

A high-magnification, electron micrograph of a cell, likely a bacterium, showing a large, dark, textured nucleus. The background is a complex, granular pattern of red, orange, and yellow, suggesting a highly detailed biological structure.

**pem**

N° 2 - FEVRIER 1981 - 76 ANNEE

ISSN 0397-4834

**les biotechnologies**

# LA PASSION SELON SCREG-ROUTES

1.

## LA PERFECTION

Bon c'est vrai, le coup du petit caillou c'est quand même rare, mais...

On a quand même tous, chez nous, le virus de l'ouvrage bien fini.

Notre cocktail de passions préférées :

- les meilleures techniques,
- les meilleures structures,
- les meilleures équipes,
- des clients satisfaits
- des hommes enthousiastes

POUR NOUS,  
UN CAILLOU  
CE N'EST JAMAIS  
DU DÉTAIL.

## SCREG ROUTES c'est :

- plus de 3 milliards de CA,
- 100 établissements en France,
- des chantiers routiers ou des implantations à l'étranger,
- une hyperdécentralisation,
- 86 % des Ingénieurs entrés débutants,
- l'originalité d'un "Tour de France" de formation d'un an et d'une école d'Ingénieurs routiers,
- 6 mois à l'étranger la première année pour ceux qui le souhaitent (base vie en célibataire).



Si vous vous sentez la passion de diriger une entreprise  
ou un établissement en moins de 10 ans,

Si vous êtes Ingénieur diplômé ENPC,

écrivez ou téléphonez pour en savoir plus à la Direction du Personnel, TOUR MALTE, BP 65, 91035 ÉVRY Cedex, Tél. 077.90.60.  
Nous vous inviterons à une séance collective d'information.



**mensuel**  
**28, rue des Saints-Pères**  
**Paris-7<sup>e</sup>**

Dépôt légal 1<sup>er</sup> trimestre 1981  
 N° 81124  
 Commission Paritaire N° 55.306

# sommaire

## Directeur de la publication :

Yves BOISSERINQ  
 Président de l'Association

## Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD  
 Ingénieur  
 des Ponts et Chaussées

## Rédacteurs en chef :

Olivier HALPERN  
 Ingénieur  
 des Ponts et Chaussées  
 Benoît WEYMULLER  
 Ingénieur  
 des Ponts et Chaussées

## Secrétaire générale de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

## Assistante de rédaction :

Eliane de DROUAS

## Rédaction - Promotion

### Administration :

28, rue des Saints-Pères  
 Paris-7<sup>e</sup> - 260.25.33

Bulletin de l'Association Nationale des  
 Ingénieurs des Ponts et Chaussées, avec la  
 collaboration de l'Association des Anciens  
 Elèves de l'École des Ponts et Chaussées.

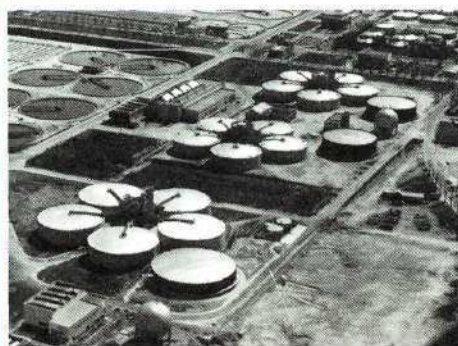
## Abonnements :

- France **200 F.**
  - Etranger **200 F** (frais de port en sus).
- Prix du numéro ; **22 F**

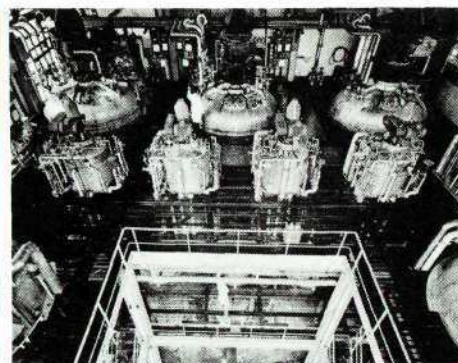
## Publicité :

Responsable de la publicité :  
 H. BRAMI

Société OFERSOP :  
 8, Bd Montmartre  
 75009 Paris  
 Tél. 824.93.39



Cliché Degrémont



Studio OROP

## dossier

### ÉDITORIAL

Jean GANDOIS ..... 7

### La Fermentation

L. PENASSE ..... 8

### Le Génie Génétique

J. HERMIER ..... 13

### Les biotechnologies et le BRGM

J. AUDIBERT ..... 16

### Les biotechnologies et l'épuration des eaux

F. VALIRON ..... 17

### Des "bio-sciences aux bio-industries" :

quel environnement  
 F. DIDIER et G. STRAIN ..... 22

## rubriques

### Réalisation dans les D.D.E.

DDE Pyrénées Orientales ..... 25

### La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

AG. constitutive de l'ANIPC ..... 27

Mouvements ..... 29

Courrier des lecteurs ..... 30  
 81124MA

L'Association Nationale des Ingénieurs des Ponts  
 et Chaussées n'est pas responsable des opinions  
 émises dans les conférences qu'elle organise ou  
 dans les articles qu'elle publie.

**Couverture :**  
 P. BRIOLLE - RAPHO

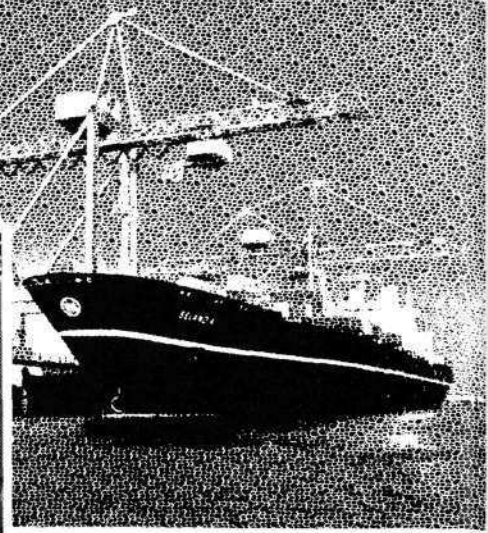
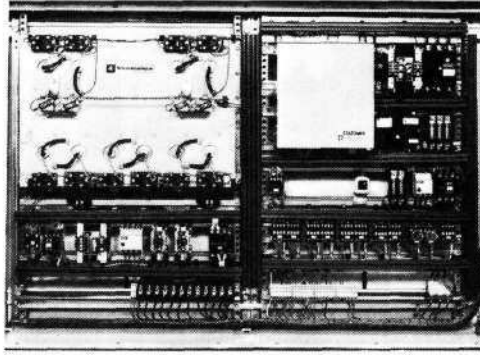
IMPRIMERIE MODERNE  
 U.S.H.A.  
 Aurillac

**Maquette :** Monique CARALLI



**Telemecanique**

# votre partenaire en levage



**Une gamme complète :**

- de constituants électromagnétiques,
- d'auxiliaires de commande automatiques ou manuels, de postes de conduite,
- de produits électroniques pour la commande des moteurs asynchrones à bagues et des moteurs à courant continu, qui permettent :

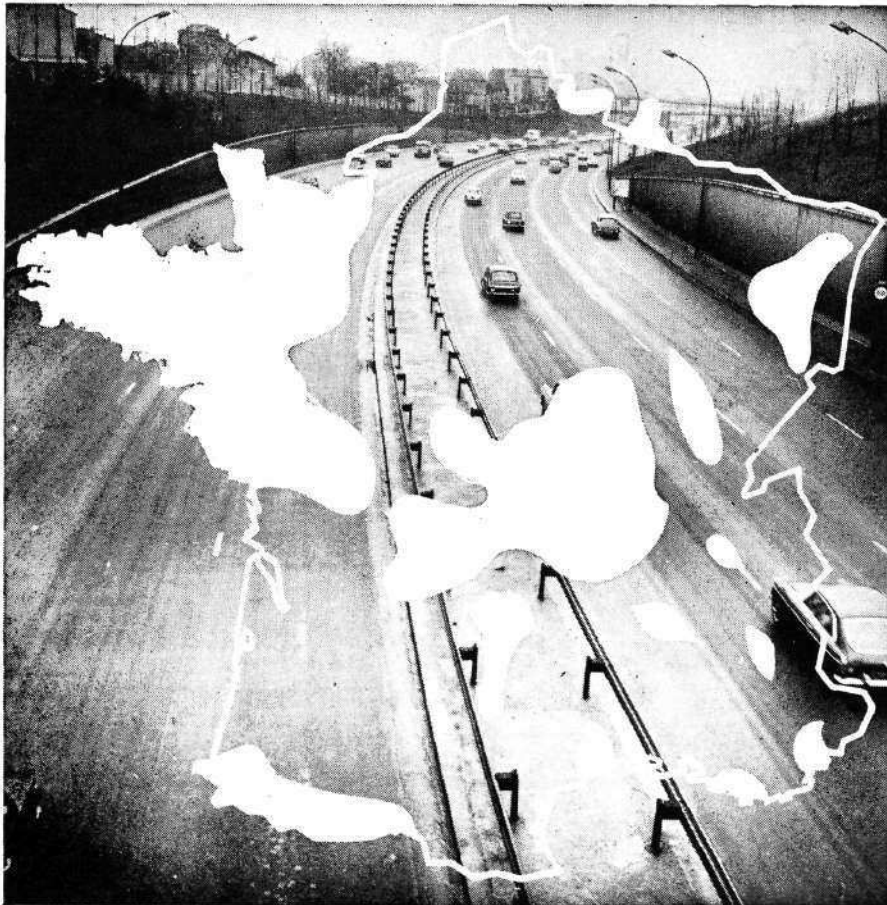
- d'accélérer ou de décélérer, avec souplesse et en évitant les balancements de charge,
- d'obtenir un fonctionnement à vitesse constante lorsque la charge est variable,
- de positionner la charge, le chariot ou l'engin aisément et avec précision,
- de diminuer l'usure des garnitures de freins.



**Telemecanique**

Direction Commerciale  
43-45 Bd Franklin Roosevelt  
92500 Rueil-Malmaison - Tél. : 732.92.12

AN 10071



## partout en France la qualité c'est notre affaire

SYNDICAT NATIONAL DES  
**PRODUCTEURS DE MATERIAUX D'ORIGINE ERUPTIVE,  
CRISTALLOPHYLLIENNE ET ASSIMILES**

3, rue Alfred-Roll - 75849 PARIS CEDEX 17  
Tél. : 766.03.64

Un tiers du sol national recèle des gisements de valeur.

ESTION PUBLICITARE PHOTOS S.A.

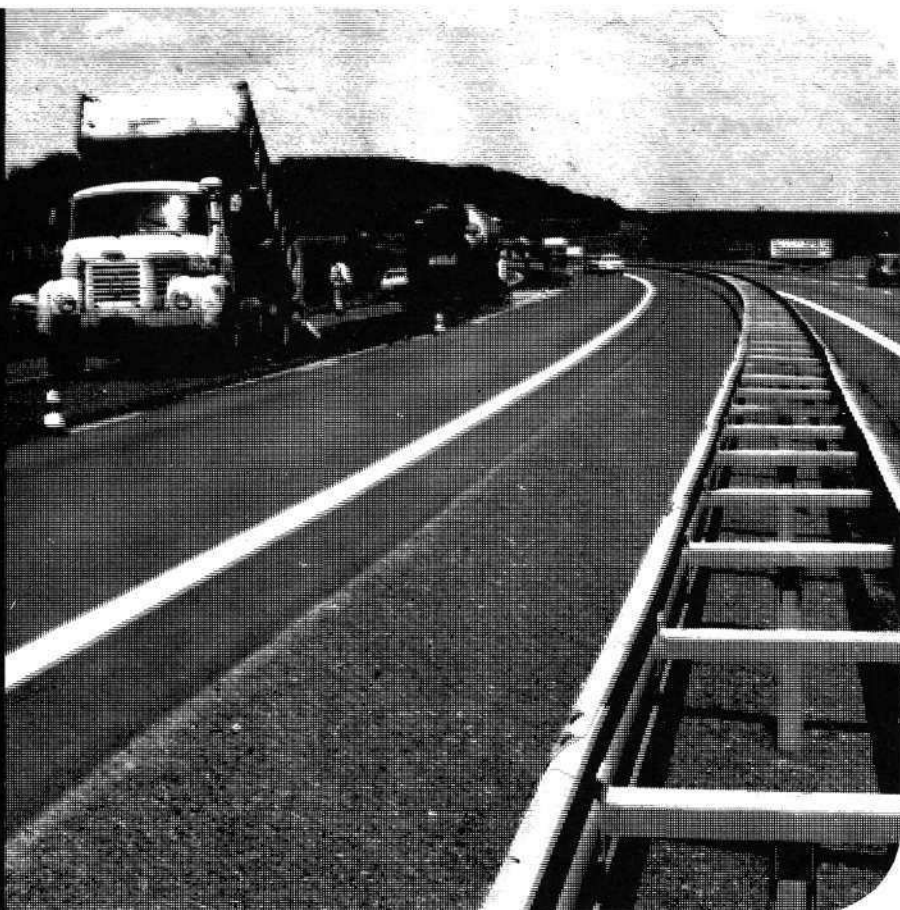
# actiflex

émulsion  
aux élastomères

**SCR**

CHIMIQUE DE LA ROUTE

5 avenue morane saulnier 78141  
Velizy Villacoublay CEDEX  
boîte postale n°21 téléphone 946 96 60



## SOCIÉTÉ DES EAUX DE MARSEILLE

la première  
entreprise régionale,  
pour la distribution d'eau  
et l'assainissement

conseils techniques  
prestations de services  
affermages



Société des Eaux de Marseille  
25, rue Edouard Delanglade  
Boîte Postale N° 29  
13254 Marseille Cedex 6  
Tél. : (91) 37.92.30  
Telex : SEMARSL 440884 F

# RINCHEVAL

95230 SOISY-SOUS-MONTMORENCY (FRANCE)

Tél. : 989.04.21 - Télex : 697 539 F



**MATÉRIEL DE  
STOCKAGE  
CHAUFFAGE**

**ET**

**ÉPANDAGE DE LIANTS  
HYDROCARBONES**

**ÉPANDEUSES, ÉPANDEUSES D'ENTRETIEN  
CITERNES FIXES ET MOBILES  
CENTRES DE STOCKAGE  
CHAUDIÈRES A HUILE, ETC.**

## **ENTREPRISE Bourdin & Chaussé**

SA au Capital de 21 000 000 F

**35 rue de l'Ouche Buron  
44 300 NANTES**

Tel (40) 49 26 08

Direction Generale

**36 rue de l'Ancienne Mairie  
92 100 BOULOGNE**

Tel 604 13 52

*Terrassements*

*Routes et aerodromes*

*Voirie urbaine*

*Assainissement*

*Reseaux eau et gaz*

*Genie civil*

*Sols sportifs*

*et industriels*

**GEOTECHNIQUE  
GEOPHYSIQUE  
LABORATOIRE**



Appareils de reconnaissance  
et d'essais



Pénétrömètre  
dynamique

**BEVAC P-2**

**BEVAC**

C.P. 63, av. des Oiseaux 13  
CH-1018 - Lausanne Suisse

Tél. (021) 38 11 71 télex 25 506

S.A. Capital 630.000 Francs

Chemin des Mercières  
**Z.I. - 69140 RILLIEUX-LA-PAPE**  
Tél. : (78) 88.53.44

7, rue Barrier - 69006 LYON



ENTREPRISE LYONNAISE DE TRAVAUX

**ELTRA**

**TRAVAUX PUBLICS  
ET DÉMOLITION**

Terrassements - Ouvrages d'art  
Voirie - Viabilité



**DIRECTION TECHNIQUE  
DES ENGINES**

Responsable pour l'État de la  
réalisation des missiles de la  
Force Nucléaire Stratégique et  
des Engins Tactiques

26, Bd Victor  
**75996 PARIS ARMÉES**

Tél. : 552.43.21

**BARBER-GREENE**

Centrales d'enrobage de 90 T/h à 500 T/h  
Rénovation de chaussées

**RX 40 - RX 75**

Finisseurs toutes largeurs — tous modèles  
**SA 150 - SA 144 - SB 131 - SB 111**

**TAMPO**

Le compactage des enrobés et des remblais  
**RS 144 - RS 166 A - RS 188 A**

**WABCO**

Dumpers toutes capacités  
Haulpaks nouveaux modèles de 35 T à 240 T

**ETNYRE**

Gravillonneurs — Répanduses à bitume

**MIDLAND PAVER**

Le matériel spécialisé pour l'Emulsion

**Tout le matériel  
pour la construction, l'entretien  
et la rénovation des chaussées**



**STIME**

5, avenue Montaigne 75008 Paris  
Tél. 261.51.84 (20 lignes) Télex 650004

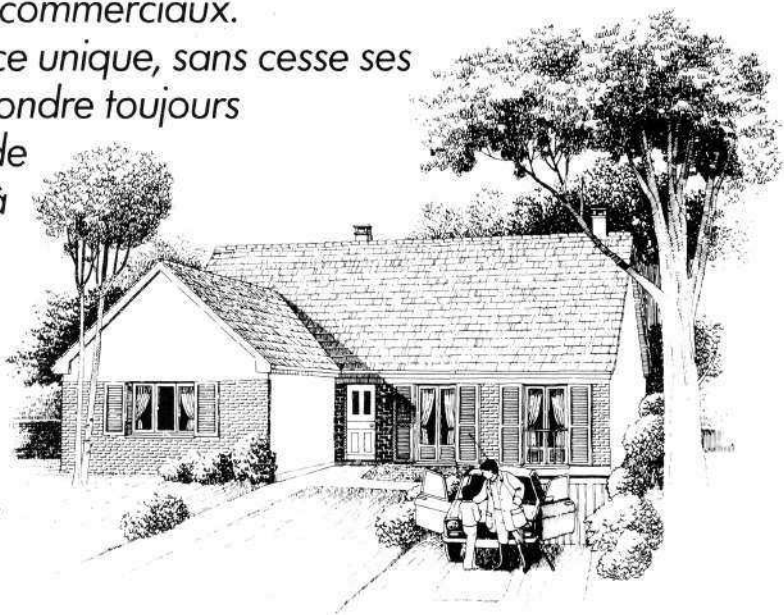
# **Levitt France.**

## **Une expérience unique au service de la famille.**

*Levitt est un des leaders mondiaux de la maison individuelle. Le premier en France, il a créé des villages maintenant célèbres, avec leurs rues fleuries, leurs placettes, leurs maisons pittoresques, leurs écoles, leurs centres sportifs et commerciaux.*

*Fruits d'une expérience unique, sans cesse ses réalisations évoluent, pour répondre toujours davantage à cette aspiration de nos contemporains : le retour à la nature, au sens de l'humain, bref, le retour à une vie familiale authentique.*

*Levitt France*



129-135, boulevard Carnot - 78110 Le Vésinet





# éditorial

de Jean GANDOIS

Président Directeur Général de Rhône-Poulenc S.A.

Les biotechnologies ne sont pas des nouveautés ; il faudrait remonter loin dans le cours des temps pour en trouver les premières mises en œuvre ; il est classique de rappeler l'obtention des boissons alcoolisées et la planification comme exemples d'application de processus biologiques.

Cependant, pendant des siècles, ce domaine de la "Technique" est resté peu étudié et a conservé un caractère "mystérieux". Il a fallu attendre Pasteur pour qu'apparaisse la véritable biologie industrielle moderne.

Depuis Pasteur, des progrès considérables ont été réalisés, tout particulièrement dans la biologie moléculaire, ouvrant la voie à de nombreux développements originaux. Le rapport "Sciences de la vie et Société", remis fin 1979, par MM. Gros, Jacob et Royer au Président de la République a sensibilisé l'opinion publique sur les conséquences possibles de ces progrès alors que quelques informations spectaculaires sur les travaux effectués dans le domaine du Génie Génétique pouvaient faire croire à une proche révolution industrielle. Quelles sont les perspectives raisonnables de ces découvertes ? C'est ce que ce numéro de la Revue P.C.M. va chercher à préciser par une présentation de quelques grands secteurs d'applications des biotechnologies.

De très nombreuses industries sont concernées :

— **La chimie** : les alcools de fermentation - les acides tels que l'acide citrique, l'acide lactique - les enzymes - sont déjà des produits industriels mais dont les procédés de fabrication peuvent être considérablement améliorés.

— **L'alimentation Humaine et Animale** : les amino-acides - les protéines - les vitamines - sont susceptibles d'être obtenus à haut niveau de pureté, par des méthodes très simplifiées.

— **La pharmacie** : de nombreux produits pharmaceutiques sont déjà fabriqués par des techniques biologiques. C'est sans doute dans ce domaine que le génie génétique apporte un potentiel de découvertes tout à fait considérable, en faisant préparer en grande quantité par des micro-organismes, des produits rares, spécifiques de l'homme (ou de l'animal), inaccessibles pour des raisons techniques ou économiques par extraction à partir de cellules ou d'organes.

— **L'agriculture** : les promesses sont ici aussi nombreuses ; l'amélioration des semences, la maîtrise de la fixation directe de l'azote, les biopesticides, le développement d'espèces spécifiques pour production de biomasse, elle-même matière première ou source d'énergie, sont parmi celles à signaler.

— **L'énergie** : bien que ce domaine soit le plus controversé, il est raisonnable d'espérer trouver des sources d'énergie complémentaires dont certaines font déjà l'objet de réalisations industrielles mais il serait déraisonnable d'attendre des biotechnologies "la" réponse à notre problème énergétique.

Tout ceci nécessitera une continuation des recherches fondamentales, une accentuation des recherches appliquées et une bonne appréhension des problèmes inévitables qui se poseront dans les phases de développement.

La formation des chercheurs et des ingénieurs plus ou moins directement concernés et l'information des utilisateurs que nous sommes et serons tous, sont nécessaires pour que notre Pays participe heureusement à cette nouvelle étape dans l'évolution industrielle, étape pour laquelle nous disposons d'atouts valables : de bonnes équipes de recherche fondamentale - une activité fermentation industrielle déjà importante - une vocation agricole indiscutable.

Je souhaite que ce numéro de P.C.M. contribue à nous faire prendre conscience, à la fois des grandes perspectives que nous ouvrent les biotechnologies et des efforts que nous avons à faire pour qu'elles deviennent réalité.

# La fermentation, de la tradition à la bio-industrie

Lucien PENASSE

Directeur du Département des Recherches Biotechnologiques  
Roussel Uclaf

Le mot fermentation, héritage lointain du latin *fervere*, bouillir, recouvre plusieurs sens distincts. Cette ambiguïté n'est pas sans contribuer à lui conserver une sorte d'obscurité confuse et mystérieuse. Sans prendre en considération son sens figuré, il faut lui reconnaître dans le seul domaine technologique, au moins deux significations.

Un sens biochimique étroit : lorsque des micro-organismes sont placés dans un milieu de culture favorable, mais en l'absence d'air, il leur est évidemment interdit de consommer les sucres de ce milieu par les voies de la respiration. Il leur est possible, par contre, de procéder à une dégradation non oxydante de ces sucres et d'accumuler de l'éthanol, du butanol ou d'autres produits similaires. C'est le cas, par exemple, de la brasserie et de toutes les fermentations conduisant aux boissons alcoolisées. Utilisé dans ce sens biochimique particulier, le mot fermentation désigne donc une voie du métabolisme qui assure le passage du glucose à des substances situées au même niveau global d'oxydation. La quantité d'énergie obtenue par le micro-organisme dans ce processus, est obligatoirement faible. Il compense cette modicité en convertissant une masse de substrat importante par rapport à son propre poids.

Un sens technologique large : à côté de la modalité anaérobie qui a été la plus anciennement pratiquée, se sont développées une multitude de cultures où l'on fournit au micro-organisme un environnement aérobie. Les techniques étant au demeurant voisines, on a étendu le sens du mot fermentation à toutes les cultures dans lesquelles un micro-organisme défini est intentionnellement cultivé afin de recueillir les produits utiles de son métabolisme.

C'est le sens large que nous avons retenu ici.

Sans doute les micro-organismes interviennent-ils, et d'une façon irremplaçable, dans des activités traditionnelles, parmi les plus anciennes de l'homme : sans eux il ne pourrait obtenir ni le pain, ni le vin, ni le fromage. Mais pendant longtemps leur présence et leur rôle y ont été ignorés. L'emploi de matières premières naturelles relativement constantes, le raisin, le lait, le levain,

apportait fortuitement la flore microbienne ou fongique, constante elle aussi, du fait d'un équilibre lentement réalisé au cours des âges, entre ces produits et ces flores.

C'est vers 1840 que l'on réalise que la levure joue un rôle actif dans la fermentation productrice d'alcool, et c'est en 1880, il y a donc exactement un siècle, que de la bière est produite au Danemark en inoculant un moût, préalablement stérilisé, à l'aide d'un échantillon de levure.

Les principes fondamentaux de l'industrie de fermentation étaient dès lors posés : préparer un milieu de culture apportant au micro-organisme les éléments nutritifs minéraux et organiques qui lui sont nécessaires, stériliser ce milieu afin de détruire les innombrables micro-organismes indésirables qui s'y trouvent, inoculer ou ensemercer ce milieu à l'aide d'une petite quantité d'un micro-organisme bien défini, préalablement isolé et conservé à cet effet, lui permettre de se multiplier en lui assurant les conditions physico-chimiques (*températures, pH, redox...*) adéquates. Au cours de cette croissance, ou dans la phase stationnaire qui lui fait suite, le micro-organisme élabore les produits qui sont le propre de son patrimoine génétique, et dont l'industrie de fermentation cherche à tirer parti.

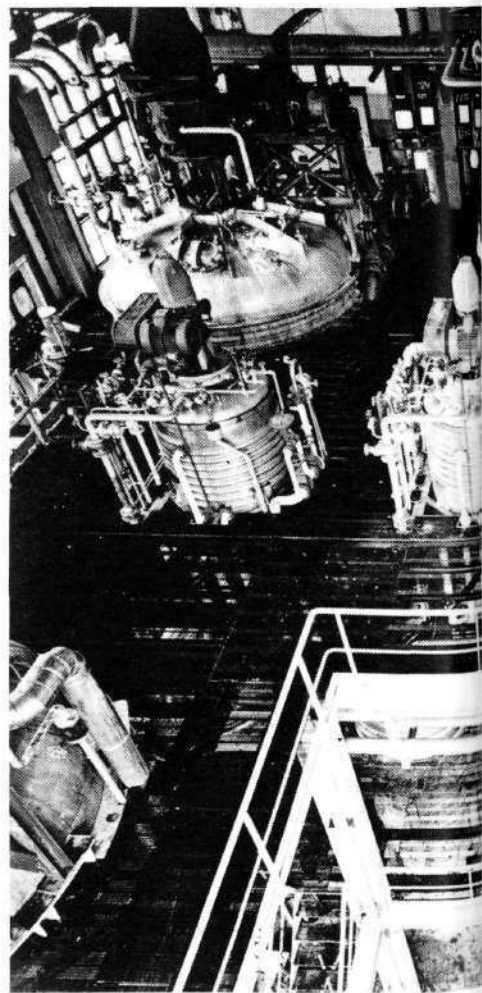
Afin de donner ici une image de la place industrielle des fermentations et des méthodes de son développement, il convient de passer successivement en revue, la liste des produits auxquels elle permet d'accéder, les problèmes microbiologiques liés à l'obtention, la conservation et l'amélioration des souches de micro-organismes qui y sont utilisés, les problèmes technologiques concernant la culture de ceux-ci et l'isolement des produits qu'ils élaborent.

Les denrées fermentées traditionnelles constituent, et de loin, en poids et en valeur, la plus grande part de la valeur ajoutée par les micro-organismes dans les activités de l'homme. La tendance actuelle consiste à remplacer la flore spontanée par l'emploi d'un inoculum défini. Ceci conduit éventuellement à des problèmes microbiologiques complexes : la transformation du lait en fromage fait appel à une multitude de micro-organismes différents agissant les uns après les autres en des équilibres suc-

cessifs forts délicats que l'intervention volontaire n'est pas encore en mesure de supplanter totalement.

Un aspect plus moderne est celui qui utilise les micro-organismes pour accéder à des produits de fermentation chimiquement définis.

Les aptitudes biosynthétiques des micro-organismes sont d'une richesse et d'une diversité qui confond l'imagination. Des centaines de milliers de souches ont été étudiées au cours des trente dernières années et de milliers de molécules originales isolées et identifiées. Parmi celles-ci, cent cinquante environ ont atteint le niveau



industriel dans le monde, dont une cinquantaine d'antibiotiques, dix acides organiques, quatre vitamines, vingt acides aminés, vingt six enzymes.

Le tournant décisif a été celui apporté par les antibiotiques. La découverte d'abord de la pénicilline, puis coup sur coup de la streptomycine, de la néomycine, du chloramphénicol dans l'immédiat après guerre, a apporté une double stimulation.

D'une part microbiologique : des micro-organismes sont capables d'élaborer des molécules douées d'une activité antibactérienne d'un niveau insoupçonné jusqu'alors. Ces premiers produits ne couvrent toutefois pas tout le spectre des germes pathogènes. Peut-on en trouver d'autres ?

D'autre part technologique : les premières cultures productrices de pénicilline étaient effectuées au laboratoire, par très petites quantités. Il fallait concevoir et réaliser les équipements industriels capables de fournir les quantités souhaitées dans le monde et accroître la productivité pour accéder à un prix qui en autorise l'emploi généralisé.

En vue d'apporter une réponse à la première stimulation, de nombreux laboratoires dans le monde ont isolé et examiné un nombre considérable de souches de micro-organismes existant naturellement dans la terre ou dans les eaux des lacs et des rivières.

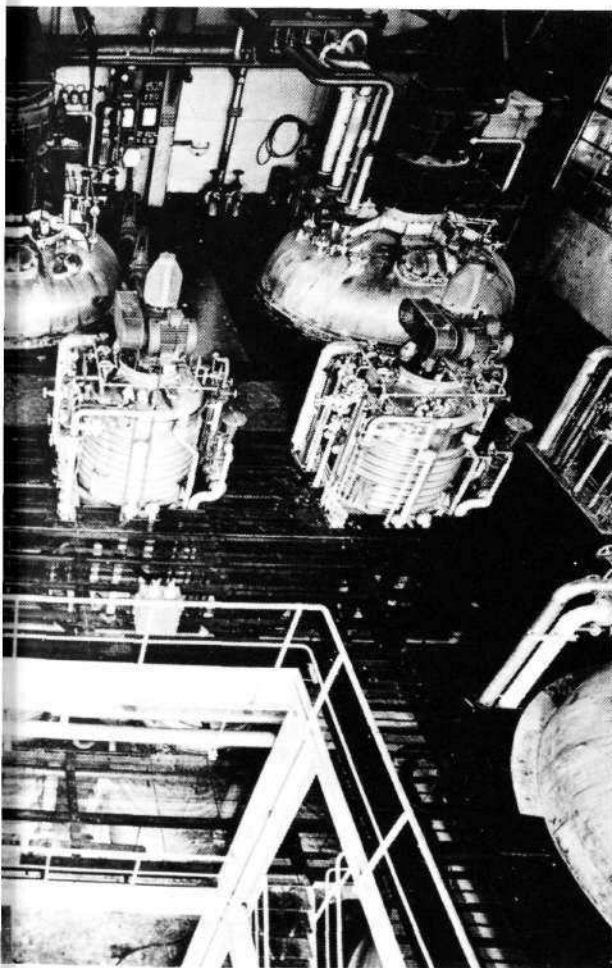
## UN SIÈCLE DE CROISSANCE DE L'INDUSTRIE DE FERMENTATION (\*)

1880 - 1900	Ac. lactique.
1900 - 1910	Ethanol, amylase.
1910 - 1920	Acétone, n butanol, invertase.
1920 - 1930	Ac. citrique.
1930 - 1940	Ac. gluconique, protéase, riboflavine, sorbose.
1940 - 1950	Ac. itaconique, ac 2 cétylgluconique, pectinase, Vitamine B 12, penicilline G, streptomycine, néomycine.
1950 - 1960	Ac. Kogique, ac. glutamique, lysine, glucose, oxydase, érythromicine, tétracycline, 14 autres antibiotiques, gibberelline, dextrane, hydroxylations stéroïdes.
1960 - 1970	Valine, glucose isomérase, cephalosporine, gentamicine, 21 autres antibiotiques, dihydroxyacétone, 5'nucléotides.
1970 - 1980	présure microbienne, dextranase, 26 antibiotiques, bioconversions de stérols, zéaralenol.

(\*)d'après D. Perlman, Chemitech, 1977, 7, 434, modifié.

res. Ce travail, appelé screening, a conduit à environ 5 000 molécules différentes douées d'activité antibiotique, pour lesquelles une description a été publiée, sans compter un nombre sans doute supérieur de substances examinées par des laboratoires et abandonnées, à un stade précoce de leur étude, pour insuffisance d'intérêt.

Toutes les classes de micro-organismes ont fourni des représentants à cette liste, avec des fréquences toutefois variables. Les plus prolifiques ont été un groupe de bactéries filamenteuses dont l'habitat naturel est la terre des champs et des jardins, les streptomycètes, auxquels il faut ajouter deux espèces de champignons inférieurs, pour



## le bras droit de l'architecte.

Vous avez un problème d'alimentation électrique ? De chauffage solaire ?

Vous devez faire une expertise sur l'étanchéité ?

On vous demande un devis descriptif en plomberie ?

On vous propose de réhabiliter un bâtiment ancien ?

Vous devez concevoir la gestion comptable d'un projet ?

Ou, encore, dessiner un escalier, une cheminée ?

Avec l'Encyclopédie du Bâtiment, pas de questions

sans réponses, un simple

coup d'œil à la table des

matières et vous vous re-

portez à la rubrique trait-

tant du sujet avec clarté,

précision et concision.

Dorénavant, vous pouvez

compter sur une nouvelle

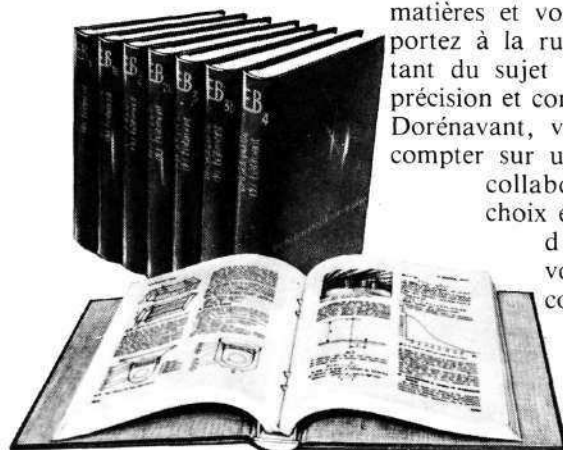
collaboratrice de

choix et lui accordez

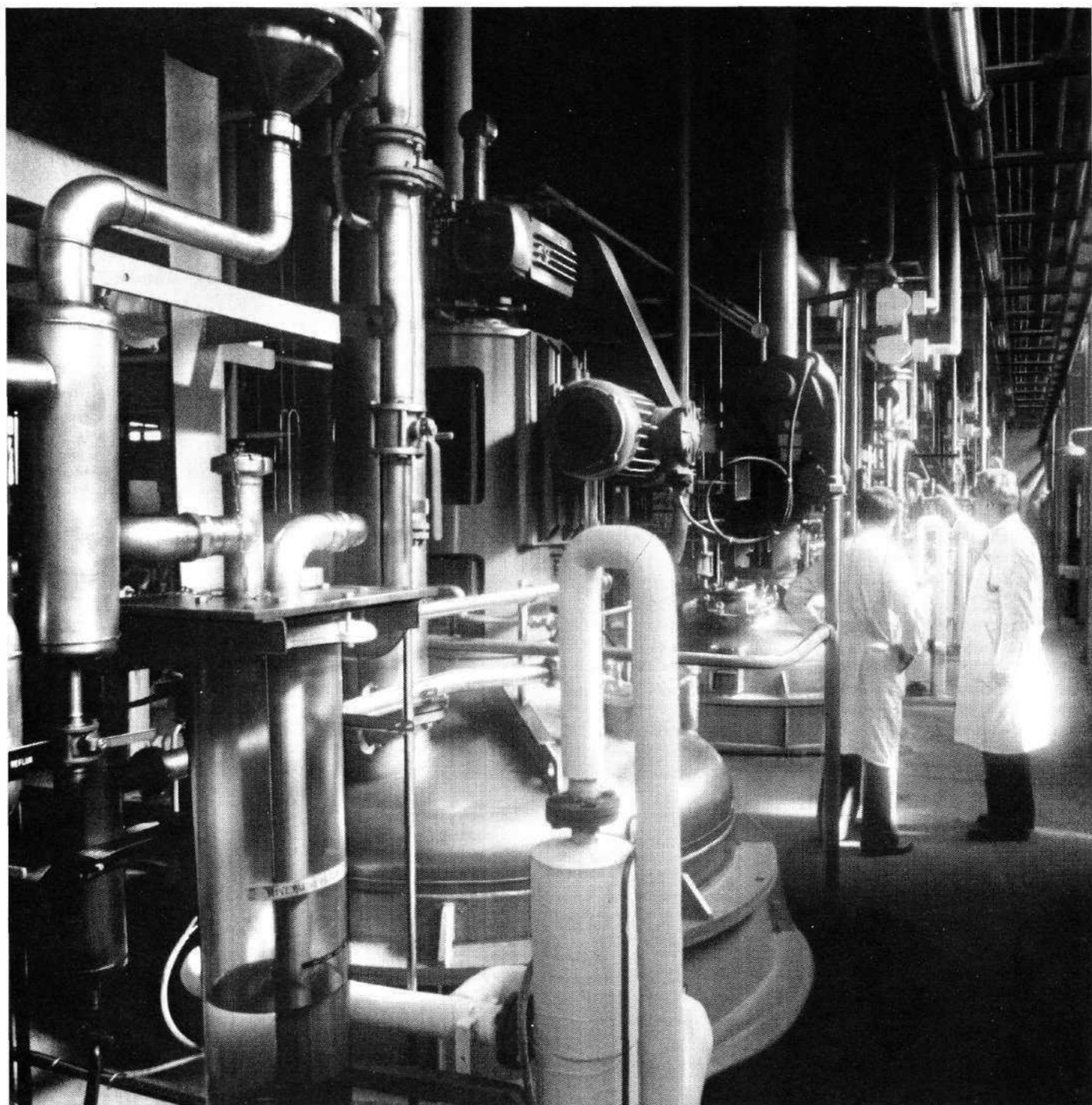
toute

vos

confiance.



l'encyclopédie du bâtiment, ne travaillez plus sans elle.



MEITEM

**Appliquer à la recherche l'efficacité  
des entrepreneurs.**

**Roussel Uclaf**   
Des chercheurs qui réussissent.

leur contribution moins diversifiée mais prestigieuse, le penicillium et le cephalosporium, producteurs respectivement de pénicilline et de céphalosporine.

Depuis une dizaine d'années, cette source d'antibiotiques nouveaux a donné des signes de tarissement : les laboratoires qui pratiquent le screening retrouvent le plus fréquemment des substances déjà connues. La relève a été assurée par l'hémisynthèse. Elle consiste à demander à la fermentation de fournir une molécule de base difficilement obtenable par d'autres voies, puis à modifier celle-ci chimiquement. Pour la seule pénicilline, on estime qu'environ 25 000 dérivés ont été préparés et étudiés et on peut préciser que sur les 69 antibiotiques mis à la disposition des médecins en France, la moitié est issue directement de la fermentation et la moitié résulte de l'hémisynthèse. Les produits les plus récents et les familles les plus prometteuses appartiennent à cette dernière approche.

La production mondiale annuelle des antibiotiques, pris dans leur ensemble, est de l'ordre de 25 000 tonnes. On imagine donc aisément sa dimension économique et les efforts qui ont été faits, sous la pression de la concurrence, pour améliorer la productivité des procédés.

Le premier maillon de tout procédé industriel de fermentation est la souche productrice. Les souches à haute performance sont le résultat de travaux de modification génétique et de sélection, poursuivis avec une patience et une méticulosité infinies, parfois pendant plus de vingt ans par les laboratoires concernés. Le progrès a pu être considérable : les premières cultures productrices de pénicilline fournissaient de l'ordre du milligramme par litre, aujourd'hui le titre correspondant peut atteindre vingt à trente grammes. On conçoit donc que la possession de telles souches constitue un capital technologique considérable, qu'elles soient conservées jalousement, et, en particulier, que la question de leur brevetabilité soit en permanence très discutée.

Les conditions de culture les plus favorables font l'objet, elles aussi, de longs et patients travaux : définition de milieu apportant, sous la forme la plus économique, les oligo-éléments, sucres, acides aminés ; facteurs de croissance qu'exige la souche à cultiver. Addition, éventuellement, de précurseurs, fragments de la molécule souhaitée qui, ajoutés au milieu de culture, sont utilisés par le micro-organisme, lui facilitent la biosynthèse et accroissent le rendement. Dans bien des cas également, lorsque la fermentation conduit à un ensemble de molécules voisines, l'addition du précurseur de l'une d'elles peut orienter la fermentation vers la formation sélective de celle-ci. C'est précisément le cas dans la biosynthèse de la pénicilline. Le penicillium est susceptible de synthétiser une série de molécules qui, sur le noyau hétérocyclique commun, portent des chaînes latérales diverses. L'addition

## STATISTIQUES DES PRODUCTIONS PAR FERMENTATION AU JAPON, pour l'année 1975, en millions de dollars.

Boissons alcoolisées	4300
Aliments fermentés	500
Alcool industriel	24
Acides organiques	7
Antibiotiques	600
Acides aminés	180
Nucléotides	33
Enzymes	26
Levure	30
<b>Total</b>	<b>5700</b>

au milieu, d'acide phénylacétique, produit bon marché de l'industrie chimique, oriente la fermentation vers la formation de la seule pénicilline G, la plus utile du groupe.

La technologie de ces cultures a connu, elle aussi, bien des développements. Les unités opératoires doivent être adaptées aux quantités demandées par le marché : les tailles des fermenteurs sont ainsi comprises entre quelques milliers de litres et quelques centaines de mètres cubes. Les durées d'un cycle de fermentation, qui dépendent

de la nature de la souche et du procédé sont en général comprises entre deux et dix jours. La dimension de fermenteurs industriels pose de délicats problèmes d'augmentation des unités opératoires lors du passage de procédés nouveaux du laboratoire à la production.

Les divers paramètres d'agitation et de transferts gazeux ne sont en effet pas transposables aisément lorsque l'on multiplie l'unité par 10 000 ou par 100 000. Les procédés sont, dans le plus grand nombre de cas, discontinus : il existe toutefois une

## le bras droit de l'entrepreneur

Ne cherchez plus en vain une solution à vos problèmes : plus d'hésitations, de questions sans réponses, de pertes de temps en essais infructueux. Préférez l'efficacité, acceptez l'aide inconditionnelle de l'Encyclopédie du Bâtiment.

Conçue pour vous faciliter la tâche, elle aborde avec concision et clarté les différentes techniques de la construction, traditionnelle bien sûr, mais aussi à l'avant-garde du progrès, dans une activité qui ne cesse d'évoluer.

Véritable outil de travail, cette encyclopédie en huit volumes 23 x 28 cm est facile à consulter. Sa reliure mobile qui permet de détacher les fascicules autorise une mise à jour permanente.

L'Encyclopédie du Bâtiment vous aide à résoudre vos problèmes et vous livre des renseignements précieux directement utilisables.

Très vite, elle devient pour vous une collaboratrice efficace et indispensable.



l'encyclopédie du bâtiment, ne travaillez plus sans elle.

possibilité de fermentation en continu : dans une telle approche, on prélève sur le fermenteur, en permanence ou à intervalles rapprochés, une quantité de bouillon fermenté que l'on remplace par du milieu neuf, le rythme de ces opérations est proportionné à la vitesse de croissance du micro-organisme et conduit donc à une population constante. Malgré l'aspect très séduisant sur le plan conceptuel, des procédés continus, ils n'ont abouti qu'à un nombre très restreint d'applications industrielles, du fait d'une série de difficultés technologiques et parfois à cause de l'insuffisante stabilité génétique des souches.

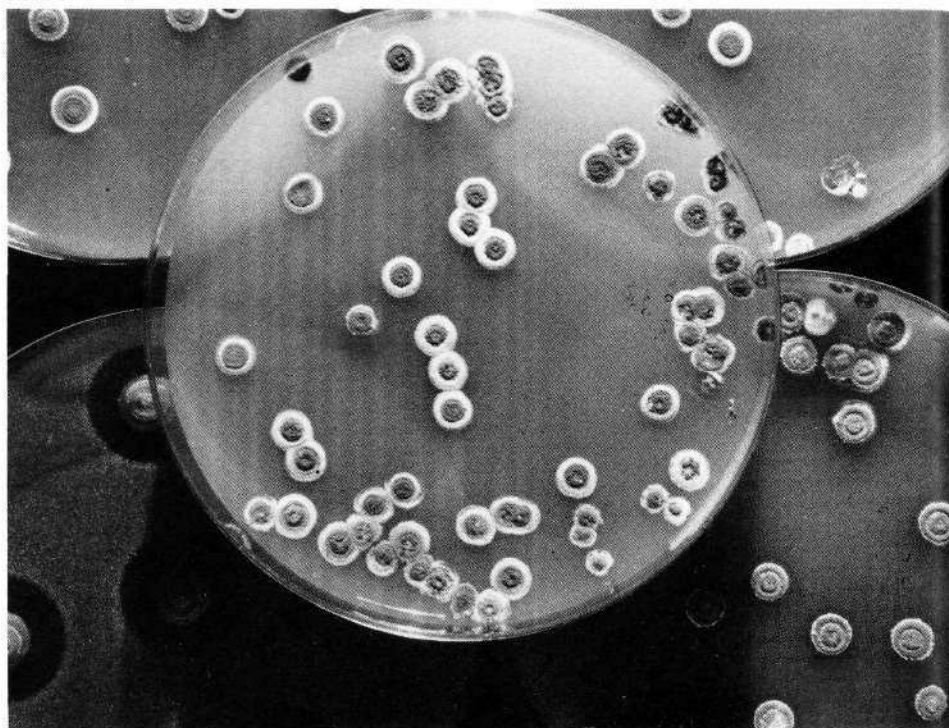
On doit souligner également les précautions prises à toutes les étapes afin d'éviter la contamination de la culture par des micro-organismes étrangers ; destruction préalable de ceux-ci dans le milieu de culture par la chaleur, filtration de l'air introduit dans le fermenteur pour les procédés aérobies, manipulations stériles du type bactériologique pour chaque prélèvement ou addition à effectuer en cours de fermentation. Le plus souvent les micro-organismes utilisés dans les productions industrielles se multiplient assez lentement par rapport aux germes banaux, ils seraient donc supplantés par ceux-ci et le rendement de la culture fortement réduit, dans le cas où elle ne serait pas inutilisable.

Au terme de la culture, moment baptisé récolte, la fermentation fournit donc un bouillon renfermant, outre la molécule désirée, les corps microbiens, les résidus des matières nutritives fournies au départ et les autres produits du métabolisme. Il convient donc d'extraire, isoler et purifier le produit attendu en faisant appel à ses propriétés physico-chimiques spécifiques et en mettant en œuvre tantôt la fixation sur résines échangeuses d'ions, ou sur d'autres adsorbants, tantôt l'extraction par des solvants non miscibles à l'eau. Ces procédés se terminent en général par la cristallisation du principe actif, mis alors à la disposition de l'utilisateur s'il s'agit de la molécule terminale, ou transféré à une unité de chimie s'il s'agit d'une hémisynthèse où le produit de fermentation n'est qu'une étape intermédiaire.

Les grandes lignes des procédés de fermentation qui viennent aussi d'être schématisés à propos des antibiotiques, peuvent être transposés pratiquement à toutes les classes de production.

Aussi, à côté des antibiotiques, il faut d'abord citer une série de substances à destination pharmaceutique : des vitamines, telles la B<sub>2</sub>, la B<sub>12</sub> et la C, des enzymes, telle l'asparaginase douée d'une activité thérapeutique dans certains cas de leucémie, des hétérocycles, telle l'ergocristine, qui possède d'utiles propriétés vasoconstrictives.

Le domaine pharmaceutique n'est pas seul utilisateur : on obtient par fermentation des acides aminés utilisés pour leur valeur nutritive (lysine) ou leur intérêt gustatif (acide glutamique), des enzymes utilisés dans divers secteurs industriels, protéase en fromagerie, glucose oxydase en biscui-



terie, glucose isomérase pour la préparation de sirops sucrés, pectinase dans la préparation de jus de fruits. On peut citer encore la préparation d'un insecticide agricole, le bacille thuringien, un facteur de croissance pour nutrition animale, la zéaralénone, sans oublier des produits plus classiques comme l'acide citrique, l'acide lactique ou l'éthanol.

La fermentation a connu aussi ses déceptions : il y a dix ans, l'emploi de la protéase de *Bacillus subtilis* dans les préparations de détergents a connu un succès aussi considérable que passager ; pendant vingt ans, des travaux de recherche et de développement ont été effectués, en particulier en France, en vue de l'obtention de protéines alimentaires par la culture de micro-organismes sur hydrocarbures comme source de carbone bon marché. L'évolution que l'on sait du prix du pétrole jointe à quelques difficultés techniques non encore résolues a ruiné cette approche où des efforts gigantesques avaient été investis.

A côté des fermentations proprement dites, il faudrait citer quelques autres variantes ou applications qui, en faisant appel à des techniques très voisines, appartiennent véritablement à ce domaine. Il s'agit par exemple des bioconversions, où l'activité enzymatique d'un micro-organisme est utilisé pour réaliser la transformation chimique d'une molécule organique. Ainsi, encore une fois dans le domaine pharmaceutique qui joue souvent le rôle de pilote dans ces technologies, l'accès à une série de molécules anti-inflammatoires, les cortisoniques, constitue une synthèse chimique longue et complexe. Certaines étapes peuvent être réalisées par bioconversion au moyen d'enzymes qui y apportent

une stéréospécificité difficilement obtenable par les moyens de la chimie organique classique.

L'industrie de fermentation a conscience d'assister et de participer aujourd'hui à un nouveau tournant de son destin.

Traditionnelle pendant des siècles, elle a connu il y a cent ans un premier pas vers la technologie, cette conversion a été rendue complète avec l'ère des antibiotiques. Jusqu'à présent, elle ne peut fournir toutefois que les molécules naturellement élaborées par les micro-organismes, même si elle en accroît considérablement la productivité. Les récentes découvertes du génie génétique vont permettre désormais de faire faire à une bactérie des polypeptides, des protéines, jusqu'alors étrangers à son patrimoine et étendre ainsi vers des applications dont on ne mesure pas encore l'étendue, le champ des fermentations.

**NOMBRE CUMULATIF  
TOTAL  
DES ANTIBIOTIQUES  
ISSUS DU SCREENING DE  
MICRO-ORGANISMES (\*)**

1945	88
1950	316
1955	707
1960	1275
1965	1898
1970	2889
1975	4099
1978	4973

(\*) D'après J. BERDY,  
Process Biochemistry, 1980, 15, 28.

# Le génie génétique

Jean HERMIER Directeur de Recherches  
à l'Institut National de la Recherche Agronomique,  
Département de Technologie des Produits Animaux,

Le génie génétique, au sens strict du terme, est un ensemble de techniques de laboratoire, mis au point ces dernières années par les biologistes moléculaires travaillant en recherche fondamentale. Ces techniques qui relèvent de la génétique et de la biochimie, permettent d'isoler un gène particulier, d'en analyser la composition chimique et de l'implanter dans un organisme normalement dépourvu de ce gène. L'objectif, en termes de recherche fondamentale, est d'explorer les modalités de fonctionnement du gène.

Le gène est un élément de stockage d'information qui contient les instructions nécessaires pour qu'une cellule vivante fabrique une protéine donnée. Parmi les composés chimiques organiques qui composent un organisme vivant, les protéines constituent une classe privilégiée du fait de leur aptitude à se combiner spécifiquement avec un seul type de molécule, ou avec un ensemble de molécules de composition chimique très voisine. Cette propriété des protéines leur permet d'assurer des fonctions biologiques variées en tant que catalyseurs (enzymes), transporteurs de molécules (par exemple de l'oxygène dans le sang), régulateurs de fonctionnement global d'un organisme vivant (hormones), agents neutralisant l'action des micro-organismes responsables des maladies (anticorps), etc... Les protéines sont des molécules de grande taille, de structure linéaire.

La composition chimique du gène est bien connue. Il s'agit également d'une molécule de grande taille et de structure linéaire, appartenant à une autre classe de molécules, les acides nucléiques. Dans le cas particulier du gène, la molécule dénommée acide désoxyribonucléique (D.N.A.) est constituée d'un enchaînement de quatre sous-unités. Chaque gène est caractérisé par une séquence de ces quatre sous-unités, laquelle réalise un véritable code d'instructions pour la fabrication d'une protéine donnée. Il faut donc en principe - car il y a des exceptions - autant de gènes que de types de protéines nécessaires pour le fonctionnement de l'organisme vivant. Les gènes sont disposés en file, l'ensemble constituant une très longue molécule linéaire appelée chromosome (de 1 mm à 50 cm).

Le génie génétique repose sur trois opérations : découper le chromosome de façon

reproductive en fragments bien définis, recoller en fragments sur une autre molécule de DNA et enfin, introduire cette molécule modifiée dans une cellule vivante. Le découpage et le collage s'effectuent avec des enzymes qui agissent sur la molécule de DNA en des points spécifiques, caractérisés par une séquence de sous-unités donnée. Le point très important est qu'il est possible de recoller des fragments de DNA d'origine très variée, par exemple un morceau de DNA d'une souris avec du DNA de la bactérie **Escherichia coli**.

Ce qui pourrait être considéré par le profane comme une distraction de laboratoire, a en fait immédiatement attiré l'attention des industries qui produisent des substances chimiques - tels les antibiotiques - par fermentation, c'est-à-dire par l'intermédiaire de la culture de micro-organismes.

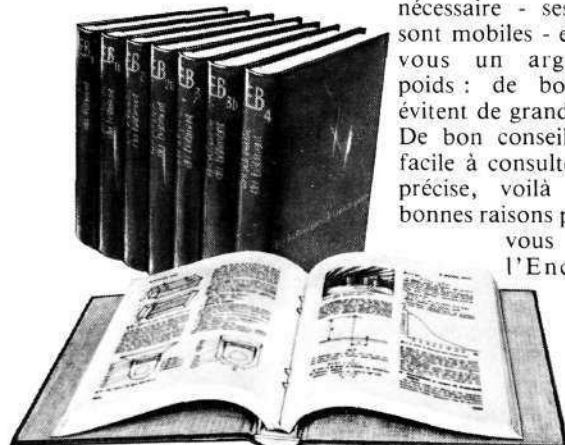
En effet, grâce au génie génétique, il est théoriquement possible de programmer la bactérie **Escherichia coli** pour qu'elle produise n'importe quel type de protéines après introduction du gène correspondant, et par là d'étendre le champ d'application de la fermentation. Les protéines les plus intéressantes à ce point de vue sont celles que l'on ne peut obtenir actuellement qu'en très faibles quantités à partir des tissus animaux : Tel est le cas en particulier des hormones et aussi des interférons, dont les chercheurs croient pouvoir prédire qu'ils seront une arme efficace contre les maladies à virus, et peut-être même certaines formes de cancer. Aussi le terme de génie génétique s'est-il étendu aux techniques de production industrielle mettant en œuvre des bactéries modifiées par les techniques de laboratoire de génie génétique.

Alors que les techniques de laboratoire mises en œuvre par le génie génétique ont moins de dix ans, on annonce l'arrivée imminente sur le marché d'insuline obtenue par fermentation. Le passage très rapide de la recherche fondamentale à la production industrielle ne peut s'expliquer uniquement par l'enjeu commercial (le seul marché de l'insuline représente un chiffre d'affaires de 600 millions de francs). De part leur structure, les grandes sociétés pharmaceutiques n'ont pas la possibilité de bouleverser rapidement leurs programmes de recherches :

## le bras droit du maître d'œuvre et du métreur

Avez-vous parfois des doutes, des hésitations ? Cherchez-vous pendant longtemps une solution à un problème précis ? Alors, n'hésitez plus, accordez votre confiance à l'Encyclopédie du Bâtiment.

Elle regroupe en huit volumes toutes les informations les plus diverses, traitées avec le plus grand sérieux et présentant avec soin, ordre et méthode toutes les techniques actuelles, voire de pointe, utilisées dans l'industrie du bâtiment. Elle vous suivra même sur les chantiers si c'est nécessaire - ses fascicules sont mobiles - et sera pour vous un argument de poids : de bons croquis évitent de grands discours. De bon conseil, pratique, facile à consulter, claire et précise, voilà autant de bonnes raisons pour ne plus vous passer de l'Encyclopédie du Bâtiment.



l'encyclopédie du bâtiment, ne travaillez plus sans elle.

TACT PUBLICITE S.A.

de plus, elles se doivent d'être prudentes vis-à-vis de technologies entièrement nouvelles, dont il est impossible d'apprécier la compétitivité commerciale par rapport aux technologies traditionnelles bien rodées. L'élément moteur de ce transfert ultrarapide de la recherche à l'application industrielle a été aux Etats-Unis la création de petites sociétés associant le savoir-faire scientifique et la compétence commerciale et qui sont bâties uniquement autour des techniques de génie génétique.

L'exemple modèle en est la société Genentech, basée à San Francisco. Fondée en 1974 par Robert Swanson, diplômé de gestion et de biochimie au Massachusetts Institute of Technology, en association avec Herbert Boyer, biologiste moléculaire de l'Université de Californie à San Francisco, elle fonctionne avec du "Venture capital" apporté par des compagnies entièrement étrangères à la biologie (à noter parmi les petits participants financiers, le groupe français de "Venture capital", la Soffinova).

Genentech travaille sous contrat de recherches avec des centres de recherches, principalement californiens, et sous contrat d'exploitation à long terme avec de puissants groupes pharmaceutiques. C'est ainsi qu'en 1977, fut annoncée par Genentech, la fabrication, grâce aux techniques de génie génétique, de la somatostatine, une hormone du cerveau, découverte en 1973. En 1978, c'était le tour de l'insuline (pour le compte de Ely-Lilly qui contrôle 80 % du marché de l'insuline), suivie en 1979 par l'hormone de croissance, qui joue un rôle primordial dans le développement physique de l'homme, et en 1980 par la pré-insuline, précurseur de l'insuline, puis par deux types d'interféron.

Le triomphe de Genentech ne doit pas faire oublier l'existence d'autres sociétés américaines fonctionnant sur le même principe. La plus ancienne, Cetus, fondée en 1971 en Californie, donc avant les débuts du génie génétique, fournit des procédés de fabrication basés sur la biologie. Cette société a bien évidemment intégré depuis les techniques du génie génétique ; dans ces objectifs, il faut citer la production d'alcool, comme carburant de remplacement pour l'automobile. Genex, créé en 1977 dans le Maryland, vise la production de produits chimiques obtenus actuellement à partir du pétrole. Biogen est le dernier né, mais installé à Genève, bien qu'étant financé par des fonds américains. Orienté vers la production de vaccins, Biogen a été le premier en 1980 à annoncer la production d'interféron. De grandes compagnies américaines ont maintenant leurs propres programmes de recherches en génie génétique.

En Europe, le génie génétique se met en place, soit en reprenant le modèle américain, comme par exemple la création de la société Kabigen en Suède, soit à l'initiative

de compagnies pharmaceutiques, Hoechst en Allemagne, Searle en Grande-Bretagne. En France, l'année 1979 a été marquée par une prise de conscience du retard pris en matière d'application industrielle du génie génétique, retard souligné dans le rapport au Président de la République "Science de la vie et Société". Un groupe de travail de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique (D.G.R.S.T.) mis en place au cours du dernier trimestre 1979, a insisté dans son rapport sur le fait qu'il n'existait pas en France de structures permettant le passage de la recherche au développement, à l'exception d'un projet inter-organismes de recherches.

Le réveil s'est manifesté en 1980 par la création, en France, de trois groupes de recherche appliquée en génie génétique. Le premier né est le "Groupement de génie génétique" (G3) dont la structure juridique est celle d'un groupement d'intérêt économique, et qui associe à l'Institut Pasteur (51 % des parts) les trois grands organismes de recherches publics : C.N.R.S. (29 %) I.N.R.A. (10 %) et I.N.S.E.R.M. (10 %).

Un laboratoire commun aux quatre partenaires a été aménagé à l'Institut Pasteur pour développer des applications aux souches de micro-organismes créés par les chercheurs des différents organismes. Avec un budget annuel initial d'environ 2,5 milliards de francs, G3 a comme objectif les applications du génie génétique à la santé (hormones, vaccins, enzymes), à l'agronomie (fixation de l'azote atmosphérique), à la chimie, à l'énergie et à l'environnement.

Peu de temps après, la Banque de Paris et des Pays-Bas (Paribas) créait une société de génie génétique "Transgène" en association avec quatre groupes industriels : Air-Liquide, BSN-Gervais-Danone, Elf-Aquitaine et Moët-Hennessy : les investissements prévus s'élèveront à 80 millions de francs pour les cinq années à venir. L'annonce de cette création souleva quelques remous du fait que deux personnalités scientifiques de G3 se retrouvaient comme actionnaires et conseillers scientifiques de Transgène. Des négociations s'imposaient et elles aboutirent à une cession de capital de transgène aux membres du G3 ; par ailleurs le président du G3 fait partie du conseil d'administration de Transgène.

La toute dernière initiative vient du groupe industriel Rhône-Poulenc qui a créé, à la fin de l'année 1980, sa propre société "Génética" dont l'animation scientifique a été confiée à une personnalité scientifique de l'Institut Pasteur. Comme Transgène, Génética est confronté avec le problème du recrutement qui doit s'orienter vers les pays étrangers, puisque les chercheurs de haut niveau en génie génétique ne sont pas en nombre suffisant en France pour assurer, à la fois, la recherche publique et le développement.

Les aspects spectaculaires des premiers

succès du génie génétique ne constituent que la partie émergée de l'iceberg : dans tous les pays développés, se mettent en place des programmes de recherche à moyen et long terme, sans tapage publicitaire et qui auront un impact bien plus important.

Trois axes principaux peuvent être dégagés. Le premier est l'amélioration des souches de micro-organismes utilisées actuellement dans les industries de fermentation, y compris le secteur des industries agro-alimentaires. Elles sont en effet mieux adaptées aux problèmes à résoudre que la bactérie **Escherichia coli**, et tout particulièrement les levures. Le deuxième qui est déjà amorcé est l'utilisation de cellules animales comme cellules hôtes pour des gènes étrangers. En effet le fonctionnement des gènes d'origine animale dans les cellules bactériennes n'est possible qu'après un certain nombre d'acrobaties techniques, ce qui n'est pas le cas pour les cellules animales. De plus les techniques de culture de cellules animales sont en continu perfectionnement. Enfin, le troisième axe, le plus lointain pour ses possibilités d'application, est le transfert de gènes dans les cellules végétales, avec en particulier la perspective d'obtenir un jour des céréales qui seraient capables de fixer l'azote de l'air.

Pour conclure, il paraît opportun de souligner que le génie génétique n'est, à tout bien regarder, qu'une nouvelle technique qui, en tant que telle, devra fournir la preuve de sa compétitivité commerciale vis à vis des autres techniques présentes et à venir. Sa célébrité au niveau des mass media tient à des extrapolations relevant de la science-fiction et qui ne tiennent pas compte des possibilités réelles du génie génétique. Dans l'état actuel des choses, le génie génétique est l'outil le plus puissant parmi ceux dont dispose l'homme pour améliorer le matériel microbien, animal et végétal, en fonction de ses besoins. C'est un titre de gloire suffisant pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y ajouter quoi que ce soit.



# l'encyclopédie du bâtiment,

est-il raisonnable de s'en passer?

Que vous soyez architecte, entrepreneur, maître d'œuvre ou métreur, l'Encyclopédie du Bâtiment a été conçue pour apporter une solution aux problèmes que vous rencontrez dans votre métier et répondre aux questions que vous vous posez.

## QU'EST-CE QUE L'ENCYCLOPEDIE DU BATIMENT ?

L'Encyclopédie du Bâtiment est un ensemble de huit volumes de format 23 x 28 rédigés de façon claire et concise et illustrés de très nombreux schémas et tableaux. Cet ouvrage est présenté sous une élégante reliure mobile, ce qui permet d'effectuer, aussi souvent qu'il en est besoin, des mises à jour qui tiennent compte de l'évolution rapide des matériaux et des techniques de construction.

Ainsi l'Encyclopédie du Bâtiment n'est jamais dépassée et reste toujours pour vous un outil qui "colle" au réel. De plus, sa reliure mobile permet de n'emporter que le fascicule qui vous est nécessaire pour vos rendez-vous de chantier.

## QUE CONTIENT L'ENCYCLOPEDIE DU BATIMENT ?

Pour qu'il réponde aux préoccupations de chaque profession, nous avons construit cet ouvrage selon sept grands axes de développement :

### \* Les techniques de construction

Une étude synthétique et claire des matériaux ainsi que des éléments de gros œuvre, de second œuvre et de l'équipement (ascenseurs, etc.).

### \* Les techniques de pointe

Des informations complètes directement utilisables et régulièrement mises à jour concernant entre autres : le chauffage solaire, les coffrages B.A., les structures tendues ou haubannées, le lamellé-collé, etc.

### \* La réhabilitation de bâtiments anciens

Cet important problème est traité au niveau de chaque corps d'état, tout en rappelant les techniques traditionnelles de construction que vous avez le plus de chances de rencontrer lors de la réfection de bâtiments anciens.

### \* Expertise et pathologie des constructions

Chaque corps d'état fait l'objet d'une étude des désordres intervenant dans les constructions, de leurs causes et des façons d'y remédier ou de les prévenir.

### \* Les devis descriptifs

Un ensemble de tableaux schématiques vous fournit pour chaque corps d'état un guide pour la mise au point des devis descriptifs et des clauses techniques particulières.

### \* La gestion d'un projet

Tous les aspects de l'organisation du travail sont abordés, que ce soit à propos des plannings, de la gestion financière ou encore de l'organisation et du pilotage des chantiers.

### \* Les détails et exemples d'architecture

De nombreux croquis et illustrations traitent tout spécialement des points sensibles sur le plan esthétique que vous rencontrez dans la conception d'un projet, tels que : escaliers, cheminées, piliers, toitures...

## SIMPLICITE, CLARTE, PRECISION

Pour être utilisable, un ouvrage contenant une telle somme d'informations se doit d'être parfaitement conçu. Ainsi, le découpage en cahiers, la clarté des tables des matières, le style concis, simple et

technique des articles écrits par des professionnels pour les professionnels, font de l'Encyclopédie du Bâtiment un auxiliaire précis et efficace.

## L'ENCYCLOPEDIE DU BATIMENT : A QUEL PRIX ?

2300 F : c'est le juste prix d'un tel ouvrage, le juste prix d'un collaborateur aussi efficace et sûr.

Par la suite, un abonnement annuel de 200 F environ vous permet de recevoir les mises à jour, complément indispensable pour que votre Encyclopédie du Bâtiment conserve indéfiniment son caractère actuel. Ce n'est pas trop cher payer pour un instrument de travail d'une telle qualité. D'ailleurs, il existe, sur demande, des facilités de paiement en 14 ou 24 mois.

Avez-vous les moyens de vous priver de l'Encyclopédie du Bâtiment ?

Non vendu en librairie

Editions Techniques  
et Editions Eyrolles ©

à renvoyer aux EDITIONS TECHNIQUES 123, rue d'Alsée 75014 PARIS

TACT PUBLICITE S.A

**BON DE COMMANDE**

Veuillez m'adresser les huit tomes de l'Encyclopédie du Bâtiment au prix de 2.300 F.

Je désire connaître les modalités de votre crédit sur :

14 mois

24 mois

Nom : \_\_\_\_\_

Société : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Signature : \_\_\_\_\_



# Les liaisons entre les biotechnologies et les activités du B.R.G.M.

par J. AUDIBERT  
Président du B.R.G.M.

## La géologie

Chaque gisement découvert dans la croûte terrestre constitue une monstrueuse anomalie ; dans une roche de composition et de structure plus ou moins complexes, mais relativement banale parce qu'on la trouve dans de nombreux endroits, un caprice a voulu que la teneur dans une substance soit multipliée par 10, 50 voire par 100. Il n'en faut pas plus pour inciter la curiosité du géologue qui cherchera à découvrir les voies par lesquelles la nature est passée pour en arriver là. Satisfaire une curiosité, mais aussi créer de nouveaux moyens de faire de nouvelles découvertes.

La concentration en une substance particulière peut s'opérer par l'action proche ou lointaine de magmas éruptifs ; elle s'opère aussi par le jeu des eaux superficielles ; interviennent encore toute une série de procédés intermédiaires que le B.R.G.M. s'efforce de connaître et de préciser. L'un de ces procédés donne lieu à la formation de gîtes sédimentaires, dont les nappes d'eau originelles ne contenaient aucune concentration particulière ; ces gîtes proviennent soit de l'accumulation d'organismes morts et de la fermentation de la matière organique soit enfin de l'activité d'organismes vivants qui provoquent certaines réactions chimiques durant leur vie.

Des gisements de fer ont été exploités en Amérique et en Scandinavie au fond de certains marais ; le fer, en solution dans l'eau à l'état de sels organiques, y aurait été absorbé par une bactérie particulière, oxydé, fixé sur les cellules de cet organisme et finalement précipité.

On connaît depuis longtemps l'existence de micro-organismes au griffon des sources thermales qui provoquent la précipitation de sulfures ; de nombreux gisements de type sulfuré paraissent avoir été formés avec le concours de micro-organismes et il est maintenant prouvé que la plupart des accumulations de pétrole et de gaz ont, dans des temps très anciens et pour une durée très longue, nécessité l'intervention de bactéries.

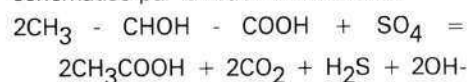
L'adaptation aux autres minéraux de certaines méthodes d'investigation biotechnologique mises au point pour les hydrocarbures ouvre de vastes perspectives à certains chercheurs du B.R.G.M. qui parviennent notamment à mettre en évidence, ne serait-ce qu'à l'état de faibles traces, des bactéries fossiles dans des roches anciennes et en font une classification systématique.

## Le traitement des minerais et des stériles

Parallèlement à ces recherches à caractère géologique, le B.R.G.M. poursuit activement la mise au point de procédés de traitement de minerai en vue de leur valorisation ; cette activité fondamentalement orientée vers la découverte de voies nouvelles qui permettraient de tirer parti de certains minerais autrement non économiques, de limiter, voire supprimer, la pollution des usines métallurgiques et d'abaisser la consommation d'énergie. La substitution de réactions chimiques à des procédés pyrométallurgiques de réduction peut dans certains cas amener une réduction de la consommation d'énergie, l'utilisation de biotechnologies devrait permettre une économie beaucoup plus radicale.

Des micro-organismes sélectionnés à cet effet parviennent à puiser l'énergie nécessaire à leur développement par le biais d'actions enzymatiques avec le minéral qu'ils altèrent comme le ferait une action électrochimique ; les études entreprises au B.R.G.M. ont permis de cette façon la précipitation à partir de divers sulfures de métal pur, ou de soufre.

Dans d'autres cas, les micro-organismes empruntent à un substrat organique l'énergie nécessaire à leur action sur le milieu minéral. C'est ainsi que la réduction des sulfates en présence de lactate peut être schématisé par la réaction suivante :



Quel que soit le micro-organisme, son développement se traduit par la libération dans le milieu de certains déchets, qui dans certains cas, sont des médiateurs indispensables à des processus biogéochimiques. Ces métabolites peuvent modifier pH, eH et libérer des acides ayant un intérêt en génie chimique. On peut alors penser à cultiver des micro-organismes à métabolisme dirigé sur des matériaux à valoriser ou faire la synthèse à un prix de revient extrêmement bas de réactifs indispensables à un processus de traitement de minerai.

Ces idées inspirent des études effectuées par le B.R.G.M. en laboratoire voire à l'échelle d'un petit pilote et ont permis de procéder à la sélection de souches. L'expérience acquise permet de penser que c'est dans la biolixivation de sulfures, notamment de chalcopryrite, que pourraient être atteints le plus rapidement des résultats économiquement intéressants.

Le grand obstacle au développement de ces procédés provient de la lenteur des réactions, lenteur de laquelle peuvent s'accommoder les phénomènes géologiques mais qui demeure difficilement compatible avec les nécessités industrielles.

De ces réactions lentes dues aux micro-organismes on a l'exemple dans les altérations de tas de stériles, problème que connaissent bien les chimistes mais auxquels peuvent se trouver confrontés des mineurs.

Une voie intéressante est ouverte, agir sur l'activité microbiologique en la favorisant et en l'utilisant à la fois pour récupérer les éléments perdus et pour réduire l'impact sur l'environnement.

## Conclusion

Le rapprochement entre les sciences de la terre et la microbiologie fondamentale s'est avéré très intéressant au B.R.G.M. Des efforts restent à faire pour parvenir à des résultats industriellement intéressants ; ils méritent d'être soutenus. ■

# Les biotechnologies et l'épuration des eaux

par F. VALIRON, Président de SAFEGE  
professeur de gestion des eaux à l'E.N.P.C.

L'eau inodore, incolore et sans saveur, baptisée ainsi lorsqu'il s'agit du corps pur, a de nombreuses particularités chimiques, physiques et biologiques, qui fait de ce composant à 80 % de la biomasse, le fluide de la vie par excellence et l'élément dominant à la surface de la terre.

D'abord la stabilité de sa molécule, ses propriétés électriques d'ionisation, sa capacité calorifique, les faibles écarts de température de ses changements d'état, sa tension de vapeur dans l'air ; toutes ces propriétés combinées au flux énergétique du soleil, sont les bases et le moteur de son cycle entre la terre et l'atmosphère, qui assure le renouvellement et les échanges en eau purifiée entre les différents stocks existant dans l'air, le sol, les rivières, les lacs, la mer et la glace des pôles.

Cette purification est nécessaire car le pouvoir de dissolution très élevé de l'eau vis-à-vis des gaz, des substances minérales et des sels, l'amène à mettre en solution les matières de base de la vie comme l'azote sous forme organique ou non, le phosphore, et l'oxygène mais aussi beaucoup d'autres corps plus ou moins nuisibles.

Sa capacité de transport liée à sa densité, et à sa vitesse d'écoulement sur le sol, lui permettent en effet d'éroder, de véhiculer puis éventuellement de dissoudre les substances nourricières que sont les matières organiques venant de la végétation que sa pression osmotique a préalablement abreuver et nourrie ou de l'activité humaine qu'elle a rendu possible. Elle véhicule aussi d'autres éléments moins utiles, au gré de ses passages sur le sol, ou dans l'atmosphère où elle agit comme le grand nettoyeur et façonneur du globe.

Suivant sa position sur son cycle, il apparaît comme un fluide pur ou un véhicule de matières propices à la vie et à sa croissance, sa neutralité et sa forte pression osmotique lui facilitant les échanges avec les cellules, bases de la vie, auxquelles il apporte ce dont elles ont besoin pour se développer avant qu'il reprenne et transfère plus loin leurs déchets.

L'eau est ainsi le milieu même de la vie, qu'il s'agisse de la mer, des lacs ou des rivières ou même des eaux des nappes où

prolifèrent une flore et une faune composées d'éléments de plus ou moins petite taille, microscopique ou non, comme les virus et les bactéries, les champignons et levures, les actinomycètes, les algues, les protozoaires et les poissons dont la répartition dépend de la quantité d'oxygène présent et du pH. Un équilibre s'établit alors dans chaque cas entre flore et faune et à l'intérieur de toutes les catégories d'espèces vivant dans l'eau.

## — Dans les milieux à forte pollution (zone polysaprobies)

Les boues du fond sont noirâtres, il y a peu d'oxygène dissous et de sels minéraux sauf des sulfures et les gaz qui se dégagent sont du méthane et de l'acide sulfhydrique. Seuls survivent les métazoaires anaérobies comme des vers analogues aux parasites de l'intestin. Par contre, il y a une forte concentration de germes ( $10^6$  à  $10^9$  au  $\text{cm}^3$ ), des flagellés, des bactéries, des infusoires, les anaérobies dans les couches profondes, les aérobies vers la surface, les prédateurs de l'une ou l'autre espèce permettant des échanges actifs.

## — Dans les zones mésosaprobies

où la pollution est moyenne, la teneur en oxygène dissous n'est pas nulle. Il y a activité chlorophyllienne le jour qui en augmente le taux et multiplie les espèces aérobies. Les sels ammoniacaux et les acides aminés se nitrifient, les boues déposées sont verdâtres et la teneur en germe baisse à quelque  $10^5/\text{cm}^3$  environ puis les larves apparaissent avec des algues monocellulaires ainsi que des crustacés comme les daphnies et quelques mollusques ; les boues deviennent grises, les boues avoisinent  $10^5/\text{cm}^3$ , les nitrites font place aux nitrates et la flore s'enrichit avec des diatomées et des phanérogames.

## — Dans les zones à faible pollution (oligosaprobies)

La vase déposée est brunâtre ou jaunâtre. L'oxygène dissous approche de la saturation,

l'azote organique descend à  $1 \text{ g/m}^3$ , les germes à  $10^2 - 10^3/\text{cm}^3$  ; les végétaux et les algues supérieures, les crustacés, les mollusques et les vertébrés se développent.

Cette succession de cas explicite bien le rôle des micro-organismes qui réutilisent les éléments morts des espèces supérieures, auxquelles ils fourniront ensuite la nourriture nécessaire à leur développement. Ce cycle vital utilise l'eau comme un substrat, un bouillon nourricier et un évacuateur des déchets par reprise des boues avec le courant. Il montre bien le rôle primordial des phénomènes biologiques dans l'équilibre de ce milieu complexe qu'est l'eau.

Ainsi les phénomènes d'autoépuration dans les rivières qui digèrent grâce aux micro-organismes et à l'oxygène dissous renouvelé par le contact avec l'air et la photosynthèse, les matières organiques dissoutes et en suspension illustrent le rôle essentiel de la biologie dans l'épuration naturelle des eaux.

Ce sont des réactions inspirées de ce qui se passe dans la rivière qui sont développées, et perfectionnées dans les stations d'épuration que l'on doit construire sur les rejets concentrés de l'activité humaine pour éviter un engorgement du milieu naturel et y permettre un complément de traitement par auto-épuration.

## I — Les systèmes d'épuration biologiques

### 1 - La voie aérobie

Le principe consiste à accélérer ce qui se passe dans la nature en oxydant artificiellement la matière organique totalement ou partiellement par l'intermédiaire de micro-organismes jusqu'à la production de gaz carbonique et d'eau.

Une partie de la matière organique sert à la respiration des microbes en présence d'oxygène ; il y a production d'énergie cel-

lulaire et de nouvelles matières vivantes. Si l'alimentation en pollution des micro-organismes est réduite, il y a autolyse d'une partie de ceux-ci qui remplacent les apports extérieurs. Une fois la réaction amorcée, il y a donc une plage assez large de stabilité suivant les procédés, pour une variation sensible des charges.

Les procédés techniques ont pour objet de mettre en contact étroit microbes et polluants organiques pour enclencher le cycle "absorption de la matière organique par les microbes, métabolisme-recyclage de la matière vivante et réutilisation des déchets".

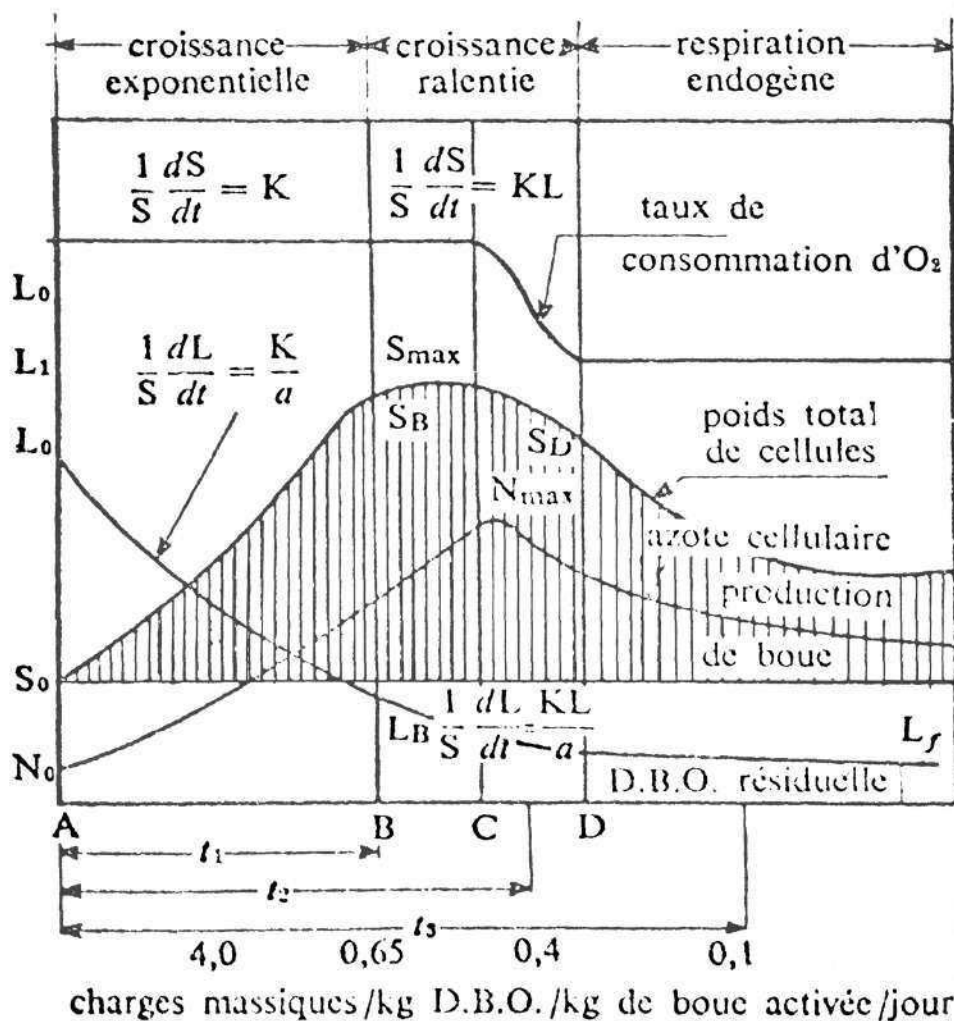
Les organismes présents sont nombreux : les cellulolytes anaérobies s'attaquent aux matières en suspension car au départ le milieu est peu oxygéné et même parfois réducteur puis apparaissent les aérobies. On peut distinguer entre saprophytes primaires dont les espèces varient en fonction de la qualité des eaux résiduaires, puis des saprophytes secondaires et tertiaires qui métabolisent les produits de l'activité de leurs prédécesseurs comme les germes nitrifiants ou dénitrifiants et des espèces prédatrices vivant au détriment des saprophytes et des espèces nuisibles comme les sphaérotibus natans ou des champignons comme le goetrichum candidum qui peut faire gonfler les boues (bulking) et les rendre impossibles à traiter.

Le bon équilibre de l'opération est délicat si les qualités des eaux résiduaires varient trop vite pour permettre l'adaptation des organismes et si la teneur en oligoélément n'est pas convenable. Il est également perturbé si un élément de la chaîne biologique est favorisé ou défavorisé par rapport aux autres car la pyramide est déstabilisée. Finalement la floculation produite par le grossissement des micro-organismes, qui permet la séparation des phases liquides et masse microbienne, fondamentale dans l'épuration, dépend d'une bonne adaptation des souches grâce à un temps de contact suffisant, d'un bon équilibre nourriture oxygène, et de la présence de conditions chimiques, et d'enzymes jouant comme des catalyseurs.

On peut représenter schématiquement le développement de la boue en fonction de la charge organique d'alimentation exprimée en DBO et de la consommation en oxygène. Le graphique ci-joint montre l'évolution exponentielle et la phase ultérieure (dite endogène) de décroissance due à l'autoconsommation.

Les procédés de traitement se distinguent suivant que les bactéries se développent au sein même du liquide ou sur des surfaces de fixation.

- Dans le premier cas, on peut citer le lagunage aéré où l'activité oxygénante des algues est accélérée par des aérateurs et nécessite des bassins importants avec des temps de contact longs (5 à 6 jours).



On passe à des traitements à boues activées avec des traitements à faible charge nécessitant un temps de contact de 24 heures ou à des traitements à moyenne charge où le temps de contact est réduit à 4 à 6 heures. On peut enfin encore augmenter la charge et réduire corrélativement les temps de séjour.

- Dans le deuxième cas, suivant le matériau de fixation, le traitement est dit à "lit bactérien", soit à ruissellement soit immergé, pouvant être réalisé en matériaux traditionnels ou en plastiques, soit fixe soit à disques (alternativement immergé et aéré).

On conçoit que la conception et la bonne efficacité de l'ouvrage passe par une collaboration étroite de spécialistes du génie civil et de l'hydraulique pour la circulation des eaux et des boues, et pour la bonne santé des bactéries avec des biologistes.

Ces différents procédés s'appliquent à des eaux usées urbaines ou d'industries alimentaires moyennement polluées, le choix dépendant de l'effluent et des disponibilités en terrain et du rendement d'élimination souhaité. Mais lorsque les teneurs en DBO et DCO sont élevées et les eaux concentrées comme dans certaines industries pratiquant le recyclage des eaux, le milieu devient fermentescible, il faut alors adopter la voie anaérobie.

## 2 - La voie anaérobie

Comme dans le fond des rivières très polluées, ce processus implique le transfert de l'hydrogène du composé brûlé sur du carbone, du soufre ou de l'azote pris au déchet et le développement des bactéries spécifiques sensibles généralement à une plage étroite de chaleur (30 à 35°). Il s'agit alors d'une digestion qui peut se faire à haute charge dans un digesteur chauffé. L'avantage est la production de méthane dont une partie peut servir à chauffer l'effluent.

Ce système très employé pour le traitement des boues semble prometteur pour des effluents concentrés et surtout pour la production de méthane à partir de la biomasse. Mais des progrès sont nécessaires dans ce cas sur la biochimie et la microbiologie des digesteurs.

Si le traitement est fait à faible charge dans de grands bassins de lagunage, la digestion demande plusieurs mois et peut provoquer des odeurs en cas de présence de soufre qui donne de l'acide sulfhydrique. Ce procédé qui est employé pour les rejets de sucrerie semble le plus économique.

## II — Le traitement des boues

Résidu essentiel de l'épuration, les boues fraîches qui contiennent en général plus de 98 % d'eau sont très fermentescibles : nous n'évoquerons ici que les traitements biologiques destinés à les stabiliser.

### Stabilisation aérobie

C'est la poursuite de l'évolution à l'air de l'action des micro-organismes aérobies jusqu'à l'autoconsommation des cellules (en climat tempéré, cela dure de 10 à 15 jours).

Elle peut se faire par prolongation de l'aération dans le bassin d'aération lui-même, ce qui nécessite une flore d'âge élevé ou dans des bassins spéciaux. Le procédé est simple mais coûteux en énergie 150 à 300 w/kg matière sèche.

### Stabilisation par digestion anaérobie

Il s'agit du procédé décrit plus haut pour les effluents concentrés, grâce à des digesteurs fermés et chauffés, la digestion se fait en deux phases.

La première dite de liquéfaction en phase acide avec des bactéries productrices d'acide volatile, une seconde de gazéification avec des bactéries méthaniques qui transforment acide et alcool de la 1<sup>ère</sup> phase en méthane. Elles peuvent se faire séparément ou dans une même enceinte (photo 1).

Dans un digesteur en équilibre les deux types de bactéries sont présentes et l'alcalinité produite par la fermentation tamponne les acides, le pH reste vers 6,8 - 7,8 et la température optimum est de 35°. Le meilleur rendement nécessite un contact étroit et donc un bon brassage.

La quantité de méthane produite excède les besoins en chauffage, l'excès pouvant ser-

vir à produire du courant pour les autres besoins de l'épuration, ou pour le conditionnement thermique ultérieur des boues. Même sans tenir compte de ce gain, la dépense d'énergie est 2 à 3 fois plus faible que dans le procédé aérobie.

On voit apparaître, en plus du rôle important du microbiologiste, celui du thermicien pour obtenir le meilleur rendement économique.

## III — L'élimination de l'azote

La présence d'azote dans les rivières sous forme d'ammoniacs (azote total) est gênante : toxicité pour la vie aquatique, gêne pour la production d'eau potable, consommation d'oxygène de l'eau lors de la nitrification, éventuellement à terme eutrophisation. Or les traitements biologi-

### Digesteurs d'Achères III et IV

Au premier plan, 4 primaires et secondaires de 12 000 m<sup>3</sup> pour Achères IV.

Au deuxième plan, 2 fois 3 primaires et 2 secondaires de 8 000 m<sup>3</sup> pour Achères III. On aperçoit les trois gazomètres principaux. La capacité de traitement est celle des boues d'un effluent journalier de 1 500 000 m<sup>3</sup>/jour.

(photo DEGREMONT)





Au premier plan, le bassin d'oxydation et de nitrification avec ses 8 turbines, et le bassin de tête de dénitrification en anoxie traitant un flux mixte, effluent nitrifié, effluent brut. (photo DEGREMONT)

ques à forte ou moyenne charge laissent l'azote sous forme d'ammonium. Des traitements complémentaires sont donc de plus en plus nécessaires au moins pour les rejets dans certains tronçons de rivière pour nitrifier en oxydant l'ammonium puis dénitrifier en réduisant par voie biologique nitrates et nitrites formés à partir de  $\text{NH}_4$ .

**1 - La nitrification** est assurée par des micro-organismes autotrophes utilisant l'oxygène du gaz carbonique au lieu d'une dégradation des matières organiques par des organismes hétéotrophes utilisant le carbone organique.

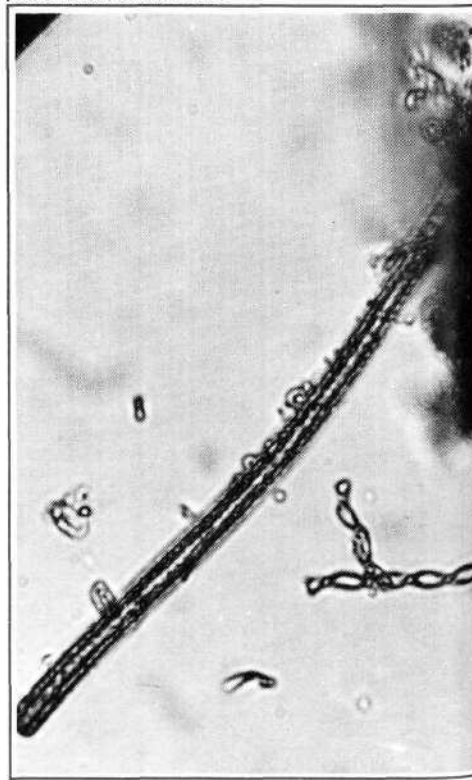
Il faut donc assurer des conditions telles que la compétition entre hétéotrophes et autotrophes ne soit pas en faveur des premières. Cela nécessite une charge massique faible avec des boues de 10 à 15 jours suivant la température qui joue un rôle important de même que le pH.

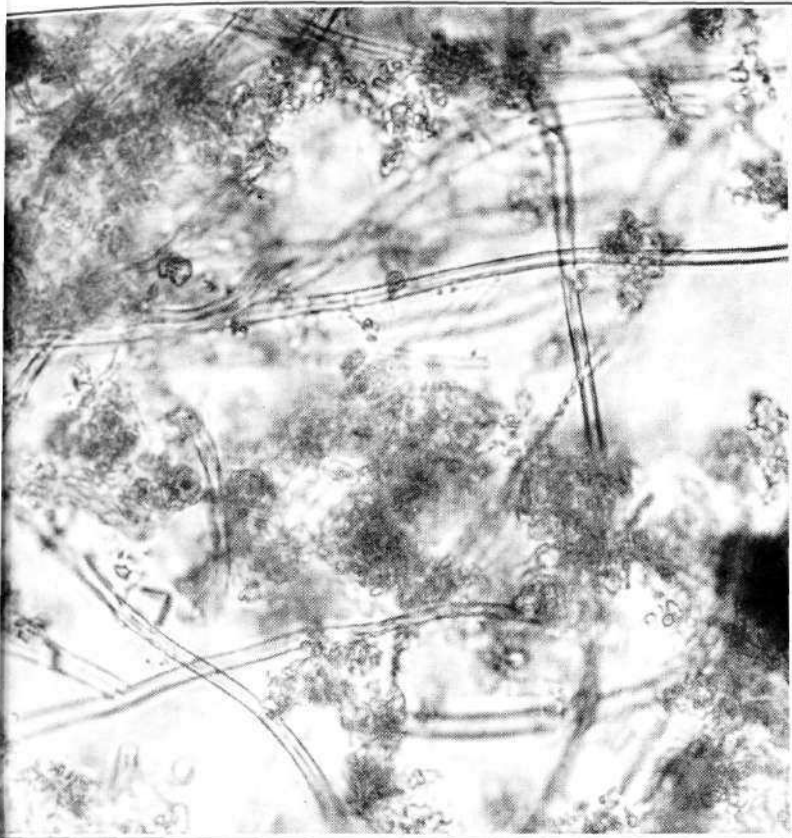
**2 - La dénitrification** qui aboutit à la production d'azote gazeux nécessite des bactéries hétéotrophes en milieu anaérobie qui utilisent comme énergie l'oxygène des nitrates. De nombreuses bactéries des boues, sont capables de dénitrifier et on constate que dans les stations à faible charge, bien oxygénées pour nitrifier, une dénitrification se produit dans les zones les moins aérées du bassin.

### 3 - Les filières disponibles

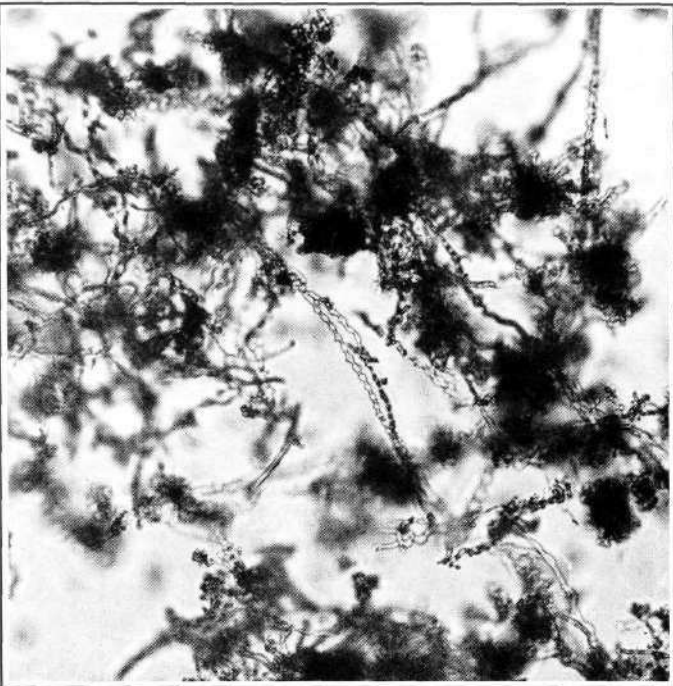
Pour fournir la source de carbone organique de la dénitrification deux solutions possibles, apporter une source extérieure mais c'est coûteux, ou utiliser l'effluent brut et le mettre en contact avec l'effluent nitrifié dans une zone sans oxygène grâce à une recirculation adéquate d'un flux mixte mais les réglages sont délicats et les ouvrages utilisent encore beaucoup d'espace. Des progrès doivent être faits pour les grandes agglomérations à partir de la solution développée pour les agglomérations moyennes.

Long bâtonnet de leptothix et Gallionella avec pédoncule en dessous.





Boues avec Leptothrix entouré de fer.



Boues à Gallionella. Le pédoncule reste vivant dans l'eau et recrée une nouvelle bactérie active.

Des solutions économiques sont déjà possibles comme le montre la photo 2 : le traitement biologique des eaux résiduaires de l'usine Hoechst et Rousselot à Guise-Lamotte conçue pour nitrifier, dénitrifier les 2 Tg/jour de  $\text{NO}_3$  et les 2 tonnes/j de NTK en élimine plus de 95 % et supprime le rejet en rivière de 35 tonnes/jour de DCO et 17 T/j de  $\text{DBO}_5$ .

#### IV — Les traitements des eaux potables et les progrès prévisibles

Les techniques biologiques peuvent aussi trouver des applications pour la production d'eau potable. On peut citer la filtration biologique des eaux potables et l'élimination partielle des nitrates des eaux potables nécessaires lorsque leur taux dépasse 50 mmg/litre ; la technique mise en œuvre passe par un traitement de dénitrification à partir de bactéries dénitrifiantes, pour laquelle une première réalisation semi-industrielle vient d'être faite par Degrémont à Elisabethville (filtration sur sable ou sur biolite).

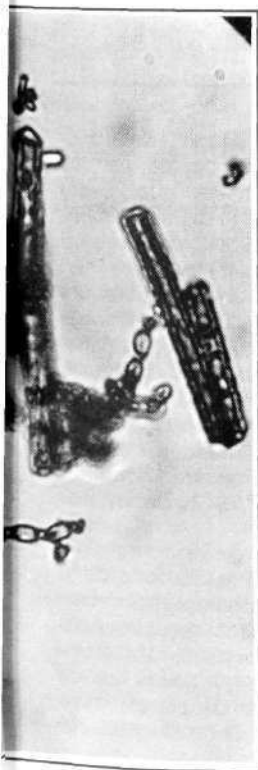
De même l'élimination des oxydes de fer donnant à l'eau une couleur désagréable, peut être faite non seulement par des moyens chimiques mais aussi par un traitement biologique utilisant les bactéries du

cycle du fer analogues à celles responsables dans les tuyaux des phénomènes de corrosion et de dépôt.

Les leptothrix et le Gallionella (photo 3) sécrètent des enzymes qui provoquent l'apport de fer autour de ces bactéries, lesquelles précipitent alors dans les boues (photos 4 et 5) le floc est filtré sur sable. Des réalisations industrielles ont été réalisées à Hochfelden (650 m<sup>3</sup>/j) et l'Isle Adam (150 m<sup>3</sup>/h) par Degrémont.

D'importants progrès restent à faire notamment pour la culture et la sélection des bactéries et enzymes adaptés à tel ou tel effluent, pour leur fixation sur des supports poreux, pour la mise au point de capteurs et de procédés continus de contrôle. Il faut en effet insister sur la nécessité pour atteindre des rendements convenables de pouvoir, de suivre et contrôler les développements des micro-organismes dans le milieu aqueux.

De nombreux chercheurs se penchent actuellement vers ce secteur prometteur pour les techniques de dépollution de demain et leur maîtrise au niveau industriel. La complexité du "milieu eau" que nous avons voulu faire apparaître dans cet article nécessite pour réussir pleinement la constitution d'équipes pluridisciplinaires associant, des spécialistes de l'hydraulique et de la physique et de la chimie à des thermiciens, des biologistes et des généticiens sans oublier les hommes de la micro-informatique.



# Des "bio-sciences" aux bio-industries : quel environnement ?

par François DIDIER, Ingénieur Général des Ponts & Chaussées  
Directeur Groupe Prospective et Plan, Société Nationale Elf Aquitaine

Gustave STRAIN, Ingénieur Institut National Agronomique PhD Biochimie Harvard Institute  
Directeur de Elf Bio-Industries

Faire de la bio-industrie, c'est sans doute l'un des plus vieux métiers industriels du monde. La fabrication du pain, du vin, du fromage, sont des activités bio-industrielles. Elles utilisent une technologie biologique très ancienne, "naturelle" en quelque sorte - et pourtant en perfectionnement constant - : la fermentation. En d'autres termes les biotechnologies font partie de notre environnement depuis bien longtemps. Elles ont été dans le passé les sièges d'innovations scientifiques et technologiques révolutionnaires : l'utilisation du métal, la découverte des "germes" par Pasteur, l'utilisation de l'électricité, ... mais les dernières innovations en date, fruits de travaux scientifiques fondamentaux (plusieurs prix Nobel récents), vont formidablement renouveler et étendre les possibilités techniques : le génie génétique qui permet de créer des micro-organismes capables d'exécuter des tâches nouvelles, comme synthétiser l'insuline par exemple ; le génie enzymatique aussi, riche d'applications potentielles. Il s'agit bien là d'une véritable révolution qui a pris naissance dans les laboratoires universitaires et qui diffuse maintenant vers le tissu industriel. Nous examinerons comment se présente le paysage recherche-industrie en matière de biotechnologies, et l'environnement de l'industrie désireux de mettre effectivement en œuvre ces techniques : propriété industrielle, stratégies, hommes.

## Les compétences en présence

Les grands acteurs en présence sont la science et la technologie, vieux sujet certes, mais qui mérite d'être explicité. Les sciences en présence sont essentiellement biologiques : biologie, moléculaire, génétique, physiologie microbienne, biochimie, ...

un écheveau de disciplines scientifiques rétif à un classement simple modèle Auguste Comte et dont la complexité et la rapidité d'évolution posent de nombreux problèmes de multi disciplinarité et de communication entre chercheurs. Les technologies, "connaissances utiles" ou "savoir faire organisés", c'est-à-dire utilisables par l'industrie, sont la fermentation, les technologies de séparation (chromatographie, enzymes fixés, ...), l'amélioration des plantes... : une chose est de savoir faire fabriquer - et même excréter - de l'ovalbumine par une bactérie, une autre est de savoir contrôler et traiter en permanence le "jus" ou le "bouillon" réactionnel complexe, pour en extraire le produit pur tout en respectant l'écologie favorable au rendement.

Les spécialistes scientifiques appartiennent à la recherche publique (Université, organisme de recherche, CNRS, INRA, ...), les spécialistes technologiques appartiennent à cette même recherche publique, mais surtout à l'industrie. Par exemple, les hommes spécialisés dans la fermentation et l'évaluation des procédés font généralement partie du milieu industriel. De façon simpliste, l'on croit qu'il existe seulement deux partenaires technologiques, l'un public, l'autre privé. En fait il en existe trois : le chercheur public, le chercheur privé et le responsable industriel. Ce sont ces trois acteurs qu'il faut faire travailler ensemble pour concrétiser les résultats de toute recherche et aboutir à mettre en œuvre effectivement l'innovation avec profit.

## La recherche publique

Les récents diagnostics de la DGRST font

ressortir que la recherche publique en biologie et biotechnologie est assez dispersée et d'un niveau très inégal. Sa force repose sur l'existence de quelques équipes d'excellente qualité mais dont les moyens sont souvent insuffisants. Les forces vives vont en s'amenuisant rapidement au fur et à mesure que l'on quitte les domaines de la biochimie fondamentale et de la biologie moléculaire pour atteindre ceux du génie enzymatique et du génie microbiologique, disciplines dans lesquelles les équipes de niveau international se comptent en France sur les doigts d'une main.

## La recherche industrielle

Elle présente de multiples facettes. Le secteur traditionnellement concerné par les biotechnologies, avant même que le mot ne soit créé, est celui des industries alimentaires (vinification, brasserie, fromagerie...) et pharmaceutiques (antibiotiques). En général, et en dépit d'une évolution en cours au sein de quelques entreprises dynamiques, les recherches visent essentiellement à améliorer des procédés classiques relevant à l'origine de techniques artisanales ou issues de licences acquises à l'étranger. Des sociétés performantes dans ce secteur seront Rhône Poulenc, Roquette Frères ou Roussel-Uclaf, BSN ou les fromageries BEL.

Toutefois, les quelques points forts de la bio-industrie et la biotechnologie françaises ne sauraient marquer les faiblesses d'autres secteurs biologiques (industrie des enzymes en particulier). Et le fait que la France est encore loin derrière de grands pays industriels comme les Etats-Unis ou le Japon.



## La mise en place du transfert recherche-industrie

Les pouvoirs publics et les groupes industriels sont conscients du potentiel des biotechnologies et de certaines faiblesses de la France en la matière. Depuis deux ans, des réflexions et des actions ont été entreprises :

- le rapport Science de la vie et Société demandé par le Président de la République aux Professeurs GROS, JACOB ET ROYER (1979),

- le décret du 5 septembre 1980 mettant l'accent sur le rôle dévolu à l'Institut National de la Recherche Agronomique dans le domaine des biotechnologies,

- la décision de la DGRST de créer des centres de transfert auprès de quelques uns des principaux laboratoires publics spécialisés en biotechnologies (1980),

- La création des sociétés TRANSGENE et GENETICA.

La première a été créée par la Banque des Pays-Bas avec l'aide de BSN, AIR LIQUIDE, MOET HENNESSY et ELF AQUITAINE. La seconde a été créée avec l'aide de RHONE POULENC,

- le très récent rapport Pelissolo : "La biotechnologie de demain".

Citons enfin l'engagement de groupes industriels dans le secteur biologique : les cimenteries Lafarge absorbent le Groupe EVENCE COPPEE (Société ORSAN, joint venture EUROLYSINE avec AJINOMOTO) et bien sûr l'affichage par la Société Nationale Elf Aquitaine des bio-industries comme un axe stratégique, avec la création d'Elf Bio-Industries et d'Elf Bio-Recherches, et le renforcement de la spécialisation déjà très forte de sa filiale SANOFI (cf. Institut Pasteur Production, contrôlé à 51 %, et engagé par exemple dans la production d'interféron).

Ainsi les moyens nécessaires au transfert des découvertes de la recherche vers l'industrie se mettent en place. Il faut maintenant que les hommes se mettent au travail dans ces structures. Signalons à titre d'exemple le programme concernant la fixation de l'azote par les plantes non légumineuses, auquel participent l'INRA, l'Institut PASTEUR, plusieurs Universités, Entreprise Minière et Chimique et Elf Aquitaine. Dans ce cas tous les participants usent leurs moyens financiers et intellectuels pour entreprendre des travaux dont les retombées agronomiques et énergétiques (engrais), peuvent être considérables, en cas de réussite. La propriété industrielle et les droits d'exploitation des résultats éventuels font l'objet d'une convention. Nous serons en mesure de juger dans quelques années de l'efficacité du système.

## La protection des résultats de la recherche bio-industrielle

L'avènement du génie génétique qui permet aujourd'hui la création de souches bactériennes et demain de souches de champignons pose des problèmes délicats de propriété industrielle en France et plus généralement en Europe. Si la loi française sur les brevets de juillet 1978 protège les procédés microbiologiques et les produits obtenus par ces procédés, elle est par contre muette sur la protection spécifique des souches bactériennes. En effet l'article 7 de la loi qui reprend pratiquement les termes de l'article 53 de la convention de Munich sur le brevet européen, indique : "Ne sont pas brevetables : les races animales ainsi que les procédés essentiellement biologiques d'obtention de végétaux ou d'animaux. Cette disposition ne s'appliquant pas aux procédés microbiologiques et aux produits obtenus par ces procédés...".

Les textes étant défailants, que disent la jurisprudence et la doctrine ? La première est à notre connaissance muette en la matière. La deuxième, peu prolixe sur la protection des souches, distingue deux cas :

- la souche nouvelle a été découverte dans la nature,

- la souche nouvelle a été obtenue par mutation induite.

Dans le premier cas, la doctrine est unanime pour considérer qu'il y a simple découverte et non pas invention au sens de la loi sur les brevets (Article 6) : nul ne peut s'approprier la nature. Dans le deuxième cas, la doctrine est partagée. Les uns considèrent que le mutant artificiel n'appartient pas à la nature et proposent une protection pour celui-ci s'il est nouveau et s'il a une utilité industrielle. Les autres considèrent que le mutant appartient désormais à la nature et ne peut faire l'objet d'appropriation. Bien entendu, la doctrine ne considère pas encore les souches créées par les récentes techniques de manipulation génétique, techniques différentes de la mutagenèse.

En conclusion aucune réponse claire n'apparaît à la lumière de la doctrine française. Les tribunaux devront statuer s'ils sont saisis d'affaires de brevetabilité de souches génétiquement manipulées. Une solution rapide serait de considérer les bactéries comme des animaux, ce qui ne manquerait pas de faire sursauter les biologistes distingués !

Aux Etats-Unis, la brevetabilité des souches semble plus simple. L'office des brevets a déjà breveté... en 1873 un organisme

vivant (N° 141072), une levure proposée par Louis Pasteur. Plus récemment, en juin 1980, la cour suprême des Etats-Unis, par cinq voix contre quatre, confirmait le jugement de la cour d'appel des brevets qui accordait un brevet à M. AMANDA CHAK-RABARTY pour la création d'une bactérie capable de dégrader des hydrocarbures et de servir de base un produit GENERAL ELECTRIC pour la lutte contre la pollution marine. Ce simple récit cache en fait une longue bataille juridique commencée en 1972.

D'autres questions se poseront dans le futur : en particulier, à partir de quel niveau de différence devra-t-on considérer qu'il s'agit d'une bactérie nouvelle, et donc couverte par un brevet ? Ceci fait déjà l'affaire des cabinets de brevets américains qui voient là un nouveau champ d'activité juridique !

Les différences en matière de brevetabilité de souches bactériennes entre les Etats-Unis et l'Europe risquent peut-être à terme d'avoir des conséquences sur l'utilisation industrielle de souches manipulées. Les industriels auront tendance à utiliser les souches aux Etats-Unis, en d'autres termes, à créer des emplois outre-Atlantique au lieu de les créer en Europe. D'autre part, comment les chercheurs européens réagiront-ils si certains de leurs collègues américains avec lesquels ils sont en contact peuvent breveter des souches issues de laboratoires européens ? Ces questions ne se posent pas encore de façon aiguë, mais elles ne doivent pas pour autant être ignorées.

## Techniques, marchés et stratégies

Les mutations en cours dans le domaine de la biologie concernent désormais l'industrie, et les entreprises de nombreux secteurs : agroalimentaire et pharmacies (humaine, animale et végétale) bien sûr, mais aussi énergie, matériaux, environnement... Mais chaque entreprise est concernée différemment, selon qu'il s'agit d'une PME performante ou d'une grosse Société transnationale polysectorielle. Pour la première (ou pour telle division spécialisée de la seconde), la "révolution bio" suggèrera d'améliorer un procédé ou un produit existants, par exemple de "moderniser" une levure ou d'utiliser une électrode à enzymes : un objectif relativement précis, un cheminement du laboratoire au marché à peu près défini, même si non exempt d'aléas, comme toujours en matière d'innovation. On a cité plus haut l'exemple de la fromagerie.

Assez radicalement différente sera l'approche de grands groupes industriels non encore engagés - ou seulement marginalement - dans les bio-industries, mais décidés, dans une optique de stratégie à long terme, à mettre en œuvre le fruit des acquis les plus récents - génies génétique et enzymatique - au profit de leurs grands secteurs d'activité, ou de secteurs connexes. On trouve ici un superbe champ d'application du dipôle classique "technology push-market pull", superbe du fait de la distance encore très grande entre des technologies naissantes, et des marchés (produits ou procédés) souvent développés sans aucune référence à la biologie. Et l'on voit combien le développement de la stratégie exigera dans l'ensemble du Groupe, un dialogue "agile" entre les laboratoires de biologie et les divers secteurs, pour rapprocher progressivement des mondes à priori lointains, faire se rencontrer des démarches parties de l'amont et de l'aval, et garnir progressivement la matrice "biotechnologies/bio-produits". Un exemple, dans le domaine - dont on sait l'importance - de la récupération améliorée du pétrole, où l'on songe à implanter des colonies de micro-organismes dans les gisements eux-mêmes : la sévérité rapidement croissante avec la profondeur (100 mètres impliquent 10 bars et 3 degrés), l'agressivité chimique variable du milieu, suggéreront des cahiers des charges de difficulté croissante pour les micro-organismes.

Inévitablement, des recherches entreprises pour un dessein donné échoueront et se valoriseront dans un autre secteur. Témoin, s'il y a une vingtaine d'années, les efforts investis par la Société Française des Pétroles BP pour améliorer pendant le délai de stockage les caractéristiques physico-chimiques du brut du Koweït, qui ont conduit... aux protéines de pétrole. Témoin, il y a plus longtemps, Christophe Colomb, dont l'expédition avait été financée pour rechercher une nouvelle route des Indes...

On notera combien sont incertains, dans de telles approches, les délais d'occurrence (lead times) et les temps d'accès aux marchés et au profit. Remarque qui suggère une bonne capacité financière - des "reins solides" - et une grande souplesse associative.

---

## Et les hommes ?

---

Élément toujours primordial, le facteur humain est ici capital, très spécifiquement. Parce que le caractère encore très neuf des découvertes motrices, l'affichage très récent d'un intérêt stratégique par l'industrie, le nombre et la complexité des "champs de connaissance" à mettre en œuvre concourent à la fois à une rareté des

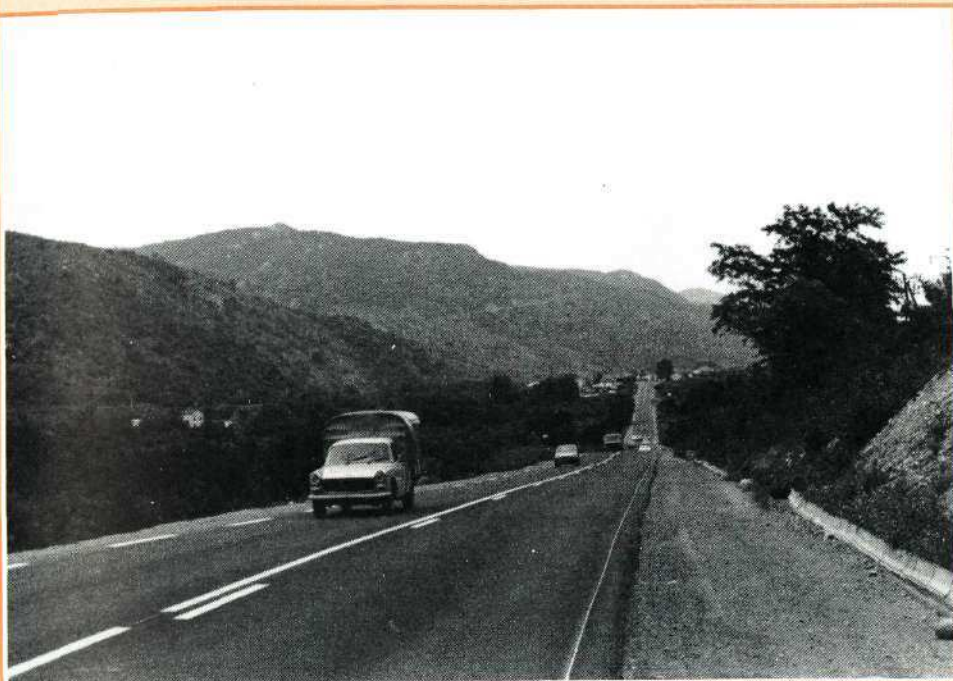
spécialistes, et à une difficulté à constituer des équipes pluridisciplinaires efficaces. A titre d'exemple, c'est un marché à l'échelle mondiale - bien qu'étroit - vers lequel il faut se tourner aujourd'hui pour rechercher un technicien de haute volée dans telle ou telle spécialité - et l'élu aura peut-être 35 ans seulement, mais 5 ou 7 ans d'expérience quasi unique.

Une dernière remarque, moins banale peut-être, concernant les non-spécialistes, ceux qui dans l'entreprise vont être les interlocuteurs des biologistes : responsables globaux de la recherche, hommes de fabrication ou de marketing, planificateurs et, au premier chef, décideurs. Sauf dans les entreprises spécialisées (pharmacie, agro-alimentaire) - et encore... -, ils n'ont aucune culture "bio", et ce domaine les effraie par sa complexité. Un réel problème face auquel les Etats-Majors réagissent bien différemment, ici et là. L'éluder risquerait pourtant d'écarter ou de tenir trop longtemps éloignées de la biotechnologie des entreprises ayant indiscutablement vocation à s'y intéresser. Mais le traiter n'est pas facile - le premier signataire de cet article, formé il y a trente ans aux disciplines des mathématiques, de la physique et (un peu) de la chimie ; peut en témoigner !

# réalisations dans les D.D.E.

Direction Départementale de l'Équipement  
des Pyrénées Orientales

## RN 116 RENFORCEMENTS COORDONNÉS



RN 116 - Section Ile sur Tet-Villefranche de Conflent  
vue caractéristique après renforcement réalisé en 1980

loppent dans un site très difficile (vallée de la rivière de la TET) qui pose de nombreux problèmes : murs de soutènement en pierres sèches très vétustes sur 20 km environ, nombreuses zones d'éboulements et de chutes de pierres. Ce tronçon de RN 116 a été choisi, comme la RN 91, pour servir d'itinéraire pilote en vue d'établir des directives pour le renforcement des chaussées des routes en site difficile.

### 3 - Le renforcement de la RN 116 entre ILLE SUR TET et VILLEFRANCHE Travaux réalisés en 1980

La longueur renforcée est de 20 km environ. Les déflexions relevées lors de la campagne 1977 variaient de 75 à 300/100<sup>e</sup> de mmm.

Classe de trafic retenue pour le dimensionnement : T 2

Technique retenue par le S.E.T.R.A. : Renforcement : 12 cm de G B + 6 cm de B B ou rechargements suivant les déflexions 8 ou 10 cm de B B épaulement en grave/ciment 0/20.

de l'itinéraire entre PERPIGNAN et ILLE SUR TET, en cours d'étude, soit fixé par la Direction des Routes. Un tracé neuf est en effet envisagé.

La deuxième section a été renforcée en 1980.

Les sections suivantes sont en cours d'étude et devraient pouvoir être renforcées dans les années à venir.

Les sections 3 et 4, entre VILLEFRANCHE DE CONFLENT et MONT-LOUIS se déve-

### 1 - La RN 116

La RN 116 relie PERPIGNAN à BOURG-MADAME sur la frontière espagnole en traversant le département des PYRÉNÉES ORIENTALES sur sa plus grande longueur et en desservant de nombreuses agglomérations. Cet itinéraire, d'une longueur de 100 km environ, assure la liaison entre la plaine du ROUSSILLON, le CONFLENT et les hauts cantons de CERDAGNE et du CAPCIR ainsi que la principauté d'ANDORRE avec les RN 20 et 22.

### 2 - Les renforcements coordonnés de la RN 116

L'itinéraire a été découpé en 5 sections :

1) Section PERPIGNAN-ILLE SUR TET entre les P R O et 26 (26 km)

2) Section ILLE SUR TET-VILLEFRANCHE DE CONFLENT entre les P R 26 et 51 (25 km)

3) Section VILLEFRANCHE DE CONFLENT PONT SEJOURNE entre les P R 51 et 66,800 (15,8 km)

4) Section PONT SEJOURNE-COL DE LA PERCHE entre les P R 66,800 et 81 (14,2 km)

5) Section COL DE PERCHE-BOURG MADAME entre les P R 81 et 99,500 (18,5 km)

La 1<sup>ère</sup> section a été différée provisoirement en attendant que le parti d'aménagement

### Trafics recensés en 1979 :

Trafic 1979 véhicule/jour	Postes de comptage permanents		
	MILLAS PR 17.100	OLETTE PR 57.600	PONT DE BOU PR 84.300
MJA	8031	3627	2606
MJH	7396	2951	2053
MJE	10078	5723	4188
Pointe journalière annuelle	13631 le 27 mai	9439 le 14 août	8042 le 15 août
% P L environ	8 %	4 %	4 %

# réalisations dans les D.D.E.

Les travaux préparatoires aux renforcements proprement dits ont consisté, partout où cela était possible sans contraintes prohibitives (surtout dans les zones de plaine) à calibrer la plate-forme à 11 mètres pour une chaussée de 7 mètres.

Les quelques plantations d'alignement existantes bordant la chaussée (essentiellement des platanes de haute fûtée en rive sud) ont été conservées et la chaussée renforcée a été repoussée à 2 mètres de ces plantations.

## Déroulement des travaux :

Les travaux préparatoires (terrassements, réfection et allongements de divers ouvrages, épaulements de chaussée) ont été exécutés par le groupement d'entreprises RAZEL-COLAS-MALET de PERPIGNAN selon les délais imposés entre le 4 février et le 7 juillet 1980.

Les renforcements proprement dits (grave-bitume, béton bitumineux, surélévation des accotements) et les travaux en traverses ont été réalisés par l'entreprise SOURBETS COCHERY de TOULOUSE conformément aux délais imposés entre le 23 avril et le 1<sup>er</sup> août 1980.

Tonnages mis en œuvre : G B 21.000 T  
B B : 32.000 T

Parallèlement aux renforcements coordonnés, a été réalisé en coordination le prolongement du créneau à 4 voies de VILLEFRANCHE DE CONFLENT entre les P R 50.250 et 51.000 au titre du FSIR 01.

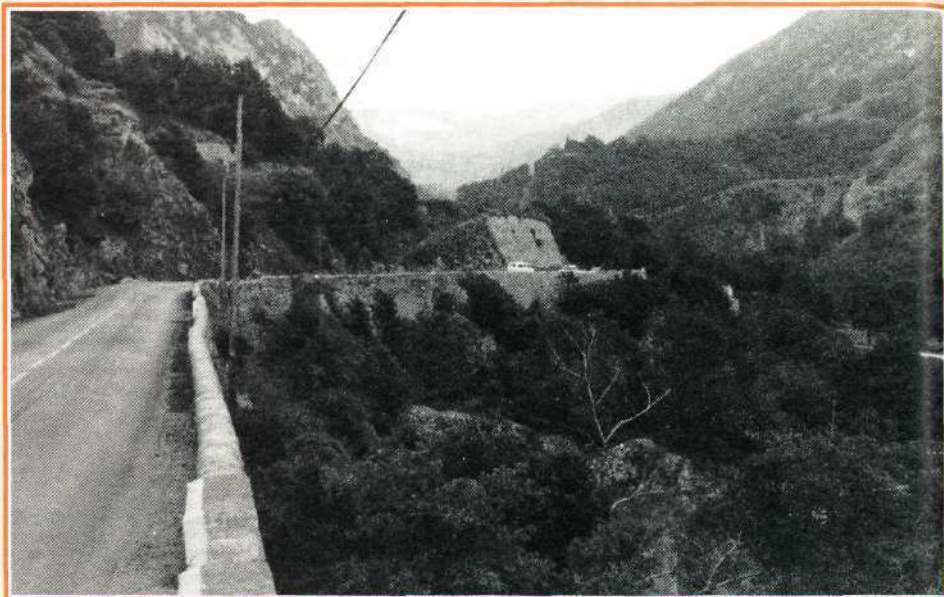
L'ensemble des crédits alloués au cours des programmes 79 et 80 s'élève à 24,64 MF soit :

- FSIR 07/20 Renforcements coordonnés 21,00 MF
- FSIR 07/10 SERES pour dispositifs de retenue 1,24 MF
- FSIR 01/50 Créneau de VILLEFRANCHE 2,40 MF

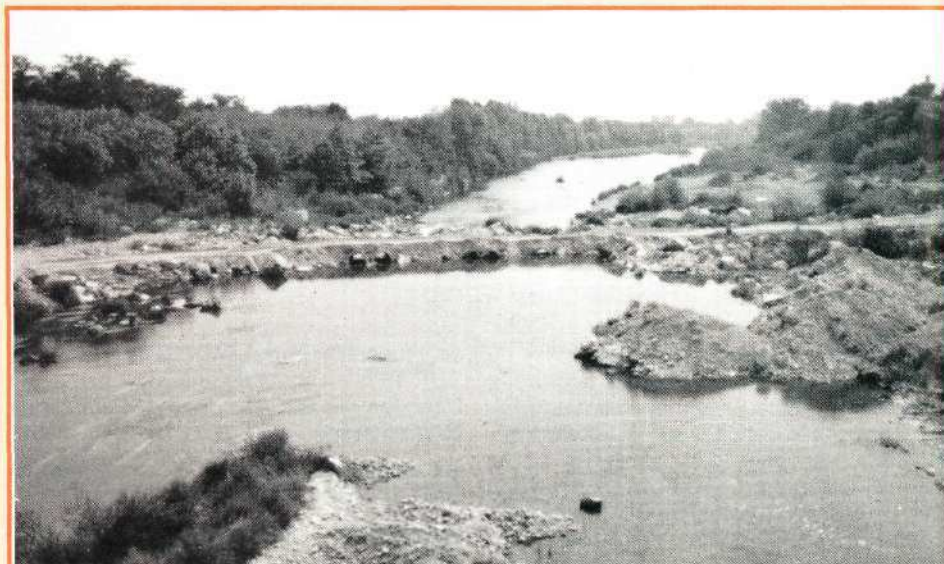
## RN 114 RECONSTRUCTION DU PONT DE LA RN 114 SUR LE TECH

L'ouvrage qui assurait le franchissement du Tech par la RN 114 au sud d'Elne a péri à la suite des affouillements des deux piles centrales provoqués par la crue d'octobre 1977.

Un pont BAILEY provisoire a été mis en place dès le mois de janvier 1978 ; parallèlement les études d'un nouveau pont furent rapidement entreprises et ont abouti, après



RN 116 - Villefranche de Conflent—Mont-Louis  
vue de la route avant aménagement prévu en 1981



Vue du Tech - Situation du futur ouvrage en aval du Pont Bailey actuel

approbation d'une A.P.S. le 21 juillet 1978 et d'un A.P.S.O. le 16 octobre 1979, à l'inscription au programme 1979 du F.S.I.R. de la reconstruction de ce pont

Le nouveau pont sera un ouvrage type SETRA-VIPP d'environ 170 m de long et 10,25 m de large, comportant 4 travées, et par travée, transversalement, 3 poutres précontraintes préfabriquées de 43,86 m de portée.

Il est prévu des fondations par pieux de 1,30 m de diamètre ancrés profondément pour résister aux affouillements.

L'ouvrage tient compte du futur calibrage de la rivière et l'intrados permet l'écoulement de la crue centennale (3000 m<sup>3</sup>/s).

La reconstruction du pont s'accompagne

d'une opération de sécurité départementale, la dénivellation du carrefour du CD 11 avec la RN 114, et tient compte du futur doublement de la RN 114 côté aval.

Le montant total de l'opération ressort à 9,4 MF (dernière estimation).

Actuellement le marché de reconstruction de l'ouvrage est passé avec l'entreprise QUILLERY à Marseille.

Un deuxième marché concernant la réalisation des accès est en cours d'élaboration et sera lancé dans le courant de l'automne.

La mise en service de ce nouveau pont est prévue pour juin 1981.

## ANIPC : Assemblée générale de constitution – 18 novembre 1980

La séance s'ouvre à 10 h 30 sous la présidence de FUNEL qui rappelle qu'il a été assisté dans sa tâche de mise sur pied de la nouvelle organisation par BERTHIER et VALLEMONT pour le Syndicat, ROUMEGUERE pour l'A.I.P.C. En effet, on a voulu fusionner les deux et non créer de toutes pièces une Association distincte.

C'est pour cela que l'Article 1 des statuts proposés dispose que l'A.N.I.P.C. provient de la fusion de l'A.I.P.C. et du S.N.A.I.P.C. et que l'Article 4 prévoit que les membres de l'un et de l'autre sont membres de droit de l'A.N.I.P.C. au 1<sup>er</sup> février 1981. Ils peuvent, bien entendu, s'en retirer par démission.

FUNEL propose de discuter successivement des statuts, du règlement intérieur, enfin de l'élection des premiers dirigeants de la nouvelle association, ceci dans l'optique d'un commencement de fonctionnement au 1<sup>er</sup> janvier 1981, l'A.I.P.C. et le S.N.A.I.P.C. ayant déjà accepté de se dissoudre à cette date. Il propose par ailleurs que jusqu'aux résultats de la première élection, les affaires courantes de l'A.N.I.P.C. soient traitées par un bureau provisoire comprenant sous sa présidence, BERTHIER, VALLEMONT et ROUMEGUERE. Cette dernière proposition est acceptée et l'on passe à la discussion des statuts.

Sur une intervention d'HERMANN, le 2<sup>e</sup> alinéa de l'Article 4 est corrigé pour qu'il soit plus clair que tout I.P.C., ce terme étant considéré comme un titre, puisse faire partie de l'Association. HERMANN demande, en outre, que la possibilité de double appartenance soit spécifiée. Il est admis après discussion qu'il suffit de ne pas l'interdire dans les statuts.

DESCHAMPS et MEUNIER demandent des éclaircissements sur l'Article 20 (appartenance automatique à d'autres organisations) dont la rédaction a été reprise des anciens statuts du P.C.M.

BLOCK reproche au 1<sup>er</sup> alinéa de l'Article 2 de mettre trop l'accent sur la fonction publique et propose que ce premier alinéa traite seulement de l'action générale des I.P.C., les problèmes de fonction publique

étant traités dans l'alinéa suivant. FUNEL reconnaît que le groupe de travail a eu du mal à équilibrer la rédaction. VALLEMONT fait état d'une version différente qui répondait au vœu de BLOCK et qui avait été longuement discutée. FUNEL et BERTHIER rédigent un nouvel Article 2 qui répond aux vœux exprimés, en ajoutant notamment à l'alinéa 1 "les réflexions menées sur les grands problèmes de la Nation".

photo OROP





D. SCHMUTZ

studio OROP

VOINOT et MEUNIER critiquent la disposition de l'Article 5 qui ne permet d'appartenir qu'à un seul groupe. FUNEL est d'accord mais soulève le problème de principe du double vote. Plusieurs interventions (LENCI, LEVY F., CHAPON, etc...) demandent cependant la possibilité de double appartenance à un groupe régional et à un groupe central en évoquant plusieurs dispositions possibles. VALLEMONT observe que le problème du vote dans les groupes est réglé par le règlement intérieur Article 6 et propose que les modalités de double ou multiple appartenance soient également renvoyées à ce règlement. LECLERCQ et FUNEL proposent donc la suppression de l'interdiction de l'Article 5, étant admis que le règlement intérieur ne permettra pas le double vote (sur observation de TEMINE, BERLIOZ, MEUNIER, ROBERT). Ce système ne fait pas craindre une sous-présentation des fonctionnaires (observations de LECLERCQ et FUNEL). Cette proposition est acceptée.

Le début de l'alinéa 2 de l'Article 4 fait l'objet d'une discussion sur la possibilité automatique d'adhésion de tout I.P.C. FUNEL fait remarquer que la question est réglée par l'Article 18 sur l'exclusion. La rédaction de l'Article 4 est conservée.

FUNEL et LECLERCQ expliquent la disposition de l'alinéa 2 de l'article 5 qui équilibre la représentation des P.N.A. et non P.N.A. RIBES voudrait plus de souplesse, FUNEL fait observer que les proportions peuvent être ultérieurement changées si l'évolution des emplois des I.P.C. le demande.

VOINOT demande que le dernier alinéa de l'Article 4 soit modifié pour permettre l'accès des conjoints des membres décédés à toutes les activités, ce qui est accepté.

MEUNIER, à propos de l'Article 6, suggère le statut de membres associés aux groupes et JOSSE pose à nouveau la question du double vote, qui est renvoyée au règlement intérieur. De même pour le vote à un ou deux tours, la question posée par SCHMUTZ.

Sur l'Article 8, F. LEVY fait observer qu'il limite la possibilité de créer de nouveaux groupes mais FUNEL objecte à renvoyer la question au règlement intérieur.

L'Article 11 longuement commenté (interventions de SCHMUTZ, LECLERCQ, THIEBAULT sur l'alinéa 1, qui est maintenu). Sur l'élection du bureau, JOSSE fait une observation de forme, et il est ajouté mention de la majorité absolue au premier tour. Interventions de LECLERCQ, TESSIER, JOSSE, VALLEMONT, BUTIKOFER. Sur l'Article 20, appartenance à d'autres organisations, LECLERCQ expose qu'il s'agit d'une question différente de celle du choix individuel à tel organisme qu'ils souhaitent.

JOSSE suggère de préciser à l'alinéa 4 que les membres associés sont des membres de l'Association, ce qui est accepté.

Sur l'Article 12, HERMANN objecte que le Président, élu au suffrage universel, ne peut être tenu par les votes du Comité. Après intervention de JOSSE, l'alinéa correspondant est maintenu. FUNEL souligne que le dernier alinéa de l'Article 15 pose le même problème.

BERTHIER et LECLERCQ exposent la raison de mention de membres associés au bureau.

L'élection du bureau au suffrage direct est maintenue après discussion, avec deux tours. Le vote par correspondance est admis (à préciser par le règlement intérieur).

FUNEL et BERTHIER rédigent un projet de rédaction définitive des statuts qui est adopté.

FUNEL parle ensuite du règlement intérieur, sous l'angle de la répartition en groupes.

Sur les groupes régionaux (onze), il soulève la question de Champagne-Ardenne et du Limousin, sans susciter de réactions.

Sur les groupes centraux, il commente les dispositions des statuts qui conduisent à douze délégués, dont un des retraités, un des Ingénieurs Elèves et un de l'Outre-Mer. Il n'est pas simple de trouver les neuf autres groupes centraux.

FUNEL propose trois délégués pour les I.P.C. du secteur privé et six P.N.A. détachés dans d'autres Administrations ou détachés. TESSIER fait observer que l'affaire est du ressort du règlement intérieur, mais FUNEL a tenu à recueillir des avis.

Intervention de LENCI sur le désir des I.P.C. détachés au Ministère de l'Industrie de former un groupe.

L'Assemblée renvoie la question au bureau et au règlement intérieur.

L'Assemblée élit à l'unanimité le bureau provisoire formé de FUNEL, BERTHIER, ROUMEGUERE et VALLEMONT.

studio OROP



## DÉCISIONS

M. Marcel **RAYNALT**, I.P.C. à la Direction des Transports Terrestres est, à compter du 12 janvier 1981, mis à la disposition de la Compagnie Nationale AIR-FRANCE. Arrêté du 29 décembre 1980.

M. Jean-Claude **BARREAU**, I.P.C., chef du Service spécial des Bases Aériennes de la Gironde, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, affecté à la direction départementale de l'Équipement de la Gironde en qualité d'adjoint au Directeur. Arrêté du 31 décembre 1980.

M. Jean **DESMADRYL**, I.P.C. à la Direction de la Construction est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1980, mis à la disposition du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment pour y être chargé de la politique de prévention des désordres, d'amélioration et d'entretien de l'Habitat Ancien. Arrêté du 14 janvier 1981.

M. Charles **BALME**, I.C.P.C., adjoint au Directeur Départemental de l'Équipement du Vaucluse, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement pour recevoir une mission d'Inspection Générale. Arrêté du 15 janvier 1981.

M. Jean-Pierre **BOURDIN**, I.P.C., chargé de l'Urbanisme Opérationnel et Construction à la Direction Départementale de l'Équipement du Vaucluse, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, nommé à la même Direction Départementale de l'Équipement, adjoint au Directeur en remplacement de M. **BALME**. Arrêté du 15 janvier 1981.

M. Jacques **ROUDIL**, I.P.C., Directeur du Centre Inter-régional de Formation Professionnelle de Mâcon, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, affecté dans l'intérêt du service à la Direction du Personnel en qualité de Chargé de Mission auprès du Chef de Mission "Formation et Enseignements". Il continuera d'assurer jusqu'à nouvel ordre la Direction du Centre Inter-régional de formation Professionnelle de Mâcon. Arrêté du 15 janvier 1981.

M. Paul **SCHMITT**, I.P.C. est, à compter du 22 septembre 1980, réintégré dans son Administration d'origine et placé en position de disponibilité pour une période de trois ans éventuellement renouvelable une fois pour une durée égale, auprès de la Société des Travaux du Midi pour y exercer les fonctions de Chef du Service de Promotion Immobilière. Arrêté du 18 janvier 1981.

M. Alain **ARTAUD**, I.P.C. au Service Technique de l'Urbanisme, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, mis à la disposition, en tant que chargé de mission, auprès du Préfet de la Lozère, en vue d'assurer la direction de l'Atelier d'Aide Architecturale. Arrêté du 19 janvier 1981.

M. Philippe **OBLIN**, I.C.P.C., en service détaché au Bureau Central d'Études pour les Équipements d'Outre-Mer, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, réintégré dans son corps d'origine et affecté au Conseil Général des Ponts et Chaussées en qualité de Secrétaire Général Adjoint. Arrêté du 20 janvier 1981.

M. Joseph **IFERGAN**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement des Hauts-de-Seine, est, à compter du 16 février 1981, mis à la disposition du Ministère de l'Économie, Direction du Trésor, en qualité de Chargé de Mission auprès du Secrétariat Général des Comités Interministériels pour l'Aménagement des structures industrielles. Arrêté du 21 janvier 1981.

M. Jean-Louis **WENNAGEL**, I.G.P.C., chargé des 8<sup>e</sup> (Région Pays de la Loire) et 9<sup>e</sup> (Région Poitou-Charentes) circonscriptions territoriales d'Inspection Générale, est, à compter du 9 février 1981, chargé conjointement avec M. **DUPONT** de la 3<sup>e</sup> (Région Parisienne) Circonscription Territoriale d'Inspection Générale. Arrêté du 21 janvier 1981.

M. Jacques **DREYFUS**, I.C.P.C., Secrétaire de la Section "Urbanisme, Architecture et Habitat", au Conseil Général des Ponts et Chaussées est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, en sus de ses attributions actuelles, chargé de mission auprès du Chef de la Mission des Études et de la Recherche. Arrêté du 21 janvier 1981.

M. Jacques **ROUSSILLE**, I.P.C. à la Direction des Affaires Économiques et Internationales, est, à compter du 1<sup>er</sup> décembre 1980, mis à la disposition du Secrétaire d'État auprès du Premier Ministre, chargé des Industries Agricoles et Alimentaires - Direction des Industries Agricoles et Alimentaires. Arrêté du 21 janvier 1981.

M. Jacques **MEARY**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement du Rhône, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, mis à la disposition de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Lyon, en qualité de Directeur de la Concession des Aéroports de SATOLAS et de BRON. Arrêté du 23 janvier 1981.

M. Bernard **PROLONGEAU**, I.P.C., chargé de mission auprès du Directeur Départemental de l'Équipement de la Loire-Atlantique, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, chargé au sein de la même direction du G.E.P. Arrêté du 26 janvier 1981.

M. Thierry **MENAGER**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de la Moselle, chargé de l'arrondissement Grands Travaux n° 2 est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, en sus de ses attributions actuelles, chargé des fonctions de Conseiller Technique près le Général Commandant la FATAC 1<sup>er</sup> région aérienne. Arrêté du 3 février 1981.

M. Jean-Baptiste **GROSBORNE**, I.G.P.C., chargé de mission auprès du Secrétaire Général de l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, mis à la disposition du Ministère de l'Intérieur, en tant que Conseiller Technique auprès du Directeur Général des Collectivités Locales, en remplacement du M. **LAFOND**. Arrêté du 9 février 1981.

M. Albert **PARE**, I.C.P.C. aux Charbonnages de FRANCE, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, réintégré dans son administration d'origine et placé en disponibilité pour convenances personnelles pour une période maximale de deux ans. Arrêté du 9 février 1981.

## MUTATIONS

M. Hervé **ROLLAND**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement des Côtes-du-Nord, est, à compter du 16 janvier 1981, muté à la Direction Départementale de l'Équipement du Finistère, en qualité d'Adjoint au Directeur. Arrêté du 15 janvier 1981.

M. Paul **SERRE**, I.P.C. au Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, muté à la Direction Départementale de l'Équipement du Var pour y être chargé du G.E.P. Arrêté du 21 janvier 1981.

M. René **RODIER**, I.P.C. à la Préfecture de Paris, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, muté à la Direction Départementale de l'Équipement du Tarn pour y être chargé du Groupe Urbanisme Opérationnel et Construction, et en sus, par intérim, chargé du G.E.P. Arrêté du 23 janvier 1981.

M. Alain **FRYBOURG**, I.P.C., est, à compter du 12 janvier 1981, muté à la Direction des Transports Terrestres pour y être chargé de la Division des Études Économiques en remplacement de M. **RAYNALT**. Arrêté du 23 janvier 1981.

M. Raymond **BASPEYRAS**, I.P.C., chargé par intérim des fonctions de Chef du Service Spécial des Bases Aériennes de la Gironde, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1981, nommé Chef du Service Spécial des Bases Aériennes de la Gironde. Arrêté du 30 janvier 1981.

M. Hubert **HARDY**, I.C.P.C., chef au Service Spécial des Bases Aériennes "Ile de France", est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, nommé Secrétaire de la Section "Marchés et Travaux" au Conseil Général des Ponts et Chaussées. Arrêté du 30 janvier 1981.

M. Jean **SAUTER**, I.P.C., Adjoint au Chef du Service Spécial des Bases Aériennes d'Ile de France, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, nommé Chef du Service Spécial des Bases Aériennes d'Ile de France, en remplacement de M. **HARDY**. Arrêté du 30 janvier 1981.

M. Jean-Claude **BAILLIF**, I.C.P.C., chargé de la Division "Informatique" au S.E.T.R.A., est, à compter du 20 janvier 1981, nommé Chef de la Mission Informatique en remplacement de M. **COURAUD**. Arrêté du 6 février 1981.

M. Philippe **YVON**, I.P.C., adjoint au Chef du Département Études Urbaines au C.E.T.E. de Lyon, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, nommé chef du département Études Urbaines du C.E.T.E. de Lyon, en remplacement de M. **SERRE**. Arrêté du 9 février 1981.

M. Jean **LESSOILE**, I.P.C., chargé du Service "Routes" à la Direction Départementale de l'Équipement du Finistère, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1981, nommé à la même Direction Départementale de l'Équipement, Adjoint au Directeur, chargé du Service Maritime. Arrêté du 9 février 1981.

## DÉMISSION

La démission de M. Denis de **BAECQUE**, I.P.C., en position de disponibilité, est acceptée. Arrêté du 13 janvier 1981.

## RETRAITÉS

M. Jacques **BONVARLET-BAILLIEZ**, I.P.C., est admis à faire valoir ses droits à la retraite. Arrêté du 15 janvier 1981.

M. Pierre **TESSONNEAU**, I.G.P.C., chargé de la 3<sup>e</sup> Mission spécialisée d'Inspection Générale dans le domaine routier, est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1981, admis à faire valoir ses droits à la retraite. Arrêté du 19 janvier 1981.

M. Élie **DREYFOUS-DUCAS**, I.G.P.C., chargé de la 32<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Générale, est, à compter du 1<sup>er</sup> Octobre 1981, admis à faire valoir ses droits à la retraite. Arrêté du 19 janvier 1981.

# courrier des lecteurs

## A l'occasion de la Présentation du Rapport BTP établi par l'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées

### Observations des professions de l'ingénierie regroupées à SYNTEC et ABETEX

#### 1 — Marché intérieur

*Le rapport met d'abord l'accent sur ce qu'il considère comme une évolution du rôle du Maître d'Ouvrage. On lui demandera essentiellement "de savoir, quoi construire, pour qui, comment le construire et assurer les garanties, c'est-à-dire avec des préoccupations globales devant lesquelles s'effacent ses déformations professionnelles".*

*Nous pensons qu'il ne s'agit pas en fait d'une évolution du rôle du Maître d'Ouvrage, mais seulement d'une évolution tendant à faire disparaître progressivement les cas où le Maître d'ouvrage joue en même temps le rôle de Maître d'Oeuvre.*

*Le rôle fondamental du Maître d'Ouvrage est en effet d'être le Client, donc le décideur final, et ce rôle sera d'autant mieux rempli qu'il saura se dégager de l'exécution du travail pour se consacrer à son contrôle général.*

*Créer le nouveau terme de "builder" pour définir cette évolution du Maître d'Ouvrage nous paraît donc risquer de laisser se poursuivre la confusion entre les deux rôles.*

*La deuxième question que se pose le rapport est celui de l'interlocuteur normal de ce "nouveau" Maître d'ouvrage. La réponse est simple : à partir du moment où l'on s'en tient aux terminologies courantes, c'est par définition même le Maître d'Oeuvre. Celui-ci ne devrait donc pas être généralement l'entrepreneur, comme le suggère le rapport, mais bien les sociétés d'Ingénierie, avec les architectes dans le domaine du Bâtiment, dont c'est la vocation et la raison d'être.*

*De plus, nous croyons que si, comme il est écrit dans le rapport B.T.P. 90, "Les Bureaux d'Etudes indépendants n'ont pas non plus l'habitude de ce rôle global, n'ayant d'ailleurs pas de responsabilités d'organisation des travaux", cette situation qui ne se vérifie que dans certains domaines, et en France, est précisément le fruit de l'organisation d'opérations dont la ma-*

*trise d'ouvrage est assurée par l'Administration, et que l'évolution générale observée dans d'autres domaines, est précisément la prise en charge, par les bureaux d'études, de ce rôle global.*

#### 2 — L'exportation

*Le rapport examine ce qu'il faut penser de l'avis couramment répandu selon lequel la part importante de l'Ingénierie d'Etat en France constitue un handicap pour l'exportation.*

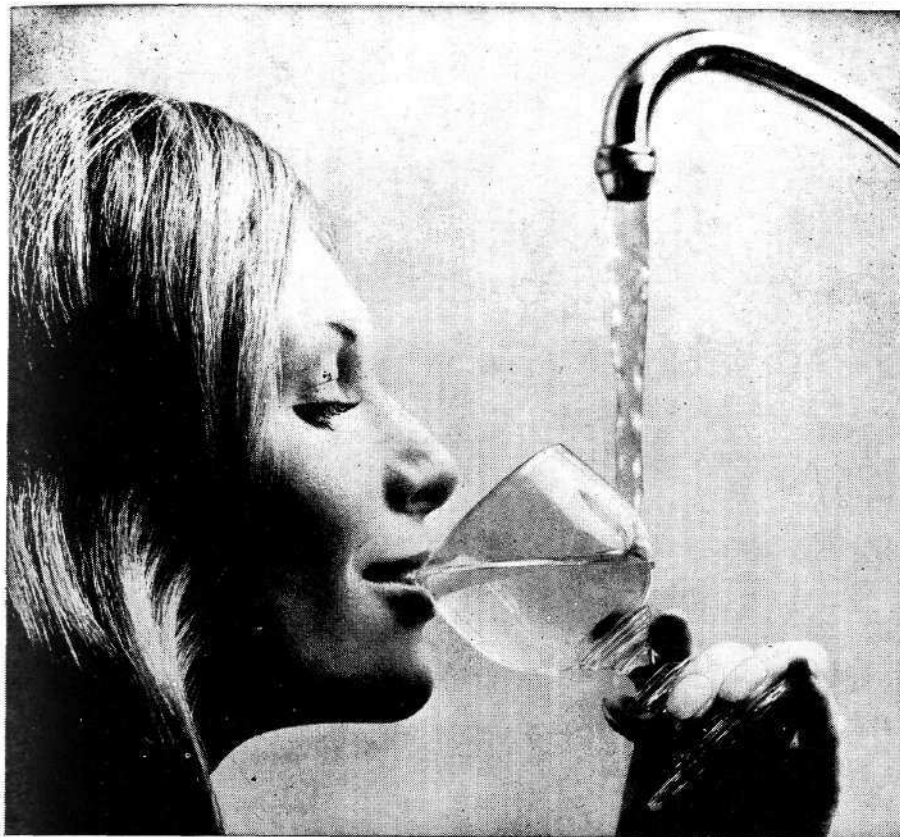
*Il considère que cette objection porte essentiellement sur l'attitude de ces organismes d'Etat travaillant à l'exportation quand ils interviennent pour la dévolution des contrats d'exécution et propose donc que ces organismes puissent être eux-mêmes les chefs de file des groupements de réalisation.*

*Nous faisons à cette présentation l'objection qu'elle ignore l'existence de l'Ingénierie Professionnelle regroupée dans ABETEX et les succès qu'elle a déjà remportés.*

*Nous pensons de plus que pour que l'exportation française se développe malgré la concurrence actuelle de plus en plus vive, il est impératif que sa présence à l'exportation se renforce soit comme Consultant pour le compte direct des Clients étrangers, soit comme Ingénierie-Ensemblier dans le cadre de groupements d'Entrepreneurs et de Constructeurs.*

*Pour cela, elle doit être soutenue, d'une part sur le marché intérieur par un réflexe de plus en plus fréquent du Maître d'Ouvrage à lui confier du travail, notamment pour lui servir de références, d'autre part à l'exportation par l'aide technique, notamment sous forme d'experts des organismes d'Etat bénéficiant d'un Monopole en France.*





plaisir retrouvé  
grâce  
à la  
compagnie  
générale des eaux

52, rue d'Anjou  
75384 Paris Cedex 08  
Tél. : 266.91.50



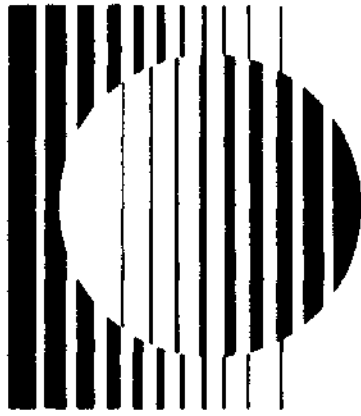
TERRASSEMENT  
GENIE CIVIL

**RAZEL**

100 ans  
d'Entreprise

Entreprise RAZEL Frères Christ de SACLAY (Essonne) BP109 - 91403 ORSAY Cedex - Tél(6)941.81.90

PARIS, ALGER, DOUALA, LIBREVILLE, ABIDJAN, COTONOU



# MAZDA

lampes et appareils d'éclairage

**ÉCLAIRAGE PUBLIC  
ROUTE - AUTOROUTE - TUNNEL  
ÉCLAIRAGE GÉNÉRAL**

Agence de l'Est - 16, route du Rhin - 3, rue St-Urbain  
BP 57 - STRASBOURG NEUDORF  
67027 STRASBOURG CEDEX  
Tél. : (88) 34.39.81 - Telex : 880.408

## LOCATION de VOITURES S.N.C.F.

DANS 200 GARES ET LES  
PRINCIPAUX AÉROPORTS

RÉSERVATION  
292 02 92



## TRAVAUX PUBLICS ET PARTICULIERS

### Entreprise UNOULE & MARTINEAU

Société à Responsabilité Limitée  
au Capital de 300 000 F

Siège Social : 37, rue Saint-Filleul  
76000 ROUEN

Tél. : (35) 71.27.36

## cadre supérieur

F 150.000+ à 500.000+

Que vous soyez Directeur Général, Directeur du Marketing, Directeur Financier, Directeur d'Usine, Directeur des Relations Humaines, etc. ou responsable d'un poste clé de votre Société, nous pouvons vous proposer à Paris, en Province, ou à l'Étranger, plus de 300 postes par an correspondant à votre niveau et publiés en **EXCLUSIVITE** dans "International Executive Search Newsletter".

Vous devez savoir que 80% au moins des recherches de Dirigeants dont la rémunération moyenne atteint FF 300.000 **NE SONT PAS PUBLIÉES DANS LA PRESSE**, mais confiées aux spécialistes français et internationaux de l'Executive Search respectant une stricte déontologie.

Seuls, ces Consultants peuvent publier des offres exclusives dans notre newsletter : cette formule permet aux Cadres Supérieurs en poste de s'informer **SANS RISQUE D'INDISCRETION**.

**TARIF ABONNEMENT FRANCE  
10 NUMÉROS/AN FF 500**

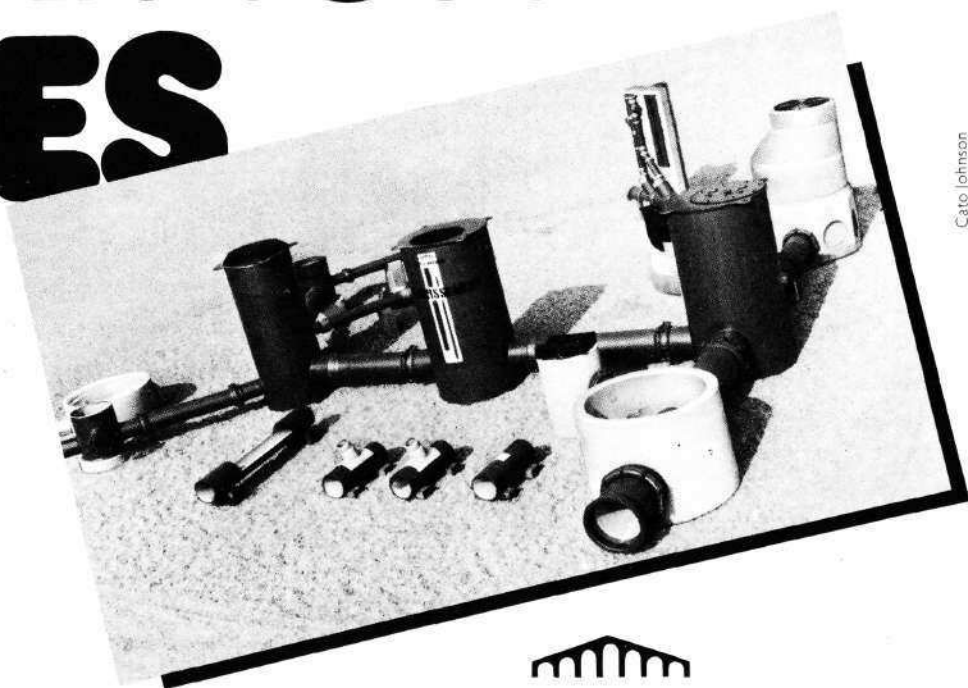
AUTRES PAYS TARIF SUR DEMANDE

Adressez votre carte de visite et montant de l'abonnement à I.C.A.

**I.C.A. PUBLIE PLUS D'OFFRES  
DE PLUS HAUT NIVEAU  
QUE TOUT AUTRE ORGANISME.**

**I.C.A.** International Classified Advertising  
3, RUE D'HAUTEVILLE - 75010 - PARIS

# LA FONTE DUCTILE, LE SYSTEME LE PLUS SUR POUR LES EAUX USEES



Cato Johnson



PONT-A-MOUSSON S.A.

Contact auprès du service Promotion Industrielle,  
Pont-à-Mousson, 91 avenue de la Libération, 4 X 54017 NANCY Cedex - Tél. : (8) 396.81.21



L'eau, que la nature nous offre si généreusement en France, est un produit indispensable posant des problèmes quotidiens auxquels font face les élus locaux, les administrations, les entreprises.

La vocation de la Lyonnaise des Eaux est de résoudre ces problèmes. Partout en France, grâce à une structure décentralisée, elle apporte à près de 4 000 communes, dans 21 régions, un service efficace.

Grâce à une grande expérience sur le terrain, les 3 600 salariés de la Lyonnaise des Eaux assurent l'exécution des différents types de contrats adaptés pour la recherche, l'écoulement, la distribution, le traitement des eaux.

Consultez les spécialistes de la Lyonnaise des Eaux : propre ou usée, l'eau, c'est leur métier. Partout en France.

## **Société Lyonnaise des Eaux**

45, rue Cortambert 75769 Paris Cedex 16 - Tél. 503 21 02  
Télex : 620 783 OLIONES PARIS