

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039224155
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT
LISTE DES VOLUMES	
	1949, n° 1 (janv.-mars)
	1949, n° 2 (avril-juin)
	1949, n° 3 (juil.-sept.)
	1949, n° 4 (oct.-déc.)
	1949, n° 4 bis
	1950, n° 1 (janv.-mars)
	1950, n° 2 (avril-juin)
	1950, n° 3 (juil.-sept.)
	1950, n° 4 bis
	1951, n° 1 (janv.-mars)
	1951, n° 2 (avril-juin)
	1951, n° 3 (juil.-sept.)
	1951, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° 1 (janv.-mars)
	1952, n° 2 (avril-juin)
	1952, n° 3 (juil.-sept.)
	1952, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° spécial
	1953, n° 1 (janv.-mars)
	1953, n° 2 (avril-juin)
	1953, n° 3 (juil.-sept.)
	1953, n° 4 (oct.-déc.)
	1953, n° spécial
	1954, n° 1 (janv.-mars)
	1954, n° 2 (avril-juin)
	1954, n° 3 (juil.-sept.)
	1954, n° 4 (oct.-déc.)
	1955, n° 1 (janv.-mars)

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept.)

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

	1983, n° 1
	1983, n° 3-4
	1983, n° 3-4
	1984, n° 1 (1er semestre)
	1984, n° 2
	1985, n° 1
	1985, n° 2
	1986, n° 1
	1986, n° 2
	1987, n° 1
	1987, n° 2
	1988, n° 1
	1988, n° 2
	1989
	1990
	1991
	1992
	1993, n° 1 (1er semestre)
	1993, n° 2 (2eme semestre)
	1994, n° 1 (1er semestre)
	1994, n° 2 (2eme semestre)
	1995, n° 1 (1er semestre)
	1995, n° 2 (2eme semestre)
	1996, n° 1 (1er semestre)
	1997, n° 1 (1er semestre)
	1997, n°2 (2e semestre) + 1998, n°1 (1er semestre)
	1998, n° 4 (4e trimestre)
	1999, n° 2 (2e trimestre)
	1999, n° 3 (3e trimestre)
	1999, n° 4 (4e trimestre)
	2000, n° 1 (1er trimestre)
	2000, n° 2 (2e trimestre)
	2000, n° 3 (3e trimestre)
	2000, n° 4 (4e trimestre)
	2001, n° 1 (1er trimestre)
	2001, n° 2-3 (2e et 3e trimestres)
	2001, n°4 (4e trimestre) et 2002, n°1 (1er trimestre)
	2002, n° 2 (décembre)
	2003 (décembre)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1959, n° 1 (janv.-mars)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1959

Collation	1 vol. (20 p.) ; 27 cm
Nombre de vues	36
Cote	INDNAT (46)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.46

Note d'introduction à [l'Industrie nationale \(1947-2003\)](#)

[L'Industrie nationale](#) prend, de 1947 à 2003, la suite du [Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publié de 1802 à 1943 et que l'on trouve également numérisé sur le CNUM. Cette notice est destinée à donner un éclairage sur sa création et son évolution ; pour la présentation générale de la Société d'encouragement, on se reportera à la [notice publiée en 2012](#) : « [Pour en savoir plus](#) »

[Une publication indispensable pour une société savante](#)

La Société, aux lendemains du conflit, fait paraître dans un premier temps, en 1948, des [Comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publication trimestrielle de petit format résumant ses activités durant l'année sociale 1947-1948. À partir du premier trimestre 1949, elle lance une publication plus complète sous le titre de [L'Industrie nationale. Mémoires et comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#).

Cette publication est différente de l'ancien [Bulletin](#) par son format, sa disposition et sa périodicité, trimestrielle là où ce dernier était publié en cahiers mensuels (sauf dans ses dernières années). Elle est surtout moins diversifiée, se limitant à des textes de conférences et à des rapports plus ou moins développés sur les remises de récompenses de la Société.

[Une publication qui reflète les ambitions comme les aléas de la Société d'encouragement](#)

À partir de sa création et jusqu'au début des années 1980, [L'Industrie nationale](#) ambitionne d'être une revue de référence abordant, dans une sélection des conférences qu'elle organise — entre 8 et 10 publiées annuellement —, des thèmes extrêmement divers, allant de la mécanique à la biologie et aux questions commerciales, en passant par la chimie, les différents domaines de la physique ou l'agriculture, mettant l'accent sur de grandes avancées ou de grandes réalisations. Elle bénéficie d'ailleurs entre 1954 et 1966 d'une subvention du CNRS qui témoigne de son importance.

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publiant les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

La publication disparaît logiquement en 2003 pour être remplacée par un site Internet de même nom, complété par la suite par une lettre d'information.

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

Daniel Blouin, Gérard Emptoz, « [220 ans de la Société d'encouragement](#) », Histoire et Innovation, le carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement, en ligne le 25 octobre 2023.

Gérard EMPTOZ, « [Les parcours des présidents de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale des années 1920 à nos jours. Deuxième partie : de la Libération à nos jours](#) », Histoire et Innovation, carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en ligne le 26 octobre 2024.

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE

●
COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE
●

PUBLIÉS AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1959

N° 1

Revue trimestrielle

L'INDUSTRIE NATIONALE

COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

publiés sous la direction de **M. Georges CHAUDRON**, Membre de l'Institut, Président,
avec le concours de la Commission des Publications et du Secrétariat de la Société.

Les textes paraissant dans *L'Industrie Nationale* n'engagent pas la responsabilité de la Société d'Encouragement quant aux opinions exprimées par leurs auteurs.

N° 1 : JANVIER-MARS 1959

SOMMAIRE

LE GAZ DE LACQ, ses problèmes, ses possibilités, par M. André BLANCHARD.	3
ÉVOLUTION ACTUELLE DES INDUSTRIES BIOCHIMIQUES, par M. C. MENTZER	13

44, rue de Rennes, PARIS 6° (LIT 55-61)

Le n° 750 Fr.

C. C. P Paris n° 618-48

L'INDUSTRIE NATIONALE



ANNÉE 1959

LE GAZ DE LACQ (1) ses problèmes, ses possibilités

par M. André BLANCHARD,
Président-Directeur Général de la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine.

Monsieur le Président,
Mesdames, Messieurs,

Laissez-moi vous dire tout d'abord combien il m'a été agréable d'être appelé à parler de Lacq devant la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. Des communications nombreuses, trop nombreuses peut-être, ont déjà été faites sur ce sujet. Elles n'ont atteint que partiellement leur but. Sans doute le public français, dans son ensemble, sait-il maintenant que la source nouvelle d'énergie et de matières premières diverses constituée par le gisement de Lacq est un élément substantiel de richesse pour notre pays. Mais cette richesse est d'une nature particulière et, de ce fait, ne peut s'insérer harmonieusement dans notre système économique sans qu'on y apporte beaucoup de réflexion et beaucoup de discernement. La doctrine saine que l'on s'efforce actuellement d'élaborer pour sa mise en valeur doit être comprise des milieux industriels et si possible recevoir leur adhésion. Il faut pour cela que ses facteurs déterminants soient connus d'eux et leur soient expliqués. En m'adressant à la Société d'En-

couragement pour l'Industrie Nationale, j'ai conscience de mettre à profit l'une des meilleures occasions qui m'aient été offertes de participer à cette œuvre nécessaire d'information.

Dans la physionomie de Lacq, les traits saillants et originaux sont à la fois d'ordre technique et d'ordre économique. Les faits techniques exerçant une influence profonde sur les faits économiques, je commencerai par vous les décrire.

Vous savez déjà, sans doute, ce que c'est que la recherche du pétrole, disons plus généralement des hydrocarbures, puisqu'il s'agit aujourd'hui du gaz naturel. En vous rappelant que le pétrole et le gaz se trouvent dans des couches de terrain plus ou moins poreuses et perméables, surmontées par une couverture imperméable qui les a empêchés dans la suite des temps de s'échapper vers le haut, je ne ferai donc que vous rappeler une notion connue de vous. Je n'insisterai pas sur le fait que le terme de « poche » ne s'applique à aucune réalité pétrolière. Les cavités dans lesquelles le pétrole et le gaz sont enfermés sont, le plus souvent, minuscules. Vous pouvez le constater en regardant

(1) Conférence faite le 12 juin 1958 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, à l'occasion de la remise à la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine du Grand Prix Lamy, sur rapport de M. l'Ingénieur général Dumanois, Président du Comité des Arts Mécaniques de la Société d'Encouragement.

cet échantillon de roche qui a été prélevé dans la formation productrice de gaz de Lacq. Vous êtes au courant des moyens géophysiques utilisés pour reconnaître la forme des niveaux profonds et pour trouver les structures anticlinales ou autres susceptibles de contenir des hydrocarbures. Vous connaissez le rôle que jouent les études géologiques dans la recherche de ces substances. Vous connaissez aussi, au moins dans ses grandes lignes, la technique du forage et de l'exploitation des gisements. Je ne m'attarderai donc pas à une description des voies et moyens utilisés dans l'industrie de la recherche du pétrole.

La structure de Lacq est un anticlinal dont l'existence a été constatée par la méthode sismique. Elle contient un gisement de pétrole situé à la profondeur très modérée d'environ 650 mètres, qui a été découvert à la fin de 1949, et un gisement de gaz qui se trouve à une profondeur de l'ordre de 3 500 mètres et dont la présence a été révélée par une éruption violente du puits de Lacq 3, à la fin de 1951.

Le gisement de gaz a une extension considérable dont les limites n'ont pas encore été atteintes par les forages. La pression qui règne dans la formation productrice est de 660 kilogrammes par centimètre carré. Elle est supérieure de 80 p. 100 à la pression que l'on rencontre normalement dans des gisements de même profondeur. La température du gaz en place est d'environ 140 degrés centigrades. Vous concevez déjà que nous avons affaire à une accumulation soumise à des conditions physiques telles qu'il faut pour l'aborder recourir à des procédés et à un équipement capables d'affronter de puissantes réactions.

Le gaz de Lacq contient 15 p. 100 d'hydrogène sulfuré et 10 p. 100 de gaz carbonique. Bien que l'acidité de ces deux produits soit faible, elle a pour effet de provoquer sur l'acier, à moins que le gaz ne soit parfaitement sec, ce qui n'est pas le cas de celui de Lacq, un phénomène connu sous le nom de « corrosion fissurante » qui se traduit par une fragilisation extraordinairement rapide de l'équipement tubulaire des puits. Ce phénomène est la conséquence indirecte de la corrosion chimique due à l'attaque du métal par la fonction acide de l'hydrogène sulfuré et du gaz carbonique. L'hydrogène mis en

liberté à l'état d'atomes ou d'ions par cette action chimique pénètre dans la masse d'acier où sa présence fait naître des pressions extrêmement élevées. Bien que la corrosion chimique exercée par le gaz de Lacq sur les métaux ferreux soit très lente, parce que l'hydrogène sulfuré et le gaz carbonique sont des acides faibles, les quantités minimales d'hydrogène qu'elle libère suffisent à réduire, au bout de très peu de temps, la résistance mécanique de l'acier et à le rendre cassant.

La corrosion fissurante a été à l'origine de l'éruption qui s'est produite dans notre puits de Lacq 3. C'est elle, en effet, qui a provoqué la rupture et la fragmentation de la garniture de forage et qui nous a ainsi empêchés de refouler de la boue lourde au fond du puits afin de maîtriser la pression du gaz. Moyennant des précautions appropriées qu'il nous a été possible de prendre à partir du moment où nous avons été prévenus des caractères particuliers du fluide contenu dans le gisement, nous avons pu éviter le retour de cet incident dans les forages que nous avons exécutés dans la suite. Ces précautions ont pour but d'empêcher le gaz de venir au contact de la garniture de forage. Mais la canalisation appelée « tubing », par laquelle le gaz remonte à la surface quand un puits est mis en production, doit être mise à l'abri des ruptures que peut entraîner la corrosion fissurante. Ce problème a été l'un des premiers auxquels nous nous sommes attaqués immédiatement après l'éruption de Lacq 3. Il a été résolu, je suis heureux de le dire, par des hommes de science et par des techniciens français. Ce résultat a été le fruit d'un travail collectif où il serait vain de chercher à délimiter exactement la part de chacun des participants. Mais je ne veux pas manquer au devoir qui m'incombe d'apporter ici un témoignage de reconnaissance à ceux qui en ont été les principaux artisans. Tandis que, suivant une direction indiquée antérieurement par Monsieur le Professeur Portevin, M. Herzog, chef des services de recherches des Aciéries de Pompey, préparait un acier capable de résister à la corrosion fissurante, M. Bastien, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, expliquait ce phénomène, étudiait, à l'aide d'une méthode expérimentale conçue par lui, l'activité plus ou moins grande avec laquelle il se manifeste sur les différentes nuances d'acier et défi-

nissait la structure micrographique à donner à un acier pour en réduire les effets jusqu'à une limite admissible. Puis les ingénieurs de la Société Vallourec, secondés par M. Herzog et par M. Cauchois, Conseiller technique à la S. N. P. A., éclairés aussi par les travaux scientifiques de M. le Professeur Bastien, réalisaient à l'échelle industrielle, non sans une mise au point laborieuse des traitements thermiques, la fabrication des tubings en acier de Pompey satisfaisant aux conditions requises. D'autres nuances d'acier nous ont été proposées dans la suite par les Aciéries de la Loire, les Établissements Schneider et Cie, la Société Lorraine-Escaut et la Société Métallurgique d'Imphy. Elles paraissent devoir se comporter de façon satisfaisante vis-à-vis du phénomène de la corrosion fissurante et les premiers résultats des essais pratiques auxquels certaines d'entre elles ont donné lieu montrent déjà que, très probablement, elles répondent aux conditions que nous avons fixées. En un mot nous n'avons plus aucune inquiétude de ce côté. D'ailleurs, comme il arrive souvent, nous avons l'impression que le problème de la corrosion fissurante devient moins difficile au fur et à mesure que nos connaissances progressent et nous espérons maintenant aboutir, en définitive, à une solution plus simple et moins onéreuse que celles qui ont été appliquées jusqu'ici.

Je me suis arrêté au problème de la corrosion fissurante parce qu'on en a beaucoup parlé, non sans de sérieuses raisons, et parce qu'il nous a donné beaucoup de soucis. Mais nous en avons rencontré d'autres qui ont été, eux aussi, hérissés de difficultés. Forer un puits à 4 000 mètres de profondeur dans un gisement où règne une pression très élevée est une opération qui comporte de gros risques. Il me faudrait citer beaucoup d'exemples pour vous donner une idée des efforts que nos techniciens ont eu à fournir et du courage qu'il leur a fallu déployer avant d'en arriver au stade de la production qui est atteint aujourd'hui.

Je vous ai dit que le gisement n'est pas encore, à l'heure actuelle, entièrement exploré. Les forages ont porté, jusqu'ici, sur la zone Est et sur la zone centrale de la structure. Ils nous ont permis de déterminer, par cubage, la quantité de gaz contenue dans la partie de la formation productrice

qu'ils ont atteinte. Sur la base des résultats que nous en avons recueillis, nous estimons à 150 milliards de mètres cubes l'importance des réserves récupérables. Si l'on en croit les indications fournies par la sismique, la structure se prolonge vers l'Ouest. Dans cette direction, et à 4 kilomètres au-delà du dernier puits terminé, nous procédons à un forage que nous comptons achever en Juillet prochain et qui nous renseignera sur l'extension du gisement.

En nous référant à une estimation des réserves contenues dans le gisement, tenant compte du cubage dont je viens de parler, tenant compte aussi, avec un optimisme prudent, des réserves supplémentaires que nous pouvons raisonnablement espérer trouver par nos forages ultérieurs, nous avons établi un programme d'exploitation qui est le suivant.

Dans un premier stade, qui a été atteint l'année dernière, le rythme d'exploitation est de 1 million de mètres cubes de gaz brut par jour. Ce rythme sera porté à :

5 millions à la fin de 1958,
10 millions à la fin de 1959,
20 millions en 1961.

Si, à la suite des nouveaux forages, il s'avère que les réserves dépassent largement le chiffre sur lequel a été basé notre programme, nous irons plus loin, mais il ne nous est pas possible, dans le temps présent, de faire un pronostic sur l'objectif final que nous atteindrons.

Je ne vous ai parlé, jusqu'ici, que de l'extraction du gaz brut contenu dans le gisement. Il me faut, maintenant, vous décrire brièvement le travail qui a pour but de lui faire subir les traitements nécessaires pour rendre utilisables ses différents composants.

Dans l'état où il sort des puits, son action corrosive sur l'acier interdit son transport à longue distance. Il est d'ailleurs toxique à cause de la présence de l'hydrogène sulfuré dans sa composition et c'est une raison suffisante pour imposer la séparation immédiate de cette substance. Au surplus il est naturel de la part de la société exploitante de réaliser les opérations nécessaires pour mettre sur le marché des produits marchands.

Ces opérations comprennent :

1° La séparation de l'hydrogène sulfuré et du gaz carbonique contenus dans le gaz brut.

Elle est faite à l'aide d'une solution d'éthanolamine qui, dans un premier appareil, dissout à froid et sous pression ces deux produits acides et, dans un deuxième appareil, les libère sous l'action d'un réchauffage et d'une détente. Un perfectionnement dû au travail en commun de la Société de la Grande Paroisse et des techniciens de la S. N. P. A. sera apporté à cette méthode dans la deuxième tranche d'exploitation du gisement et dans les suivantes. Il consistera à dégrossir la purification du gaz par un lavage avec de l'eau sous pression dont la simple détente mettra en liberté l'hydrogène sulfuré et le gaz carbonique sans qu'il soit nécessaire de la réchauffer, ce qui procurera des économies de chaleur. La purification sera parachevée par un lavage à l'éthanolamine.

2° L'extraction du soufre contenu dans l'hydrogène sulfuré. Ce produit est soumis à une oxydation ménagée qui brûle l'hydrogène seul. Le soufre est recueilli à l'état liquide et est solidifié sur des aires de stockage.

3° Le dégazolinage qui consiste à séparer du gaz purifié les hydrocarbures condensables : propane, butane, essence, qui l'accompagnent.

Ces opérations sont réalisées dans une usine dont la première tranche, capable de traiter 1 million de mètres cubes de gaz brut par jour, a été construite entre janvier 1956 et avril 1957 et dont le développement suit la même progression que la production de gaz brut.

Au fur et à mesure que le nombre de puits forés ira en augmentant et que de nouvelles installations seront créées dans l'usine, le débit de gaz brut produit et traité franchira les différentes étapes que j'ai indiquées tout à l'heure pour atteindre 20 millions de mètres cubes par jour en 1961.

A cette époque, le gisement de Lacq sera capable de fournir annuellement :

4 milliards de mètres cubes de gaz épuré,
70 000 tonnes de propane,
80 000 tonnes de butane,
200 000 tonnes d'essence.

Il vous intéressera peut-être que nous nous arrêtons ici un court moment pour chercher dans la comparaison du gisement de Lacq avec les autres gisements de gaz connus dans

le monde une mesure des difficultés techniques rencontrées dans son exploitation et de l'importance de sa capacité de production. Il existe ailleurs des gisements de gaz acide mais les pressions et les températures y sont toujours moins élevées qu'à Lacq où se trouvent conjugués les problèmes les plus ardues que l'on ait jamais eu l'occasion d'affronter dans notre industrie. Lacq est, d'autre part, une des plus grosses accumulations de gaz du monde. L'importance des réserves actuellement reconnues y est du même ordre de grandeur que dans l'ensemble des gisements de gaz de la vallée du Pô. Ces derniers sont d'ailleurs beaucoup moins profonds et le gaz qu'ils renferment n'est point acide, ce qui rend leur exploitation à la fois plus aisée et moins onéreuse.

Examinons maintenant, si vous le voulez bien, les services que rendra le gaz épuré à l'économie française.

Son pouvoir calorifique supérieur est de 9 200 calories par mètre cube. Une production annuelle de 4 milliards de mètres cubes équivaut donc sensiblement à 4 millions de tonnes de fuel-oil et à 6 millions de tonnes de charbon.

Dans une analyse sommaire on peut comparer ces chiffres à ce que deviendront les besoins en énergie de la France à partir du moment où, selon notre programme actuel, l'exploitation du gisement de Lacq atteindra son plein développement, c'est-à-dire dès l'année 1961.

Pour faire cette comparaison, je me référerai aux travaux de la Commission de l'Énergie rattachée au Commissariat Général au Plan.

Traduite en équivalent charbon, la consommation totale de la France en énergie, qui a été en 1957 de 123 millions de tonnes, sera, d'après les prévisions de cette Commission :

en 1961 de 140 millions de tonnes,
en 1965 de 166 millions de tonnes,
en 1975 de 215 millions de tonnes.

Compte tenu de l'évolution probable de la production nationale, le déficit, qui a été de 47 millions de tonnes en 1957, sera de :

51 millions de tonnes en 1961,
60 millions de tonnes en 1965,
58 millions de tonnes en 1975.

Ces déficits rapportés à la consommation totale représentent :

38 p. 100 en 1957,
36 p. 100 en 1961,
36 p. 100 en 1965,
27 p. 100 en 1975.

Si l'on rapproche maintenant la production de gaz naturel exprimée en équivalent charbon de la consommation totale prévue en 1961, on voit qu'elle représente 4,3 p. 100 de cette consommation.

Ce chiffre, qui est faible, n'est cependant pas, à lui seul, représentatif de l'avantage que procurera l'apparition du gaz de Lacq à l'économie du pays. Une autre mesure de cet avantage est le pourcentage dans lequel le gaz naturel interviendra par rapport au déficit énergétique. Ce pourcentage sera, en 1961, de 10,5 p. 100. Il est bien loin d'être négligeable.

L'apparition du gaz de Lacq contribuera donc efficacement à soulager notre balance des comptes et à améliorer la sécurité de notre ravitaillement en énergie à une époque où la compétition économique internationale sera particulièrement sévère. Nous assistons, en ce moment, aux premières réalisations dans l'ordre de l'énergie nucléaire. Leur développement aboutira, dans un délai que l'on ne peut se hasarder à préciser, à un état de choses où cette forme nouvelle d'énergie occupera une place importante dans la satisfaction des besoins. On s'accorde généralement à penser que dans une vingtaine d'années l'énergie nucléaire sera d'usage courant. Les ressources fournies par le gisement de Lacq, en assurant une compensation partielle des déficits énergétiques pendant cet intervalle de temps, apparaissent ainsi par une heureuse coïncidence à un moment où elles seront particulièrement utiles à notre pays.

L'intérêt qu'elles offriront pour l'économie française ne peut toutefois être exactement apprécié que moyennant un examen plus attentif des caractères particuliers que présente le gaz naturel et, spécialement le gaz de Lacq, en tant que source d'énergie.

Tout d'abord le gaz naturel possède des qualités intrinsèques qui le distinguent des autres combustibles.

Il est complètement exempt de toute impureté, l'épuration qu'il subit avant d'être livré

à la consommation ayant rendu presque nulle sa teneur en soufre. Cette pureté en fait un combustible de choix pour les industries où les fumées salissantes nuisent au rendement ou à la qualité des produits fabriqués.

La souplesse et la constance du réglage des brûleurs donnent à l'emploi du gaz naturel une commodité généralement très appréciée.

En regard de ces avantages, il faut mentionner les sujétions auxquelles est soumis le gaz naturel, du fait de son état physique.

Lié aux canalisations de transport, il ne jouit dans son mouvement que d'un seul degré de liberté alors que le charbon et le fuel-oil en ont deux.

L'étude économique de son transport par canalisations montre que les dépenses correspondantes ne sont supportables que pour des débits suffisamment importants. Quelques chiffres en donneront une idée. Le prix du transport d'un mètre cube par kilomètre est le même pour 5 millions de mètres cubes par jour à 800 kilomètres, pour 50 000 mètres cubes par jour à 100 kilomètres et pour 5 000 mètres cubes par jour à 10 kilomètres. Lorsque les quantités véhiculées deviennent très faibles, les frais de transport sont prohibitifs, même sur de courtes distances.

Il en résulte qu'un réseau de gaz naturel doit comporter essentiellement un petit nombre de grosses conduites alimentant des consommations importantes et que ses ramifications doivent être limitées à des antennes pour lesquelles on est assuré d'un débit relativement élevé.

Un autre caractère distinctif du gaz naturel a trait à son prix de revient. Celui-ci est constitué à raison de plus de 90 p. 100 par des charges fixes où l'amortissement des puits, de l'usine et des canalisations de transport occupe la plus grande place. Or ces charges fixes doivent naturellement être couvertes de toute manière, que le client consomme ou non du gaz. Il en résulte que les prix de vente au mètre cube doivent être d'autant plus élevés que la consommation est moins continue. C'est pourquoi, par exemple, une usine travaillant à un poste cinq jours par semaine et utilisant normalement du charbon n'aura le plus souvent aucun intérêt à le remplacer par le gaz.

Mis à part le gisement de Saint-Marcet dont la production n'est pas très grande,

il n'existe en France qu'une seule grosse accumulation de gaz naturel, celle de Lacq. Elle est située dans l'extrême sud du pays. Une partie de sa production, qui sera importante, devra donc franchir de longues distances pour aboutir aux lieux d'utilisation.

Or, dans le prix de revient du gaz rendu à destination, les frais de transport occupent une place qui, pour les lieux éloignés de la source, est relativement large. Il en résulte une disparité sensible entre le gaz naturel, d'une part, et le charbon, le fuel-oil et l'énergie électrique, d'autre part, ces trois dernières formes d'énergie étant fournies par des sources disséminées sur l'ensemble du territoire.

Vous voyez maintenant apparaître une différence entre les rôles que le gaz naturel peut jouer dans la région proche et dans les régions éloignées du gisement. A proximité de la source, le bas prix auquel il est vendu est capable de susciter la création d'entreprises nouvelles. Dans ce cas, il est un facteur puissant d'expansion économique. Loin du gisement, il se substituera aux autres combustibles, pour une part de la consommation, moyennant un écart de prix qui sera nécessairement modéré parce que le prix de revient, alourdi par les frais de transport, ne permettra pas qu'il soit grand et parce que s'il était trop fort, il créerait un appel de gaz auquel ne pourraient pas suffire les disponibilités. Peut-être, dans les régions éloignées du gisement, l'arrivée du gaz naturel provoquera-t-elle un certain développement des industries pour lesquelles il présente des avantages particuliers. Mais, dans ces régions, le phénomène principal sera plutôt la consolidation des activités industrielles existantes.

Pour avoir une vue précise et complète des fonctions que le gaz naturel est appelé à remplir, il ne faut d'ailleurs pas se borner à considérer son utilisation comme source de chaleur. Le méthane qui est à peu de chose près le constituant unique du gaz livré par les canalisations de transport est non seulement un combustible de valeur, mais aussi une base excellente de fabrications chimiques, à la condition de le craquer pour libérer certaines substances propres à des synthèses. Son cracking peut être conduit de différentes manières qui, schématiquement, se réduisent à deux. On peut en tirer soit

l'hydrogène seul, soit l'acétylène et l'hydrogène. Je ne m'arrêterai pas sur la présence intermédiaire dans les gaz de cracking de l'oxyde de carbone car il fait normalement place à l'hydrogène par conversion à la vapeur d'eau.

L'hydrogène est la matière première essentielle de la fabrication des engrais azotés, ainsi d'ailleurs que du méthanol qui peut être utilisé comme base de fabrications chimiques ou comme solvant et sur lequel je n'insisterai pas. Vous savez que les engrais azotés de synthèse ont été longtemps produits exclusivement à partir du gaz de gazogène ou du gaz de cokerie. Depuis la guerre, le fuel-oil et, en France, le gaz naturel de Saint-Marcel, ont acquis à leur tour droit de cité parmi leurs matières premières. Près du gisement, les avantages de prix du gaz naturel l'emportent sur ceux du fuel et le premier déplace le second. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne du gisement, le fuel soutient de mieux en mieux la concurrence du gaz naturel au moins dans les zones voisines des ports d'importation pétroliers. Quant aux matières premières issues du charbon : le gaz de gazogène et le gaz de cokerie, le gaz naturel se substituerait à eux, à peu près partout, dans la production des engrais azotés s'il était conduit là où l'on continue à les utiliser dans cette industrie, à une échelle qui reste d'ailleurs très importante.

L'acétylène fourni par le cracking du méthane est relativement bon marché par rapport à celui que l'on obtient à partir du carbure de calcium pourvu que l'hydrogène qui l'accompagne trouve un usage local, par exemple comme combustible et à plus forte raison comme élément de synthèse chimique. Vous savez que l'acétylène, en dehors de ses emplois dans la soudure, est une source extrêmement féconde de réactions chimiques capables d'alimenter l'industrie des produits acétiques, l'industrie des matières plastiques et celle du caoutchouc synthétique. Il y a là pour le gaz naturel un débouché plein d'intérêt dont on peut dire qu'il sera certainement exploité.

Pour terminer cette revue d'ensemble, il nous reste à examiner un dernier trait caractéristique de l'économie du gaz naturel. Je vous ai dit qu'on ne peut pas envisager, à cause des sujétions particulières à son transport, d'étaler sa répartition sur de va tes

étendues du territoire. Il sera conduit en un petit nombre de points, convenablement choisis, où il sera consommé en quantités très importantes. Alors que le gaz de Lacq représentera une faible part, de l'ordre de 4 p. 100, des besoins énergétiques totaux du pays, la proportion dans laquelle il interviendra dans les régions qu'il est appelé à desservir sera nettement plus forte. Si l'on n'y prenait garde, des ruptures d'équilibre préjudiciables aux économies locales ou allant à l'encontre d'une saine organisation de l'économie nationale pourraient s'ensuivre.

Cette considération fort importante m'amène à vous parler maintenant du programme en cours de réalisation pour la répartition du gaz de Lacq.

Avant toute chose, il a été décidé que les besoins actuels et futurs de la région Sud-Ouest seront satisfaits par priorité. Cette région est économiquement sous-développée. Ses représentants ont demandé qu'elle puisse bénéficier largement des avantages offerts par le gaz de Lacq. Ils ont été appuyés par la Commission qui a été présidée d'abord par M. Lacoste et ensuite par M. Armand. Les recommandations de cette Commission, qui ont été retenues favorablement par les Pouvoirs Publics, tendent à réserver à la région Sud-Ouest toutes les quantités de gaz naturel qu'elle est capable de consommer dans le présent ou qu'elle pourra consommer dans l'avenir, et à accorder en outre aux industries qui s'y créeront ou qui s'y développeront une aide financière alimentée par la Société productrice de gaz en vue de favoriser l'expansion économique régionale, mieux encore que ne pourra le faire l'avantage de prix résultant de la proximité du gisement. Ces mesures ont déjà porté leurs fruits puisque la région Sud-Ouest est assurée, dès maintenant, de voir naître sur son sol une puissante fabrique d'aluminium et une importante usine d'acétylène, d'ammoniaque et de méthanol autour de laquelle s'établiront des installations où les deux premiers de ces produits seront mis en œuvre, l'acétylène pour des synthèses diverses et l'ammoniaque pour la fabrication des engrais azotés. Il n'est pas douteux que l'économie du Sud-Ouest prendra dans son ensemble un essor nouveau, grâce au gisement de Lacq, grâce aussi, bien entendu, aux efforts et à l'esprit d'entreprise de ses industriels.

Mais la production de Lacq dépassera largement les possibilités d'absorption de la région Sud-Ouest quel que soit leur développement.

Pour les raisons que j'ai indiquées tout à l'heure, la question de savoir quelles régions devaient être desservies par le gaz de Lacq en dehors du Sud-Ouest demandait à être étudiée de très près. Le Gouvernement a estimé, à juste titre, qu'il devait s'en saisir. Il a chargé une commission d'experts présidée par M. Boutteville de rechercher, d'une façon générale, quelles sont les conditions d'utilisation du gaz de Lacq les plus conformes au bien du pays et, en particulier, d'examiner le plan de répartition.

Ce plan, dont l'exécution est d'ores et déjà conduite activement est le suivant :

Une conduite maîtresse, de gros diamètre, ira par Langon jusqu'au voisinage d'Angoulême où elle se ramifiera en deux tronçons.

L'un conduira le gaz dans la région nantaise où l'activité industrielle pourra trouver dans son emploi certains facteurs de prospérité.

L'autre tronçon se dirigera vers la région du Centre-Est en contournant le Massif Central par le Nord. Il alimentera la région fortement industrialisée de Lyon, Saint-Étienne, la Saône-et-Loire, le Doubs et vraisemblablement aussi la zone industrielle de Grenoble. En faisant tout à l'heure allusion au déséquilibre que peut entraîner la substitution du gaz naturel aux combustibles classiques, j'avais présent à l'esprit le cas du Centre-Est. La métallurgie de cette région appelle de ses vœux le gaz de Lacq sur lequel elle compte pour être en mesure d'affronter la concurrence du marché commun. Il est également sollicité par l'industrie chimique lyonnaise et par de nombreuses entreprises de la région, en particulier des verreries. Très certainement il est capable de contribuer avec efficacité à l'intense activité industrielle qui règne dans cette région. Il ne faut cependant pas que son arrivée porte aux charbonnages, qui en sont les fournisseurs traditionnels de combustible, un tort dont les conséquences pourraient être graves sur le plan social et sur le plan économique. Une juste mesure doit être observée dans le partage du marché local entre le charbon et le gaz nouveau venu. Ce partage se dessine

sous une forme qui est de nature à dissiper toute inquiétude de la part des Houillères. Il convient d'observer d'ailleurs que l'expansion naturelle de l'industrie aura pour effet d'accroître les besoins en combustibles et que si, pour maintenir l'activité extractive, on est conduit à des transferts coûteux d'une partie de la production vers des marchés éloignés, son reflux vers les débouchés locaux dans l'avenir peut être considéré comme très vraisemblable.

Enfin on envisage sérieusement de desservir Paris et la zone industrielle qui l'entoure par le gaz de Lacq. Ce projet inquiète, non sans raison, ceux qui ont la charge de veiller à la décentralisation de la région parisienne et de combattre toute mesure susceptible de la contrarier. Il émane d'un état de fait et non d'un choix délibéré. Paris est le déversoir qui, presque obligatoirement, devra recueillir les disponibilités de gaz qui n'auront pas trouvé place ailleurs. Ici encore la sagesse interviendra pour concilier deux impératifs qui s'opposent l'un à l'autre.

Vous venez de toucher du doigt, sur deux exemples typiques, la nature particulière des contingences au milieu desquelles s'opère la répartition du gaz de Lacq. Voilà une découverte qui a enrichi le patrimoine national et qui sera donc génératrice de grands bienfaits. Les utilisateurs qui reçoivent le gaz de Lacq l'accueillent avec faveur. La demande est en France largement supérieure aux disponibilités sur lesquelles on peut compter dans le cadre de notre programme actuel d'exploitation. Mais quand on veut se faire sur le plan de l'intérêt général une opinion au sujet du rôle que le gaz de Lacq est appelé à jouer, on ne doit pas perdre de vue que son arrivée pose des problèmes économiques en même temps qu'elle suscite de légitimes espoirs. La situation n'est pas la même en Italie. Elle n'est pas la même non plus en Amérique du Nord et en U. R. S. S. D'un pays à l'autre elle varie selon la structure économique, l'importance des gisements et leur position géographique par rapport aux régions susceptibles de tirer utilement parti du gaz naturel. Il serait fort instructif d'entrer dans le détail de ces comparaisons et même d'analyser la nature et l'intensité des besoins en gaz naturel de certains pays voisins du nôtre qui en sont actuellement dépourvus. Une telle étude m'entraînerait

trop loin mais il me faut vous dire que la structure économique française, relativement peu malléable en raison même de sa solidité, se prête avec moins d'aisance que d'autres aux aménagements que nécessite la mise en place de quantités considérables de gaz naturel.

Pour ne pas laisser de lacune dans mon exposé, je dois vous dire quelques mots des organismes chargés de la commercialisation et du transport du gaz de Lacq.

Dans le Sud-Ouest, cette mission a été confiée à la Société Nationale des Gaz du Sud-Ouest, filiale commune de la S. N. P. A. (35 p. 100), de la Régie Autonome des Pétroles (35 p. 100) et du Gaz de France (30 p. 100). La Société Nationale des Gaz du Sud-Ouest a construit un réseau comprenant une canalisation Lacq-Langon raccordée en ce point à la canalisation Toulouse-Bordeaux de la Régie autonome des Pétroles, une autre Lacq-Pau, où elle est aussi raccordée au réseau de la R. A. P., et une troisième Lacq-Bayonne. Elle exploite l'ensemble constitué par l'ancien réseau de la R. A. P. et par le réseau qu'elle a créé.

En dehors du Sud-Ouest, le transport et la vente du gaz de Lacq seront effectués par la Compagnie Française du Méthane constituée en proportions égales par la S. N. P. A. et par le Gaz de France. Les canalisations de transport sont établies par le Gaz de France qui en est le concessionnaire et qui les affermera à la Compagnie Française du Méthane.

J'en aurai terminé lorsque je vous aurai mis au courant des possibilités offertes par les produits qui accompagnent le méthane dans le gaz brut de Lacq.

Ces produits comprennent des hydrocarbures et du soufre.

Le gaz de Lacq contient 3 p. 100 d'éthane qui peut en être séparé et qui peut être craqué avec production d'éthylène. On peut, à partir de l'éthylène, fabriquer diverses matières plastiques d'usage très répandu et de l'alcool éthylique. La quantité d'éthylène susceptible d'être obtenue à Lacq est de l'ordre de 100 000 tonnes par an. Comparé à la production actuelle issue des gaz de cokerie et des gaz de raffineries de pétrole en France, c'est là un chiffre considérable. Il est probable que des débouchés s'offriront à l'éthylène de Lacq.

Le gaz brut de Lacq renferme du propane et du butane. Lorsque l'objectif actuel de 20 millions de mètres cubes de gaz brut par jour sera atteint, l'exploitation du gisement donnera chaque année, je vous l'ai dit, 70 000 tonnes de propane et 80 000 tonnes de butane. Ces deux gaz liquéfiables sont, comme vous le savez, couramment utilisés comme combustibles, le butane étant plus particulièrement employé dans les usages domestiques. L'un et l'autre peuvent, par cracking ou déshydrogénation, être convertis en carbures éthyléniques : éthylène, propylène, butadiène. La polymérisation du propylène est, semble-t-il, appelée à trouver des utilisations pratiques dans la fabrication des fibres synthétiques et peut-être d'un nouveau type de caoutchouc. La copolymérisation du butadiène avec le styrène donne le caoutchouc G. R. S. Étant donné l'importance des tonnages qui seront disponibles à Lacq, il est possible qu'une partie de la production de propane et de butane soit orientée vers des usages chimiques, l'autre étant écoulée vers le chauffage.

Le dégazolinage du gaz brut de Lacq donne une essence dont le nombre d'octane, qui est de 84, peut être porté à 96 par addition de 0,6 p. 1000 de plomb tétraéthyle. Cette essence peut donc fournir un excellent supercarburant. La production annuelle d'essence de Lacq, au stade de 20 millions de mètres cubes de gaz brut par jour, sera de 200 000 tonnes. Elle représente une part notable de la consommation française actuelle de carburants. L'essence de Lacq doit son nombre d'octane élevé à la présence dans sa composition de carbures aromatique. Elle contient en effet 3 p. 100 de benzène, 13 p. 100 de toluène et 25 p. 100 d'un mélange de xylènes. Ces substances pourront en être extraites, quitte à consentir un abaissement du nombre d'octane du carburant dont elles seront séparées. Le toluène est à la base de la fabrication du trinitrotoluène, explosif connu en France sous le nom de tolite. Les xylènes peuvent servir à diverses fabrications chimiques et sont, en particulier, une source de plastifiants. La production de Lacq est capable d'apporter un appoint substantiel de matières premières aromatiques à l'industrie chimique et, en particulier, à l'industrie des explosifs.

Quant au soufre, il représente un élément

de la production de Lacq dont il convient de souligner l'importance.

Lorsque le rythme d'exploitation du gisement sera de 20 millions de mètres cubes de gaz brut par jour, objectif du programme actuel, la quantité de soufre qu'on en extraira annuellement sera de 1 400 000 tonnes.

Si l'on rapproche ce chiffre de la production mondiale actuelle qui est de l'ordre de 8 millions de tonnes, on se rend compte que le gisement de Lacq est, non seulement une source importante d'énergie, mais aussi une très grosse mine de soufre. Grâce à lui, notre pays sera en 1961 le second producteur mondial de soufre, immédiatement après les États-Unis et sur le même rang que le Mexique.

La France consomme actuellement 280 000 tonnes de soufre élémentaire par an. A cette consommation s'ajoute celle des pyrites qui servent à la fabrication de l'acide sulfurique et qui proviennent des deux gisements français de Sain Bel et Chizeuil, d'Espagne, du Portugal et de Chypre. Les pyrites françaises continueront bien entendu à être utilisées. Une partie seulement des pyrites achetées à l'étranger pourra être remplacée par du soufre de Lacq car il sera nécessaire de maintenir un certain courant commercial avec les pays qui nous les fournissent. Mais cette substitution et la suppression des importations de soufre qui sont payées en dollars représenteront une appréciable économie de devises. De plus, après avoir satisfait entièrement les besoins français, nous pourrions exporter environ un million de tonnes de soufre par an vers les pays d'Europe Occidentale. Au total, la production de soufre de Lacq procurera à notre balance des paiements un allègement de l'ordre de 40 millions de dollars monnaie d compte par an.

Dans la mesure, qui est large, où la puissance économique du pays dépend de ses ressources énergétiques, le gisement de Lacq pourra lui apporter un appoint sérieux. Les travaux qui ont permis sa mise en exploitation ont été laborieux et difficiles. La technique étrangère y a été utilisée pour une part et a rendu des services qu'il serait injuste de méconnaître. Cependant, sa contribution aurait été à elle seule très insuffisante pour surmonter les obstacles auxquels se heurtait

la mise en exploitation d'un gisement unique au monde par la conjugaison des difficultés résultant de sa profondeur, de la pression et de la température qui y règnent et de l'effet corrosif du gaz qu'il renferme. Une

somme de travail et de courage peu commune a dû être fournie par des ingénieurs et des ouvriers français pour mener à bonne fin cette œuvre d'intérêt national, qui est donc une œuvre française.

ÉVOLUTION ACTUELLE DES INDUSTRIES BIOCHIMIQUES (1)

par M. C. MENTZER

Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle.

Monsieur le Président,
Mesdames, Messieurs,

Le groupe des « Industries biochimiques » comprend en principe toutes les activités qui font appel à des êtres vivants soit pour produire, soit pour transformer une matière première déterminée.

Nous sommes donc là en présence de très multiples techniques qui cependant n'évoluent pas toutes de la même façon. Certaines se développent presque exclusivement à l'échelle artisanale, ou de la petite et moyenne entreprise. D'autres, au contraire, profitant des réalisations les plus modernes du génie chimique, ont un pouvoir d'expansion beaucoup plus considérable et se pratiquent dans des usines dont les dimensions ne cessent d'augmenter : ce sont les industries appelées parfois « microbiologiques ».

Dans cet exposé, il sera question plus particulièrement de telles industries plus connues d'ailleurs sous le nom de « fermentations ».

Pour bien comprendre l'évolution actuelle de ces techniques, il est nécessaire de faire un peu d'histoire : Toute l'activité créatrice de l'homme dans le domaine de la matière, se ramène en fin de compte à un certain

nombre de gestes très simples, et aussi vieux que l'humanité. Au cours des millénaires et grâce aux progrès réalisés, ces gestes se sont appliqués à des objets de plus en plus nombreux et leur coordination est devenue de plus en plus compliquée.

L'homme primitif, pour se nourrir, récoltait déjà des fruits et des graines. Il y avait en Babylonie, 7 000 ans avant Jésus-Christ, des céréales sauvages dont les propriétés alimentaires étaient bien connues. Avant d'apprendre à les cultiver, les Sumériens ont dû tout d'abord découvrir le cycle complet de la végétation, depuis la germination sur le sol humide, jusqu'à la maturation des épis.

Plus tard, ils ont dû découvrir non seulement le goût sucré des graines au début de la germination, mais aussi le fait que leur macération en présence d'eau et de certaines épices aboutit après « fermentation » à une boisson qui devait être une sorte de bière primitive. Depuis des milliers d'années, les hommes fabriquent la bière à peu près de cette façon et aujourd'hui tout le monde trouve cela naturel. Mais il est fort probable que pour nos ancêtres, il a fallu des recherches systématiques et laborieuses avant d'aboutir à un pareil résultat.

(1) Conférence faite le 22 mai 1958 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (17^e Conférence Bardy).

La fabrication de la bière est sans aucun doute la première en date des industries biochimiques. Elle est décrite dans ses moindres détails sur les tablettes sumériennes, en écriture cunéiforme.

Le vin a fait son apparition longtemps après, probablement aux environs de 3000 ans avant Jésus-Christ; puis les hommes apprirent à tirer parti de la fermentation acétique, lactique, etc. La fabrication du vinaigre, des fromages, de la choucroute, etc. sont des applications de telles fermentations, dont la technique s'est propagée à travers les siècles jusqu'à nous.

Pendant longtemps, le seul produit défini obtenu par fermentation était l'alcool éthylique. Au XIX^e siècle, des savants comme Wurtz et Pasteur ont montré que le développement de certains microbes sur des milieux sucrés pouvait aboutir également à de l'alcool butylique.

Wehmer en 1893 a isolé de l'acide citrique en partant d'un jus de culture d'une moisissure, le citromyces, mais c'est seulement au début du XX^e siècle que l'ère des fermentations est entrée dans sa phase véritablement industrielle. La nécessité de produire du butadiène en vue de la fabrication du caoutchouc synthétique a suscité des progrès importants dans le domaine de la fermentation acéto-butylique. Pendant la première guerre mondiale, le chimiste israélien Weissmann a si bien développé cette technique, qu'elle a permis à l'Angleterre de couvrir la totalité de ses besoins en acétone, nécessaire à la fabrication de ses explosifs.

En 1917, la fabrication citrique est également entrée dans sa phase industrielle, et entre les deux guerres on a pu assister peu à peu à la disparition des procédés d'extraction de l'acide citrique des citrons, tels qu'ils étaient pratiqués autrefois en Italie.

Mais c'est surtout à partir de 1940 que les industries biochimiques ont commencé à conquérir la place qu'elles occupent à l'heure actuelle. Jusque-là, on avait eu recours aux fermentations pour préparer les alcools éthylique, butylique, isoamylique, l'acétone, les acides acétiques, propionique, lactique et citrique.

Avec la fermentation de la pénicilline, une véritable révolution industrielle s'est opérée et a permis d'accéder non seulement

aux nombreux antibiotiques actuellement connus, mais aussi à des vitamines, des hormones, des acides aminés et de nombreux autres produits utiles à des fins très diverses.

Je ne peux évidemment pas insister dans le peu de temps dont je dispose sur les aspects particuliers de ces nouvelles fabrications, mais je voudrais vous montrer à l'aide de quelques exemples que dans leurs réalisations actuelles les biochimistes n'ont nullement oublié les leçons du passé.

Pour produire de la pénicilline, on a successivement essayé les divers procédés de fermentation élaborés au cours des temps en vue de la fabrication du vinaigre ou de l'acide acétique. Le procédé d'Orléans, tout d'abord, qui nous vient de l'Antiquité, et qui consiste à ensemercer la surface du milieu avec la bactérie acétique, puis le procédé dit « allemand », plus récent, dans lequel on fait circuler la solution à transformer dans des cylindres remplis de copeauxensemencés avec l'agent microbien. L'évolution des deux méthodes : préparation de l'acide acétique et fabrication de la pénicilline, est donc passée par les mêmes phases, mais cette évolution a été beaucoup plus rapide dans le cas de l'antibiotique. A l'heure actuelle d'ailleurs, ces procédés sont dépassés par la culture submergée qui s'effectue dans d'immenses cuves soumises à une aération et à une agitation continues.

L'oxydation biologique du sorbitol en sorbose, découverte au début du siècle par G. Bertrand, a suivi une évolution analogue. Primitivement cultivée en surface, la bactérie du sorbose l'est maintenant en profondeur, dans des récipients relativement peu encombrants, et des centaines de tonnes de sorbose sont ainsi fabriquées, en vue de la synthèse de la vitamine C selon le procédé bien connu de Reichstein. La généralisation des méthodes de culture en phase submergée à des fermentations même aérobies, a été l'un des facteurs qui ont favorisé l'extension des industries microbiologiques au cours de ces dernières années.

En ce qui concerne leur évolution actuelle, on peut classer ces industries en deux groupes principaux :

1^o celles qui régressent.

2^o celles qui au contraire gagnent du terrain en se développant de plus en plus.

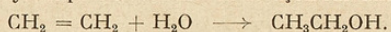
1° Industries qui régressent.

Dans ce groupe figurent plusieurs fermentations traditionnelles, surtout la fermentation alcoolique.

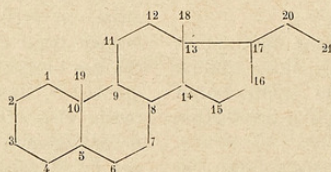
Aux États-Unis, la proportion d'alcool de fermentation par rapport à la production totale d'éthanol ne fait que baisser depuis la fin de la guerre. De 62 p. 100 en 1946, cette proportion est descendue à 52 p. 100

en 1949 pour atteindre finalement 30 p. 100 en 1954.

Cette régression est due au développement considérable de la chimie du pétrole qui fournit sans cesse des quantités croissantes de carbures susceptibles d'être transformés en éthylène puis en éthanol de la façon suivante :



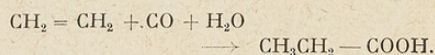
Quelques exemples de fermentations dans le domaine des Stéroïdes.



TRANSFORMATION	SUBSTRAT	PRODUIT FORMÉ	AGENT MICROBIEN
Déshydrogénation 1-2	Composé S Cortisone Hydrocortisone	Déhydro-1 S Prédnisone Prédnisolone	Bacillus subtilis
Hydroxylation en 21	Progestérone	Désoxycortico stérone 21	Wojnowiacia graminis
Hydroxylation en 17	Progestérone	Hydroxyprogestérone 17	Trichoderma viride
Hydroxylation en 15	Progestérone	Hydroxy-15 progestérone	Penicillium notatum
Hydroxylation en 14	Stéroïdes divers.		Curvularia lunata
Hydroxylation en 11 B			Curvularia lunata
Hydroxylation en 10			Rhizopus nigricans
Hydroxylation en 8 B			Hélicostylum piriforme
Hydroxylation en 7 B			Rhizopus nigricans
Hydroxylation en 6 B			Mucor sp. Fusarium sp., etc.
Déshydroxylation en 11 B et en 21			Curvularia lunata
Clivage de la chaîne latérale en 17			Aspergillus oryzae

En France, on assistera très certainement à une régression analogue, maintenant que la pétrochimie est en plein essor.

Parmi les autres fermentations en régression, nous citerons celle qui conduit à l'acide propionique. Cet acide s'obtient lui aussi en partant de l'éthylène, par fixation d'oxyde de carbone :



L'acétone également provient maintenant du pétrole, mais on l'obtient aussi comme sous-produit au cours de la fermentation acétono-butylique, appliquée à la production du butanol.

Il existe une compétition très salutaire et

très stimulante entre les industries biologiques et les industries de synthèse organique totale. Chaque fois que la chose est possible, on doit tendre vers la synthèse qui permet des prévisions plus sûres, alors que les êtres vivants, même les microorganismes, en raison de leur complexité biologique, donnent lieu parfois à des baisses de rendement inexplicables. Ainsi la chloromycétine (typhomycine) l'un des antibiotiques les plus importants, est maintenant obtenue par synthèse totale. La production par fermentation a été pratiquement abandonnée. Quelquefois, aussi, on arrive à un compromis entre la fermentation et la synthèse totale; c'est le cas des biosynthèses partielles au cours desquelles le travail des microorganismes est rendu plus efficace par addition au milieu de précurseurs convenables (cystéine dans le cas de la pénicilline, etc.).

2° Industries qui progressent.

Parmi les fermentations du type traditionnel, il faut mentionner avant tout celle de l'acide citrique qui n'est pas seulement nécessaire à la pharmacie et à l'alimentation, mais qui aboutit également à des matières plastiques. Étant donné le prix de revient trop élevé de l'acide citrique de synthèse, on pourrait en France le produire par fermentation des mélasse rendues disponibles par la régression de la fermentation alcoolique.

La fabrication biologique de l'acide lactique et du butanol continue également à progresser en raison des demandes croissantes de l'industrie des plastifiants : les esters de ces deux composés trouvent en effet des débouchés dans ce domaine.

Mais les plus belles réalisations de l'industrie des fermentations concernent actuellement la production, en plus des antibiotiques :

1° d'hormones stéroïdes et d'autres médicaments dérivés du squelette stérolique;

2° de vitamines;

3° d'acides aminés;

4° de gibbérelline.

Le tableau précédent illustre les multiples possibilités des microorganismes en ce qui concerne les transformations des molécules stéroliques; suivant l'agent microbien utilisé, on peut maintenant greffer à volonté un groupement hydroxyle presque sur n'importe quel atome de carbone du squelette. Des déshydrogénations, des clivages de la chaîne latérale en 17, etc... sont également réalisables, si bien que nous disposons là d'une gamme très complète d'agents biologiques, dont la spécificité d'action dépasse de beaucoup celle de nos meilleurs réactifs chimiques.

Industries des vitamines.

On sait depuis les travaux de M. Fontaine et de ses collaborateurs que la riboflavine peut être élaborée en quantités importantes

par « *Erémothercium Ashbyi* » et cette découverte fondamentale a servi de point de départ à une industrie très florissante. A l'heure

actuelle, plusieurs autres vitamines s'obtiennent d'une façon analogue, en particulier la vitamine B 12 utilisée en thérapeutique pour le traitement de l'anémie pernicieuse. Primitivement isolée des extraits hépatiques, ce remède est maintenant retiré des résidus de fabrication de la streptomycine.

Les vitamines C (acide ascorbique) et D₂ ne sont pas à proprement parler des produits

de fermentation, mais les matières premières nécessaires à leur synthèse proviennent de l'action de microorganismes sur des milieux sucrés appropriés. Le sorbose, précurseur de l'acide ascorbique, est le résultat de l'oxydation spécifique d'un groupement alcool secondaire du sorbitol par la bactérie du sorbose, et l'ergostérol, précurseur de la vitamine D₂, est élaboré par la levure de bière.

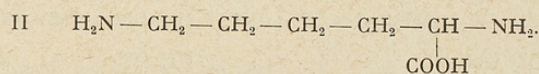
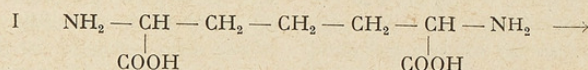
Acides aminés.

Un exemple très intéressant à mentionner dans ce domaine est celui de la lysine I.

La production biologique de cet acide aminé se fait en 2 étapes :

1° un mutant de E coli, chez lequel la

chaîne de réactions aboutissant à la lysine est bloquée au stade d'un précurseur, accumule de l'acide diaminopimélique (I) avec un bon rendement :



Un autre microorganisme (*Aerobacter aerogenes* ou une souche de *E. coli* normale) est capable ensuite de décarboxyler ce diacide avec formation de lysine (II).

Cette bio-synthèse de la lysine (acide aminé noble), ouvre une ère nouvelle à la Chimie alimentaire car elle nous montre que certains constituants de notre régime, pour lesquels nous étions jusqu'ici tributaires des procédés classiques de l'agriculture, peuvent être maintenant produits à l'usine en quantités industrielles.

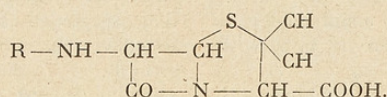
Toutes ces nouvelles fermentations doivent évidemment leur développement aux multiples découvertes récentes qui ont complètement renouvelé la biochimie, à savoir la chromatographie sur papier, ainsi qu'aux

découvertes résultant de l'emploi des molécules marquées au radiocarbone et aux progrès de la génétique microbienne, etc.

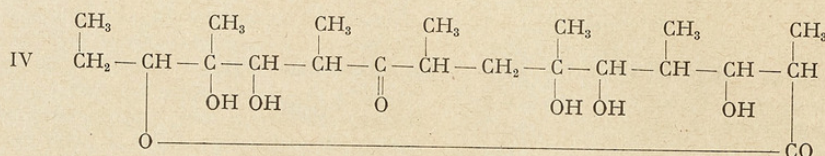
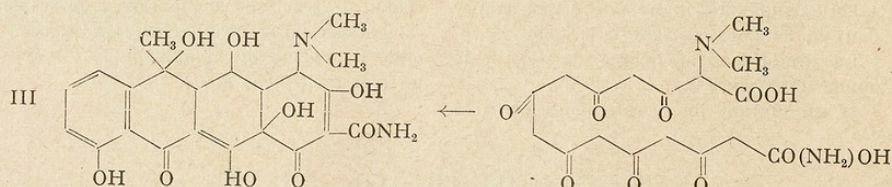
En échange ces réalisations techniques présentent un intérêt considérable pour la science fondamentale, car non seulement elles posent des problèmes passionnants, mais nous indiquent en plus la voie à suivre pour les résoudre.

Grâce au développement des fermentations, surtout des antibiotiques, toute une foule de nouveaux édifices moléculaires est devenue accessible à nos investigations. Ces modèles naturels sont autant de sujets d'inspiration pour les organiciens purs, qui cherchent maintenant à les imiter. Ainsi naissent jour après jour de nouvelles méthodes de

découverte de la pénicilline, on ne se doutait même pas de l'existence du noyau B lactame à 4 chaînons :



La détermination de la structure des tétracyclines (III) et des macrolides du type « érythromycine » (IV) a permis d'apporter

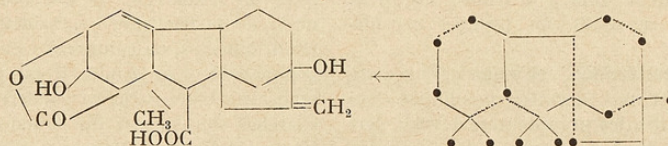

$$\begin{array}{ccccccccccc} \text{CH}_2 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 \\ | & & | & & | & & | & & | & & | \\ \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH} - \text{CO} - \text{CH} - \text{CO} - \text{CH} - \text{CO} - \text{CH} - \text{CO} - \text{CH} & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & | \\ & & & & & & & & & & \text{COOH} \end{array}$$

Grâce à la production de ces antibiotiques par voie microbiologique, cette théorie pourra maintenant être vérifiée très aisément dans

ces cas au moyen de molécules marquées au ^{14}C .

Un autre produit de fermentation, la gibbérelline produit par « *Gibberella fujikuroi* » et par d'autres micro-organismes, doit

être considéré comme un diterpène. Cette gibbérelline est maintenant fabriquée industriellement pour les besoins de l'agriculture; elle exalte la croissance des végétaux et permet d'obtenir des plantes géantes.



C'est à ma connaissance le seul diterpène d'origine microbienne actuellement connu. Si la théorie de l'origine isoprénique des terpènes est exacte, on doit pouvoir le vérifier dans ce cas beaucoup plus facilement qu'en travaillant sur des plantes supérieures. On a montré que les stérols — autres représentants du groupe isoprénolide — ont comme précurseurs des molécules ramifiées du type « mévalonique » grâce au radiocarbonate. En ce qui concerne les terpènes, cette confirmation n'a pas encore été apportée.

Il y a donc là des problèmes très importants qui sont posés et qui doivent maintenant être résolus, d'autant plus que la théorie, dans ce domaine, est très en avance sur les faits.

Il est absolument certain que plusieurs parmi les procédés de fermentation actuellement utilisés donneront lieu à des généralisations de plus en plus nombreuses, et cela surtout pour des raisons économiques. Dès maintenant, certaines tendances commencent à se manifester et ces tendances vont en s'accroissant avec le temps. Ainsi, de plus en plus les Industriels tendent à remplacer les matières premières élaborées par des plantes ou des animaux supérieurs, par des matières premières correspondantes d'origine microbienne ou fongique. En effet, la culture et l'élevage traditionnels sont des opérations coûteuses, le plus souvent effectuées à l'échelle artisanale. Elles dépendent du sol, du climat et d'autres facteurs difficiles à dominer. Les fermentations, surtout en phase submergée, se prêtent au contraire à une industrialisation très poussée. On pourrait citer de nombreux exemples à

l'appui de cette donnée : le malt, autrefois utilisé pour hydrolyser l'amidon, est de plus en plus remplacé par des amylases de fermentation, extraites de bactéries ou de champignons inférieurs. Il en est de même de plusieurs autres enzymes. En ce qui concerne les antibiotiques, on en a signalé beaucoup dans des plantes supérieures, et il y en a qui sont très actifs, mais sur le plan économique de tels composés seraient toujours trop coûteux par rapport à ceux qu'on élabora par fermentation.

Une grande erreur de certains biochimistes au cours de ces dernières années était de croire que les antibiotiques étaient les seuls médicaments susceptibles d'être produits par fermentation. J'ai signalé tout à l'heure que la production de vitamines, d'hormones, d'acides aminés fait également appel maintenant à l'industrie microbiologique; tout récemment, M. Heim a trouvé un champignon capable d'élaborer une substance hallucinogène; on peut s'attendre à la découverte de champignons inférieurs susceptibles de fabriquer des composés analogues utilisables peut-être comme tranquillisants!

Tout est possible dans ce domaine, il suffit de chercher; il faudrait soumettre les extraits de microorganismes à des tests pharmacodynamiques systématiques, comme on le fait parfois avec des séries de molécules synthétiques.

Mais, pour le moment, il n'est pas question d'abandonner la culture des plantes médicinales qui ont fait leurs preuves; la digitale, le pavot, la belladone, etc... ont une valeur indiscutable et aucun produit de fermentation ne peut encore les remplacer. On cherche

actuellement à cultiver les tissus de ces drogues précieuses *in vitro* selon la technique de R. Gautheret. Une telle culture *in vitro* équivaut dans une certaine mesure à une fermentation, mais la technique n'est pas encore applicable à l'échelle industrielle. Si on arrivait un jour à la réaliser en phase submergée, ce serait un progrès considérable.

Enfin, pour terminer cet exposé, il me reste à mentionner une dernière possibilité, qui plus que toutes les précédentes, devrait permettre plus tard à l'homme de se rendre indépendant du sol : c'est la culture des algues du type « chlorelle ». Ces petites plantes n'ont besoin pour vivre que d'eau et d'éléments minéraux. Elles élaborent leurs constituants

organiques grâce à l'énergie lumineuse qu'elles savent utiliser.

On a dès maintenant pu montrer que ces plantes vertes sont un aliment à la fois excellent et complet pour le bétail. Sachant que de telles algues captent la lumière solaire avec un rendement 30 fois plus élevé par unité de surface que les meilleures cultures traditionnelles, on comprend sans peine l'importance de leur étude. Il est vrai que les réalisations industrielles concernant ces recherches sont encore du domaine de la fiction... Mais la fiction est nécessaire aux chercheurs, nécessaire pour féconder l'inspiration, éveiller l'enthousiasme et surtout elle est comme un creuset dans lequel se forment les grandes découvertes de l'avenir.

Le Président de la Société, Directeur Gérant : G. CHAUDRON.

D. P. n° 1080

Imprimé en France chez BRODARD ET TAUPIN. Imprimeur-Relieur. Coulommiers-Paris. — 1-1959.

ÉDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

I. — PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Le Bulletin Signalétique

ABONNEMENT ANNUEL (y compris la Table des auteurs)

	FRANCE ÉTRANGER	
PREMIÈRE PARTIE. — Mathématiques; Physique; Chimie; Sciences de l'Ingénieur . .	10 000 F	12 000 F
DEUXIÈME PARTIE. — Biologie; Physiologie; Zoologie; Agriculture)	10 000 F	12 000 F
TROISIÈME PARTIE. — Philosophie; Sciences Humaines.	4 000 F	5 000 F

Des Tirés à Part sont également mis en vente par abonnement.

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS : s'adresser au « Centre de Documentation du C. N. R. S. »
16, rue Pierre-Curie (PARIS V°).

II. — OUVRAGES

COTTON A. — Œuvres Scientifiques	1 400 F
LANGEVIN P. — Œuvres Scientifiques	2 400 F
PERRIN J. — Œuvres Scientifiques	1 800 F
ALLOITEAU James. — Contribution à la systématique des Madréporaires Fossiles. Ouvrage relié au format 21 × 27, comptant : un volume de texte de 464 pages. Un volume de planches de 107 pages	4 500 F
Franco.	4 700 F
NAHMIA. — Le neutrino	240 F
FRANÇON. — Le microscope à contraste de phase et le microscope interférentiel	1 000 F
GRIVET. — La résonance paramagnétique nucléaire (relié plein pelliior rouge)	1 800 F
SURUGUE. — Technique Générale du Laboratoire de Physique. Tome I. — 2 ^e Édition, relié plein pelliior rouge	2 400 F
Tome II. — Broché.	1 800 F
Tome III. — Broché.	2 700 F
Cartonné.	3 000 F
ROSE. — Tables et Abaques (relié plein pelliior rouge)	1 500 F

Centre d'Études Mathématiques en vue des Applications

Institut Henri Poincaré.

1. — MONOGRAPHIES

A) Applications des théories Mathématiques :

FORTET R. — Éléments de calcul des probabilités.	1 200 F
PETIAU G. — La théorie des Fonctions de Bessel exposée en vue de ses applications à la Physique mathématique (relié plein pellior rouge)	2 500 F
DUMAS M. — Les épreuves sur échantillon (relié plein pellior rouge)	1 000 F

C) Physique Mathématique :

DESTOUCHES J.-L. — Principes de la mécanique classique	350 F
VOGEL Th. — Les fonctions orthogonales dans les problèmes aux limites de la physique mathématique.	1 200 F

2. — LE FORMULAIRE DE MATHÉMATIQUES A L'USAGE DES PHYSICIENS ET DES INGÉNIEURS

rédigé par les membres du Centre d'Études Mathématiques en vue des applications,
sous la direction de Monsieur le Professeur FRECHET.

Fascicule VII. — Équations aux dérivées partielles.	800 F
Fascicule IX. — Fonctions de la Physique Mathématique.	800 F
Fascicule XII. — Calcul des probabilités	600 F

Le Formulaire de Mathématiques comprendra 13 fascicules.

III. — COLLOQUES INTERNATIONAUX

LIII. — Études des molécules d'eau dans les solides par les ondes électromagnétiques	1 800 F
LIV. — Rôle du cortège électronique dans les phénomènes radioactifs	1 200 F
LV. — Les principes fondamentaux de la classification stellaire (relié plein pellior rouge) . .	1 200 F
LVI. — L'hydroxycarbonylation.	1 000 F
LVII. — Aspects généraux de la Science des macromolécules (relié plein pellior rouge). . . .	1 000 F
LVIII. — Les techniques récentes en microscopie électronique et corpusculaire (relié pellior) .	2 000 F
LIX. — Les divisions écologiques du monde. Moyens d'expression nomenclature et cartographie (relié plein pellior vert).	800 F
LX. — Problèmes actuels de paléontologie (relié pellior)	1 300 F
LXI. — L'état actuel des connaissances sur les propriétés électriques et magnétiques des lames métalliques minces en liaison avec leur structure	1 000 F
LXII. — Les modèles dynamiques en économétrie (relié pellior).	2 500 F
LXV. — Analyse factorielle et ses applications (relié pellior)	1 500 F
LXVI. — La biochimie du soufre chez les animaux supérieurs (relié pellior)	1 300 F
LXVIII. — Les échanges de matières au cours de la genèse des roches grenues, acides et basiques .	3 000 F
LXXI. — La théorie des équations aux dérivés partielles (relié plein pellior).	1 500 F
LXXII. — La luminescence des corps cristallins anorganiques.	2 000 F
LXXIII. — Les botanistes français en Amérique du Nord.	2 400 F

RENSEIGNEMENTS ET VENTE AU : Service des Publications du C. N. R. S., 13, Quai Anatole-France
(PARIS VII^e) Tél. INV. 45-95. C.C.P. Paris 9061/11

Le CATALOGUE GÉNÉRAL, dont ce qui précède n'est qu'un extrait, est envoyé sur simple demande.

PRODUITS CHIMIQUES

pour

INDUSTRIE

PHARMACIE

PARFUMERIE

CÉRAMIQUE

AGRICULTURE

MATIÈRES PLASTIQUES

"RHODOID" Acétate de cellulose

"RHODOPAS" Résines vinyliques

"RHODORSIL" Silicones

"RHODESTER" Résines polyesters

**RHÔNE
POULENC**

21, RUE JEAN-GOUJON - PARIS - BAL. 22-94 •

LE VIDE
LES RAYONS X
LA HAUTE TENSION
au Laboratoire
à l'Atelier



COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE
DEPARTEMENT INDUSTRIEL
34, BOULEVARD DE VAUGIRARD — PARIS-XV°
SUF. 50-04

**Compagnie Générale
de GÉOPHYSIQUE**

Application des procédés tellurique,
électriques, sismiques, gravimétrique
aux recherches pétrolières, minières,
travaux de Génie Civil.

50, rue Fabert, PARIS (7°)

Téléphone : INVALIDES 46-24



La C. I. M. assure au Havre le trafic des hydrocarbures à destination des Raffineries de la Basse-Seine et des Dépôts de la Région Parisienne.

Au Havre : Bassins accessibles aux plus grands navires pétroliers et capacité de stockage de 430.000 m³

A Gennevilliers : Dépôt spécialisé de 41.200 m³

COMPAGNIE INDUSTRIELLE MARITIME

Concessionnaire du Port Autonome du Havre

36, rue de Liège

PARIS (VIII^e)

EUROPE 44-30

Société Générale d'Entreprises

Société Anonyme au Capital de 1.808.000.000 de francs

56, rue du Faubourg-St-Honoré, PARIS (8^e)

Registre du Commerce Seine 54 B 4990

ENTREPRISES GÉNÉRALES en FRANCE, dans L'UNION FRANÇAISE et à L'ÉTRANGER

CONSTRUCTION ET ÉQUIPEMENT D'USINES HYDROÉLECTRIQUES
ET DE CENTRALES THERMIQUES

USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS

RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A HAUTE TENSION

ÉLECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER

RÉSEAUX D'ÉLECTRIFICATION RURALE

CITÉS OUVRIÈRES - ÉDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU

AÉROPORTS - OUVRAGES D'ART

ROUTES - CHEMINS DE FER

E N T R E P R I S E S

BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17^e.

ALGER - CASABLANCA

S. E. T. A. O. à ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

BÉTON ARMÉ
TRAVAUX PUBLICS
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

SOCIÉTÉ
LE CARBONE-LORRAINE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1.080.000.000 DE FRANCS
45, Rue des Acacias - PARIS (17^e) — Tél. : GALvani 59-62

CHARBONS
pour l'ÉLECTROTECHNIQUE

Anodes, frotteurs, contacts, pièces diverses • Charbons d'arc et de piles
Charbons pour microphones • Résistances électriques, etc.



CHARBONS
pour l'INDUSTRIE CHIMIQUE

Échangeurs thermiques en graphite polyblocs
Grilles, bacs, tuyauteries, pièces diverses.

Société
des Aciéries de **POMPEY**

61, rue de Monceau, PARIS (8^e) — Tél. : LAB. 97-10 (10 lignes)

USINES : { POMPEY et DIEULOUARD (M.-et-M.)
 { MANOIR (EURE) — LORETTE (LOIRE)
 { CORMELLES-LE-ROYAL (CALVADOS)

ACIERS THOMAS, MARTIN et ÉLECTRIQUE
ACIERS FINS AU CARBONE et ACIERS ALLIÉS
ACIERS RÉSISTANT A LA CORROSION (acide et saline)
ACIERS MOULÉS A HAUTE TENEUR EN ÉLÉMENTS NOBLES
ACIERS FORGÉS (brides, pièces de robinetterie, pièces diverses)
ACIERS ÉTIRÉS et COMPRIMÉS
FONTES HÉMATITES — SPIEGEL — FERRO-MANGANÈSE

Tous Aciers de Construction et d'Outillage

APPAREILS DE LABORATOIRE
ET MACHINES INDUSTRIELLES

P. CHEVENARD

- pour l'analyse dilatométrique et thermomagnétique des matériaux;
- pour l'essai mécanique et micromécanique des métaux à froid et à chaud;
Essais de traction, de flexion, de compression, de dureté;
Essais de fluage (Traction-Relaxation) et de rupture;
Essais de torsion alternée;
Étude du frottement interne;
- pour l'étude des réactions chimiques par la méthode de la pesée continue;
- pour la mesure des températures et le réglage thermostatique des fours.



A. D. A. M. E. L.

4-6, Passage Louis-Philippe
PARIS (11^e)

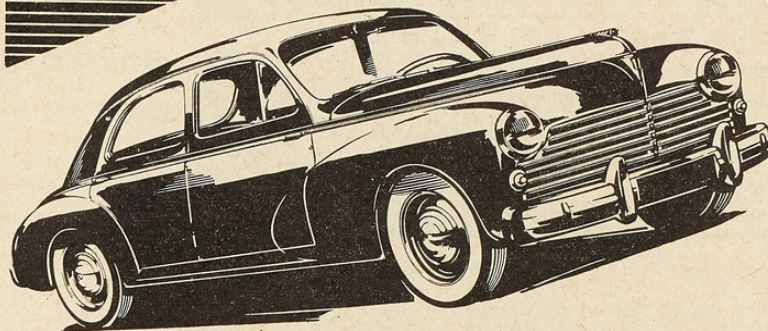
L'AIR LIQUIDE

75, QUAI D'ORSAY - PARIS 7^e INV. 44-30

Air, oxygène,
Azote comprimés ou
liquides
Argon, gaz rares extraits
de l'air
Acétylène dissous
Soudage, oxycoupage
Appareils de séparation
de tous mélanges
gazeux par liquéfaction
et rectification
Eau oxygénée et
perborate de soude

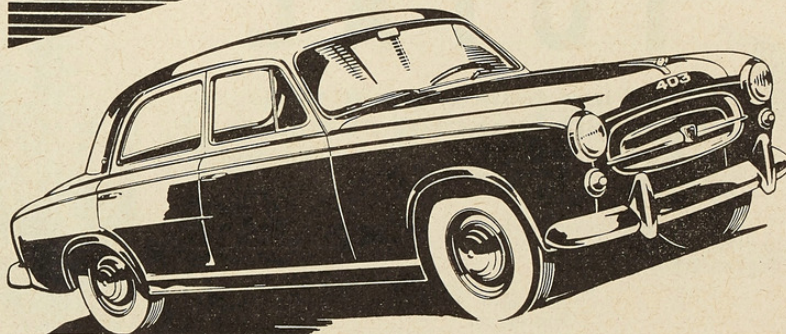
**178
USINES
DANS LE
MONDE**

203



LA PUBLICITÉ FRANÇAISE

403



SÉCURITÉ - ROBUSTESSE
CONFORT-ÉCONOMIE

203 - 403



Peugeot

la qualité qu'on ne discute pas

SOCIÉTÉ CHIMIQUE de la GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1.399.700.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 8, rue Cognacq-Jay - PARIS (VII^e) ♦ Tél. : INV. 44-30 à 44-38

R. C. Seine n° 55 B 12665

Adr. Télégr. : GRANPARG-PARIS

N° d'Entreprise 351.75.107.0011

INSTALLATIONS D'USINES :

SYNTHÈSE DE L'AMMONIAQUE (Procédés Georges Claude) ENGRAIS AZOTÉS

DISTILLATION A BASSE TEMPÉRATURE (des schistes, lignites, etc.)

SYNTHÈSE DE L'ALCOOL MÉTHYLIQUE

HYDROGÈNE ET GAZ DE VILLE PAR CRACKING

ET CONVERSION DES HYDROCARBURES

RECUIT BRILLANT (Licence I. G. I.)

PRODUITS FABRIQUÉS :

AMMONIAC ANHYDRE :—: ALCALI A TOUS DEGRÉS :—: ENGRAIS AZOTÉS

USINES OU ATELIERS: GRAND-QUEVILLY (Seine-Maritime) - WAZIERS (Nord) - FRAIS-MARAIS (Nord)-PARIS, 25 rue Vicq-d'Azir - AUBERVILLIERS (Seine), 65, rue du Landy

Chaque jour de nouveaux automobilistes adoptent

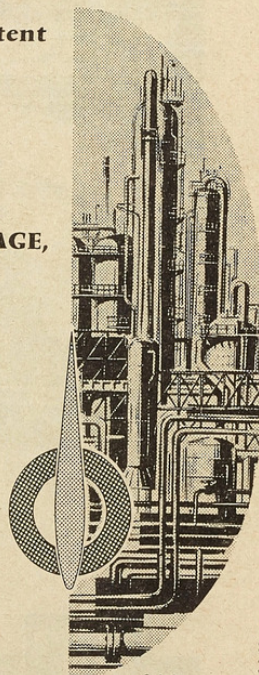
TOTAL

qui leur donne la garantie de la
COMPAGNIE FRANÇAISE DE RAFFINAGE,
la plus importante entreprise française
de raffinage.

Celle-ci dispose dans ses raffineries de
GONFREVILLE L'ORCHER (Seine-Maritime) et de LA MEDE
(Bouches-du-Rhône) :

- de la plus grosse capacité française de traitement : 9.500.000 tonnes de pétrole brut par an ;
- de la plus grosse unité de distillation existant en France ;
- de la plus grosse unité de cracking catalytique du continent européen ;
- de tout un ensemble d'unités de fabrication d'huiles de graissage, mettant en œuvre les techniques les plus modernes, par solvants sélectifs ;
- des laboratoires de recherche et de contrôle les plus importants de l'industrie pétrolière en France.

TOTAL



O. P. G.

19 2 58

PROGIL

Société Anonyme au Capital de 2.500.000.000 de Francs
79, Rue de MIROMESNIL, PARIS 8^e. Tél. Laborde 91-60

PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS

CHLORE — SOUDE — EXTRAIT DE JAVEL
SOLVANTS CHLORÉS, HYDROGÉNÉS ET DÉSHYDROGÉNÉS
SULFURE DE CARBONE
ORTHOPHOSPHATES ET POLYPHOSPHATES DE SOUDE
SILICATES ET MÉTASILICATE DE SOUDE

EXTRAITS TANNANTS ET TANINS SYNTHÉTIQUES PRODUITS CHIMIQUES POUR LA TANNERIE

CELLULOSE — PAPIERS

CRYPTOGILS ET XYLOPHÈNES POUR LA PROTECTION DES BOIS
FLUIDES DE CHAUFFAGE " GILOTERM "
PARADICHLOROBENZÈNE
PRODUITS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX " GILTEX "
EXTRAIT " DREX " POUR BOUES DE FORAGE

*Ingénieurs spécialisés et Laboratoires à la disposition de toutes Industries
Notices sur demande adressée à PROGIL, 79, rue de Miromesnil — PARIS 8^e*

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE ET DES ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE

ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN

SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DU GÉNÉRAL-FOY - PARIS (8^e)

TÉLÉPHONE : EUROPE 31-00
ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS

COMPAGNIE INDUSTRIELLE
DES PILES ÉLECTRIQUES

CIPEL

Société Anonyme au Capital de 517.500.000 Francs.

98 ter, Bd Heloise, ARGENTEUIL (S.-&O.).

•

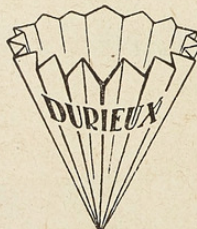
Piles " AD "

à grande capacité
pour SIGNALISATION
TÉLÉPHONES
TÉLÉGRAPHES
etc...

Piles " MAZDA "

ÉCLAIRAGE PORTATIF
AMPOULES
BATTERIES
BOITIERS
RADIO

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52x52

SPÉCIALITÉS :

FILTRES SANS CENDRES

N°s 111, 112 et Crêpé N° 113 extra-rapide

Filtres Durcis n° 128 & Durcis sans cendres n° 114

Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

Toutes Dimensions, pour Filtres-Presses. (Envoi d'échantillons sur demande)

Registre du Comm. de la Seine N° 722.521-2-3

Téléphone : ARCHIVES 03-51

MÉDAILLE D'OR de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Juillet 1918)

20, rue Malher, PARIS (4°)

Demandez le Catalogue donnant toutes les explications sur les emplois de mes différentes sortes



ETABLISSEMENTS
KUHLMANN

SOCIÉTÉ ANONYME au CAPITAL de 6.455.000.000 de FRF

Siège Social : 11, rue de La Baume, PARIS (8^e)



PRODUITS CHIMIQUES

DÉRIVÉS DU SOUFRE - DÉRIVÉS DU CHLORE - PRODUITS
AZOTÉS - DÉRIVÉS DU BARYUM - DÉRIVÉS DU BROME
DÉRIVÉS DU CHROME - DÉRIVÉS DU COBALT - DÉRIVÉS
DU NICKEL - DÉRIVÉS DU CÉRIUM - DÉRIVÉS DU PHOS-
PHORE - LESSIVES - SILICATES - DÉRIVÉS DE L'ÉTHYLÈNE
DÉRIVÉS DU PROPYLÈNE - ALCOOLES DE SYNTHÈSE
HYDROCARBURES DE SYNTHÈSE



PRODUITS POUR L'AGRICULTURE

ENGRAIS PHOSPHATÉS - ENGRAIS AZOTÉS - ENGRAIS
COMPLEXES - PRODUITS INSECTICIDES ET ANTICRYPTO-
GAMIQUES - PRODUITS POUR L'ALIMENTATION DU
BÉTAIL - AMENDEMENTS - HERBICIDES - DÉSINFECTANTS



PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES

RÉSINES SYNTHÉTIQUES - COLLES SYNTHÉTIQUES
MATIÈRES PLASTIQUES - TANINS SYNTHÉTIQUES
PRODUITS INTERMÉDIAIRES - PRODUITS AUXILIAIRES
INDUSTRIELS - PRODUITS R. A. L.



TEXTILES CHIMIQUES

RAYONNE VISCOSE - FIBRANNE VISCOSE - CRINODOZ

COMPAGNIE FRANÇAISE
THOMSON-HOUSTON

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7.844.640.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 173, BOULEVARD HAUSSMANN, PARIS-VIII^e

Téligr. Eliba 42 Paris



Télégram : ÉLYSÉES 83-70

ÉLECTRONIQUE — Toutes applications professionnelles de l'Électronique et de la Nucléonique - Radiodiffusion - Télévision - Radiocommunications - Radars - Projets spéciaux - Tubes électroniques - Diodes - Redresseurs - Transistors - Cristaux pour hyperfréquences.

CABLES — Cuivre, Aluminium, Almelec en Fils, Câbles, Méplats - Fils et Méplats émaillés - Fils guipés - Câbles incombustibles - Fils et Câbles électriques isolés pour toutes applications.

PETIT MATÉRIEL — Appareils ménagers - Chauffage et Cuisine domestiques - Machines à laver domestiques et professionnelles - Rasoirs électriques - Appareillage - Matériel frigorifique, etc...

Récepteurs de T. S. F. et de Télévision, Électrophones, Disques "DUCRETET THOMSON"

THOMSON C.F.T.H. HOUSTON