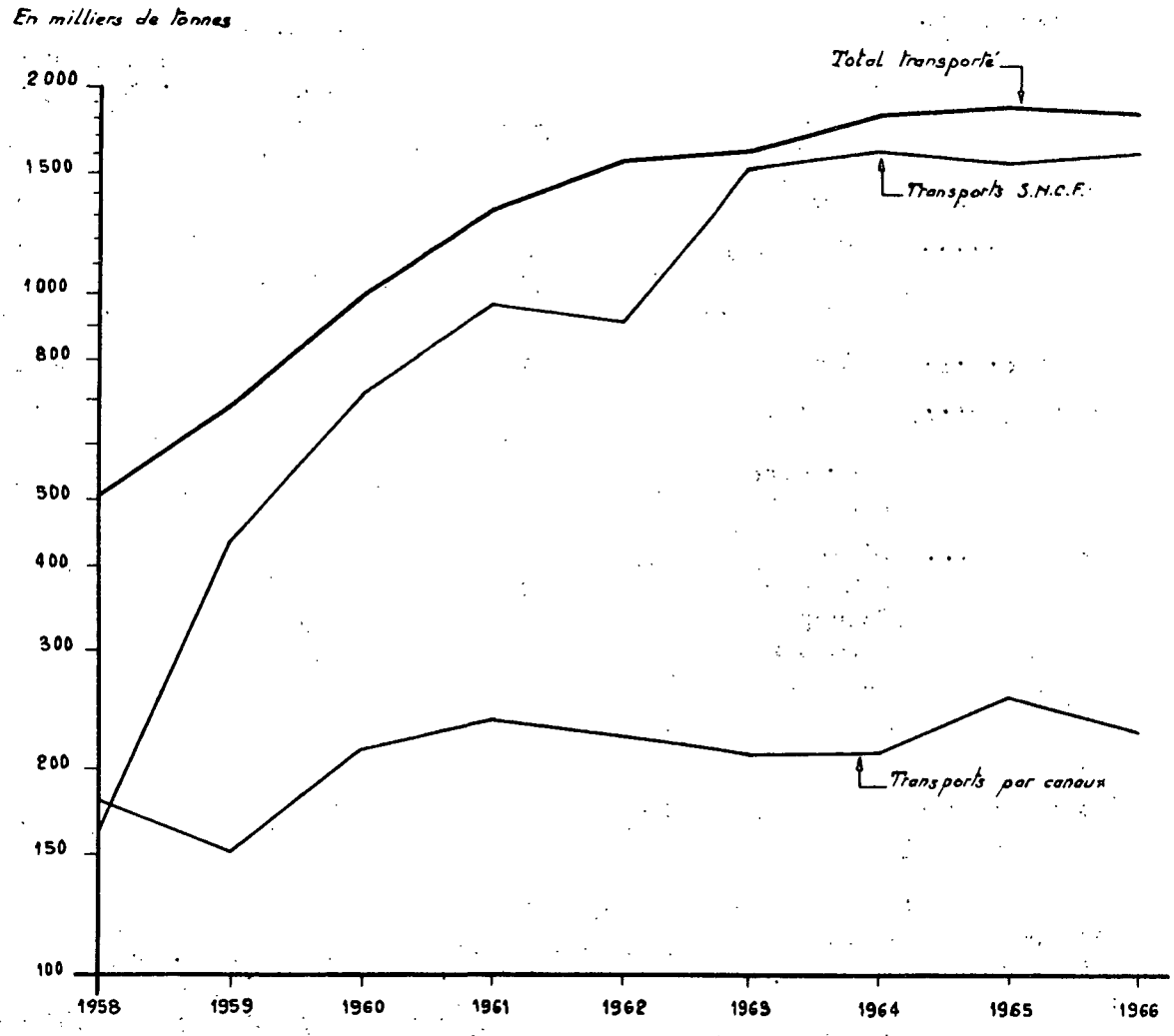
4°) Combinaison des différents modes de transport utilisés pour les principaux flux

Le plan suivant sert à mettre en évidence la multiplicité des modes de transport qui apparaissent dans certains flux. Il semble qu'une ligne équiprix, passant par Strasbourg et Nantes, ait incité les utilisateurs de soufre à préférer les ruptures de charge aux livraisons en droiture par fer, pour conserver un même prix du soufre rendu à l'usine.

n° 8

IMPORTANCE RELATIVE DES TRANSPORTS DE SOUFRE

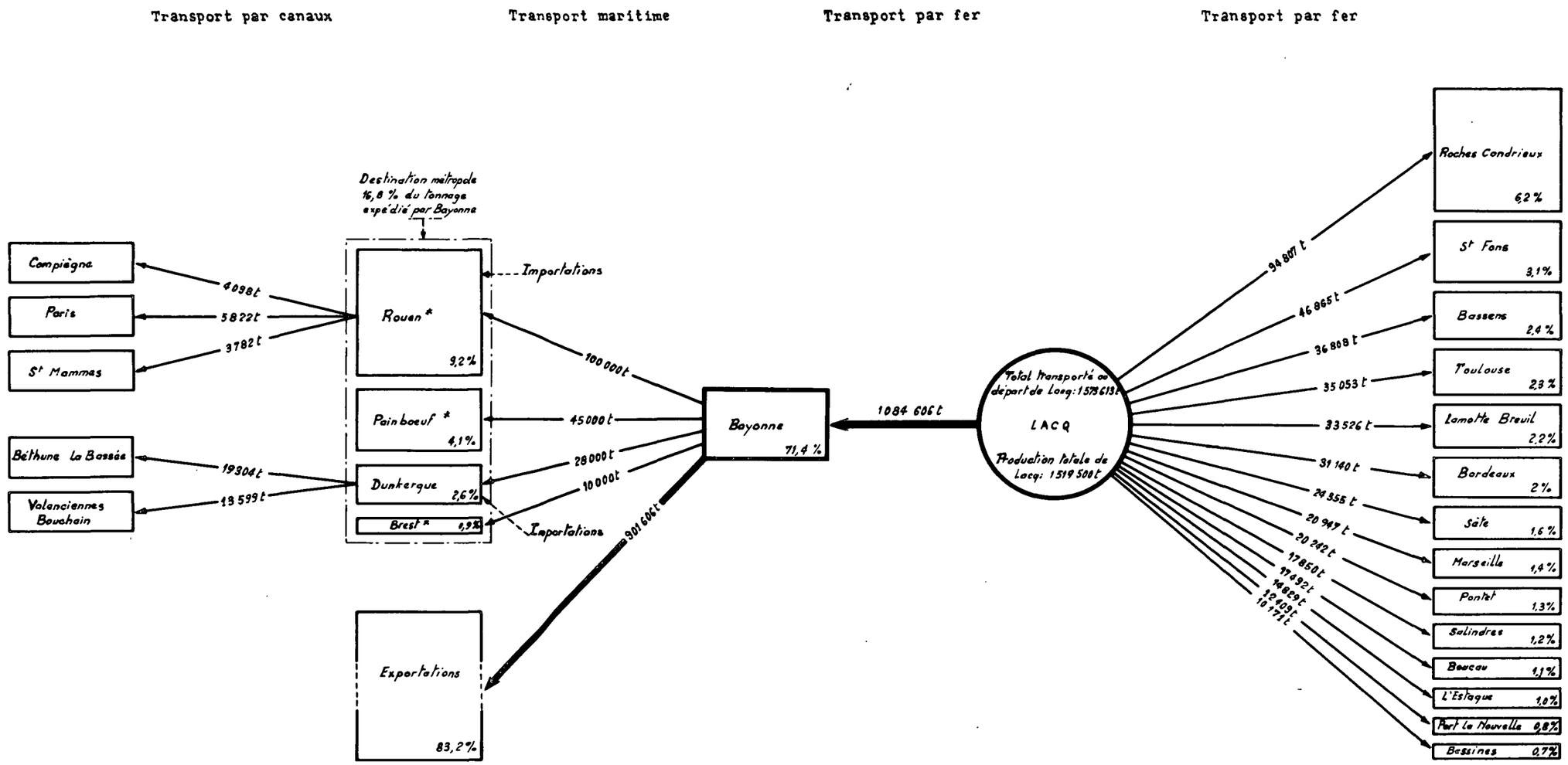
PAR CHEMINS DE FER ET PAR CANAUX



Source : B.C.S.I _ Statistiques S.N.C.F. et D.N.M.

ENCHAINEMENT DES DIFFERENTS MODES DE TRANSPORT DU SOUFRE AU DEPART DE LACQ

en 1966



* Autoconsommation

B - SOUFRE D'IMPORTATION

Le soufre d'importation est livré par bateaux à Rouen, Dunkerque, mais aussi à Anvers et Rotterdam. En 1966, la France a importé 226 040 tonnes de soufre brut en provenance des Etats-Unis et du Mexique. D'une part, d'après les statistiques de l'O.N.N., nous retenons 106 490 tonnes pour les transports par péniche, représentant une part importante, près de 50 %, des flux tracés dans la figure 7. D'autre part, le solde des transports fluviaux correspond rarement à des reprises de transports ferroviaires, mais le plus souvent à des auto-consommations près des ports, ce qui peut dans certains cas entraîner un trafic routier de quelques kilomètres.

C - EVOLUTION DE L'IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS MODES DE TRANSPORT TERRESTRE

Compte tenu des accords de la S.N.P.A. avec la S.N.C.F., les tonnages de soufre en partance de Lacq, transportés par fer, ont régulièrement suivi l'augmentation de l'exploitation de ces gisements depuis 1958, alors que les transports par canaux, du fait de la diminution concomitante des importations, ont diminué. Ainsi dans le tableau et la figure 8 (où nous ne pouvons pas distinguer en raison de statistiques agrégées pour le soufre brut : soufre de Lacq et soufre Frasch d'importation) la proportion des transports par fer est passée de 32,2 % en 1958 à 87,8 % en 1966, contrairement à celle des transports fluviaux ; ces derniers ont vu leur importance relative diminuer de 23,4 % ; cela n'empêche pas pour les transports fluviaux une légère hausse de leur trafic, en tonnages absolus.

Par ailleurs, le pourcentage d'expédition par trains complets, déjà élevé en 1965, s'est encore accru de 7 % en 1966 ; cette situation favorable résulte de la forte concentration des expéditions au départ de Lacq.

Tableau 3

Evolution des transports terrestres de soufre brut en France					
	Total transporté (prod. + imp.)	Tonnage transporté par S.N.C.F.	En % de la colonne 1	Tonnage transporté par canaux	En % de la colonne 1
1958.....	500 562	161 229	32,2	180 013	36,0
1959.....	685 020	433 778	63,3	152 212	22,2
1960.....	998 063	716 266	71,8	214 885	21,5
1961.....	1 318 684	964 812	73,2	238 483	18,1
1962.....	1 562 180	914 926	58,6	226 485	14,5
1963.....	1 610 588	1 525 838	94,7	211 582	13,1
1964.....	1 816 306	1 611 870	88,7	211 997	11,7
1965.....	1 865 535	1 563 540	83,3	257 605	13,8
1966.....	1 825 510	1 603 266	87,8	229 301	12,6

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

en tonnes

	Soufre brut	
	1965	1966
Total transporté.....	1 553 540	1 603 266
Trains complets.....	1 341 939	1 498 174
Trains complets / Total transporté en %....	86,4	93,4

Deuxième section : Pyrites

1°) Trafic ferroviaire

Le seul grand centre producteur, Saint-Bel, a expédié 78 018 tonnes par fer vers Saint-Fons. Cette liaison représente à elle seule, en tonnage, plus de 60 % du trafic S.N.C.F. de pyrites ; les autres liaisons, à l'exception de Dunkerque-Chocques avec 15 605 tonnes, n'excèdent pas 10 000 tonnes. Le tableau et la carte 9 complètent ces données pour d'autres flux S.N.C.F. qui se caractérisent en général non seulement par de faibles tonnages, mais encore par de courtes distances, et dont certains ont disparu aujourd'hui. Nous savons par ailleurs qu'une importante quantité de pyrites acheminée vers Saint-Fons est traitée sur place pour la fabrication de l'acide sulfurique. Comme nous l'avons vu plus haut, les pyrites françaises ne sont pratiquement pas exportées ; en revanche, les importations qui s'élevaient à 338 983 tonnes en 1966 n'ont pratiquement pas entraîné de transports ferroviaires, à l'exception près de certaines liaisons de la région de Lille et Dunkerque qui totalisent environ 20 000 tonnes (1966).

Tableau 9

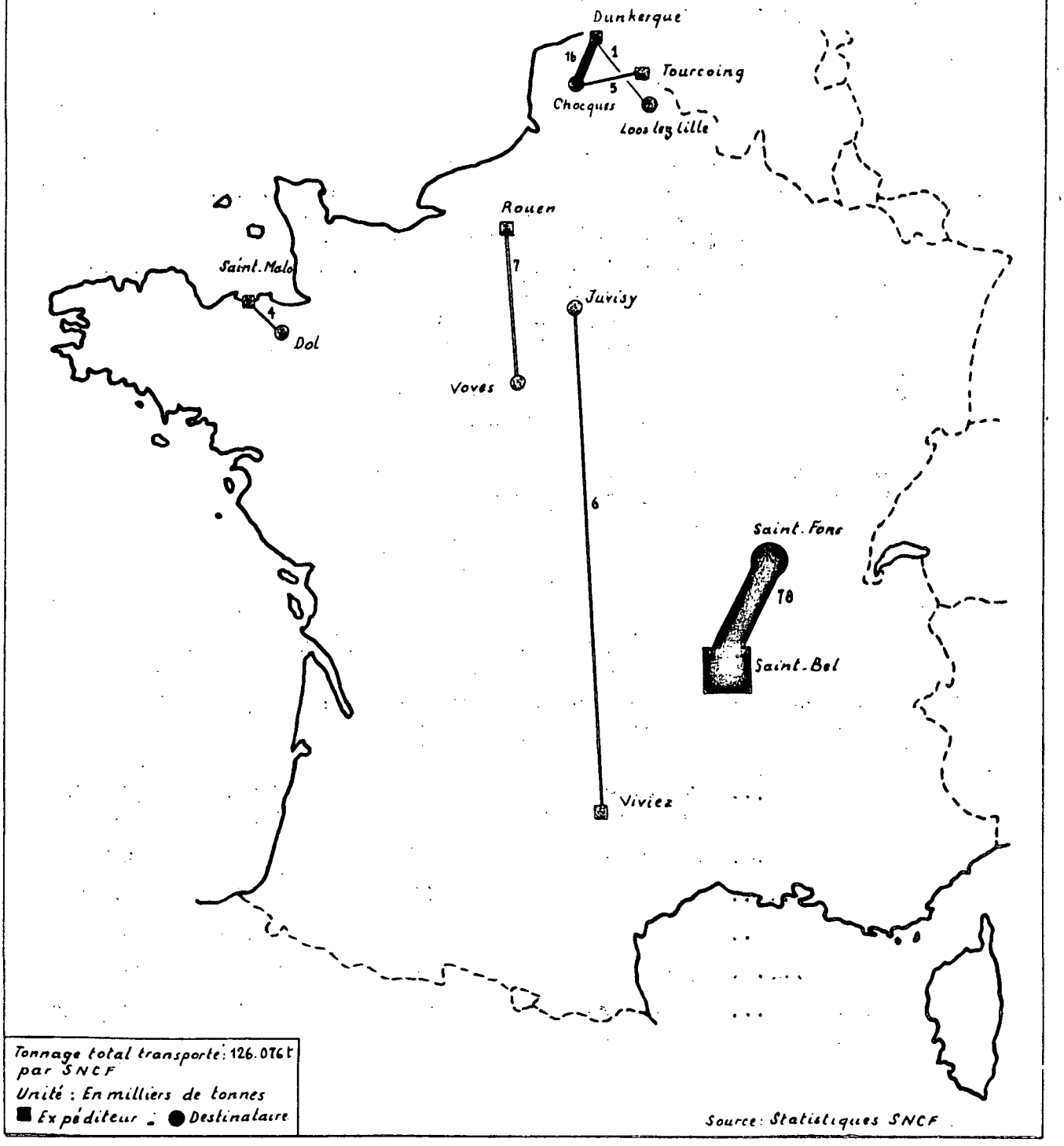
Transports de pyrites brutes par fer en 1966

Gare expéditrice	Gare destinataire	Distance moyenne en km	Tonnes	t.km
Dunkerque...	Chocques	66	14 239	939 774
	Loos-lès-Lille	80	1 341	107 280
Tourcoing...	Chocques	56	4 483	251 048
Rouen.....	Voves	224	7 276	1 629 824
Saint-Malo..	Mol	23	4 456	102 488
Viviez.....	Juvisy	642	5 868	3 767 256
Saint-Bel...	Saint-Fons	59	78 018	4 638 462
			115.681	

n°9

PRINCIPAUX FLUX DE TRANSPORT DE PYRITES PAR FER

En 1966



2°) Trafic fluvial

Si les fortes importations de pyrites n'ont que peu de répercussions pour la S.N.C.F., il n'en est pas de même pour la navigation fluviale : tous les transports de pyrites correspondent à des importations. Ainsi, en 1966, pour un tonnage importé global de 338 983 tonnes, 158 737 tonnes de pyrites de la même origine furent transportées par péniche ce qui, par conséquent, représente 48 % des importations (cf. flux détaillés dans le tableau et la carte 10). Le solde est consommé dans les ports.

Tableau 10

Transports de pyrites par canaux en 1966

Port expéditeur	Port destinataire	Distance moyenne en km	Tonnes	t.km
Dunkerque...	Lille	125	26 353	3 291 056
	Douai	112	7 150	801 069
	Saint-Quentin	190	3 429	650 370
Sète.....	Toulouse	258	14 062	3 627 996
Belgique.....	Lille	31	56 518	1 756 967
	Douai	72	3 333	239 259
	Saint-Quentin	90	1 897	170 730
	Compiègne	156	43 743	6 808 958
Pays-Bas.....	Lille	40	1 983	78 813

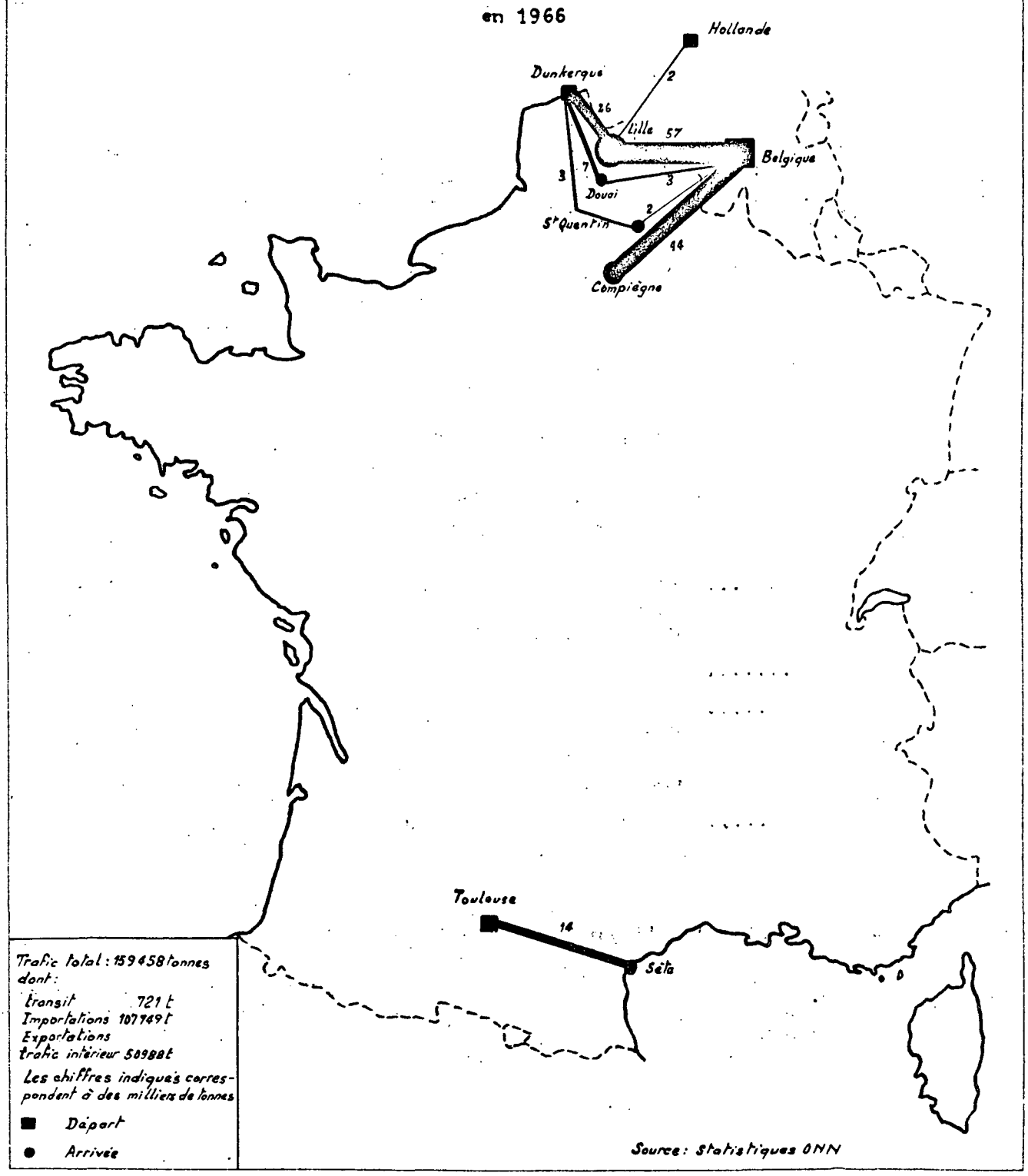
3°) Evolution de l'importance relative des différents modes de transport

Pour les pyrites, les données statistiques de transports par fer n'ont pas pu être relevées pour certaines années antérieures, ce qui entraîne une limitation du tableau ci-après à la période 1965-1966.

n° 10

PRINCIPAUX FLUX DE TRANSPORT DE PYRITES PAR CANAUX

en 1966



Ainsi, malgré une augmentation apparente des pyrites transportées, aussi bien par fer que par voie fluviale, seuls les transports fluviaux semblent prendre un essor et l'emporter nettement sur le fer en 1966, alors que l'année précédente la répartition étaient équilibrée. Les transports routiers et surtout la consommation sur place paraissent régresser très sensiblement.

Evolution de l'importance relative des différents modes de transport des pyrites

	Total transporté (prod.+ imp.) en tonnes	S.N.C.F. en tonnes	S.N.C.F. total transporté	Canaux (transit) en tonnes	Canaux total transporté	Autoconsommation ou transport par cam.
1965.....	485 338	123 740	25,5 %	129 541	26,7 %	47,8 %
1966.....	426 983	126 076	19,5 %	158 737	37,2 %	33,3 %

Si nous considérons maintenant la proportion des transports par trains complets, nous voyons dans le tableau ci-dessous que, bien qu'elle soit légèrement moins élevée que pour le soufre brut, le cap des 80 % a été dépassé en 1966 ; ces valeurs indiquent une utilisation du parc satisfaisante.

En tonnes

	Pyrites	
	1965	1966
Total transporté.....	123 740	126 076
Trains complets.....	98 000	104 000
$\frac{\text{Trains complets}}{\text{Total transporté}}$ en %.....	79,2	82,5

Chapitre II

PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE L'INDUSTRIE DU SOUFRE EN FRANCE

I - ANALYSE DES FUTURES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT

Une estimation sur les réserves de soufre, toutes origines, que ce soit en France ou dans le monde, est très difficile, Si, actuellement, certaines hypothèses de production pour les grands centres miniers peuvent être émises pour les dix prochaines années, il n'est pas moins délicat d'avancer des chiffres et surtout des localisations pour l'horizon 1985. La loi de l'offre et de la demande de soufre, les situations économique et géographique des différents pays producteurs apparaissent comme les deux facteurs les plus déterminants pour le futur approvisionnement. Malgré les variations capricieuses de leur évolution, nous nous efforcerons de dégager certaines tendances vers lesquelles la France, en particulier, s'orientera pour puiser ses futures matières premières.

A - SOUFRE FRANCAIS

1°) Le gaz naturel

La plus importante ressource est celle provenant de l'exploitation des gisements de gaz naturel situés dans les Basses-Pyrénées. Les ventes en France de soufre, à partir de ces gisements, ont couvert en 1967 56 % des besoins de l'industrie française, alors que la production totale de Lacq pourrait largement satisfaire les besoins nationaux.

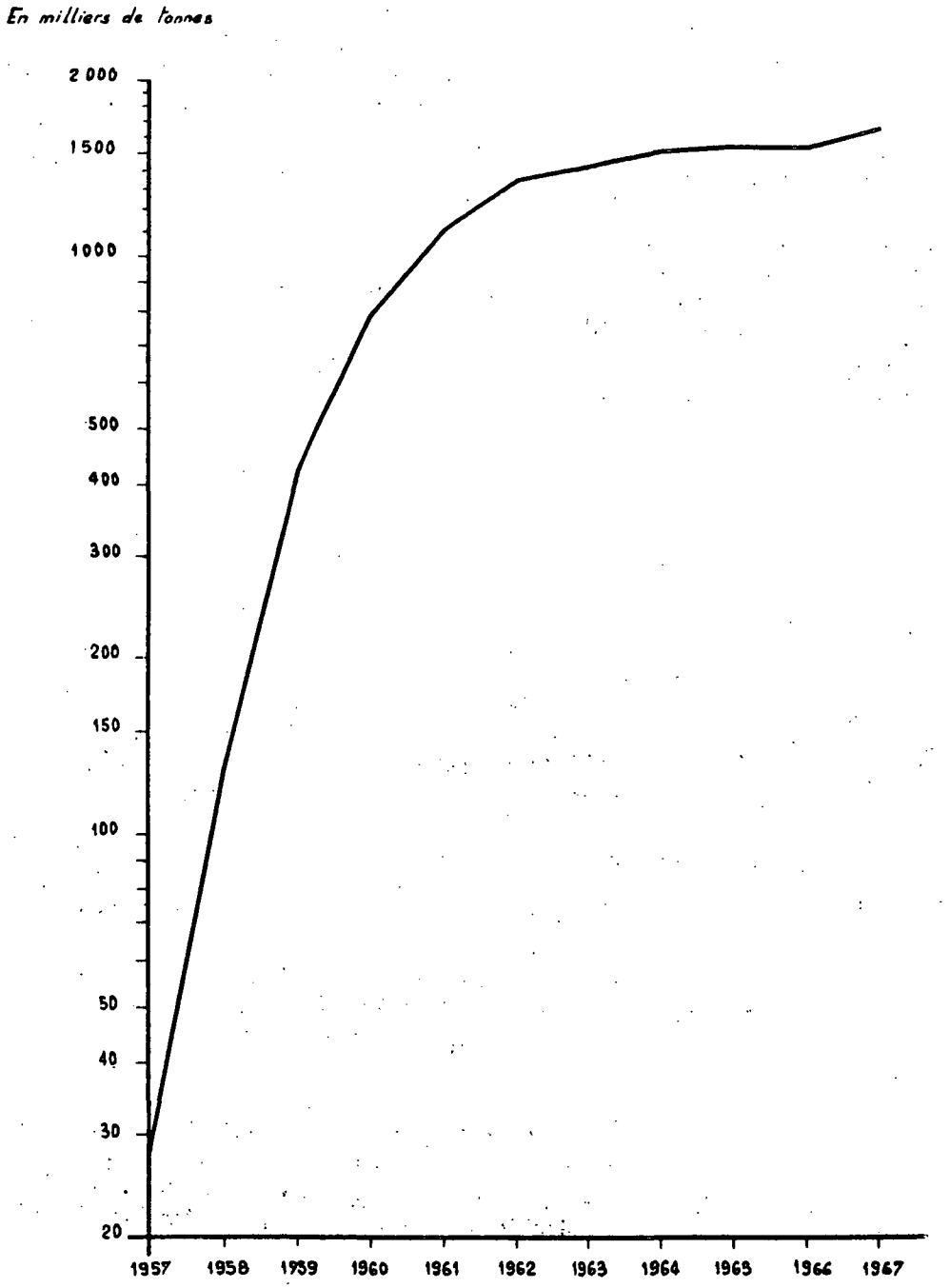
L'exploitation du gisement de Lacq (1 631 000 tonnes prévues en 1968), représente jusqu'ici la quasi-totalité de la production de soufre de récupération. Deux autres gisements découverts récemment à Rousse et à Meillon, dont les capacités ne sont pas encore importantes (12 000 tonnes), pourraient porter d'ici à trois ans la production totale à environ 1 750 000 tonnes ; ce sont les faibles teneurs en hydrogène sulfuré (6 % à Meillon, 0,6 % à Rousse) des hydrocarbures gazeux qui empêchent un accroissement considérable de la production.

Ainsi, sans citer de chiffres, nous constatons que, compte tenu des connaissances géologiques et des résultats actuels de la prospection, les réserves de Lacq en équivalent-soufre sont limitées. Il semble que le rythme de production de 1970 sera maintenu jusqu'en 1975-1976 ; cette

n° 11

PRODUCTION DE SOUFRE BRUT

(Lacq)



Source : B.C.S.I.

tendance se manifeste déjà nettement dans le tableau et la figure 11. Après quoi, une diminution progressive du tonnage extrait devrait avoir lieu, consécutivement à l'épuisement sensible des réserves du gisement le plus intéressant, celui de Lacq. De ces considérations et d'autres sources bien informées, il nous est permis d'admettre que dans le maintien des circonstantes actuelles, la production de soufre français récupéré pourrait représenter le tiers de celle d'aujourd'hui ; dans un cas très favorable, en supposant que les gisements de Meillon et de Rousse se révèlent après quelques années d'exploitation sensiblement plus productifs que le laissent supposer les apparences actuelles, la quantité totale de soufre récupéré pourrait alors dépasser de 20 % ces chiffres, les portant ainsi aux environs de 800 000 t/an. Par conséquent, les chiffres de production de la région de Lacq pour l'horizon 1985 se situeront vraisemblablement à l'intérieur de la fourchette 500 000 t-800 000 t/an. (1)

Tableau 11

Production de soufre brut de Lacq

en tonnes

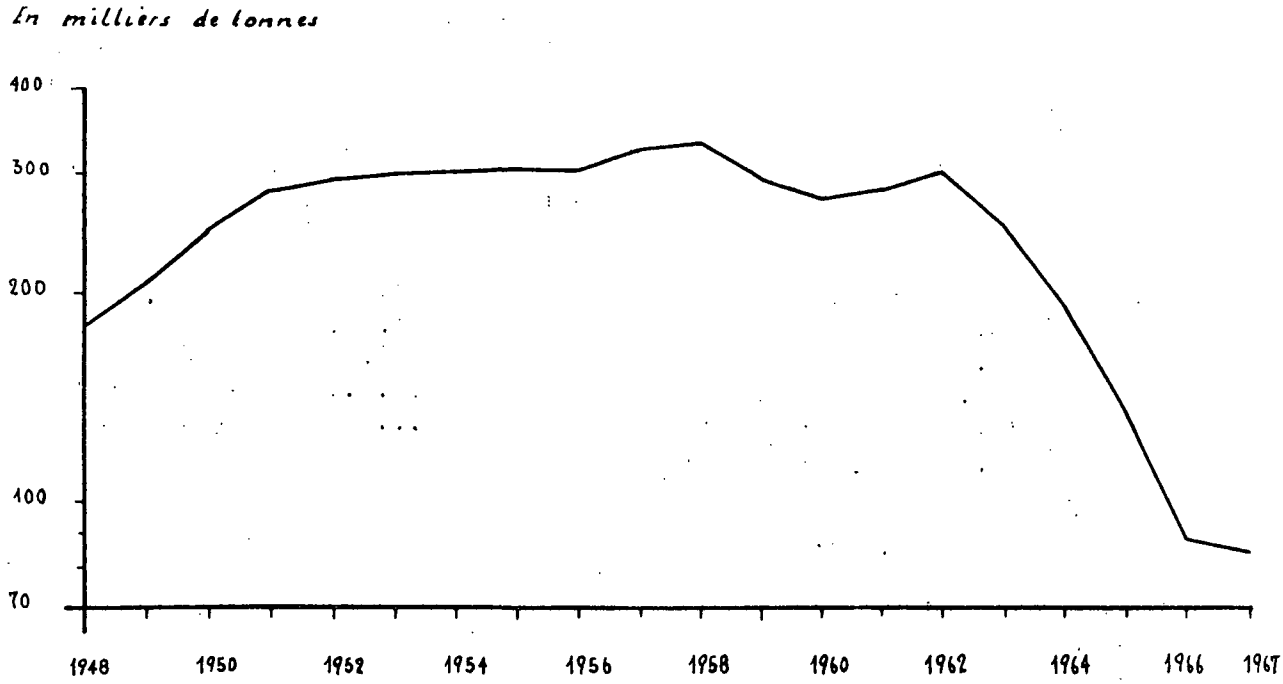
1957.....	27 900	1963.....	1 417.700
1958.....	128 520	1964.....	1 510 700
1959.....	426 500	1965.....	1 521 500
1960.....	790 640	1966.....	1 519 500
1961.....	1 104 550	1967.....	1 642 870
1962.....	1 345 000		

Source : B.C.S.I.

(1) La production de soufre de désulfuration de Lacq pourrait toutefois être arrêtée, avant 1985. Néanmoins, n'ayant pu obtenir d'informations précises quant à la date de l'épuisement de ces ressources, nous maintiendrons dans notre étude la première hypothèse. Nous signalerons au passage les conséquences de l'arrêt éventuel de la production de Lacq sur les transports.

n°12

PRODUCTION DE PYRITES A 44% DE SOUFRE



Source : B.C.S.I.

2°) Les pyrites

Les pyrites, autre ressource minière métropolitaine, ne représentent plus que 3,1 % de l'approvisionnement en soufre des industries françaises.

Si l'on considère les importations de ce minerai, lesquelles sont relativement importantes puisqu'elles ont fourni en 1967 11,7 % de la consommation nationale de soufre, et le ralentissement de notre production de pyrites (cf. tableau et figure 12) qui a fourni 14,3 % de nos besoins en soufre pendant l'année record de 1962, il semble que les réserves françaises de pyrites (qui s'élèvent actuellement aux environs de 650 000 tonnes) soient assez limitées. Par ailleurs la consommation de pyrites diminuant régulièrement et les pyrites étrangères restant concurrentielles, il semble peu probable que les producteurs français portent leurs efforts sur une prospection permettant éventuellement d'augmenter les réserves potentielles et, par conséquent, la production. Dans ces conditions, nous pouvons admettre que, jusqu'en 1975, les pyrites continueront à être extraites à raison de 80 000 tonnes par an ; après quoi, la mine sera vraisemblablement fermée.

Tableau 12

Production de pyrites
(44 % de S)

en tonnes

1949.....	206 000	1959.....	294 387
1950.....	248 000	1960.....	277 191
1951.....	281 000	1961.....	285 438
1952.....	294 000	1962.....	303 954
1953.....	298 000	1963.....	251 322
1954.....	300 000	1964.....	191 342
1955.....	304 996	1965.....	134 361
1956.....	303 862	1966.....	88 000
1957.....	323 619	1967.....	85 380
1958.....	332 582		

Source : B.C.S.I.

Tableau 13 a

Répartition des ressources d'approvisionnement en équivalent-soufre de l'industrie française

en milliers de tonnes

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Production									
Soufre de Lacq	426,5	790,6	1 104,6	1 345,0	1 417,7	1 510,7	1 521,5	1 519,5	1 642,9
Pyrites (à 44 % de S)	129,5	122,0	125,6	133,7	110,6	84,2	59,1	38,8	37,6
Blendes (à 52,5 % de Zn) ...	7,4	8,1	7,3	8,1	8,1	6,5	9,9	11,1	11,5
Galènes (à 65 % de Pb)	2,6	2,9	2,9	2,1	1,0	1,5	2,5	3,7	3,8
Masses d'épuration	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	6,8	6,8	5,4	7,0
Production totale	570,0	927,6	1 244,4	1 493,9	1 542,4	1 609,7	1 599,8	1 578,5	1 702,8
Importations									
Soufre Frasch	193,9	146,6	143,1	147,1	114,6	214,0	263,8	226,0	234,7
Pyrites (à 15 % de S)	203,2	217,4	212,2	197,7	178,0	166,0	187,9	152,5	142,1
Blendes (à 52,5 % de Zn) ...	61,3	74,6	83,6	76,5	72,2	94,6	85,3	89,5	85,0
Galènes (à 65 % de Pb)	10,5	10,1	9,3	9,8	13,3	14,5	13,1	12,2	12,9
Importations totales ...	468,9	448,7	448,2	431,1	378,1	489,1	520,1	480,2	474,7
Importations + Production	1 038,9	1 376,3	1 692,6	1 925,0	1 920,5	2 098,8	2 119,9	2 058,7	2 177,5
Exportations									
Soufre de Lacq	223,8	419,5	572,8	543,6	1 009,0	1 034,1	913,2	882,0	1 028,8
Consommation apparente (Import. + prod.) - (export.)	815,1	956,8	1 119,8	1 301,4	911,5	1 064,7	1 206,7	1 176,7	1 148,7
Ventes de Lacq en France	165,0	277,0	367,0	356,0	471,0	520,0	603,0	698,0	681,0
Consommation pseudo-réelle* ...	777,4	862,7	955,0	936,0	973,8	1 108,1	1 201,4	1 237,2	1 215,6
Variations des stocks	+ 37,7	+ 94,1	+ 164,8	+ 445,4	- 62,3	- 74,0	+ 5,3	- 60,5	- 66,9

* : Productions de pyrites, blendes, galènes, masses d'épuration + ventes du soufre de Lacq en France + importations de soufre toutes formes

Source : B.C.S.I. - O.N.U. - S.N.P.A.

Tableau 13 b

Répartition de la consommation française en équivalent-soufre

en milliers de tonnes

	1959		1960		1961		1962		1963		1964		1965		1966		1967	
		%		%		%		%		%		%		%		%		%
Acide sulfurique	617,1	79,4	647,4	75,0	719,9	75,4	741,5	79,2	781,6	80,3	882,2	79,6	952,1	79,2	1003,3	81,1	1059,5	86,7
Sulfure de carbone	29,6	3,8	37,6	4,4	45,1	4,7	48,4	5,2	54,3	5,6	55,2	5,0	54,6	4,5	59,8	4,8	57,3	4,7
Anhydride sulfureux liquide	8,0	1,0	9,6	1,1	9,5	1,0	9,4	1,0	9,9	1,0	10,3	0,9	9,9	0,8	10,4	0,8	10,7	0,9
Soufres travaillés	64,6	8,3	60,8	7,0	70,9	7,4	69,7	7,4	77,9	8,0	90,9	8,2	79,8	6,6	79,6	6,4	85,1	7,0
Total ...	719,3	92,5	755,4	87,5	845,4	88,5	869,0	92,8	923,7	94,9	1038,6	93,7	1096,4	91,1	1153,1	93,1	1206,6	99,3

N.B. : Les pourcentages sont calculés par rapport à la consommation pseudo-réelle du tableau 13 a

Source : B.C.S.I. - Annuaire O.N.U. - S.N.P.A.

3°) Autres ressources

Le soufre obtenu à partir des blendes et des galènes d'origine française ne représente que 1,3 % de l'approvisionnement total ; ici encore compte tenu des importations relativement très élevées par rapport à la consommation apparente (8,1 %), et des chiffres à peu près stables figurant dans le tableau 13 a , (fonction aussi du développement de la métallurgie du plomb et du zinc, car ici le soufre n'est qu'un sous-produit), il paraît probable qu'en 1985 ces pourcentages soient conservés, sinon inférieurs.

Enfin, le soufre provenant de l'épuration des gaz industriels et en particulier des raffineries de pétrole (le soufre des cokeries aura vraisemblablement disparu en 1985) dont l'évolution des chiffres approximatifs de production au cours de ces dernières années figure dans le tableau ci-après, semblent avoir pris un départ, l'année dernière, qui porterait ces chiffres aux environs de 16 000-18 000 tonnes en 1970.

Estimation de l'évolution de la production de soufre de raffinerie en tonnes			
1964.....	6 300	1966.....	5 400
1965.....	6 800	1967.....	7 000

Si cette tendance se confirme, dans la mesure où la réglementation contre la pollution de l'air s'impose, consécutivement à l'augmentation des capacités des raffineries de pétrole installées sur notre territoire, nous pouvons penser à une production minimale de 50 000 tonnes et maximale de 100 000 tonnes de soufre de cette origine en 1985. Toutefois, dans l'hypothèse de progrès technique important pour ce mode d'extraction, ces chiffres dépasseraient très largement les valeurs suggérées. En faveur de cette hypothèse existe le fait que la France a besoin de pétroles lourds généralement les plus sulfureux.

B - SOUFRE ETRANGER

1°) Evolution prévisionnelle de l'offre de soufre

Trois formes de soufre se disputent actuellement la majeure partie du marché mondial : le soufre Frasch, le soufre de récupération des gaz naturels et les pyrites ; l'étude de l'évolution des productions mondiales pour ces trois sortes de soufre depuis 1961 va permettre de déterminer quel est le soufre le plus demandé (soufre contenu ou soufre brut) ou dont l'extraction est la plus aisée, de même que de prévoir pour les prochaines dix années au moins quelles seront les futures grandes sources d'approvisionnement.

En milliers de "long tons" d'équivalent-soufre

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	Taux annuel moyen
Soufre Frasch.....	6 554 (57)	6 376 (53)	6 339 (50)	6 864 (49)	7 593 (49)	8 612 (52)	5,6 %
Pyrites.....	1 690 (15)	1 770 (15)	1 730 (14)	1 790 (13)	1 955 (13)	2 045 (12)	3,9 %
Soufre de récupération.....	3 270 (28)	3 880 (32)	4 530 (36)	5 300 (38)	5 810 (38)	5 780 (35)	12,1 %

( ) Ces chiffres indiquent en % la place occupée dans le soufre total
Source : "Minerals Yearbook" - 1965 et 1966

Ainsi les chiffres qui figurent dans le tableau ci-dessus montrent que le soufre de récupération connaît le plus grand essor puisque son taux moyen annuel de croissance pour la période de 1961-1966 a été de 12,1 %. Ensuite, le soufre Frasch avec 5,6 % paraît avoisiner le taux de croissance de la consommation mondiale de soufre (7,4 %).

Enfin les pyrites, malgré un taux moyen de croissance de près de 4 %, accusent un très net recul par rapport aux deux autres formes de soufre.

Si la production de soufre à partir des hydrocarbures gazeux se développe rapidement, c'est aux découvertes récentes des gisements importants du Canada, qui semblent être très prometteurs, que nous le devons, En outre, des gisements intéressants seraient prochainement exploités en Irak (1 million de tonnes à Mishraq en 1972), ce qui paraît retenir l'attention de nombreux pays producteurs malgré les lourdes redevances que le gouvernement irakien exige.

La production de soufre Frasch, qui constitue pour le moment la part la plus importante, sera probablement dépassée au cours des prochaines années par le soufre récupéré. En effet, alors que le Canada s'apprête à doubler sa production aux environs de 1975, tous les espoirs américains fondés sur les réserves en soufre Frasch du Golfe du Mexique, malgré une prospection intensive et onéreuse, ont été déçus ; ainsi les réserves actuellement connues ne seront capables de conserver aux Etats-Unis la première place d'exportateur que jusqu'aux environs de 1970 ; après quoi, le Canada devrait les remplacer en exportant près de 3 millions de tonnes.

Par ailleurs, le gouvernement mexicain, en imposant une participation nationale minimale de 70 % dans toute société étrangère qui voulait exploiter ses ressources, avait fortement affaibli la prospection sur son territoire. Il semble que depuis un ou deux ans la situation soit moins sévère et favorise une nouvelle reprise de la prospection étrangère. La production de pyrites ne fournissant maintenant qu'une faible part de la demande mondiale de soufre, soit 12 %, continuera, à moins d'une pénurie des autres formes de soufre, à décroître lentement relativement aux autres formes d'approvisionnement ; cela pour les mines du monde occidental, alors que la forte proportion pour les pays de l'Est (U.R.S.S. en particulier) et le Japon se maintiendra, compte tenu de l'importance de leur réserve et du caractère traditionnel de ce mode d'extraction.

2°) Conséquences des fluctuations du prix du soufre

La pénurie du soufre brut dans le monde, ressentie ces dernières années, a quelque peu forcé le marché de l'offre et de la demande et a fait dangereusement monter le prix de ce soufre. En outre, à la suite des

échecs rencontrés dans la prospection des gisements du Golfe du Mexique, les Américains ont dû réouvrir d'anciennes mines (Texas et Louisiane) ce qui, du point de vue économique, n'a pas amélioré cette situation. Par exemple, nous constatons que les Etats-Unis situés au premier rang des exportateurs de soufre brut avec, pour l'année 1966, 2 363 000 tonnes (dont près de 50 000 tonnes à destination de la France), ont proposé au cours des six dernières années des prix de vente moyens très variables. Ainsi le niveau élevé de 49,2 dollars la tonne (1) atteint en 1964 (cf. tableau ci-dessous), s'il se reproduit à l'avenir de façon durable, risque d'inciter les Européens, qui ont de nombreuses réserves en pyrites, à les réutiliser en tant que principale matière première, comme c'est le cas encore actuellement en Allemagne Fédérale.

Exportations de soufre Frasch américain

	Moyenne 1956-60	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Quantité (en milliers de tonnes).	1 665	1 652	1 562	1 629	1 951	2 066	2 363
Prix moyen (en $ par tonne).....	39,2	41,9	44,0	48,6	49,2	41,5	30,0

Source : "Minerals Yearbook" - 1965 et 1966

Cette hausse de prix peut engendrer deux autres transformations importantes dans l'infrastructure classique de l'industrie du soufre :

(1) De source plus récente, on apprend qu'au 1er janvier 1968, à la suite d'une hausse de $ 2, la tonne est exportée au prix $ 41 FOB ; l'été précédent, le Mexique, de son côté, avait augmenté ses prix, portant ainsi la tonne entre $ 50 et 55 FOB. La baisse apparente du prix du soufre en 1966, telle qu'elle apparaît dans le tableau ci-dessus, résulte vraisemblablement de ventes sous contrat à long terme souscrits en 1964, pendant la période de pléthore.

- en amont du soufre brut : par le développement du procédé d'extraction à partir des gypses, minerais courants (les ingénieurs d'Elcor Chemical of Midland, Texas, sont actuellement en train de mettre au point une usine pilote qui permettrait de construire une unité de capacité de 350 000 tonnes de soufre par an) ;
- en aval, le bouleversement pourrait être important pour les soufres "toutes formes", dans le cas où l'acide nitrique déplacerait l'acide sulfurique de son principal débouché, les engrais phosphatés (de sérieuses études sont menées dans ce domaine par Continental Oil, Mobil Chemical, qui pourraient réduire au moins de moitié la consommation actuelle de soufre inhérent à ce débouché). En admettant résolus les problèmes techniques, ce choix sera effectué en fonction des prix respectifs de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique, donc en définitive en fonction du prix de l'élément soufre (1).

Par ailleurs, l'instabilité du cours du soufre peut entraîner, aussi bien de la part de l'exportateur que de l'importateur, une politique de stockage qui détruirait en partie, dans le cadre de nos prévisions, la structure de nos importations en provenance des différents pays.

3°) La demande française

La consommation croissante de soufre va obligatoirement entraîner une augmentation régulière des importations, plus que concomitante à partir de 1975. Comme le montre la figure 5, les importations de pyrites qui baissaient lentement d'environ 3 à 4 % par an pour des raisons déjà connues (reconversion de la plupart des unités de production d'acide sulfurique), devraient normalement remonter par suite de la création de nouvelles unités de production d'acide sulfurique à partir des pyrites, en raison de la disparité des prix des pyrites et du soufre de désulfuration alors que celles de soufre brut augmenteront en conséquence. Il semble probable que cette augmentation portera tout au moins pour les prochaines années sur les produits du Mexique. D'une part, il paraît vraisemblable

---

(1) Cette situation aboutirait probablement à un équilibre de l'emploi de ces deux acides dans ce débouché, à la suite de la diminution de prix du soufre, conséquence d'une demande beaucoup moins forte.

que des découvertes intéressantes de gisements au Moyen-Orient entraînent, dans des proportions variables, certaines livraisons de soufre de cette provenance en France, sous réserve de l'ouverture du Canal de Suez et compte tenu que l'essentiel des tonnages seront absorbés par l'Inde. D'autre part, la volonté d'exporter, de certains pays de l'Est (soufre de Pologne, pyrites d'U.R.S.S. et du Japon) pourrait provoquer certains remous dans les principaux flux d'importations des prochaines années.

II - PREVISIONS DE CONSOMMATION

Deux méthodes ont été utilisées. La première consiste en une étude systématique de l'évolution à attendre de chaque industrie consommatrice accompagnée d'un facteur d'influence, fonction de la part de soufre utilisée par chacune d'elles. La seconde en une étude globale de la consommation de soufre et une corrélation produit intérieur brut (diminué des services et commerces)-consommation, qui tiendrait compte non seulement du développement industriel, mais encore de celui de l'agriculture.

A - EVOLUTION DES PRINCIPAUX SECTEURS CONSOMMATEURS

C'est en considérant les chiffres de production des secteurs consommateurs que nous pourrons en déduire les quantités de soufre nécessaires ;aussi nous admettons que la variation des stocks intermédiaires de soufre, pour les périodes choisies (tantôt 8 ans, tantôt 20 ans), aura une résultante pratiquement nulle. En outre, compte tenu de la diversité des branches utilisatrices, nous limiterons la synthèse aux secteurs dont le facteur d'influence dans la consommation totale d'acide sulfurique est supérieur à 4 %.

Tableau 14

Importance relative des différents secteurs consommateurs d'acide sulfurique en 1965

	Consommation d'acide sulfurique		en % par rapport au total chimie minérale
	%	milliers t	
Chimie minérale			
Engrais phosphatés	43,4	1 268,0	55,0
Sulfate d'ammoniaque de synthèse	10,4	207,0	9,0
Sulfate d'ammoniaque de récupération		97,0	4,2
Sulfate de potasse et acide chlorhydrique	1,9	54,5	2,4
Sulfate de soude et acide chlorhydrique	2,0	56,8	2,5
Sulfate de chrome	0,3	10,0	0,4
Sulfate d'alumine	1,8	51,1	2,2
Chlore	0,3	10,0	0,4
Produits fluorés	3,3	95,6	4,1
Pigments minéraux, oxyde de titane et lithopone	5,9	173,9	7,5
Acide phosphorique non agricole	7,3	213,0	9,2
Divers chimie minérale	2,4	69,4	3,1
Total chimie minérale	79,0	2 306,3	100,0
Chimie organique			
Acides lactique, oxalique, formique	0,2	6,1	
Mat. colorantes et produits intermédiaires	1,8	52,0	
Mat. plastiques, élastomères, text. synth.	1,7	48,3	
Détergents synthétiques	1,5	43,7	
Raffineries de pétrole, lubrifiants	1,0	31,8	
Diverses synthèses organiques	1,1	30,8	
Total chimie organique	7,3	212,7	
Métallurgie			
Traitement minerais métalliques	1,1	31,5	
Sidérurgie, métal., travaux des métaux	3,3	97,0	
Total métallurgie	4,4	128,5	
Textiles			
Text. artificiels, feuilles cellulosiques	5,0	148,6	
Divers			
Sucrerie, distillerie, etc	0,4	12,0	
Ind. non chimiques, autres et commerce de produits chimiques	2,8	81,7	
Total divers	3,2	93,7	
Parachimie			
Pharmacie	0,4	12,0	
Explosifs	0,4	12,1	
Divers	0,3	9,1	
Total parachimie	1,1	33,2	
Consommation totale	100,0	2 920,0	

1°) L'acide sulfurique

En 1966, la production totale d'acide sulfurique (y compris acide de récupération) a absorbé environ 81,1 % de la consommation totale intérieure de soufre ; cela explique combien le développement de l'industrie de soufre est tributaire de celui de l'acide sulfurique. La ventilation des débouchés de l'acide sulfurique suivant le Ve Plan, nous donne les valeurs représentées dans le tableau 14, soit pour les différents secteurs ou branches industriels, la répartition suivante (en %) :

Chimie minérale	79,0
Chimie organique	7,3
Parachimie	1,1
Métallurgie	4,4
Textiles	5,0
Divers	3,2
	100,0

Une analyse plus fine doit être faite pour la chimie minérale puisque, grâce aux engrais, elle représente à elle seule 79 % de la consommation totale de soufre intérieur, alors que les autres secteurs pourront être examinés globalement.

a) Chimie minérale

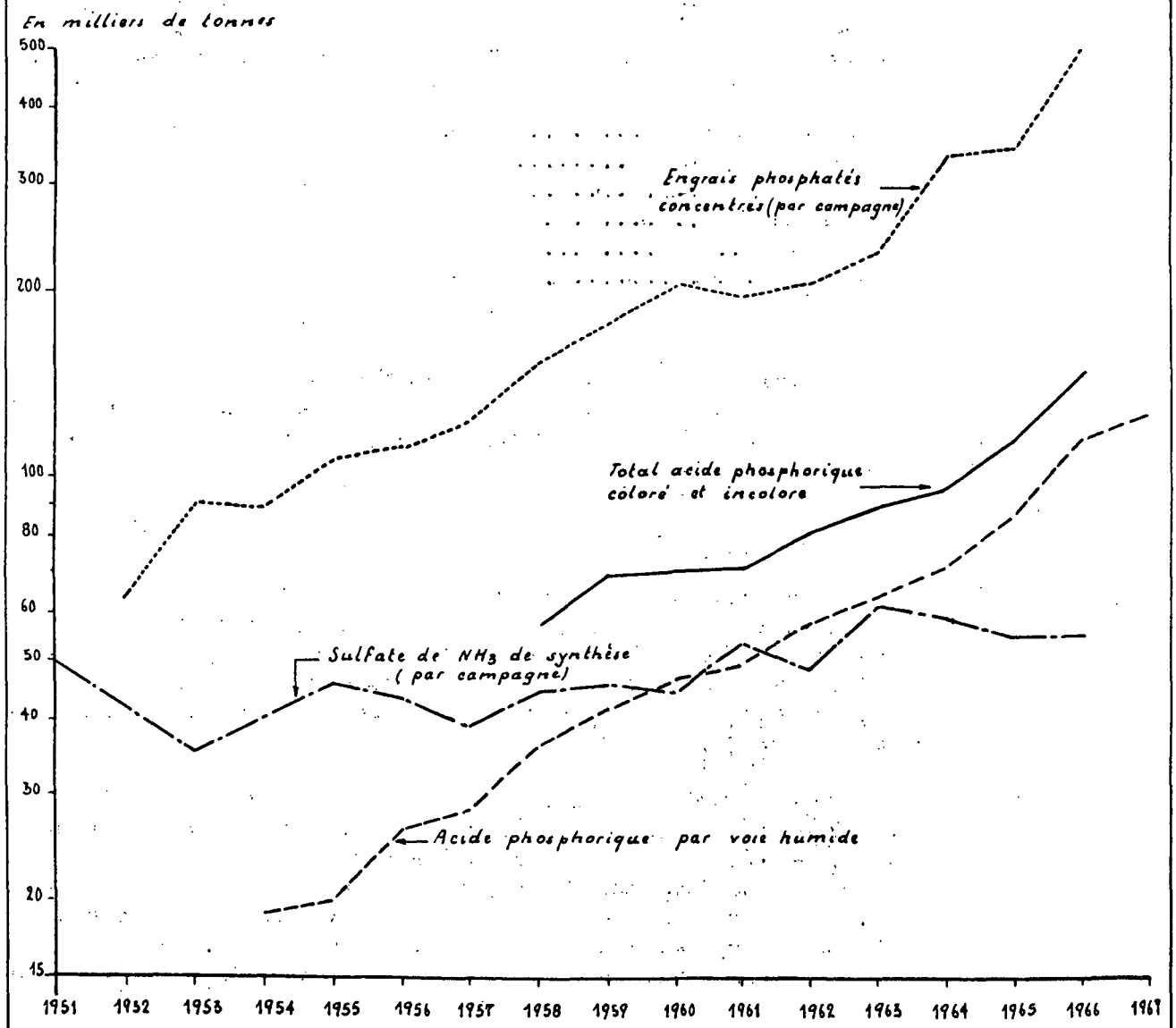
L'industrie chimique minérale constitue le principal client de l'acide sulfurique, notamment grâce aux engrais phosphatés, à l'acide phosphorique non agricole, au sulfate d'ammoniaque de synthèse et aux pigments minéraux (oxyde de titane et lithopone);comme le montre le tableau 14, ces débouchés représentent plus de 80 % de la consommation de la chimie minérale.

Compte tenu du fait que l'industrie des engrais s'oriente nettement vers des engrais de plus en plus concentrés, nous pouvons admettre dans la catégorie des engrais phosphatés que les "engrais phosphatés concentrés" prédomineront de plus en plus par rapport aux superphosphates. Les engrais phosphatés concentrés devraient donc continuer à se développer au rythme actuel très élevé de 19 % (cf. tableau et figure 15) jusqu'aux environs de 1975, époque à laquelle on aura atteint

n° 15

PRINCIPAUX SECTEURS CONSOMMATEURS D'ACIDE SULFURIQUE

DE LA CHIMIE MINERALE



Source : BCSI

un optimum national moyen probable à l'hectare (1) ; ainsi la consommation plafonnera pour les années suivantes autour de cette valeur. Par conséquent, nous pouvons escompter d'après les estimations B.I.P.E. une production d'engrais phosphatés toutes qualités de 2 320 000 tonnes pour 1985 (alors que selon d'autres sources elle s'élèverait à 2 400 000 tonnes). En supposant que cette augmentation soit uniforme d'ici à 1985, nous arrivons à un taux annuel moyen de 3,1 %.

Ensuite, nettement moins importante du point de vue de la consommation d'acide sulfurique vient la production d'acide phosphorique non agricole. Une partie de cet acide obtenue par voie humide consomme de l'acide sulfurique pour la fabrication de l'acide orthophosphorique H_3PO_4 dont les utilisations finales sont les traitements de surface des métaux, le traitement des eaux, les détersifs, etc.

Le tableau et la figure 15 retracent l'évolution de la production globale d'acide phosphorique (par voie thermique et humide) et d'acide phosphorique obtenu par voie humide uniquement.

De la même manière, le sulfate d'ammoniaque de synthèse dont on peut suivre la régulière et faible expansion dans la figure 15 qui indique un taux de progression annuel moyen de 3,9 % pourrait voir son rythme de production changer sensiblement d'ici à 1985. En effet, d'une part les clients étrangers s'équipent pour la production de cet engrais, d'autre part sur le marché intérieur, la demande s'affaiblit au profit des ammonitrates.

Enfin, le développement des pigments minéraux est essentiellement entraîné par celui de l'oxyde de titane qui est le seul à prendre un net essor, compte tenu de son application généralisée dans la fabrication des peintures. L'oxyde de zinc qui, autrefois, remplissait cette

---

(1) L'optimum ne sera évidemment pas atteint en même temps dans toutes les régions agricoles. D'ici à 1985, ce sont néanmoins les zones les plus fortes consommatrices qui auront atteint ou même dépassé cet optimum.

fonction, a été progressivement remplacé par l'oxyde de titane (1), ce dernier formant un film plus mince donc d'un pouvoir courant supérieur, ce qui le rend meilleur marché. Du fait de l'étendue de son application dans les peintures en général, nous pouvons penser que le développement de l'oxyde de titane, donc de la consommation d'acide sulfurique pour ces trois produits, suivra celui du secteur des peintures, dont le "trend" sur la période 1955-1966 a pour équation :

$$y = 0{,}03012\ x + 4{,}37573 \text{ où } x = 0 \text{ en } 1955$$
$$y = \log \text{Prod. ind.}$$

Tableau 15

Production					
	Sulfate d'ammoniaque de synthèse (en tonnes d'azote)	Engrais phosphatés concentrés (en tonnes de produits)		Acide phosphorique par les deux procédés (en tonnes de P_2O_5)	Acide phosphorique par voie humide (en tonnes de P_2O_5)
1951-52	50 091				
1952-53	42 200	62 830			
1953-54	35 700	90 945	1954	-	19 040
1954-55	40 900	89 640	1955	-	20 010
1955-56	45 800	106 190	1956	-	26 660
1956-57	43 300	111 060	1957	-	28 520
1957-58	39 200	123 000	1958	57 000	36 420
1958-59	44 100	152 500	1959	68 650	42 000
1959-60	45 550	175 800	1960	69 745	46 550
1960-61	44 100	204 000	1961	70 300	49 210
1961-62	53 500	195 400	1962	81 650	57 820
1962-63	48 550	206 900	1963	89 200	63 850
1963-64	61 250	231 600	1964	95 350	70 540
1964-65	58 250	333 600	1965	110 400	86 990
1965-66	54 600	341 800	1966	140 700	114 760
1966-67	55 400	502 300	1967	...	125 160

Source : B.C.S.I.

(1) La production d'oxyde de titane pourrait être réalisée par le procédé au chlore, ce qui donne un produit plus blanc. Ici encore, c'est en fonction du prix du soufre que ce procédé pourra ou non se substituer à l'acide sulfurique.

La régularité de l'évolution désaisonnalisée des livraisons françaises dues à l'industrie automobile et au bâtiment montre que le taux de croissance annuel enregistré aura de fortes chances de se maintenir autour de 7,2 % jusqu'en 1985.

Nous avons résumé les perspectives d'évolution analytique de la consommation d'acide sulfurique dans la branche chimie minérale, dans le tableau suivant, d'après les valeurs du tableau 14 (colonne 3) :

Consommation d'acide sulfurique par la chimie minérale

en pourcentage

	Importance relative dans la chimie minérale (1)	Facteur d'influence dans la consommation totale d'acide (2)	Taux de croissance moyen prévu jusqu'en 1985 d'après (1) (3)	Taux de croissance pondéré d'après (2) (4)
Engrais phosphatés.....	55,0	43,4	3,1	1,35
Acide phosphorique non agricole.....	9,2	7,3	15,6	1,14
Sulfate d'ammoniaque de synthèse.....	9,0	7,1	3,9	0,28
Pigments minéraux (lithopone, oxyde de titane).....	7,5	6,0	7,2	0,42
Total...	80,7	63,8		3,19

b) Autres branches

Les emplois de l'acide sulfurique dans les autres secteurs de la chimie et dans les autres branches industrielles sont beaucoup plus modestes puisqu'ils ne représentent plus que 21 %. Malgré leur relativement faible importance, certains de ces emplois, par exemple en chimie organique, ont un développement beaucoup plus fort que celui de la chimie minérale ; c'est pourquoi nous allons les étudier.

- Chimie organique

Les sous-branches directrices de la chimie organique pour la consommation d'acide sulfurique sont les matières colorantes et les produits intermédiaires, les matières plastiques, les élastomères et textiles synthétiques, de même que les détergents de synthèse. Si nous choisissons à titre d'exemple les fibres synthétiques pour représenter la sous-branche, nous savons que l'acide sulfurique est utilisé dans le procédé de fabrication des fibres produites par polymérisation ou polyaddition, en particulier le polyamide 6 (Perlon L.). Ce produit tendrait à se développer assez fortement ces prochaines années car il est amené à remplacer de plus en plus le nylon dont le prix de revient est plus élevé. De plus, on ne peut prévoir une augmentation de la demande des textiles synthétiques qu'au détriment des textiles artificiels. Ainsi, dans le tableau suivant, nous observons l'évolution de la production de fils et fibres synthétiques qui, entre 1958 et 1966, enregistre une hausse spectaculaire de 21,3 % par an ; la disparition du caractère hautement conjoncturel actuel au cours des prochaines années devrait ramener ce taux à environ 15 %.

Production de fibres et fils synthétiques

en tonnes

1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
23 370	32 513	45 282	51 363	65 436	81 160	95 572	87 095	109 292

Source : B.C.S.I.

Nous pourrions constater de la même manière une forte expansion pour les matières colorantes, les matières plastiques et les détergents synthétiques. Il est donc raisonnable d'admettre que la consommation d'acide sulfurique dans cette branche se développera parallèlement à l'es-

sor de la production industrielle de la chimie organique dont le "trend" évalué par le B.I.P.E. sur la période 1956-1966, donne l'équation :

$$y = 0{,}06641\ x + 1{,}80538 \text{ où } x = 0 \text{ en } 1959$$
$$y = \log \text{Prod. ind.}$$

qui définit une augmentation moyenne de 16,5 %, d'ailleurs comparable à celle citée à propos des textiles synthétiques.

- Métallurgie

Cette branche utilise l'acide sulfurique dans la proportion de 4,4 %, aussi bien dans le traitement de l'acier que dans celui des métaux non ferreux.

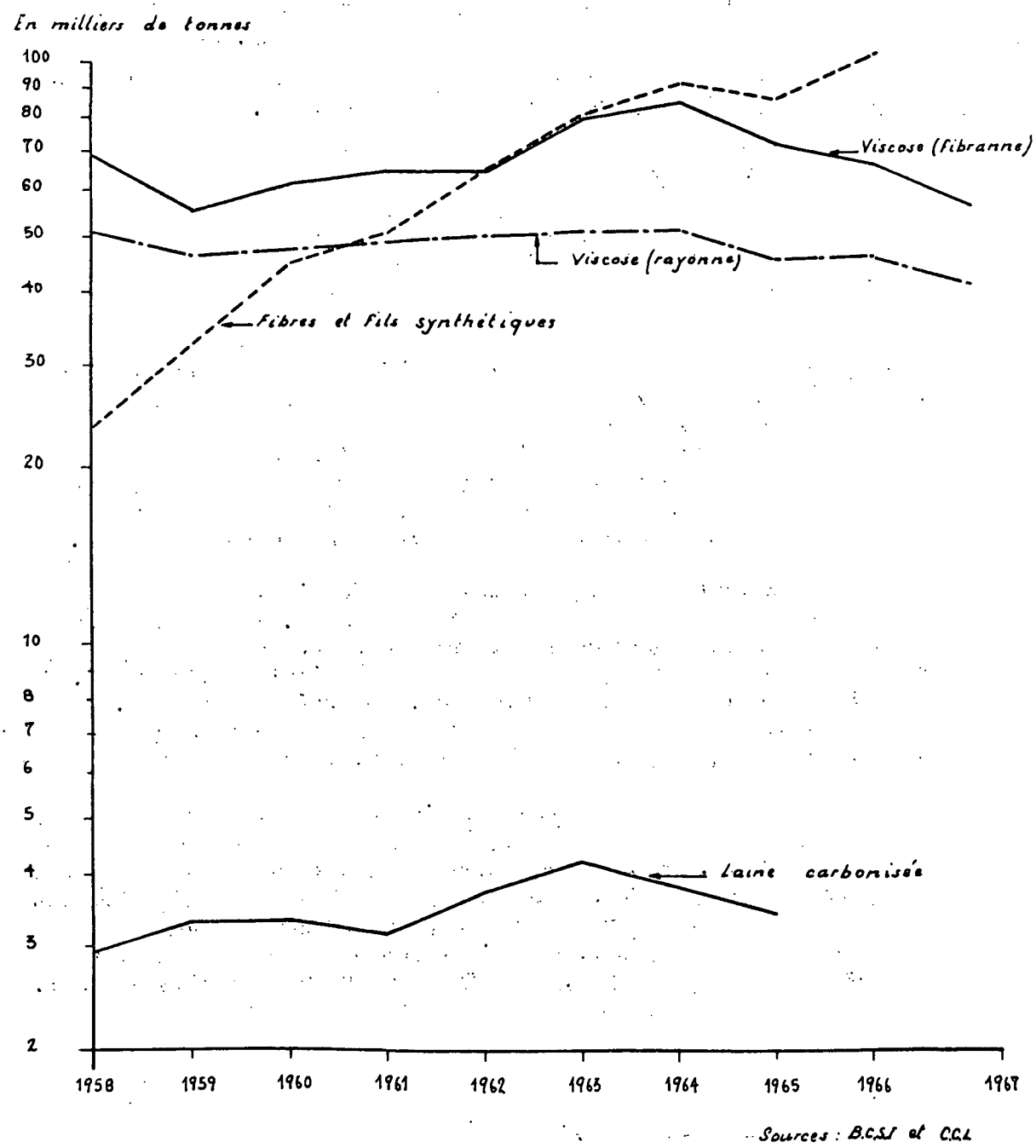
Pour l'acier, malgré la possibilité de substitution de l'emploi d'acide chlorhydrique à celui de l'acide sulfurique, due au progrès technique dans le débouché de décapage au cours des prochaines années, il semble peu probable que d'ici à 1985 on ait pu modifier la consommation spécifique actuelle de l'acide sulfurique dans la sidérurgie ; par ailleurs, particulièrement en France, la très faible progression de la sidérurgie, dont le taux annuel moyen n'excède généralement pas 2 %, n'entraîne aucun accroissement sensible de cette consommation.

La part relativement moins élevée d'acide sulfurique employé dans le traitement des métaux non ferreux a un avenir plus prometteur puisque, dans la mesure où le minerai de cuivre se présente de plus en plus sous forme d'oxyde, on le dissout par l'acide sulfurique. Mais pour ce qui est de la France, le cuivre est importé déjà traité. Comme il est vraisemblable que le traitement du minerai continuera à se faire sur place, cette consommation d'acide n'interviendra pas sur le plan français.

Le traitement du minerai d'uranium (lessivage) exige une certaine quantité d'acide sulfurique, lorsque la gangue du minerai n'est pas un carbonate. Si nous nous rapportons aux chiffres de production intérieurs qui étaient de 784 200 tonnes en 1985 contre 800 000 tonnes en 1960 -et nous savons par ailleurs que les réserves sont limitées- nous pouvons admettre que le rythme d'extraction restera aux environs de 800 000 t/an jusqu'en 1985, entraînant un taux de croissance nul.

n°16

PRINCIPAUX UTILISATEURS DE SOUFRE DANS L'INDUSTRIE TEXTILE



Si, maintenant, nous combinons les deux tendances opposées de ces débouchés de l'acide sulfurique dans la sidérurgie et les métaux non ferreux, nous pouvons considérer comme nul son taux de croissance inhérent à la métallurgie.

- Textiles

Les textiles naturels et artificiels absorbent une part non négligeable de l'acide sulfurique ; d'après le rapport du Ve Plan, cette part s'élève à 5,1 %.

En ce qui concerne les textiles naturels, l'acide est utilisé au stade de la préparation de la laine (carbonissage) qui entraîne une consommation de 60 kg d'eau acidulée par tonne de laine traitée. Le tableau 16 a indique que cette production de laine ne risque pas de s'accroître ; au contraire, la vive concurrence créée par les textiles synthétiques aurait tendance à provoquer une certaine régression de la production.

Tableau 16 a

Production de laine carbonisée							
						en tonnes	
1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
2. 964	3. 324	3 336	3 130	3 792	4 212	3 828	3 456
Source : C.C.L.							

Pour ce qui est des textiles artificiels, l'acide sulfurique est employé pour les bains de filage de la cellulose régénérée obtenue suivant le procédé viscose. Lorsque le fil de viscose est continu, on obtient la rayonne ; lorsque les fibres sont discontinues, la fibranne. Le tableau 16 b retrace l'évolution de la production en France de rayonne et fibranne. Nous notons une nette diminution pour les productions,

tant de rayonne que de fibranne. Toutefois, on peut s'attendre à un léger redressement de cette situation, qui maintiendrait les chiffres de production actuels jusqu'en 1985.

Tableau 16 b

Production de rayonne et de fibranne

en tonnes

	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Rayonne.	50 451	46 591	47 945	49 158	50 152	50 566	50 656	46 021	46 491	41 846
Fibranne	68 584	55 298	61 109	69 944	64 308	80 048	85 700	72 176	67 216	56 837

Source : B.C.S.I.

En conclusion, la représentation graphique (cf. figure 16) illustre de façon significative l'évolution des différentes sortes de textiles utilisant l'acide sulfurique pour leur fabrication.

- Parachimie et divers

Ces applications de l'acide sulfurique représentent d'une part 1,1 % pour la parachimie dont le "trend" annonce une augmentation moyenne annuelle de 6,4 % (études B.I.P.E.), d'autre part 3,2 % pour les industries diverses comme la sucrerie, la distillerie dont le développement suit, en général, celui de la production industrielle, soit 5,5 % (calculs B.I.P.E. sur la période 1956-1966).

Par conséquent, les prévisions basées sur l'étude synthétique de l'évolution des branches consommatrices d'acide sulfurique peuvent se résumer comme le montre le tableau ci-après. Il en ressort que, par addition des taux de croissance pondérés, on aboutit à un taux ce croissance annuel pour la consommation d'acide sulfurique, de 4,7 % pour la période de 1966-1985.

En pourcentage

	Taux de croissance annuel moyen prévu	Taux de croissance pondéré
Chimie minérale.....	-	3,2
Chimie organique.....	16,5	1,2
Métallurgie.....	0	0
Textiles (naturels et artif.	0	0
Parachimie.....	6,4	0,1
Divers.....	5,5	0,2

Appliqué à 1985, ce taux donne, en supposant le commerce extérieur de l'acide sulfurique maintenu dans les conditions actuelles, une production de 7 400 000 tonnes/an.

2°) Le sulfure de carbone

Les fabricants de sulfure de carbone ont absorbé environ 4,8 % de la consommation française d'équivalent-soufre en 1966 (cf. tableau 13b) ; ce pourcentage est passé de 3,8 % en 1959 à 4,7 % en 1967. Cela montre une relativement bonne stabilité de ce débouché du soufre en France. Si nous considérons l'évolution de la production intérieure (cf. tableau et figure 3) qui, avec 25 610 tonnes en 1948 et 68 006 tonnes en 1967, a progressé en moyenne de 5,3 % par an, nous pouvons admettre que le développement de cette industrie a été à long terme du même ordre de grandeur que celui de l'acide sulfurique. La ventilation des ventes de sulfure de carbone s'établissait en 1967 comme suit :

	En tonnes	En % de la production
Textiles.....	30 000	43,5
Tétrachlorure de carbone...	2 000	2,9
Industrie des fongicides...	15 000	21,7
Exportations.....	22 000	31,9
Total....	69 000	100,0

a) Textiles

Le sulfure de carbone, fabriqué dans les deux unités de Roches-Condrieux et Bouchens, est principalement utilisé dans les textiles puisque ce débouché représente 43,5 % ; on peut admettre que la majeure partie de ce sulfure de carbone est destinée aux textiles artificiels pour la fabrication de la viscose au moment de la préparation du xanthogénate. On évalue à 239 kg de sulfure de carbone, la quantité nécessaire à la fabrication d'une tonne de viscose (rayonne, fibranne). Compte tenu du tableau de la page 68 qui indique une production de viscose de 98 683 tonnes en 1967, nous pouvons admettre une utilisation d'environ 24 000 tonnes de sulfure de carbone, soit 80 % du poids total destiné aux textiles.

La presque totalité du solde, soit 20 %, revient à la fabrication de textiles synthétiques, dont le rhovyl, où le sulfure de carbone sert comme solvant du chlorure de polyvinyle. On estime à 25 kg de sulfure de carbone la quantité nécessaire à la fabrication d'une tonne de chlorure de polyvinyle.

Comme nous l'avons vu précédemment, la production des textiles artificiels (rayonne et fibranne), devrait diminuer progressivement ; de surcroît, le taux de récupération du sulfure de carbone devrait augmenter au cours des prochaines années. Somme toute, seuls les "fils pneu" dont la consommation suit le développement des transports routiers pourraient contrebalancer ces facteurs de baisse de la consommation du sulfure de carbone et maintenir celle-ci au niveau actuel jusqu'en 1985.

Le rhovyl qui est en pleine expansion (+ 16 %) n'influera que légèrement sur le développement de l'emploi du sulfure de carbone, compte tenu des faibles quantités utilisées ; en outre, la découverte de nouveaux procédés dans le domaine des synthétiques pourrait entraîner la disparition de ce débouché.

En conclusion, nous pouvons attendre un développement annuel de cette branche consommatrice inférieur à 1 % d'ici à 1985.

b) Tétrachlorure de carbone

Ce produit est en pleine expansion : pendant la dernière décennie (1956 - 1966), sa production annuelle moyenne s'est accrue de 7,8 % par année. La fabrication de ce produit tend maintenant à utiliser, presque exclusivement, le procédé de chloration du méthane alors qu'à l'origine, elle était fondée sur la chloration du sulfure de carbone. La disparition d'ici à 1985 de ce débouché du sulfure de carbone est donc à prévoir, ce qui d'ailleurs ne sera pratiquement pas sensible dans l'évolution de l'industrie du soufre, étant donné la faible place que ce débouché occupe (0,14 %).

c) Industrie des fongicides

Avec une consommation de 15 000 tonnes représentant 21,7 % du total de la production de sulfure de carbone, l'industrie des fongicides est par ordre d'importance son second débouché. Compte tenu d'une part des produits où l'on utilise le sulfure de carbone et qui sont en perte de vitesse, d'autre part du taux de croissance des fongicides, moins important que celui des herbicides, par exemple, nous avons été amenés à retenir un taux annuel moyen de 3,5 % ; en conclusion, nous arrivons aux résultats prévisionnels suivants pour l'industrie du sulfure de carbone.

Consommation de sulfure de carbone

en pourcentage

	Taux de croissance annuel moyen prévu	Taux de croissance pondéré
Textiles.....	1,0	0,43
Tétrachlorure de carbone....	0	0
Fongicides.....	3,5	0,67
Taux de croissance annuel moyen de la consommation de sulfure de carbone pour 1966-1985		1,19

Notons l'extrême faiblesse du développement de la consommation intérieure du sulfure de carbone, ce qui donne une consommation apparente pour 1985 de l'ordre de 58 000 tonnes contre 47 000 tonnes en 1967.

3°) L'anhydride sulfureux liquide

L'anhydride sulfureux gazeux est utilisé tantôt comme produit intermédiaire pour la fabrication de l'acide sulfurique, tantôt pour être transformé en anhydride sulfureux liquide. Ce dernier est employé, pour un tiers environ, à la fabrication de l'hydrosulfite dont la ventilation des débouchés est la suivante : industrie textile 65 %, pâte à papier 20 %, divers 15 %, où il est utilisé en tant que matière colorante. Les deux tiers restants sont consommés par l'industrie alimentaire (conservation) et surtout dans le blanchiment de la pâte à papier sous forme de sulfites et de bisulfites.

Le tableau 13 b montre la très faible importance de ce débouché qui semble stagner autour de 1 % depuis 1959. Par conséquent, une étude détaillée ne se justifie pas, et nous admettrons que le taux de croissance observé sur la période 1959-1967 se maintiendra d'ici à 1985, soit 3,7 %.

4°) Autres applications du soufre

D'autres secteurs comme l'agriculture, les industries du caoutchouc et de la pâte à papier ont consommé, en 1967, environ 100 000 tonnes de soufre, soit sortant de raffineries (soufres travaillés), soit par l'intermédiaire du bisulfite d'ammonium ou des sulfites de sodium. Ces applications représentant 8 % de la consommation totale, nous examinerons par conséquent les grandes lignes d'évolution des secteurs composants.

a) Agriculture

Le soufre est utilisé comme antiparasitaire en grande quantité grâce à sa facilité d'emploi et à son prix peu élevé. Son application dans l'arboriculture et les cultures maraîchères se développe rapidement, alors que les vignobles en consomment moins depuis plusieurs années. En 1967, environ 70 000 tonnes de soufres travaillés, soit plus de 5,8 % de la consommation totale de soufre, ont été utilisées dans l'agriculture.

Nous pouvons prévoir que, malgré le développement de l'agriculture en France, l'apparition de fongicides de synthèse freinera une augmentation concomitante de ces produits, ce qui devrait se traduire par un maintien de la consommation actuelle pour 1985 ; d'ailleurs, le tableau et la figure 17 (notons que l'agriculture consomme 30 % des soufres travaillés) mettent en évidence cette tendance.

Tableau 17

Soufres travaillés (raffinerie + récupération)			en tonnes
1948.....	80 703	1958.....	64 430
1949.....	67 635	1959.....	64 620
1950.....	58 958	1960.....	60 770
1951.....	57 200	1961.....	70 960
1952.....	48 900	1962.....	69 700
1953.....	36 200	1963.....	77 900
1954.....	56 550	1964.....	90 900
1955.....	65 890	1965.....	79 300
1956.....	68 400	1966.....	79 550
1957.....	62 740	1967.....	85 077

Source : B.C.S.I.

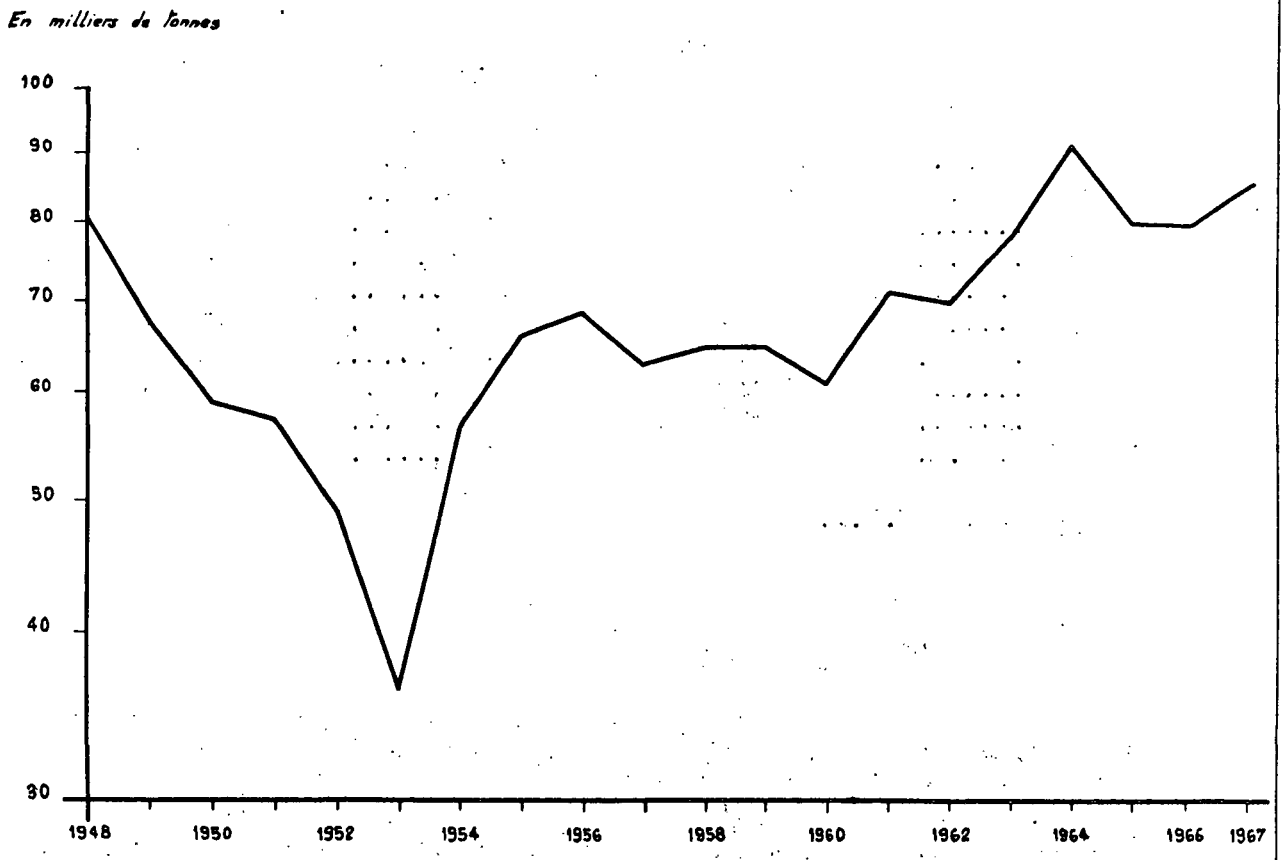
b) Pâtes à papier

Différents procédés utilisent le soufre pour la fabrication de la pâte à papier, ce qui, en 1967, représentait une consommation de soufre brut de l'ordre de 32 000 tonnes, soit 2,7 % de la consommation totale. Ici encore, malgré le taux de croissance des pâtes à papier assez important, certains facteurs modérateurs, comme le progrès technique, risquent à quantité égale de pâte, de diminuer la quantité de soufre nécessaire.

n° 17

PRODUCTION DE SOUFRE TRAVAILLE

(raffineries + récupération)



Source : B.C.S.T.

Ainsi, le procédé au bisulfite d'ammonium qui implique actuellement une consommation maximale de l'ordre de 110 kg de soufre par tonne de pâte fabriquée verra vraisemblablement au cours des prochaines années cette consommation diminuer de moitié, par suite de la mise au point d'un procédé -encore fort coûteux- de récupération du soufre.

Dans le procédé au monosulfite de sodium, la consommation oscille autour de 30 kg par tonne de pâte. Après une très légère expansion jusqu'en 1959, la production de cette pâte au monosulfite a brutalement diminué (- 25 % par an de 1959 à 1966) et, actuellement, comparativement aux autres pâtes à papier, elle est négligeable, comme le montre le tableau ci-après.

Signalons que la production des pâtes kraft qui utilisent du soufre sous forme de sulfate de sodium n'intervient pas dans ce calcul, étant donné que ce soufre a déjà été recensé dans les débouchés de l'anhydride sulfureux.

	Pâtes au bisulfite			Autres pâtes (à l'exclusion des pâtes kraft)		
Consommation de soufre prévue pour 1985 en kg/t de pâte....	60			20		
Production de pâtes en milliers de t						
1952.....	95,6			70,7		
1959.....	242,9	+ 9,9*	+ 5,8**	92,1	- 9,3*	- 2,5**
1966.....	360,3			19,3		
Taux de croissance annuel moyen admis d'ici 1985.....	6 %			0 %		

* Taux de croissance annuel moyen calculé sur la période 1952-1966
** Taux de croissance annuel moyen calculé sur la période 1959-1966

Précisons que le taux de 6 % admis pour la période qui nous intéresse a été choisi, compte tenu des taux mentionnés pour les différentes périodes.

c) Caoutchoucs

Avec une utilisation de 8 000 à 10 000 tonnes de soufre, l'industrie du caoutchouc se situe nettement en retrait des deux secteurs précédents, puisqu'elle ne représente actuellement pas plus de 1 % de la consommation totale du soufre en France. Le soufre est employé au moment de la vulcanisation, opération qui améliore considérablement les propriétés mécaniques du caoutchouc ainsi que sa résistance aux variations de température, et qui consiste à fixer le soufre sur l'hydrocarbure. Le principal agent vulcanisant du caoutchouc cru est le soufre, et beaucoup plus rarement le chlorure de soufre (vulcanisation à froid), le soufre naissant et d'autres agents.

- Vulcanisation du caoutchouc naturel

Suivant le pourcentage de soufre utilisé, nous obtenons le caoutchouc souple (2 à 2,5 % de soufre) et l'ébonite ou caoutchouc dur (25 à 33 % de soufre). Le tableau ci-après donne les chiffres de production d'ébonite. Cette production croît régulièrement d'environ 3 % par an depuis la période d'après-guerre, mais la consommation de soufre correspondante (1 227 tonnes en 1965) est inférieure à celle par le caoutchouc naturel qui, la même année, s'élevait à 2 744 tonnes. Les besoins en caoutchouc naturel où l'on utilise le soufre juste avant la livraison du caoutchouc (ce qui explique le relevé de consommation et non de production du tableau ci-après) semblent stagner et même, depuis deux ans, accuser une légère baisse, consécutivement à la part de plus en plus prépondérante qu'occupent, sur le marché, les caoutchoucs synthétiques. Cette baisse devrait se poursuivre jusqu'à un seuil d'équilibre, seuil qui correspondrait à la production de matériels où le caoutchouc naturel est pour le moment irremplaçable. Quant à l'ébonite, la vive concurrence des matières plastiques amènera probablement sa faible expansion à un plafond, puis à long terme à un recul.

En tonnes

	Production d'ébonite	Consommation de caoutchouc naturel
1948.....	2 515	27 357
1949.....	2 556	91 078
1950.....	2 418	100 396
1951.....	2 785	119 530
1952.....	2 315	115 955
1953.....	2 200	108 244
1954.....	2 500	124 000
1955.....	2 940	128 570
1956.....	3 300	130 890
1957.....	3 450	132 250
1958.....	3 600	139 325
1959.....	3 600	131 965
1960.....	3 610	128 945
1961.....	3 015	129 900
1962.....	3 770	126 560
1963.....	3 950	126 550
1964.....	4 265	126 050
1965.....	4 050	121 980
1966.....	4 230	91 070

Source : B.C.S.I.

- Vulcanisation du caoutchouc synthétique

En ce qui concerne la vulcanisation des caoutchoucs synthétiques, le soufre n'est plus le seul agent vulcanisateur ; il est cependant utilisé pour les plus importants des caoutchoucs synthétiques comme les copolymères butadiène-styrène GRS ou SBR qui sont vulcanisés, mais dans la faible proportion de 2 %.

La consommation globale des caoutchoucs synthétiques s'est accrue fortement depuis 1959, ce qui s'explique par le développement de la principale qualité, le butadiène styrène, dont les chiffres de consommation depuis 1955 figurent dans le tableau ci-après. Notons que la consommation

de 1965 a exigé, pour la vulcanisation, 2 004 tonnes de soufre. Le taux moyen annuel de progression de cette consommation a été de 13 % pour la période 1959-1967, taux comparable d'ailleurs à delui de l'ensemble de la chimie organique. Les perspectives d'avenir de ce débouché laissent espérer une prolongation de la tendance actuelle, à savoir le maintien d'un développement à une cadence élevée ; nous pouvons espérer 10 % d'augmentation par an en moyenne, d'ici à 1985. Néanmoins, la récupération du soufre de plus en plus poussée dans des procédés nouveaux tendra à abaisser la proportion de soufre qui, actuellement, est déjà très faible.

Consommation de butadiène-styrène

en tonnes

1955	10 947	1961	68 800
1956	21 044	1962	78 550
1957	35 361	1963	90 850
1958	36 820	1964	102 770
1959	30 383	1965	108 350
1960	67 073	1966	87 870
		1967	133 249

Source : B.C.S.I.

Ces chiffres correspondent aux capacités des usines de Berre (Société des Elastomères de Synthèse) et de Port-Jérôme dont les productions sont de 75 000 tonnes chacune environ.

Les autres consommations de soufre pour le caoutchouc sont très diverses et n'excèdent pas 2 000 tonnes. Nous pouvons résumer les considérations précédentes dans le tableau suivant, à partir duquel on a calculé un taux de croissance annuel moyen d'ici à 1985, pour la consommation de soufre dans les caoutchoucs, de l'ordre de 1,1 %.

	Qualité	Taux de croissance prévu	Consommation de soufre en 1985 en t.	Pondération
Caoutchoucs naturels	durs	+ 2 %	1 227	0,177
	souples	- 9 %	2 744	0,395
Caoutchoucs synthétiques	butadiène -styrène	+ 10 %	2 966	0,428
Taux de croissance résultant : 1,070 %				

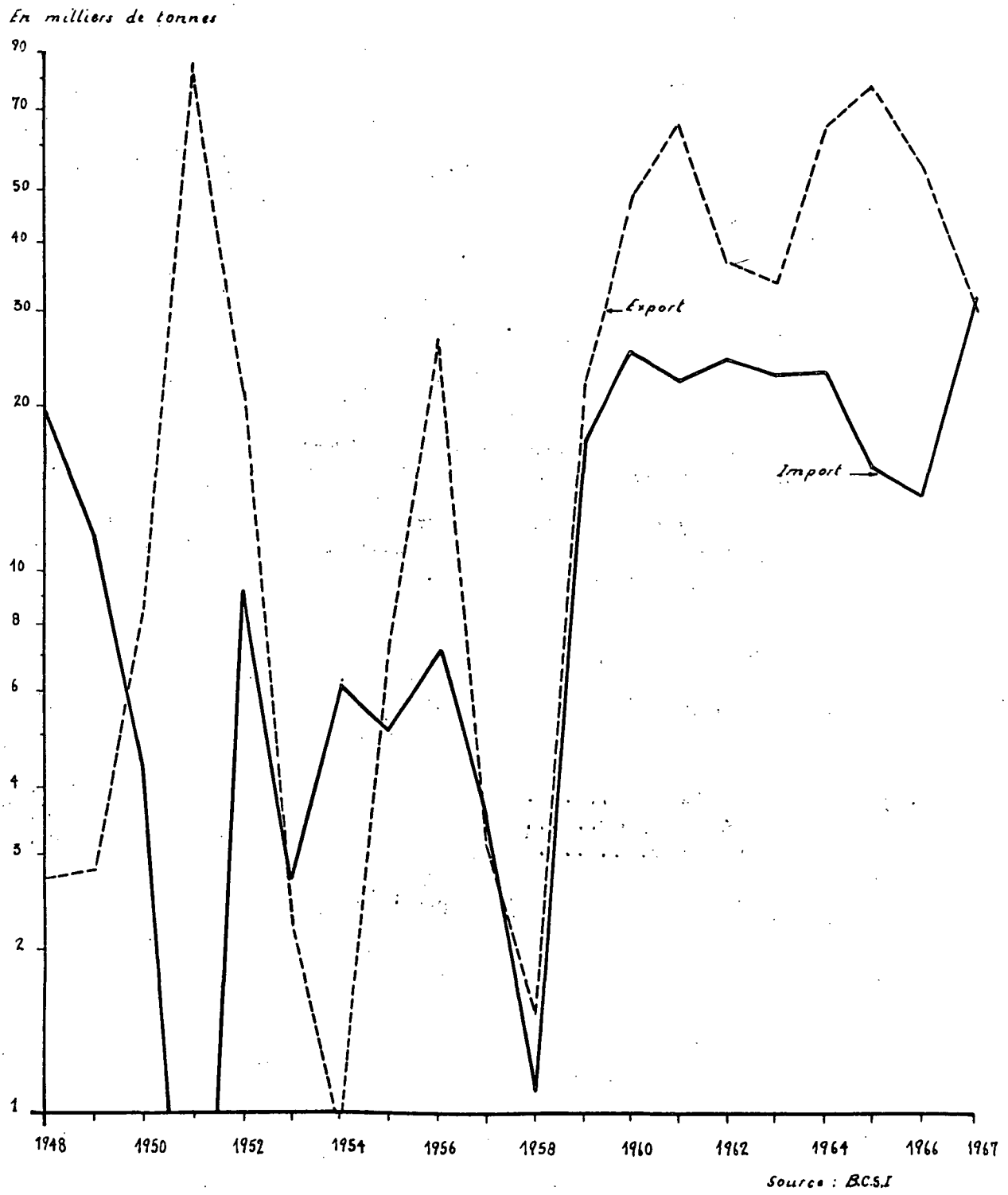
Par conséquent, ce débouché du soufre en 1985 restera négligeable par rapport aux autres débouchés étudiés précédemment.

En conclusion, nous aurons pour les soufres travaillés le taux de croissance résultant 1,8 %, conformément aux résultats qui figurent dans le tableau suivant :

Débouchés	Taux de croissance en %	Consommation de soufre en t	Pondération
Agriculture.....	0	70 000	0,636
Pâtes à papier.....	6	32 000	0,291
Caoutchouc.....	1	8 600	0,073
Taux de croissance résultant : 1,819 %		110 600 t	

n° 18

COMMERCE EXTERIEUR DE L'ACIDE SULFURIQUE



B - COMMERCE EXTERIEUR

1°) Acide sulfurique

Ce produit pondéreux ne se transporte généralement pas sur de longues distances, ce qui détermine actuellement toutes les unités éloignées des frontières à ne livrer que sur la France seule. Quelques usines situées dans le nord et l'est du pays participent à des échanges avec la Belgique et le Luxembourg. Comme le montrent la figure et le tableau 18, les fluctuations sont nombreuses, mais les amplitudes de variations restent très faibles puisque depuis 1948 les importations n'ont jamais dépassé 25 000 tonnes et les exportations 84 000 tonnes, ce qui, par rapport à la production représentait respectivement 1,3 % et 6 %. Depuis 1958, les fluctuations semblent s'atténuer et nous avons des valeurs qui oscillent autour de 20 000 tonnes pour les importations et autour de 50 000 tonnes pour les exportations. Les évolutions de ces échanges à long terme sont difficilement prévisibles car la concurrence étrangère est très vive, mais on peut penser que l'état des proportions actuelles subsistera, c'est-à-dire que l'incidence du commerce extérieur restera négligeable par rapport à celle de la consommation, pour la production et par conséquent pour l'approvisionnement en soufre.

Tableau 18

Commerce extérieur de l'acide sulfurique

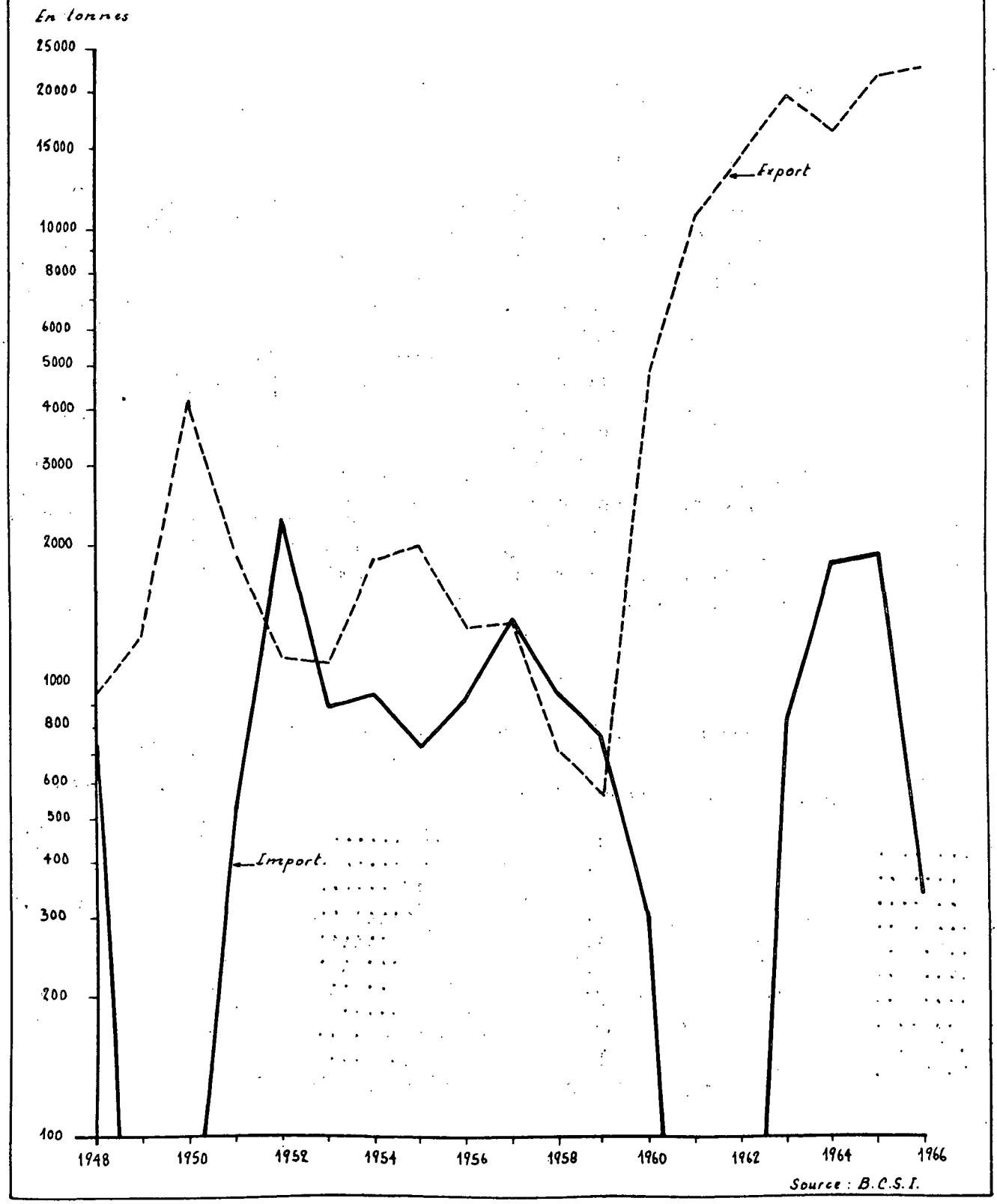
en milliers de tonnes

	Importations	Exportations		Importations	Exportations
1948.....	19,8	2,7	1958.....	1,1	1,5
1949.....	11,6	2,8	1959.....	17,2	22,0
1950.....	4,2	8,7	1960.....	25,0	48,6
1951.....	0,2	84,3	1961.....	22,3	66,8
1952.....	9,2	21,2	1962.....	24,8	36,5
1953.....	2,7	2,3	1963.....	23,0	33,9
1954.....	6,2	0,9	1964.....	23,4	65,7
1955.....	5,1	7,3	1965.....	15,1	77,8
1956.....	7,1	26,6	1966.....	13,7	54,7
1957.....	3,5	3,2	1967.....	30,39	30,05

Source : B.C.S.I.

n°19

COMMERCE EXTERIEUR DU SULFURE DE CARBONE



2°) Sulfure de carbone

Ici encore, les importations sont négligeables puisqu'elles dépassent rarement les 2 000 tonnes et se maintiennent le plus souvent autour de 1 000 tonnes (cf. figure et tableau 19). En revanche, depuis quelques années, les exportations représentent une part importante de la production (32 % en 1967), soit 22 000 tonnes environ.

Tableau 19

Commerce extérieur du sulfure de carbone

en tonnes

	Importations	Exportations		Importations	Exportations
1948.....	767	958	1958.....	950	710
1949.....	0	1 290	1959.....	770	570
1950.....	18	4 279	1960.....	301	4 830
1951.....	537	1 974	1961.....	-	10 500
1952.....	2 300	1 145	1962.....	-	14 400
1953.....	900	1 120	1963.....	850	19 510
1954.....	960	1 895	1964.....	1 840	16 540
1955.....	730	2 007	1965.....	1 920	21 750
1956.....	930	1 331	1966.....	343	22 420
1957.....	1 390	1 360			

Source : B.C.S.I.

Depuis 1959, nous avons assisté à une bonne reprise des exportations qui, actuellement, paraissent atteindre un palier. Le maintien de la forte part de la production consacrée aux exportations présentera vraisemblablement certaines difficultés dans les prochaines années. En effet, la construction d'unités productrices modernes et de grande capacité en territoire hollandais, par des firmes concurrentes, risque de compromettre la progression sensible enregistrée ces dernières années. Ainsi, nous pouvons penser que les exportations d'ici à 1985 n'excéderont pas 30 000 tonnes.

n°20

EXPORTATIONS DE SOUFRE TRAVAILLE

Source: B.C.S.I.

3°) Soufres travaillés

Les importations sont pratiquement inexistantes, alors que la tendance des exportations (cf. tableau et figure 20) est à l'augmentation à long terme. Ce phénomène s'est amplifié à partir du moment où la France est devenue gros producteur de soufre. A court terme, les chiffres du tableau ci-dessous montrent de fortes fluctuations dues aux variations des consommations d'une année sur l'autre. Au total, depuis l'exploitation du gisement de Lacq, le tonnage du soufre travaillé exporté est passé de 3 380 tonnes en 1958 à 10 730 tonnes en 1966, soit 8 % de la production, et l'on s'attend pour l'année 1968 à franchir le cap des 13 000 tonnes.

Bien que le tonnage des soufres raffinés de qualité ordinaire soit en légère baisse, (ce qui explique en partie la baisse des exportations de 1948 à 1959), ceux de qualité supérieure sont en nette progression et on peut s'attendre, pour les prochaines années, à ce que la position des raffineurs français, face à des concurrents importants comme l'Italie et l'Allemagne, se maintienne, entraînant par là une augmentation annuelle moyenne de l'ordre de 14 %. La forte demande des pays en voie de développement, qui devrait se poursuivre d'ici à 1985, laisse escompter un taux de croissance annuel moyen des exportations de l'ordre de 10 %.

Tableau 20

Exportation des soufres travaillés

en tonnes

1948.....	10 481	1958.....	3 380
1949.....	13 316	1959.....	805
1950.....	11 652	1960.....	5 395
1951.....	14 410	1961.....	6 665
1952.....	5 290	1962.....	8 955
1953.....	3 200	1963.....	6 670
1954.....	6 400	1964.....	8 910
1955.....	6 275	1965.....	12 065
1956.....	2 485	1966.....	10 730
1957.....	4 595		

Source : B.C.S.I.

C - DE LA SYNTHESE DES DIFFERENTES EVOLUTIONS A LA CONSOMMATION

Nous avons évalué des taux d'expansion différenciés pour déterminer la consommation de soufre dans le paragraphe A d'une part, puis les importations et les exportations dans le paragraphe B d'autre part ; le tableau ci-dessous représente les différents éléments de calcul importants qui ont permis d'obtenir une prévision de consommation de soufre de l'ordre de 2 640 000 tonnes pour l'horizon 1985 (exactement 2 638 000 tonnes, somme de la dernière ligne du tableau).

En milliers de tonnes

	Acide sulfurique	Sulfure de carbone	Anhydride sulfureux liquide	Soufres trav. et divers
Tonnages produits en 1966....	3 073	71	21	110
Exportations				
quantités.....	50	22	-	11
taux de croissance*.....	0 %	1 %	-	10 %
Importations				
quantités.....	20	-	-	-
taux de croissance*.....	0 %	-	-	-
Taux de croissance pondéré de la consommation intérieure	4,7 %	1,2 %	3,7 %	1,8 %
Production en 1985.....	7 270	88	42	170
Consommation de soufre en 1985.....	2 374	74	21	170

* Taux de croissance annuel moyen admis d'ici à 1985

D - VERIFICATION

Il nous a paru utile de contrôler les résultats à partir de la méthode de synthèse, par une corrélation du produit intérieur brut diminué des services et du commerce avec la consommation "pseudo-réelle" (1) de soufre. En se fondant sur les relevés des comptes de la nation en francs constants 1959 (indice 100 en 1959 correspondant à 161 481 millions de francs) d'une part, et sur les chiffres du tableau 13 a (indice 100 en 1959 correspondant à 777,4 milliers de tonnes de soufre) d'autre part, nous arrivons pour la période 1959-1967, à l'ajustement de la relation linéaire suivante :

$y = 1,143\ x - 10,401$ où x = produit intérieur brut - (services et commerce) en indice
y = consommation "pseudo-réelle" en indice

représentée dans la figure 21 tracée à partir du tableau 21. Cette corrélation se révèle satisfaisante puisque le calcul du coefficient r donne 0,9680.

Tableau 21

Indices (P.I.B.) - Services Base 100 en 1959 = 161 481 milliards de francs 1959		Indices consommation "pseudo-réelle" de soufre Base 100 en 1959 = 777 400 tonnes de soufre	
1959	100	1959	100
1960	105,49	1960	110,97
1961	109,79	1961	122,84
1962	117,67	1962	120,40
1963	124,15	1963	125,26
1964	132,49	1964	142,54
1965	138,14	1965	154,54
1966	145,47	1966	159,15
1967	151,43	1967	156,37
1985	321,2		

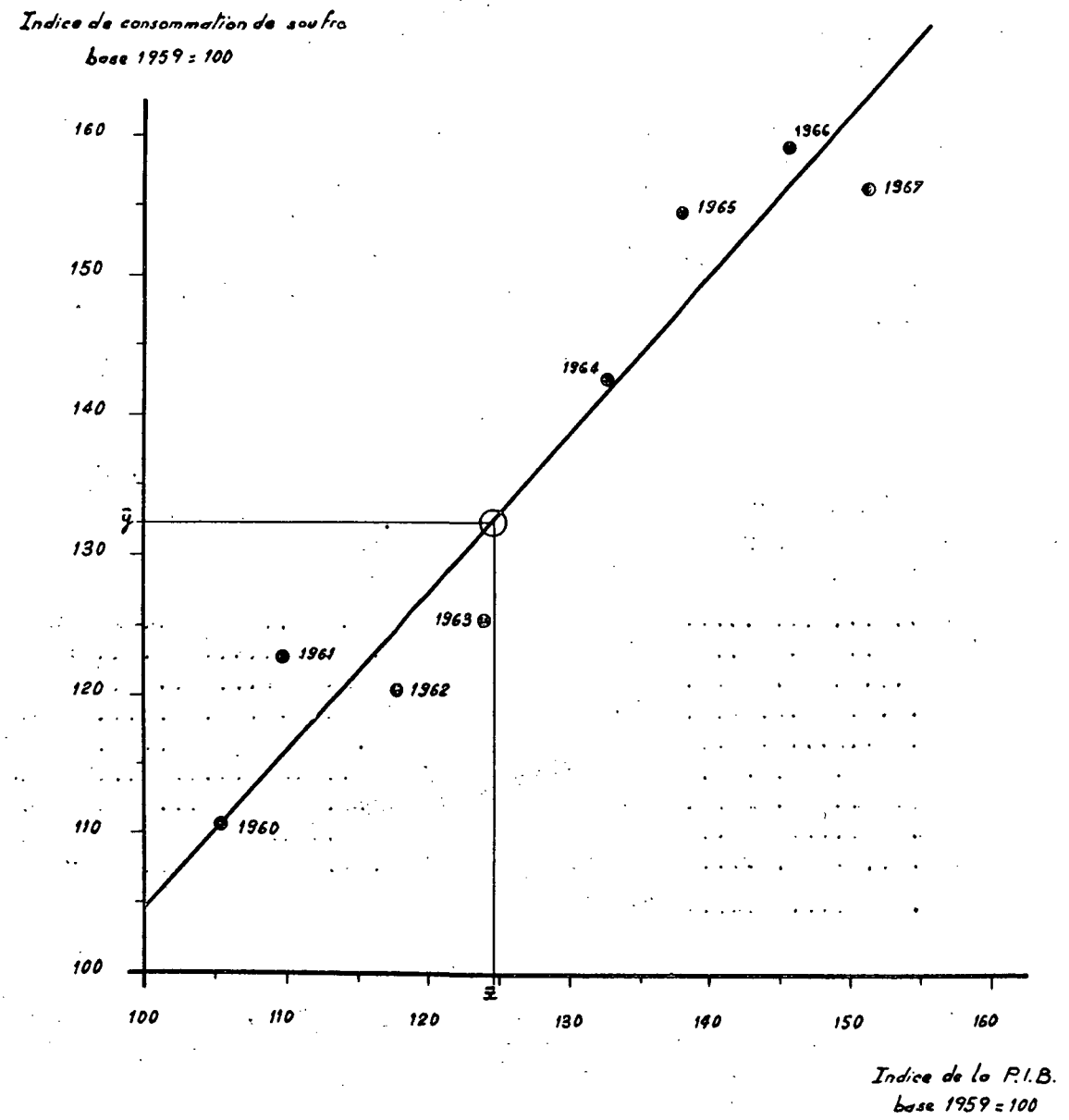
Source : Comptes de la Nation et B.I.P.E.

(1) Consommation calculée à partir des livraisons de Lacq sur le marché français et des importations de soufre toutes formes

n°21

CORRELATION ENTRE LA P.I.B. SERVICES ET COMMERCE EXCLUS

ET LA CONSOMMATION DE SOUFRE EN FRANCE



De source B.I.P.E., nous avons sur la même base pour 1985 :

x_{85} = 321,2 qui entraîne y_{85} = 360,0 soit environ

une consommation "pseudo-réelle" de 2 800 000 t/an. Ce résultat qui dépasse de 6,5 % les 2 640 000 tonnes trouvées par la méthode de synthèse, reste comparable. Il est bien entendu que ces valeurs ne sont à considérer comme admissibles que dans la mesure où, comme cela a déjà été mentionné, le progrès technique ne révolutionnera pas les procédés de fabrication des engrais phosphatés à partir de l'acide sulfurique.

III - CONCLUSION

De cette analyse prévisionnelle, deux phénomènes importants sont à retenir :

- la consommation de soufre en France va s'accroître en moyenne de 4,5 % par an d'ici à 1985, ce qui portera les besoins à environ 2 600 000 tonnes contre 1 200 000 tonnes en 1967 ;
- la production de soufre français aura fortement diminué puisque nous avons prévu dans des conditions optimistes un approvisionnement de 800 000 tonnes.

Ainsi, la France en 1985 devra à nouveau importer une part importante de matières premières qui constituera environ 67 % de ses besoins. L'infrastructure actuelle des transports de soufre, centralisée sur la région de Lacq, subira de profondes transformations qui, dans la plupart des cas, se traduiront par des flux issus des centres portuaires importants. Dans la partie qui va suivre, nous nous efforcerons de proposer certaines hypothèses qui, compte tenu de cette évolution, pourraient se réaliser pour l'horizon 1985.

Chapitre III

CONCLUSION : LES FLUX DE TRANSPORT EN 1985

I - HYPOTHESES SUR L'INDUSTRIE

Bien que l'on ait pu estimer pour la période 1966-1985 un taux annuel moyen de croissance pour les différentes industries consommatrices de soufre, de nombreuses inconnues restent à déterminer, en particulier les paramètres permettant de répondre aux questions suivantes :

- jusqu'à quel point les unités actuelles peuvent-elles accroître leur production sans qu'il soit besoin de créer de nouvelles unités localisées dans une région différente de la première ?
- au moment où le soufre de Lacq ne suffira plus aux besoins intérieurs, quelles seront les entreprises qui conserveront leur statut de client ?
- où auront lieu les nouvelles implantations ?

Ces paramètres essentiels restent actuellement indéterminés ; nous pouvons tout au plus supposer certaines décisions de la part des industriels intéressés qui, dans les conditions actuelles, pourraient être qualifiées de raisonnables.

C'est dans cette optique que nous énoncerons une hypothèse simplificatrice dont les variantes engloberont les réalisations les plus probables.

***

Dans une première phase, nous avons relevé toutes les unités consommatrices de soufre transporté, brut ou de pyrites, à raison de plus de 10 000 t/an. Pour chacune d'elles, nous avons déterminé les utilisations de ce soufre en descendant jusqu'à l'utilisation finale afin d'y affecter un taux d'expansion spécifique conformément aux résultats de l'analyse de la seconde partie. Dans cette méthode, nous n'avons pas tenu compte des unités où il y a autoconsommation : le plus souvent elles sont d'ailleurs situées en zone portuaire, et, n'entraînant pas de transports actuellement, il n'y a aucune raison pour qu'il en apparaisse en 1985.

Ainsi, les tranches de consommation en équivalent-soufre (soufre brut et soufre des pyrites) de plus de 10 000 t/an, soit au total 604 300 tonnes (cf. tableau 22), représentent 67,2 % du tonnage de soufre consommé pour toutes les unités alimentées par transport terrestre qui s'élève à 898 600 tonnes (1) ; ce pourcentage comprend une catégorie d'industries nettement plus importantes (consommation moyenne de l'ordre de 30 000 tonnes en 1966) que les nombreuses autres dont les quelques dominantes impliquent une consommation avoisinant les 5 000 tonnes pour la même année. Les 67,2 % de tonnages transportés que nous avons retenus représentent 54,2 % seulement de la consommation "pseudo-réelle". La faiblesse de ce pourcentage s'explique, en partie, par les tranches de transport retenues et une autoconsommation de l'ordre de 11 % pour le soufre brut et de 33 % pour les pyrites.

Par conséquent, pour évaluer les consommations de soufre transporté en 1985, nous avons choisi des taux de croissance inscrits dans le tableau 22, en tenant compte des particularités suivantes :

- à Salindres, le soufre utilisé dans la fabrication du sulfate d'aluminium et de produits fluorés devrait suivre un taux de croissance de l'ordre de 5 % par an.

- à Bessines, l'acide sulfurique utilisé pour le lessivage du minerai d'uranium verra sa consommation rester inchangée pour les raisons explicitées dans le deuxième chapitre de l'étude.

- à Lamotte-Breuil, l'acide sulfurique est utilisé essentiellement dans les secteurs autres que la chimie minérale, secteurs dont le développement global se situe aux environs de 7,1 % par an (cf. tableau page 69)

- à Port-la-Nouvelle, nous avons combiné les taux de croissance de l'acide sulfurique et des soufres travaillés, ce qui donne 2,5 % d'augmentation par an.

---

(1) Cette somme a été calculée de la manière suivante : (chiffres 1966 pour le soufre brut et le soufre des pyrites, en milliers de tonnes):

Total transporté	soufre brut	+ 1 832,6
	soufre des pyrites	+ 131,0
Transports pour exportation		- 832,0
Transports en reprise de charge		- 133,0
Consommation de "soufre transporté"		= 898,6

Par ailleurs, le taux de croissance de l'acide sulfurique destiné aux engrais peut être, d'une façon générale, assimilé à celui qui intéresse la chimie minérale, soit approximativement 4,1 %.

Ainsi, à l'aide des calculs portés dans ce tableau, nous arrivons à une consommation de "soufre transporté", en 1985, évaluée à 1 212 000 tonnes qui, dans le cas d'un maintien des proportions actuelles des unités comprises dans les coupures de transport de moins et de plus de 10 000 t/an correspondrait à une consommation totale de 1 803 720 tonnes ; nous obtenons alors une autoconsommation de l'ordre de 800 000 tonnes (= 2 600 000 tonnes - 1 800 000 tonnes), soit 30,7 %.

Mais, comme nous le savons, cette hypothèse théorique ne tient compte ni de la limitation de certaines capacités, ni du changement de fournisseurs de soufre, comme ce sera vraisemblablement le cas pour de nombreuses unités en 1985. En outre, dans le présent chapitre, il n'a été question que des industries utilisant le soufre, mais pas encore de sa provenance et du mode de transport adopté. C'est pourquoi dans le paragraphe suivant nous nous attacherons spécialement à déterminer certains critères suivant lesquels les flux de transport, et plus particulièrement ceux par fer, pourront exister.

II - HYPOTHESE SUR LES FLUX DE TRANSPORT EN 1985

A - FLUX ISSUS DE LACQ

Nous avons estimé que le rythme de production des gisements du complexe de Lacq n'atteindrait que 650 000 tonnes environ pour 1985 (1) ; en supposant, comme il semble fort probable que la totalité de ce soufre soit écoulée sur le marché intérieur du fait de l'alignement des prix sur le cours mondial, ce tonnage ne suffira pas à satisfaire les besoins des entreprises aujourd'hui clientes.

---

(1) Valeur moyenne de la fourchette 500 000-800 000 tonnes

Tableau 22

En milliers de tonnes

Unités de consommation	Utilisations intermédiaires	Utilisations finales	Consommation en équivalent-soufre en 1966	Taux de croissance annuel moyen 1966-1985	Prévision de consommation pour 1985
Fer					
Roches-Condrieux....	CS_2	Textiles	47,4	1,0 %	56,7
	H_2SO_4	Engrais	47,4	4,1 %	101,8 (1)
Saint-Fons.....	H_2SO_4	Engrais	81,5 (34,6)*	4,1 %	175,0 (1)
Bassens.....	H_2SO_4	Engrais	36,8	4,1 %	79,0 (1)
Toulouse.....	H_2SO_4	Engrais	35,1	4,1 %	75,4 (1)
Lamotte-Breuil.....	H_2SO_4	Pharmacie, explosifs, divers	33,6	7,1 %	123,6
Bordeaux.....	H_2SO_4	Engrais	31,1	4,1 %	66,8 (1)
Sète.....	H_2SO_4	Engrais	24,3	4,1 %	52,2
Marseille.....	Souf. trav.		20,9	1,8 %	29,3
Pontet.....	H_2SO_4	Engrais	20,2	4,1 %	43,4
Salindres.....	Métallurgie	Sulfate d'Al. + HF	17,9	5,0 %	45,0
Boucau.....	H_2SO_4	Engrais	17,5	4,1 %	37,6 (1)
L'Estaque.....	H_2SO_4	Engrais	14,8	4,1 %	31,8
Port-la-Nouvelle....	Souf. trav.		12,4	2,5 %	19,8
Bessines.....	H_2SO_4	Lessivage U	10,2	0 %	10,2 (1)
Total fer			451,1		947,6
Canaux					
La Bassée.....	H_2SO_4	Engrais	19,3	4,1 %	41,4
Bouchain.....	H_2SO_4		13,6		0
Talange.....	H_2SO_4	Métallurgie	48,9	2 %	69,8
Thann.....	H_2SO_4	Engrais	10,7 (5,8)*	4,1 %	23,0
Lille.....	H_2SO_4	Engrais	60,7 (39,0)*	4,1 %	130,3
Total canaux			153,2		264,5
Total.....			604,3	3,7 %	1 212,1

(1) Centres encore approvisionnés en soufre de Lacq en 1985 (choix d'après les critères du § II du chap. II

* Les chiffres entre parenthèses concernent les pyrites

Par conséquent, il faudra admettre une diminution du nombre des points actuellement desservis. Le maintien de ce genre d'approvisionnement pourrait s'opérer suivant les critères suivants :

- limitation des coûts de transport unitaire, ce qui pour de faibles tonnages exige des courtes distances ; seules les circulations de forts tonnages rendront admissibles des transports sur de longues distances.

- accord d'une priorité de livraison aux unités implantées à l'intérieur des terres ; en effet, il n'est pas surprenant pour les usines situées à proximité des côtes, de s'attendre à des livraisons par mer de soufre d'importation.

Les unités retenues d'après ces deux critères figurent dans le tableau 22 et représentent une consommation d'environ 650 000 tonnes. Etant donné que les augmentations de capacité pour ces usines ne dépassent généralement pas 100 %, et que leur situation pour la consommation finale, favorable à l'heure actuelle, le restera sans doute en 1985, nous admettons que l'expansion ou le renouvellement sur place sera préféré à la création de nouvelles unités dans d'autres régions.

Il reste encore à expliciter certains choix qui ne suivent pas exactement les critères précités ; ainsi Bordeaux, bien que pourvu d'un port, a été retenu en raison de sa proximité de Lacq ; par ailleurs, le centre de Lamotte-Breuil (Oise), situé sur les rives de l'Aisne et malgré son éloignement relatif des côtes, fera vraisemblablement appel aux transports fluviaux de soufre d'importation via Le Havre. En effet, l'infrastructure de la navigation fluviale dans cette région et les installations portuaires du Havre se prêtent bien à ce mode de transport.

Les autres industries, dont les unités de production n'ont pas été retenues s'adresseront vraisemblablement, du fait de leur situation en bordure de mer, à des producteurs étrangers, donc cette catégorie de transports échappera probablement à la S.N.C.F. En outre, il est intéressant de noter que le trafic sur la liaison Lacq-Bayonne, actuellement très dense (environ 1 000 000 t/an), sera susceptible de disparaître totalement.

B - AUTRES FLUX

1°) Soufre

Ces flux sont caractérisés par des liaisons situées dans la moitié nord de la France. Ici encore, il semble peu probable que les transports de soufre actuellement à la charge des transports fluviaux, puissent s'effectuer par fer, sauf en cas d'urgence, si l'on considère que les quantités de soufre importé s'accroîtront sensiblement en 1985 ; ce soufre sera inévitablement distribué à partir d'un port placé à l'embouchure de voies navigables pouvant desservir des régions intérieures telles le nord-est et l'est de la France.

Quant aux nouvelles implantations des usines consommatrices de soufre représentées essentiellement par les usines d'acide sulfurique pour les engrais, elles ont de grandes chances de se trouver, soit dans le Golfe de Fos (futur grand port minéralier du midi de la France), soit dans certains ports tels que Rouen et Le Havre ou encore dans la Haute-Alsace ; cela en raison des grandes régions agricoles avoisinantes ou par suite de la situation centrale vis-à-vis des autres pays européens (pour ce qui concerne plus particulièrement l'Alsace). Ce phénomène de localisation en zone portuaire devrait être la règle puisque l'on peut pressentir que cette industrie s'oriente vers des unités de plus en plus importantes pour la fabrication de produits plus concentrés ; les capacités de ces unités pourraient atteindre 500 000 tonnes d'acide sulfurique par an (1)

Toutefois, il n'est pas exclu qu'une certaine compétitivité s'établisse entre les transports par fer et par canaux pour de très longues distances comme par exemple les flux issus de Dunkerque ou du Havre vers l'est de la France quand Rotterdam et Anvers n'ont pas été choisis. En outre, dans le cas où s'effectueraient des importations de soufre, en provenance de Pologne ou d'autres pays de l'Est, il pourrait s'établir des flux S.N.C.F. dans le Nord, mais de telles prévisions sont délicates et trop hasardeuses pour qu'on puisse les englober dans notre hypothèse.

5*) Le minimum de capacité unitaire semblerait être 1 000 t/jour

2°) Pyrites

Nous avons vu qu'en 1985 l'exploitation de Saint-Bel sera vraisemblablement arrêtée. Cela implique la disparition des transports de pyrites par chemin de fer, puisque le flux Saint-Bel-Saint-Fons en représentait la quasi-totalité.

Cependant nous pouvons mentionner que dans le cas où le soufre de Lacq aurait disparu avant 1985, les pyrites intéresseraient à nouveau, dans une certaine mesure, les utilisateurs de soufre, mais ici encore, sans conséquence pour les transports S.N.C.F. En effet, cette matière première non seulement très pondéreuse mais encore importée incitera la création d'unités de production en site portuaire. A l'exemple de nos partenaires allemands, certaines sociétés françaises envisagent déjà la réalisation d'unités de production d'acide sulfurique à partir des pyrites.

***

De ces différentes considérations, il ressort que les besoins en soufre seront par conséquent beaucoup plus importants et amèneront la France à importer une part très importante de ses matières premières du fait de la limitation de ses réserves et donc à être beaucoup plus sensible à la conjoncture mondiale du soufre qu'elle ne l'est à l'heure actuelle.

En matière de transports ferroviaires, cette situation devrait normalement se traduire par une forte diminution des tonnages puisque jusqu'alors ces transports s'expliquaient dans leur presque totalité, par la production élevée de Lacq, production pour laquelle nos prévisions annoncent un affaiblissement très notable.

ORGANISMES ET SOCIETES CONSULTES

- Compagnie Royale Asturienne des Mines
- Direction des Mines (Ministère de l'Industrie)
- Fabriques de Produits Chimiques de Thann et de Mulhouse
- La Cellulose du Pin
- Office National de la Navigation (O.N.N.)
- Péchiney-Saint-Gobain
- Société Minière et Métallurgique de Peñarroya
- Société Nationale des Chemins de Fer Français (S.N.C.F.)
- Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine (S.N.P.A.)
- Syndicat National du Caoutchouc et des Plastiques
- Syndicat des Producteurs Papiers Cartons
- Syndicat National Professionnel de l'Acide Sulfurique et Dérivés
- Syndicat de la Raffinerie de Soufre Française
- Union des Chambres Syndicales du Pétrole.